



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

**CRESCIMENTO, TEOR DE CÁLCIO E CONTROLE DA BROCA *Hypsipyla grandella*
Zeller, 1848, NO MOGNO BRASILEIRO (*Swietenia macrophylla*, King) EM SISTEMA
HIDROPÔNICO SOB DOSES CRESCENTES DE CÁLCIO**

SANDRA ANDRÉA SANTOS DA SILVA

BELÉM-PA
2006

Silva, Sandra Andréa Santos da

Crescimento, teor de cálcio e controle da broca *Hypsipyla grandella* Zeller, 1848, no mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla*, King) em sistema hidropônico sob doses crescentes de cálcio /
Sandra Andréa Santos da Silva. Belém, 2006.

77f.:il.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2006.

1. Mogno Brasileiro 2. *Swietenia macrophylla* 3. Broca 4. *Hypsipyla grandella* 5. Cálcio I. Título

CDD – 583-25



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

**CRESCIMENTO, TEOR DE CÁLCIO E CONTROLE DA BROCA *Hypsipyla grandella*
Zeller, 1848, NO MOGNO BRASILEIRO (*Swietenia macrophylla*, King) EM SISTEMA
HIDROPÔNICO SOB DOSES CRESCENTES DE CÁLCIO**

SANDRA ANDRÉA SANTOS DA SILVA
Engenheira Agrônoma

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração Solos e Nutrição de Plantas, para a obtenção do título de **Mestre**.

Orientadora:

Engenheira Agrônoma Prof. Dra. Maria Marly de Lourdes Silva Santos

Co-orientador:

Engenheiro Agrônomo Prof. M.Sc. Mário Lopes da Silva Júnior

BELÉM-PA
2006



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

**CRESCIMENTO, TEOR DE CÁLCIO E CONTROLE DA BROCA *Hypsipyla grandella*
Zeller, 1848, NO MOGNO BRASILEIRO (*Swietenia macrophylla*, King) EM SISTEMA
HIDROPÔNICO SOB DOSES CRESCENTES DE CÁLCIO**

SANDRA ANDRÉA SANTOS DA SILVA

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da
Amazônia, como parte das exigências do Curso de
Mestrado em Agronomia, área de concentração Solos e
Nutrição de Plantas, para a obtenção do título de **Mestre**.

Aprovada em 31 de março de 2006

BANCA EXAMINADORA

Engenheira Agrônoma Prof. Dra. Maria Marly de Lourdes Silva Santos
Orientadora
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

Geóloga Dra. Maria de Lourdes Pinheiro Ruivo
Museu Paraense Emílio Goeldi - MPEG

Engenheiro Agrônomo Prof. Dr. Orlando Shigueo Ohashi
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

Engenheiro Agrônomo Prof. Dr. George Rodrigues da Silva
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

DEDICATÓRIA

À **DEUS**, pela vida

A minha mãe **Sandra Santos**

Ao meu pai **Edilson Fonseca**

Ao meu noivo **José Carlos**

Ao meu irmão **Sidney Santos**

Aos meus avós **Abelardo e Nazaré**

Aos meus tios **Alcir e Elinete**

Por todo o esforço incondicional, dedicação, carinho, respeito e paciência durante o período desta pesquisa e que dispensaram e compreenderam a ausência em alguns momentos e encontros familiares para a conquista de mais um objetivo.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que de forma direta ou indiretamente contribuíram para a realização desta pesquisa, em especial:

- Primeiramente à **Deus** pela força em todos os momentos desta caminhada;
- À **Universidade Federal Rural da Amazônia**, pelo curso oferecido;
- À **Prof. Dra. Maria Marly de L. S. Santos**, pela dedicação, compreensão, paciência, amizade e orientação;
- Ao **Prof. M.Sc. Mário Lopes da Silva Júnior**, pela orientação e dedicação nos auxílios constantes no período da condução do experimento e apoio durante todas as análises;
- Ao **Prof. Dr. Orlando Shigueo Ohashi**, pelo auxílio prestado no trabalho, sempre que solicitado;
- Ao **Prof. Dr. George Rodrigues da Silva**, em especial pelo conhecimento e experiência emprestada ao trabalho;
- Às pós-graduandas **Vânia Silva de Melo, Susany de Sena Nery e Natasha Teixeira Soares** por todo o incentivo, companheirismo e apoio durante a realização deste trabalho;
- Aos Bolsistas de Iniciação Científica **Rosivaldo Araújo e Elaine Rodrigues** e aos Engenheiros Agrônomos **Márcio Gerdhanes Guedes e Gleicilene Almeida**, pelo apoio durante a realização deste trabalho;
- À **CAPES** pela Bolsa de Estudo concedida;
- Ao **Max Sarrazin** pela amizade e o apoio para a realização desta pesquisa;
- Aos laboratoristas **Sr. Júlio Costa e Sra. Joana Almeida**, pela colaboração durante a realização das análises laboratoriais;
- Aos meus familiares que contribuíram com constante apoio e incentivo durante a pesquisa, em especial à **Sandra (Mãe), Fonseca (Pai), José Carlos (noivo), Sidney (Irmão), Nazaré e Abelardo** e aos meus tios (Elinete, Alcir, Elza e Alcenor), o meu eterno agradecimento.

EPIGRAFE

“Pesquisar é dialogar, produzir conhecimento, método de comunicação. Quem não pesquisa apenas reproduz, escuta ou assiste à comunicação dos outros”

Pedro Demo

SUMÁRIO

	P.
LISTA DE TABELAS.....	10
LISTA DE FIGURAS.....	11
CAPÍTULO 1 CRESCIMENTO, TEOR DE CÁLCIO E CONTROLE DA BROCA <i>Hypsipyla grandella</i> Zeller, 1848, NO MOGNO BRASILEIRO (<i>Swietenia macrophylla</i>, King) EM SISTEMA HIDROPÔNICO SOB DOSES CRESCENTES DE CÁLCIO.....	12
RESUMO	13
ABSTRACT	14
1.1 INTRODUÇÃO	15
1.2 REVISÃO DE LITERATURA.....	17
1.2.1 Família Meliácea.....	17
1.2.2 Zona de ocorrência da <i>Swietenia macrophylla</i> (mogno).....	17
1.2.3 Características da <i>Swietenia macrophylla</i>	19
1.2.4 Estoque de <i>Swietenia macrophylla</i> na Amazônia Brasileira.....	20
1.2.5 Classificação taxonômica da <i>Swietenia macrophylla</i>	22
1.2.6 Praga das Meliáceas.....	23
1.2.6.1 Distribuição geográfica da <i>Hypsipyla grandella</i>	23
1.2.6.2 Classificação taxonômica da <i>Hypsipyla grandella</i>	24
1.2.6.3 Características biológicas da <i>Hypsipyla grandella</i> (ovo, lagarta, crisálida, adulto)	24
1.2.6.4 Danos causados pela <i>Hypsipyla grandella</i>	26
1.2.6.5 Gerações de <i>Hypsipyla grandella</i>	26
1.2.6.6 Controle da <i>Hypsipyla grandella</i>	27
1.2.7 Importância do Cálcio nas Plantas.....	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29

CAPÍTULO 2 CRESCIMENTO DO MOGNO BRASILEIRO (<i>Swietenia macrophylla</i>, King) CULTIVADO EM MEIO HIDROPÔNICO, EM FUNÇÃO DO TEMPO DE APLICAÇÃO DE DIFERENTES DOSES DE CÁLCIO.....	35
RESUMO.....	36
ABSTRACT.....	37
2.1 INTRODUÇÃO.....	38
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	39
2.2.1 Localização, Instalação e Condução do Experimento.....	39
2.2.2 Tratamentos e Delineamento Experimental.....	42
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
2.3.1 Crescimento de <i>Swietenia macrophylla</i>.....	43
2.3.1.1 Altura e diâmetro do caule das mudas de plantas de <i>Swietenia macrophylla</i>	43
2.3.1.2 Matéria seca das mudas de plantas de <i>Swietenia macrophylla</i>	51
2.3.2 Teor de Cálcio nas Matérias Secas das Plantas de <i>Swietenia macrophylla</i>.....	55
2.4 CONCLUSÃO.....	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57

CAPÍTULO 3 INFLUÊNCIA DO CÁLCIO NO ATAQUE DA BROCA <i>Hypsipyla grandella</i>, Zeller, 1848 EM MUDAS DE MOGNO BRASILEIRO (<i>Swietenia macrophylla</i>, King).....	60
RESUMO.....	61
ABSTRACT.....	62
3.1 INTRODUÇÃO.....	63
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	65
3.2.1 Localização, Instalação e Condução do Experimento.....	65
3.2.2 Tratamentos e Delineamento Experimental.....	69
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	71
3.3.1 Susceptibilidade do mogno ao ataque de <i>H. grandella</i> broca.....	71
3.3.2 Comprimento da galeria da broca <i>H. grandella</i> em relação ao teor de cálcio no caule.....	73
3.4 CONCLUSÃO.....	76
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76

LISTA DE TABELA

	p.
Tabela 1: Composição química das soluções nutritivas estoques, em molar (M), e dos tratamentos, em mL.L ⁻¹ , utilizadas no experimento (HOAGLAND & ARNON, modificada por EPSTEIN, 1975).....	40
Tabela 2: Valores da análise de variância com as fontes de variação (FV), graus de liberdade (GL), os quadrados médios e respectivos significâncias da altura e diâmetro do caule em mudas de plantas de mogno brasileiro, em função da idade da planta (em dias) e as diferentes doses crescentes de cálcio.....	42
Tabela 3: Valores da análise de variância com as fontes de variação (FV), graus de liberdade (GL), os quadrados médios e respectivos significâncias da matéria seca e teor de cálcio em mudas de plantas de mogno brasileiro, em função da idade das plantas (em dias) e as diferentes doses crescentes de cálcio.....	43
Tabela 4: Médias de altura e diâmetro do caule de mudas de plantas de mogno brasileiro em função da idade da planta sob diferentes doses crescentes de cálcio.....	45
Tabela 5: Valores de altura e diâmetro do caule em mudas de plantas de mogno brasileiro (<i>Swietenia macrophylla</i> , King), em função da idade das plantas sob diferentes doses crescentes de cálcio.....	50
Tabela 6: Médias de matéria seca das raízes (MSR), do caule (MSC), das folhas (MSF) e total (MST) e teores de cálcio no caule (CaC), nas folhas (CaF) e na raízes (CaR) em plantas de mogno brasileiro, em função do tempo de aplicação de doses crescentes de cálcio	52
Tabela 7: Médias de matéria seca do caule (MSC), das folhas (MSF), das raízes (MSR) e total (MST) de plantas de mogno brasileiro, em função da interação entre tempo de aplicação e doses crescentes de cálcio.....	54
Tabela 8: Médias dos teores de cálcio na matéria seca do caule (CaC), das folha (CaF) e das raízes (CaR) em plantas de mogno brasileiro, em função da interação entre tempo de aplicação e doses crescentes de cálcio.....	56
Tabela 9: Composição química das soluções nutritivas estoques, em molar (M), e dos tratamentos, em mL.L ⁻¹ , utilizadas no experimento (HOAGLAND & ARNON, modificada por EPSTEIN, 1975).....	66

Tabela 10: Estimativas dos parâmetros das equações de regressão lineares simples entre o efeito da concentração de cálcio no caule (CaC) de mogno e as variações ocorridas no comprimento da galeria (CG) em caule de mogno feita pela broca <i>H. grandella</i>	74
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

LISTA DE FIGURA

	p.
Figura 1: Vista do experimento de mogno brasileiro cultivado em sistema hidropônico, para avaliação do crescimento e nutrição da cultura, UFRA, Belém – PA.....	39
Figura 2: Reposição e drenagem da solução nutritiva.....	40
Figura 3: Vista do pH-metro utilizado para a aferição do pH da solução.....	41
Figura 4: Médias das alturas em mudas de plantas de mogno brasileiro, em função do tempo de aplicação de doses crescentes de cálcio.....	46
Figura 5: Médias de diâmetro das plantas de mogno brasileiro, em função do tempo de aplicação de doses crescentes de cálcio.....	48
Figura 6: Experimento de mogno (<i>S. macrophylla</i> , King) para avaliação de resistência ao ataque da broca de <i>H. grandella</i> , cultivado em sistema hidropônico, UFRA, Belém-PA.....	65
Figura 7: Seqüência mostrando a inoculação do ovo de <i>Hypsipyla grandella</i> em lançamento apical de mogno brasileiro (A e B) e a produção de serragem após a efetivação da penetração da broca (C).....	67
Figura 8: Plantas de mogno brasileiro atacadas por broca de <i>H. grandella</i> , mostrando a galeria na região de crescimento do caule.....	68
Figura 9: Percentagem do efeito do cálcio ao ataque <i>H. grandella</i> em mogno brasileiro, aos 189 dias (idade da planta) após a aplicação de doses crescentes de cálcio cultivado em solução nutritiva.....	72
Figura 10: Percentagem do efeito do cálcio ao ataque <i>H. grandella</i> em mogno brasileiro, aos 211 dias (idade da planta) após a aplicação de doses crescentes de cálcio cultivado em solução nutritiva.....	72
Figura 11: Relação entre doses de cálcio na solução nutritiva e comprimento de galeria feita pela broca de <i>H. grandella</i> em plantas jovens de mogno sob doses crescentes de cálcio e diferentes períodos de inoculação.....	75

CAPÍTULO 1

**CRESCIMENTO, TEOR DE CÁLCIO E CONTROLE DA BROCA *Hypsipyla grandella*
Zeller, 1848, NO MOGNO BRASILEIRO (*Swietenia macrophylla*, King) EM SISTEMA
HIDROPÔNICO SOB DOSES CRESCENTES DE CÁLCIO**

RESUMO

A exploração e o processamento industrial madeireiro estão entre as principais atividades econômicas da Amazônia, ao lado da mineração e da agropecuária. O mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla* King) é a espécie madeireira de maior valor econômico na América Tropical. Na Amazônia, as pesquisas mostram que as instalações de plantios comerciais de mogno apresentam como maior barreira a ser superada o ataque da larva do broto (*Hypsipyla grandella*, Zeller), que constitui um fator extremamente limitante à produção de madeira de boa qualidade em tempo útil. Este trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento, teor de cálcio e o efeito do ataque da lagarta *Hypsipyla grandella*, em plantas jovens de mogno (*Swietenia macrophylla*) cultivadas em função de diferentes épocas de aplicação de doses crescentes de cálcio no substrato sílica moída, utilizando sistema hidropônico. O experimento foi instalado em casa de vegetação na Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, Belém-PA, conduzido de setembro de 2004 a fevereiro de 2005, utilizou-se cinco doses de cálcio (0, 80, 160, 240, 320 mg Ca/L), a solução nutritiva empregada foi a proposta por Hoagland e Arnon, modificada por Epstein (1975). O delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), as variáveis utilizadas para avaliação do crescimento do mogno foram: altura da planta e diâmetro do caule para estas variáveis foi observada sete épocas de análise e feita comparação das médias, e para a matéria seca (caule, folha, raiz e total) e teor de cálcio (no caule, na folha e na raiz) avaliados em arranjo fatorial 5 x 4 (Doses x Tempo de avaliação) foram feitas análises de variância e regressão, para a variável susceptibilidade do mogno ao ataque da broca *H. grandella*, comprimento da galeria da broca e o teor de cálcio no caule foi realizado um DIC com cinco doses de cálcio, cinco repetições cada e duas épocas de inoculação da broca, utilizou-se regressões lineares simples para interpretação dos dados. Através da pesquisa conclui-se que o cálcio é essencial para o crescimento de mudas de mogno, sua ausência provoca a mortalidade, sendo a dose com 80 mg Ca/L foi suficiente para promover desenvolvimento da cultura do mogno; O cálcio não influenciou no crescimento do diâmetro do caule no período estudado. A aplicação de doses de cálcio em solução nutritiva reduziu o comprimento da galeria de infecção e exerce eficiente ação no controle do ataque de *H. grandella* em plantas de mogno.

Palavras-Chave: *Swietenia macrophylla*, *Hypsipyla grandella*, crescimento, nutrição mineral, níveis de cálcio, controle da praga.

ABSTRACT

The exploration and the processing industrial of wood are the principal economic activities of the Amazon region beside mining and farming. The Brazilian mahogany (*Swietenia macrophylla* King) is the wood specie of higher economic value in Tropical America. Researches carried out in the region showed the larva (*Hypsipyla grandella*, Zeller) of the mahogany bud to be the principal limitation for new plantings because it reduces the quality of the produce wood. The objectives of this research was to determine the effect of increasing doses of calcium on growth, leaf level of calcium and in the attack of the caterpillar *Hypsipyla grandella* to young plants of mahogany (*Swietenia macrophylla*) cultivated in nutritive solution. This nutritive solution used was that proposed by Hoagland and Arnon modified by Epstein. The experiment was carried out in the greenhouse of the Federal Rural University of Amazon (UFRA), at Belem, state of Para, from September 2004 to February 2005. A split plot experimental desing with five replicates was used. The plots were five doses of calcium (0, 80, 160, 240, 320 mg Ca L⁻¹) and the subplots time of harvesting the mahogany seedlings (133, 141, 161, 174, 189, 198 and 211 days after planting) for the variables height of plant, stem diameter, dry matter production and leaf level of calcium. Plots were the same doses of calcium and subplots two times of harvesting the plants (189 e 211 days after planting) for the variables sensitivity of mahogany seedlings to attack of the drill, gallery length and stem level of calcium. Results showed the calcium application in the smaller dose increased dry matter production of plants (Leaf, stem, roots) at 211 days after planting. Calcium did not growth of plants in the experimental period. Level of calcium in mahogany seedlings decreased through stem, leaves and roots. Calcium decreased gallery length of infection suggesting that it was efficient to control the attact of *Hypsipylla grandella* to mahogany seedlings.

Keywords: *Swietenia macrophylla*, *Hypsipyla grandella*, growth, mineral nutrition, levels of calcium, control of the plague.

1.1 INTRODUÇÃO

A exploração e o processamento industrial da madeira estão entre as principais atividades econômicas da Amazônia, ao lado da mineração e da agropecuária. Em 2004, o setor madeireiro extraiu 24,5 milhões de metros cúbicos de madeira em tora, o equivalente a cerca de 6,2 milhões de árvores. Essa matéria-prima gerou 10,4 milhões de metros cúbicos de madeira processada (tábuas, produtos beneficiados, laminados, compensados, etc.). O processamento madeireiro ocorreu em 82 pólos madeireiros situados principalmente no Pará, Mato Grosso e Rondônia. Após o processamento a madeira amazônica foi destinada tanto para o mercado doméstico (64%) como para o externo. Em particular, as exportações tiveram um incremento extremamente significativo, passando de US\$ 381 milhões em 1998 para US\$ 943 milhões em 2004 (LENTINI et al., 2005).

O mogno (*Swietenia macrophylla* King) é uma espécie madeireira de maior valor econômico na América Tropical. A comercialização no mercado internacional é originária de floresta nativa onde a exploração não é feita de maneira sustentável. Em consequência, as populações naturais de mogno estão severamente reduzidas ao longo de sua área de ocorrência.

A elevada importância comercial do mogno se dá pela beleza da madeira que produz, a cor atrativa, durabilidade, estabilidade dimensional, sendo bastante usado em móveis finos, laminados, construções civis (portas, janelas e painéis), navais e aeronáuticas, esculturas e instrumentos musicais (GROGAN et al., 2002). Devido essas características tecnológicas serem bastante apreciadas, essa espécie vem sofrendo uma exploração seletiva associada com práticas predatórias e ilegais. Ambientalistas defendem a inclusão do mogno como uma espécie ameaçada em extinção, já para países produtores e madeireiros afirmam que não há informação suficiente sobre tal risco.

O Brasil é detentor da maior reserva natural de mogno, ocupando o primeiro lugar em produção, seguido da Bolívia. Estes países abrigam aproximadamente 85% do total do estoque de mogno existente no mundo (GASPARETO, 2002).

A pesquisa na Amazônia mostra que as instalações de plantios comerciais de mogno apresentam como maior barreira a ser superada o combate ao ataque da larva do broto (*Hypsipyla grandella*), que resulta na deformação ou ramificação da árvore, diminuindo sensivelmente o valor econômico da cultura, conseqüentemente, se constituindo em um fator extremamente limitante à produção da madeira de boa qualidade, em tempo útil (OHASHI et al., 2002).

Desta forma, é de fundamental importância a realização de pesquisas voltadas para o desenvolvimento da cultura do mogno, por serem quase inexistentes dados experimentais na região amazônica, que permitam conhecer as necessidades nutricionais e seus efeitos sobre o desenvolvimento da espécie, detectando em curto prazo e de maneira preliminar, a dosagem limitante ao crescimento das plantas na fase juvenil e estabelecer indicações de doses de cálcio a serem testadas em campo, assim como, encontrar mecanismos eficientes de combate à broca do mogno (*H. grandella*).

A partir de observações no campo em experimento conduzido por Ohashi et al. (2005) no município de Aurora do Pará, onde utilizou-se plantas de mogno brasileiro observando-se o efeito da adubação com boro, correção do solo com calcário dolomítico e gesso agrícola para o controle da *H. grandella*, onde indicavam a possibilidade do cálcio no solo de exercer influência positiva na redução do ataque, a partir desta observação foi idealizado este ensaio para comprovar aquela hipótese.

Em virtude da sua função estrutural, o cálcio atua na manutenção da integridade física da parede celular, e por apresentar baixa mobilidade, a sua deficiência provoca a morte dos tecidos mais novos da planta, principalmente, a gema apical. Como a lagarta recém-eclodida alimenta-se inicialmente de uma folha nova do broto do mogno, a baixa resistência mecânica dos tecidos novos, em condições de deficiência de cálcio, pode favorecer a sobrevivência dessa lagarta recém-eclodida. À vista desse conhecimento, parece possível que em plantas adequadamente nutridas em cálcio, seja aumentada a resistência ao ataque da *H. grandella*, o que levou à experimentação, a hipótese de que o cálcio, dependendo do tempo da sua aplicação, pode diminuir o ataque da *H. grandella*.

A escassez de dados científicos a respeito da nutrição do mogno, especialmente em relação à dependência do cálcio, levou à necessidade de comparar dados experimentais de outras essências florestais, em analogia com os dados encontrados nesta pesquisa com mogno.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento, teor de cálcio na matéria seca da planta e o controle à lagarta *Hypsipyla grandella*, em plantas jovens de mogno (*Swietenia macrophylla*) cultivadas em sistema hidropônico com substrato sílica moída, sob doses crescentes de cálcio.

Estes resultados preliminares deverão servir de subsídios para posteriores pesquisas, dentro de procedimentos biológicos, que busquem elucidar a real participação do cálcio no controle da infestação de plantas de mogno, pela broca *H. grandella*.

1.2 REVISÃO DE LITERATURA

1.2.1 Família Meliácea

A família meliaceae apresenta como característica botânica: as folhas alternas, simples ou compostas, geralmente penadas, inflorescência em tirso ou panícula, terminais ou nas axilas superiores. Flores pequenas, hermafroditas, raramente unissexuais, actinomorfas, tetrâmeras ou pentâmeras. Sépalas unidas livres ou unidas na base, pétalas livres, às vezes unidas na base ou agnatas ao tubo estaminal. Androceu geralmente diplostêmone, raramente na externa no ápice, deste tubo estaminal, que é dentado, lobado ou laciniado. Ovário súpero, de uni a octolocular e carpelar, de um a dois óvulos por lóculo ou, às vezes, numerosa placentação axial, estigma capitado ou discóide. Fruto em cápsula, baga ou drupa, sementes freqüentemente com arilo ou aladas, albume carnoso ou ausente (VIDAL; VIDAL, 1995).

Segundo Connoly ¹ (1983 citado por SILVA, 2003) a característica marcante dessa família é a presença de substâncias amargas, conhecidas como “meliacinas”, as quais são chamadas de limonóides, e que têm sido encontrados também em Rutaceae e Cneoraceae.

Viégas Júnior ² (2003 citado por BATISTA, 2005) explica que a resistência a insetos através da presença de limonóides numa planta pode haver uma estreita relação a adaptação do inseto e as espécies vegetativas, como *Swietenia macrophylla* e *Cedrella* sp., por exemplo, que são atacadas por *H. grandella*, em relação a outras meliáceas que não são atacadas, como por exemplo, o cedro australiano (*Toona* spp). Essa relação pode ser mesmo entre espécies distintas de um mesmo gênero ou família, que produzem limonóides distintos e mantêm-se livres do ataque de insetos. Essa inter-relação inseto e planta parece ser um aspecto direto mais provável para a enorme diversidade de estruturas químicas encontradas nos limonóides.

A família meliaceae é composta, principalmente, de árvores tropicais que produzem madeiras de elevado valor comercial. As mais conhecidas são: mogno americano, ou mogno verdadeiro (*Swietenia* spp), mogno africano (*Kaya* spp), cedro sul-americano (*Cedrella* spp), cedro vermelho australiano (*Toona* spp) e andiroba (*Carapa* spp) (BERTI FILHO, 1973). A distribuição geográfica dessa família ocorre em regiões tropicais e subtropicais das Américas, África e Ásia. As espécies dessa família mostram um amplo aspecto de variação na aparência

¹CONNOLLY, J. D., Chemistry of the liminoides of meliaceae and cneoraceae. In: WATERMAN, P. G.; GRUNDON, M. F. **chemistry and chemical taxonomy of the rutales**. London, 1983, 35p

²VIÉGAS JÚNIOR. **Terpenos com atividade inseticida: uma alternativa par o controle químico de insetos**. Quim. Nova, v.26, n. 3, p.390-400. 2003.

e nas propriedades físicas, porém as de maior valor comercial são as de cor atrativa, durabilidade e facilidade de manuseada em carpintaria (VERÍSSIMO et. al., 1995).

1.2.2 Zona de ocorrência da *Swietenia macrophylla* (mogno)

Lamb³ e Pennington et al.⁴ (1966 e 1981 citados por VERÍSSIMO, 2002) relatam que a área de ocorrência do mogno inicia-se na província de Yucatán, no México (latitude 23°N), passando pela costa Atlântica da América Central até ao sul da Amazônia Venezuelana, Equatoriana, Colombiana, Peruana, Boliviana e Brasileira (18°S). Sua população no Brasil é superior à de todos esses países combinados, sendo da ordem de 74% (COLON, 1994), recebe diversas denominações como Caoba na Espanha (Porto Rico inclusive), Mara na Bolívia, Mahogany nos países de língua inglesa, Aguano ou Mogno no Brasil e Acajou na França.

O mogno encontra-se geralmente nas florestas classificadas como tropical e seca, com temperatura média anual de 24°C e precipitação anual entre 1000 mm – 2000 mm e índice anual de chuva para evapotranspiração de 1,0 – 2,0, o mogno também é encontrado em florestas úmidas e zonas subtropicais (LAMB³, 1966; WHITMORE⁵, 1983 apud OHASHI et. al., 2002) e ocorre desde o nível do mar da América Central, até 1400 m, no sopé dos Andes no Equador, Peru e Bolívia. Essa espécie cresce também em uma variedade de solos (aluvião, alcalino, vulcânico, metamórfico e material calcário) e sob diferentes condições, tais como, solos profundos, rasos, ácidos, alcalinos, argilosos e bem drenados (OLIPHANTE⁶, 1928; STEVENSON⁷, 1927; WILLIAM⁸, 1931; LAMB³, 1966; SNOOK⁹, 1993; GULLISON et. al.¹⁰, 1996 apud VERÍSSIMO, 2002).

³LAMB, F. B.. **Mahogany of tropical America. Its Ecology and Management** – The University of Michigan Press, Ann Harbor, Michigan, USA, 1966. 219p.

⁴PENNINGTON, T. D.; STYLES, B. T.; TAYLER, D. A. H. Meliaceae. **Flora Neotropica** Monograph 28: 1-472. 1981.

⁵WHITMORE, J. L. *Swietenia macrophylla* and *S. humilis* (caoba, mahogany). In: **D. H. Janzen, ed., Costa Rica Natural History**. Chicago: University of Chicago Press. P. 331-333, 1983.

⁶OLIPHANT, J. N. Mahogany in British Honduras. **Empire Forestry Review** 7: 9-10, 1928.

⁷STEVENSON, N. S. Silviculture treatment of mahogany forests in the British Honduras. **Empire Forestry Journal** 6: 219-227, 1927.

⁸WILLIAM. Peruvian mahogany tropical woods 31: 30-37, 1931

⁹SNOOK, L. K. Stand Dynamics of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) and associated species after fire and Hurricane in the tropical forests of the Yucatan Peninsula, México. D. f. dissertation, Yale University. 1993.

¹⁰GULLISON, R. E.; PANFIL, S. N.; STRUOSE, J. J.; HUBBELL, S. P. Ecology and management of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in the chimanes Forest, Beni Bolivia. **Botanical Journal of the Linnéan Society** 122: 9-34, 1996.

Sombroek e Sampaio ¹¹ (1962 citados por TEREZO, 2002) afirmam que analisando o baixo rio Araguaia, *S. macrophylla* ocorre no que corresponde à área de transição entre a floresta tropical úmida e os ecossistemas savânicos (cerrados) pertencente ao Escudo do Brasil Central. O principal tipo de solo que ocorre na área é o Argissolo Amarelo com alta saturação por base, geralmente, o mogno cresce em áreas predominantemente com drenagem imperfeita, preferindo solos ricos em bases trocáveis.

1.2.3 Características da *Swietenia macrophylla*

O mogno (*S. macrophylla*) tem como características dendrológicas, ser uma espécie de porte elevado atingindo até 30 m de altura por 50 a 80 cm de diâmetro, podendo chegar até 2 m; fuste de 20 a 27 m cilíndrico e reto, diâmetro da altura do peito – DAP de 1,30 m de 100 a 200 cm. Madeira moderadamente pesada (0,55 - 0,70 cm³), cerne variando do castanho avermelhado a castanho escuro uniforme, alborno amarelo ou levemente pálido, de pouca espessura, grã direita, textura média, cheiro indistinto, superfície lustrosa, geralmente lisa ao tato (GASPARETO, 2002). As folhas são penadas alternas com 25 a 45 cm de comprimento, sendo composta de 3 a 4 pares de folíolos opostos e supostos (8 a 10), as folhas perenes, salvo curto período de desfolha, por ocasião de maturação das sementes, no período aproximado de julho/outubro na bacia do Araguaia (VERÍSSIMO et. al., 1992; LAMPREACHT, 1990; LORENZI, 1992). Esta espécie beneficia-se de estações ou períodos secos para abertura de seus frutos maduros e dispersão de suas sementes aladas. Em condições desfavoráveis, a *S. macrophylla* inicia seu ciclo reprodutivo aos 12 anos. Inflorescência em panículas de 15 a 25 cm de comprimento, corola em geral com 5 pétalas (raro 4-6), estames (10), com filetes soldados formando um tubo (10) denteado na parte superior. A espécie possui abundante produção de sementes, variando anualmente. Encontra-se em média, de 60 – 75 sementes em cada fruto, cujos tamanhos variam de região para região (TEREZO, 2002).

Na região da Bacia Araguaia, Veríssimo et. al. (1992) relatam que a frutificação do mogno ocorre de julho a outubro. Pesquisa realizada por Barros et. al. (1992) nos herbários do Museu Paraense Emílio Goeldi e da Embrapa Amazônia Oriental comprovou que o tempo de frutificação varia de março a outubro.

¹¹ SOMBOEK, W. G.; SAMPAIO, J. B. **Reconnaissance soil survey of the Araguaia mahogany area.** Belém, FAO. Comissão de solos, 1962.

O fruto tem a cápsula lenhosa semelhante à *Cedrela*, porém maior, escura, de 12 a 16 cm de comprimento por 8 a 10 cm de diâmetro, provida de espessa coluna placentar; sementes aladas vermelho-pardacentas com núcleo seminífero basal. A dispersão das sementes aladas é favorecida pelo vento, dispersando-se em maior quantidade na forma de um leque com aproximadamente 12 graus de abertura, com maior incidência até entre 5 e 10 metros, diminuindo fortemente até 40 m, mas podendo ocorrer até 100 m (GROGAN et. al., 1997).

As raízes são tabulares apresentando baixa frequência. As copas das árvores jovens são estreitas e das plantas adultas são amplas, densas e fortemente ramificadas. As árvores maduras têm copa com 10 a 20 metros de diâmetro, mas podem alcançar até 40 m, essas copas tendem a serem irregulares, sendo caracterizadas por poucos galhos primários de tamanho grande (LAMB¹², 1966; SNOOK¹³, 1993; GULLISON et. al.¹⁴, 1996 apud VERÍSSIMO, 2002). Cresce sob várias condições ecológicas e de solos, permite suportar meses de baixo regime pluviométrico.

A *S. macrophylla* é uma espécie que reage desfavoravelmente a ambientes sombreados e competição ao nível radicular. Portanto, esta espécie se comporta como heliófila, crescendo em ambientes abertos, tais como áreas queimadas, clareiras causadas por tempestades e aquelas geradas por áreas para agricultura. Sua resistência à influência antrópica recomenda-o para regeneração artificial, guardadas os manejos adequados contra a broca (*H. grandella*) e para manejos sustentados (BARROS et. al., 1992).

1.2.4 Estoque de *Swietenia macrophylla* na Amazônia Brasileira

Segundo Terezo (2002) a área de ocorrência natural do mogno na Amazônia Brasileira está estimada em 1.518.964 Km² das quais as terras indígenas representam 22,5%. Estima-se que atualmente apenas 1/3 da área total de ocorrência do mogno corresponde às áreas de reservas naturais remanescentes exploráveis. Essas áreas representam um potencial da ordem de 13.044.973 m³ que, se considerar uma taxa de exploração anual de 250 mil m³/toras/ano, resulta em um tempo mínimo de persistência dos atuais estoques de 52 anos. Considerando-se

¹²LAMB, F. B.. **Mahogany of tropical America. Its Ecology and Management** – The University of Michigan Press, Ann Harbor, Michigan, USA, 1966. 219p.

¹³SNOOK, L. K. Stand Dynamics of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) and associated species after fire and Hurricane in the tropical forests of the Yucatan Peninsula, México. D. f. dissertation, Yale University. 1993.

¹⁴GULLISON, R. E.; PANFIL, S. N.; STRUOSE, J. J.; HUBBELL, S. P. Ecology and management of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in the chimanes Forest, Beni Bolivia. Botanical Journal of the Linnéan Society 122: 9-34, 1996.

um incremento anual de 0,01 m³/ha temos um acréscimo de volume de 845.944 m³/ano, superior a demanda atual de 250.000 m³/ano, o que poderia tranquilizar em termos de abastecimento de mercado. Porém, as questões sociais da posse e uso da terra são pontos importantes com relação à perda de habitat natural na região de ocorrência do mogno. Isto se deve ao fato de que o mogno é uma espécie indicadora de bons solos, com isto estradas são abertas para exploração da espécie e posteriormente são usadas para invasões e colonização ilegais.

A exaustão do estoque de mogno tem deixado em alerta a comunidade florestal e o governo federal, que por meio de portarias, decretos, leis e medidas provisórias tenta contingenciar e coibir a exploração da espécie na região Amazônica.

Entre 1971 e 2001, estima-se que o Brasil explorou cerca de 5,7 milhões de metros cúbicos, gerando uma renda bruta de aproximadamente US\$ 3,9 bilhões, considerando um preço médio histórico US\$ 700,00/m³ (GROGAN et. al., 2002).

Um dos fatores que proporcionou a grande procura pelo mogno brasileiro *S. macrophylla*, foi o esgotamento dos estoques naturais do mogno caribenho, *S. mahogany* (Linnaeus) Jaquin. Assim o interesse dos madeireiros neste século se voltou para Amazônia, onde se encontram as maiores reservas naturais do planeta, e o Brasil, atualmente, é o principal exportador (RODAN et. al., 1992). Então, em 1990 o Governo Brasileiro adotou medidas para controlar a exploração do mogno. Em 1996, proibiu a entrada de novos planos de manejo e em 2001, o Ibama suspendeu todos os planos de manejo de mogno por considerá-los inadequados ou fraudulentos, assim como, suspendendo a exportação da madeira já explorada (GROGAN et. al., 2002).

Mesmo com esta redução, a Amazônia Legal ainda é o segundo maior produtor de madeira tropical do mundo. Fica atrás apenas da Indonésia, cujo consumo anual de madeira em tora tem superado os 30 milhões de metros cúbicos. Os outros países da Bacia Amazônica (Bolívia, Peru, Colômbia, Equador, Venezuela, Guiana, Guiana Francesa e Suriname) produzem conjuntamente 13 milhões de metros cúbicos em tora (FAO, 2004¹⁵ apud LENTINI et. al., 2005).

Na Amazônia, várias espécies florestais tanto de terra firme quanto de várzea têm sido intensamente exploradas, estando suas populações severamente depauperadas ou mesmo comercialmente extintas em algumas regiões. São escassos materiais referentes aos padrões de distribuição geográfica da diversidade genética entre as populações das espécies florestais

¹⁵FAO 2004. <http://www.apps.fao.org/page/collections?subset=forestry>

amazônicas. As estimativas de estoques naturais de mogno são especulativas. Isto porque não existem inventários nacionais dessa espécie, não só no Brasil, como no México e na Bolívia. Essas informações são essenciais para definir estoques genéticos e subsidiar políticas de exploração e manejo desses recursos, assim como, planejar estratégias de conservação em escala regional e geográfica.

No Brasil, um estudo realizado por Barros et. al. (1992), com base nos dados do RADAM-BRASIL, estima que os estoques naturais de mogno no país são relativamente abundantes, em torno de 21 milhões de metros cúbicos (5,7 milhões de árvores de mogno). Entretanto é argumentado por Veríssimo et al. (1992) que os dados sobre os estoques são difíceis de coletar, por causa da sua distribuição agrupada, e que todas as estimativas existentes devem ser consideradas como reserva.

Estudo realizado em uma área da Empresa MG Madeira, no município de Rio Maria no Estado do Pará, Lopes et. al. (1999) encontraram 0,94 árvore de mogno por hectare, enquanto que na Fazenda Patauá, foram registrados apenas 0,11 árvore por hectare, ou seja, nove vezes menos indivíduos do que em Rio Maria. Além disto, o mogno encontrou-se em 57º lugar na escala de importância na estrutura da floresta estudada, com índice de apenas 1,3%, em número de indivíduos por hectare, assim como em distribuição de indivíduos na área, ficou em 50º lugar (LIMA et. al., 2000).

Ressalta-se que a floresta Amazônica constituir cerca de 40% do total de florestas tropicais do planeta, apresentando alta diversidade de espécies, com características diferenciadas, resultantes das diversas influências dos fatores ambientais. Nesse ecossistema natural as espécies interagem, formando uma estrutura ecológica dinamicamente complexa, que precisa ser conhecida em detalhe, para permitir a elaboração e aplicação correta dos planos de manejo silvicultural, proporcionando o aproveitamento racional dos recursos florestais.

1.2.5 Classificação taxonômica da *Swietenia macrophylla*

Classe: Magnoliopsida

Ordem: Sapindales

Família: Meliaceae

Gênero: *Swietenia* Jacquin

Espécie: *Swietenia macrophylla* King

Sinônimo: *S. candollei* Pittier

Nome Vulgar em Português: Mogno

1.2.6 Praga das Meliáceas

Dourojeani ¹⁶ (1973 citado por SILVA, 2003) ratifica que as meliáceas têm sido relatadas pela literatura como hospedeira de lepidópteros das famílias *Pyralidae* (*Hypsipyla grandella*, *hypsipyla ferrealis*, *Sematoneura atrovenosella*, *Sematoneura grijpmai*, *Humiphila paleolivacea*); *Stenomidae* (*Antaeotricha ribbei*); e *Gracillariidae* (*Phyllocnistis meliacella*). As mais importantes pragas das meliáceas são: *Hypsipyla robusta*, *Hypsipyla ferrealis* e *Hypsipyla grandella*, Zeller (1948), sendo que esta ocorre na América do Norte e América do Sul (BRADLEY, 1968).

O ataque da *H. grandella* inicia-se quando o ovo, posto pela mariposa (fase adulta) na planta com brotação nova, eclode; a partir deste momento, a lagarta penetra e começa a brocar; neste broto recém-lançado, após a penetração da praga no ramo principal da árvore, a *H. grandella* faz galerias, prejudicando consideravelmente o desenvolvimento da planta. Várias repetições desse ataque produzem ramificações, impedindo a formação de um tronco aproveitável e inutilizando comercialmente a madeira, podendo inclusive, levar a planta à morte (BITTENCOURT; OHASHI, 2001).

1.2.6.1 Distribuição geográfica da *Hypsipyla grandella*

A *Hypsipyla grandella* é uma mariposa da família *Pyralidae* Dourojeani¹⁷ (1973 citado por OHASHI et al., 2002) ocorre na América do Norte, Central e do Sul (exceto o Chile), ocorrendo também nas Ilhas do Caribe e ao Sul da Flórida nos Estados Unidos (BRADLEY, 2002). No Brasil, está distribuída nos Estados do Amazonas, Bahia, Pará, Paraíba, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo (OIANO NETO, 2000).

¹⁶DOUROJEANI, M. J. Considerações sobre el problema *Hypsipyla grandella* (Zeller) em laas plantaciones de Meliaceae em el Peru. **PROCEEDINGS FIRST SYMPOSIUM ON INTEGRATED CONTROL OF *Hypsipyla grandella* (CATIE) II**. Turrialba, Costa Rica, p. 60-2, 1973.

¹⁷DOUROJEANI, M. J. Considerações sobre el problema *Hypsipyla grandella* (Zeller) em laas plantaciones de Meliaceae em el Peru. **PROCEEDINGS FIRST SYMPOSIUM ON INTEGRATED CONTROL OF *Hypsipyla grandella* (CATIE) II**. Turrialba, Costa Rica, p. 60-2, 1973.

1.2.6.2 Classificação taxonômica da *Hypsipyla grandella*

O gênero *Hypsipyla* possui a seguinte classificação (GALLO, 2002):

Ordem: Lepidóptera

Subordem: Glossata

Superfamília: Pyralidoidea

Família: Pyralidae

Subfamília: Phycitinae

Gênero: *Hypsipyla*

Espécie: *Hypsipyla grandella* Zeller, 1848.

1.2.6.3 Características biológicas da *Hypsipyla grandella* (ovo, lagarta, crisálida, adulto)

As mariposas de *Hypsipyla grandella* são de coloração pardo cinzenta. A envergadura varia de 28 a 34 mm nas fêmeas e de 22 a 26 mm nos machos (RICORDI, 1963). As mariposas apresentam os palpos labiais com 1º segmento esbranquiçado, o 2º cinza claro e o 3º cinza escuro. Antena esbranquiçada ciliada no macho e fracamente ciliada na fêmea. Cabeça cinza fosca. Tórax cinza fosco com escamas cinza escuro na base das tégulas. Asas anteriores cinza foscas com leve brilho violáceo, sombreadas com escamas castanho avermelhadas especialmente na área cubital. As asas posteriores são brancas hialinas. Abdome com dorso cinza e branco iridescente no lado ventral (BECKER¹⁸ citado por OHASHI, 2002).

Os ovos são ovalado, levemente achatados, apresentam uma estrutura alveolar sendo a parte plana que está em contato com árvore de coloração branco opaco quando recém postos, tornam-se rosados após 24 horas quando férteis (GALLO et al., 1988). Porém, Grijsma (1971), afirmou que os ovos recém colocados de *H. grandella* são de coloração amarelo pálido a castanho amarelado e após 24 horas tornam-se vermelhos.

Segundo Costa (2000) os ovos são depositados isoladamente, ou ocasionalmente em grupos de 3 a 4, sobre ou próximo das axilas foliares e que a fêmea deste inseto costuma colocar de 1 a 3 ovos por brotação do hospedeiro, sendo o local de ovoposição num ponto

¹⁸BECKER, V. O. Microlepidopteros asociados com *Carapa*, *Cedrela* y *Swietenia* em Costa Rica. In: WHITMORE, J. L. **Studies on the shootborer *Hypsipyla grandella* (Zeller) Lep. Pyralidae**. Costa Rica: CATIE, 1976. p.75-101. (CATIE. Miscellaneous Publications, 101).

logo abaixo da brotação nova e as larvas eclodem depois de três dias. Estudos realizados por Vargas et al. (2002) relatam que as larvas nascem depois de 3 – 7 dias.

Estudos realizados por Sarmiento Júnior (2001) constatou que o período de incubação de ovos em laboratório em Belém, variou de 3 a 4 dias, com uma média de 3,7 dias.

A mariposa faz postura nos brotos, ramos ou frutos e utiliza-se do odor exalado pelas brotações novas de mogno ou quimio-recepção (GRIJPM; GARA, 1970; GARA et al., 1973).

Ohashi et al. (2002) relatam que após a eclosão a lagarta desloca-se para o ápice da planta, onde penetra na base de um pecíolo novo. Após um a dois dias, emerge desse folíolo para então perfurar o caule através da gema apical.

As lagartas possuem coloração rósea, sendo os últimos ínstaes de cor azulada. Na fase de larva a lagarta madura apresenta o comprimento médio de 2cm e dura em média 30 dias. Vivem no interior do ponteiro, em galerias longitudinais ou no interior de frutos. O ataque pode ser notado pela exsudação de goma e serragem nos brotos (GALLO et al., 1988). Pesquisas realizadas por Berti Filho (1973) e Berti Filho et al. (1992) verificaram que a duração do período larval em dieta natural foi em média de 29,2 dias para a fase de lagarta. Esse estágio apresentou 6 ínstaes em laboratório com temperatura de 25 °C e 60 % de umidade relativa. Sarmiento Júnior (2001) estudou a biologia da lagarta de *H. grandella* sob condições de laboratório em Belém, alimentando-a com folhas novas de *Swietenia macrophylla*, *Cedrela odorata* e *Toona* sp. e encontrou um período semelhante da fase larval nos três hospedeiros, quanto que na duração total da fase de lagarta foi de 11 a 14 dias. A cabeça e o tórax são de coloração marrom escuro e o corpo, geralmente é marrom claro. As lagartas maduras medem 20 mm e apresentam uma cor marrom ou verde azulada, especialmente as lagartas que se encontram no córtex, e nos brotos são geralmente azuis (ROOVERS, 1971).

A lagarta madura tece um casulo de seda branco transformando-se em crisálida do tipo obtecta e mede cerca de 20 mm de comprimento por 5 mm de largura (SANCHES, 1964). Esta fase de crisálida é formada na galeria dos ramos atacados e varia em média de 8 a 10 dias (BERTI FILHO et al., 1992).

A fase de crisálida de *H. grandella* é composto de 8 anéis abdominais facilmente visíveis, dos quais os compreendidos entre o segundo e o último possuem, de cada lado, um estigma proeminente. O cremaster é formado por vários ganchos quitinosos, com seus extremos curvos (RICORDI, 1963).

As mariposas emergem no final de tarde e apresentam uma proporção sexual de 1:1, com uma longevidade de 6 dias para macho e 8 dias para fêmea (NEWTON et al., 1993).

Os adultos de *H. grandella* iniciam sua atividade de vôo após 18 horas (SILVA, 1982). O acasalamento ocorre preferencialmente entre às 20:00 e às 23:00 horas e a ovoposição no período de 21:00 às 24:00 horas (OIANO NETO, 2000).

1.2.6.4 Danos causados pela *Hypsipyla grandella*

As lagartas de *H. grandella* alimentam-se também de frutos, flores e câmbio de muitas meliáceas e o dano maior ocorrem quando invadem os brotos terminais de plantas jovens, pois sucessivas infestações resultam em raquitismo e deformação permanente e irreversível do fuste da planta (GRAY, 1972).

Mayhew e Newton (1998) afirmam que a *H. grandella* é a praga mais importante e limitante para a cultura do mogno, sendo que a fase mais susceptível é entre 3 a 6 anos e nesta fase a planta varia de 2 a 8 m.

Outro critério é o nível de dano econômico que é expresso pelos prejuízos causados pela densidade mínima da praga que resulta em perdas econômicas. Para a broca do mogno, tal nível é de apenas uma lagarta por planta, o qual é agravado, pois uma fêmea ovoposita de 65 ou até 200 ovos durante 3 a 4 dias. Portanto, é muito provável que apenas uma fêmea fertilizada danifique todas as plantas de mogno no estágio de brotação nova em um hectare (OHASHI et al. 2002).

1.2.6.5 Gerações de *Hypsipyla grandella*

A superposição de gerações da praga que foi comprovada por Sarmiento Júnior (2001) no Estado do Pará demonstrou que a *H. grandella* reproduziu 12 gerações por ano.

Pesquisas realizadas em Itapuava-SP por Berti Filho (1973) e no Amazonas por Silva (1982), constataram a existência de superposição de gerações de *H. grandella* nos meses de novembro a abril em Itapuava-SP e de novembro a dezembro e de maio a agosto no Amazonas, tendo o clímax do nível populacional da praga e de maior ataque nos meses de dezembro a agosto.

1.2.6.6 Controle da *Hypsipyla grandella*

Para o controle da *H. grandella* são necessários um conjunto de medidas como: controle físico (armadilha luminosa) por Holsten e Gara (1973) verificaram que armadilhas com luz negra são uma forma excelente de capturar as fêmeas de *H. grandella*; controle biológico recomendado por Gallo et al. (2002) o uso de inimigos naturais como *Trichogramma* sp. os quais parasitam os ovos; controle mecânico (cola) e cultural (poda do broto atacado) de acordo com e Ohashi et al. (2002) o controle com a cola colacid foi significativamente superior a poda comparando os índices de eficiência; controle químico observa-se que trabalhos realizados com aplicação de inseticidas químicos pulverizados sobre a planta, demonstraram ineficácia (GRIJMA, 1974); plantas resistentes citado por Grijpma (1970) relata que *T. Ciliata* var. *australis* e *K. ivorensis*, eram imunes ao ataque de *H. grandella* na América central; por comportamento Schoonhoven (1973) muitas plantas emitem odores característicos que servem à atração de insetos comensais; o controle silvicultural no Brasil Yared e Carpanezzi (1981) reportam que o dano da broca do mogno foi ausente durante 4 anos nas linhas de enriquecimento (plantio a pleno sol e o enriquecimento de floresta). Ressalta-se que qualquer método de controle desta praga deve apresentar eficiência agrônômica, praticidade na tecnologia e com rápida ação, economicamente viável, seletivo, específico e ecológico. Mas nenhum foi completamente eficiente no controle da *Hypsipyla grandella*

1.2.7 Importância do cálcio nas plantas

Os nutrientes minerais têm funções específicas no metabolismo, no crescimento e no desenvolvimento das plantas. O aumento ou redução da concentração dos nutrientes no solo poderá afetar na planta a absorção, a translocação e a redistribuição de um determinado nutriente, o que permite, conseqüentemente, caracterizar as diferentes deficiências nutricionais. A maioria dos micronutrientes é, via de regra, constituinte de enzimas e é essencial somente em pequenas quantidades. Os macronutrientes, por sua vez, participam da estrutura de compostos orgânicos, tais como proteínas e ácido nucléicos, ou atuam como solutos osmóticos. As diferenças quanto à função dos elementos minerais refletem nas suas concentrações médias adequadas ao crescimento da planta. Esses valores variam dependendo da espécie, da idade e disponibilidade do elemento mineral.

O cálcio é o quinto elemento mais abundante na crosta terrestre, representando mais de 3% da sua composição. O teor de cálcio trocável em solos normais varia de 65 a 85 % de sua capacidade de troca total (CARVALHO; CHALFOUN, 1991).

O cálcio é absorvido pelas raízes como Ca^{2+} da solução do solo. Da quantidade absorvida, a maior parte é transportada pelo xilema, através da corrente transpiratória, das raízes para a parte aérea. Entretanto, esse transporte pode ser feito pelo floema através da troca com outros cátions como magnésio, manganês e zinco (MALAVOLTA, 1980). Em decorrência disto, sua concentração no floema é muito baixa, sendo sua taxa de redistribuição pequena; portanto, em condições de carência, os sintomas aparecem em órgãos e partes mais novas, como gemas e pontas de raízes (FAQUIN, 1994). O Ca é importante para a estrutura e função das membranas biológicas, afetando-lhes a permeabilidade, a seletividade e processos relacionados, embora os mecanismos fisiológicos aí envolvidos sejam ainda desconhecidos (MALAVOLTA, VITTI, OLIVEIRA, 1997).

O nutriente (cálcio) tem como função específica em nível estrutural, a participação na composição da lamela média da parede celular (apoplasto), formando pectatos que aumenta a rigidez das paredes, dificultando o aumento do tamanho da célula funcionando, também, como componente da amilase (enzima da germinação e hidrólise do endosperma). Em âmbito metabólico, atua na manutenção da estrutura e funcionamento das membranas celulares (com pouco Ca ocorre o efluxo ou “vazamento” de compostos e íons difusíveis); germinação de pólen e crescimento do tubo polínico (cofator enzimático); ativador das ATP-ases, enzimas da fosforilação que participam da absorção iônica (FAQUIN, 2001). O cálcio ajuda converter o N-nitrato (N-NO_3^-) em formas necessárias para a formação da proteína, e contribui, também, para aumentar a resistência às doenças. Importante para a fecundação das flores, fixação dos botões florais e da frutificação, pois é neste momento que ocorre uma multiplicação de novas células (NUTRIFATOS, 2006).

O cálcio também é considerado indispensável para a germinação do grão de pólen e para o crescimento do tubo polínico, o que deve ser devido ao papel na síntese da parede celular e ao funcionamento da plasmalema, segundo Mengel e Kirkby ¹⁹ (1987 citado por COSTACURTA, 1996).

O cálcio tem muitos efeitos no crescimento e desenvolvimento da planta: atrasa o amadurecimento, a senescência e a abscisão; melhora a qualidade dos frutos, a fotossíntese; outros processos, como a divisão celular, movimento citoplasmático e o aumento do volume

¹⁹ MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 4 ed. Bern Int Potash Inst. 1987.

celular, estão relacionados com o baixo teor de Ca nesses tecidos. O aumento do nível de cálcio em geral diminui a ocorrência ou a gravidade dessas desordens. O cálcio é essencial para manter a integridade estrutural das membranas e das paredes celulares, quando há deficiência as membranas começam a “vazar”, a compartimentação celular é rompida e a ligação do Ca com a pectina da parede celular é afetada. O pectato de Ca da lamela média atua como cimento entre uma célula e outra, sendo depositado durante a citocinese (MALAVOLTA et al., 1997).

Faquin (2001) e Malavolta et al. (1997) citam como sintomas de deficiência visíveis: o amarelecimento de uma região limitada da margem das folhas mais novas; crescimento não uniforme da folha, do qual resultam formas tortas, às vezes com o gancho na ponta; murchamento e morte das gemas terminais; gemas laterais dormentes; manchas necróticas interveais; murchamento das folhas e colapso do pecíolo; a deficiência também se expressa em frutos em desenvolvimento e nos pontos de crescimento da parte aérea e da parte da raiz, estas tendem a ficar sem estrutura (moles, frágeis e gelatinosas).

As deficiências de cálcio ocorrem mais facilmente em solos ácidos; arenosos, no qual o Ca disponível é lixiviado pela chuva ou pela água de irrigação; e em solos estercoados, onde o teor de cálcio é baixo (NUTRIFATOS).

Fernandes et al. (1977) constataram que o cálcio em pequena quantidade é necessário para atividade mitótica normal e é por isso que quando ocorrer a deficiência de Ca ocorrer a supressão da mitose em meristemas.

Para Faquin (2001) o Ca é um nutriente exigido em quantidades muito variadas em diferentes culturas, dentro de limites, cerca de 10 até 200 kg/ha.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS et al.. **Natural and Artificial Reserves of *S. Macrophylla* in the Brazilian Amazon – A perspective of Conservation**. FCAP, Belém, Pará, Brasil, 1992, 56p.

BATISTA, T. F. C. **Avaliação da resistência induzida do mogno *Swietenia macrophylla* King em consorciamento com meliáceas resistentes visando o controle da broca *Hypsipyla grandella* Zeller, 1848 em um sistema agroflorestal em desenvolvimento**. 2005. Tese (Doutorado em Sistemas Agroflorestais) - Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém, 2005.

- BERTI FILHO, E.; BATISTA, G. C.; ALVES, S. B. **Curso de entomologia aplicada à agricultura-pragas de espécies florestais arbóreas**. Piracicaba: FEALQ, 1992. 760p.
- BERTI FILHO, E. **Observações sobre a biologia de *Hypsipyla grandella* (Zeller, 1848) (Lepidóptera: Phycitidae)**. 1973. Dissertação de Mestrado em Agronomia – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 1973
- BITTENCOURT, P. R. da G.; OHASHI, O. S. Biologia e comportamento de *Hypsipyla grandella* em condições de laboratório. In: XI Seminário de Iniciação Científica da FCAP e V Seminário de Iniciação Científica da Embrapa Amazônia Oriental. Belém, **Resumos**, Belém: FCAP, 2001.
- BRADLEY, J. D. description of two genera and species of phycitinae associated with *Hypsipyla robusta* (moore) on meliaceae in Nigeria (Lepidoptera, *Pyralidae*). **Bulletin of Entomological Research**, London, v.57, n.4, p.605-613, june. 1968
- CARVALHO, V. D. de; CHALFOUN, S. M. A importância do cálcio na agricultura. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.15, n.170, p. 17-28. 1991.
- COLON, J. C. F. **An Assesment of Distibuition and Status of Big Leaf Mahogany (*S. Macrophylla king*)** – Puerto Rican Conservation Foundation and International Institute of Tropical Forestry, Feb. 1994.
- COSTA, M. S. S. **Controle da *Hypsipyla grandella* Zeller (Broca do Mogno) utilizando-se plantas resistentes *Toona Ciliata* Roem (Cedro australiano) e outros métodos mecânico e cultural no plantio de *Swietenia macrophylla* King (mogno)**. 2002. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém, 2002.
- COSTACURTA, C. R. C. **Efeito da aplicação de doses de cálcio na produção de matéria seca e na nutrição mineral de plantas jovens de Seringueira (*Hevea* sp.)**. 1996. 62p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém, 1996.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. Rio de Janeiro, 1979. 247p.
- FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. Lavras: FAEP, 1994.
- FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001, 182p.
- FAZOLIN, M.; OLIVEIRA, MVN. Utilização de armadilhas luminosa no controle de *H. grandella* (Zeller, 1984) em plantios homogêneos de mogno em Rio Branco – AC. In: Simpósio Internacional de Estudos Ambientais sobre Ecossistemas Florestais, Porto Alegre. Resumos, 1994. p. 41-42.

- FERNANDES, P. de S.; BARBOSA, O.; BAITELLO, J. B. **Qualidade da madeira e os fatores do meio; anéis de crescimento; fatores que afetam a organização da folha fator nutriente.** Secretária de Estado dos Negócios da Agricultura Coordenadoria da Pesquisa de Recursos Naturais Instituto Florestal. EMBRAPA. Publ. IF. São Paulo, n. 12, 1977.
- GALLO, D. et. al. **Manual de Entomologia Agrícola.** São Paulo: Agronômica Ceres, 2002.
- GARA, R. I. et. al. **Fligth and host selection behavior of the mahogany shootborer, *Hypsipyla grandella* (Zeller) (Lepidoptera: *Phyticidae*).** [S.I.]: Zeitschrift für angewandte Entomologie, 1973.
- GASPARETO, O. **Síntese da situação do mogno, em nível Internacional.** Revista Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2002. 71p.: il; 25 cm.
- GRAY, B. **Economic tropical forest entomology.** Annual Review of Entomology, Palo alto, v. 1, n. 7, p. 313-354, 1972.
- GRIJPM, P.; GARA, R. I. Studies on the shoot borer *Hypsipyla grandella* (Zeller), I host selection behavior. **Turrialba**, v.20, n.2, p.233-240, 1970.
- GRIJPM, P. Studies on the shootborer *Hypsipyla grandella* Zeller observations on a rearing technique and on host selection behavior of adults in captivity. **Revista Interamericana de Ciências Agrícolas**, v.21, n.2, p.202-213, 1971.
- GRIJPM, P. Contributions to an integrated control programme of *Hypsipyla grandella* (Zeller) in Costa Rica. Netherlands: Landbouwhogeschool et Wageningen. 1974.
- GROGAN, J.; BARRETO, P.; VERÍSSIMO, A. **Mogno na Amazônia Brasileira: ecologia e perspectivas de manejo.** Belém: Imazon, 2002. 56p.
- GROGAN, J.; GALVÃO, J.; SIMÕES, L.; VERÍSSIMO, A. **Preliminary observations on the regeneration status of Mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in closed and logged forests of Southeastern Pará, Brazil.** Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia, Belém, Pará. 1997.
- HOLSTEN, E. H.; GARA, R. I. **Studies on the shootborer *Hypsipyla grandella* (ZELLER). Preliminary observations on female Sex attractante and flight behavior.** In: SYMPOSIUM ON INTEGRATED CONTROL OF HYPYSIPYLA, 1, Turrialba, 1973. Proceedings, Turrialba, IICA-CTEI, 1973. Sec. 16, p.1-2.
- LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos possibilidades e métodos de aproveitamento sustentável,** 1990. 336p.
- LENTINI, M.; VERÍSSIMO, A.; PEREIRA, D. Expansão madeireira na Amazônia. In: **O Estado da Amazônia**, n.2 p. 1-4. maio 2005. www.imazon.org.br.

- LIMA, S. F. de; MATNII, N.; CARVALHO, J. O. P. de. **Estrutura de uma floresta de terra firme na região de Marabá-Pa: a posição do mogno em relação às outras espécies da comunidade.** Comunicado Técnico, n. 22, p. 1-5, julho, 2000.
- LOPES, J. do C. A. et al. **Ecologia da regeneração natural, estrutura e potencialidade de produção do mogno (*Swietenia macrophylla* King) em floresta natural do Estado do Pará.** Relatório de Andamento do Projeto. Aimex/Embrapa. Belém, 1999.
- LORENZI, H. **Árvores do Brasil: Manual de Identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.** Editora Plantarum. Nova Odessa, SP, 1992. p. 241.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de Nutrição Mineral de Plantas.** São Paulo: Ed. Agronômica Ceres Ltda. 1980.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do Estado Nutricional das Plantas: princípios e aplicações.** 2 ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.
- MAYHEW, J. E.; NEWTON, A. C. **The silviculture of mahogany.** London: CABI, 1998. 226p.
- NEWTON, A. C. Et al. The mahogany shoot-borer: prospects for control. **Forest Ecology and Management**, v.57, p.301-328, 1993.
- NUTRIFATOS. **Informação Agronômica sobre nutrientes para as culturas.** Todo o mundo sabe – o cálcio é exigido pelas culturas. Tradução e adaptação do original “It’s well know – calcium is required by plants” por Eurípidas Malavolta. Arquivo do Agrônomo. Nº 10. Potafos, março. 2006.
- OHASHI, S. T.; COSTA, L. G. S.; PEDROSO, L. M. **Enriquecimento de florestas tropicais mecanicamente exploradas com as espécies *Cedrella odorata* (cedro) e *Carapa guinensis* (andiroba) no planalto de Curuá-Una – Pará, Brasil.** 1993.
- OHASHI, O. S. et al. Manejo Integrado da Broca do Mogno – *Hypsipyla grandella* Zeller (Lep. *Pyralidae*)¹. In: **Manejo Integrado das Principais Pragas e Doenças de Cultivos Amazônicos**, Belém-Pa, p.91-120. 2002.
- OIANO NETO, J. **Estudo Fitoquímico de *Toona ciliata*: uma contribuição à quimiosistemática do gênero e à ecologia da interação *Hypsipyla*.** Meliaceae. São Carlos: UFScar, 287p. 2000. Tese de Doutorado
- RICORDI, M. D.; El barredor de los brotes *Hypsipyla grandella* Zeller en Cedro y Caoba. **Agronomia**, La molina, v.30, n.1, p.35-43, 1963.
- RODAN, B.; NEWTON, A.; VERÍSSIMO, A. **Conservação do mogno: Situação e perspectivas.** 18p. 1992.

- ROOVERS, M. Observaciones sobre el ciclo de vida de *Hypsipyla grandella* (Zeller) en Barinitos, Venezuela. **Boletín del Instituto Florestal Latino-Americano de Investigacion y capacitacion**, Mérida, n.38, p.1-46, 1971
- SANCHES, J.R. Investigation preliminar sobre a biologia, ecologia y control de *Hypsipyla grandella* Zeller. **Boletín del Instituto Florestal Latino-Americano de Investigacion**, v.16, p.54-77, 1964
- SARMENTO JUNIOR, R. G. **Biologia de *Hypsipyla grandella* (Zeller, 1848) e a avaliação da resistência de *Swietenia macrophylla* King, *Cedrela odorata* L., *Toona ciliata* Roem e *Toona* sp. À broca das meliáceas em laboratório**. Faculdade de Ciências agrárias do Pará, 2001. 60p. Dissertação de Mestrado em Agronomia.
- SCHOONHOVEN, L. M. Eletroantennograms (EAG) as a tool in the analysis of insect attractants. In: SYMPOSIUM ON INTEGRATED CONTROL OF HYPSSIPYLA, 1, Turrialba, 1973. **Proceedings**. Turrialba: IICA-CTEI, 1973. Sec. 20, 1-12.
- SILVA, N. M. **Características biológicas e demográficas de *Hypsipyla grandella* (Zeller, 1848) (Piralidae, lepisoptera) e níveis de infestação sob dois sistemas de plantio de *Carapa guianensis* Aubl (Heliaceae) no Amazonas**. Faculdade de Ciências Agrárias do Pará. 103p. 1982. Dissertação de Mestrado em Agronomia.
- SILVA, T. C. O. da. **Dieta Artificial para a Criação de *Hypsipyla grandella* (Zeller, 1848) (Lepidoptera), Broca das Meliáceas em Laboratório**. Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém, 2003. Dissertação de Mestrado em Agronomia.
- TEREZO, E. F. de M. **Status do mogno (*Swietenia macrophylla*, King) na Amazônia Brasileira**. Rev. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2002. 47p. il. Mapas.
- VERÍSSIMO et al. **Impactos da exploração de uma espécie de alto valor na Amazonia Oriental: O Caso do Mogno**. Revista Pará Desenvolvimento. – Mahogany extraction in the eastern Amazon, 1992.
- VARGAS, C. Et al. **Un nuevo metodo para la cria masiva de *Hypsipyla grandella***. Hoja tecnica “Revista Manejo Integrado de Plagas”, n. 62, p. 1-4, 2002.
- VERÍSSIMO, A. et al. **Mahogany extraction in the Eastern Amazon: a case study presentation to mahogany workshop**. Washington: Tropical Forest Foundation, 1995.
- VERÍSSIMO, A. **Síntese da situação do mogno em nível internacional/** Adalberto Veríssimo, James Grogan. Rev. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2002. 39p., 15x21cm.
- VIDAL, W. N.; VIDAL, M. R. R. **Taxonomia Vegetal**. Imprensa Universitária: Universidade Federal de Viçosa, 1995. p.59.

YARED, J. A. G.; CARPANEZZI, A. A. Conversão da capoeira alta da Amazônia em povoamento de produção madeireira: o método “Recri” e espécies promissoras. Bol. de Pesquisa EMBRAPA-CPATU, 25-27p., 1981.

CAPÍTULO 2

**CRESCIMENTO DO MOGNO BRASILEIRO (*Swietenia macrophylla*, King)
CULTIVADO EM MEIO HIDROPÔNICO, EM FUNÇÃO DO TEMPO DE
APLICAÇÃO DE DIFERENTES DOSES DE CÁLCIO.**

RESUMO

A exploração e o processamento industrial madeireiro estão entre as principais atividades econômicas da Amazônia, ao lado da mineração e da agropecuária. O mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla* King) é a espécie madeireira de maior valor econômico na América Tropical. É de fundamental importância a realização de pesquisa voltada para o desenvolvimento da cultura do mogno, por serem quase inexistentes dados experimentais na região Amazônica, que permitam conhecer as necessidades nutricionais e seus efeitos no desenvolvimento da espécie, detectando em curto prazo e de maneira preliminar, a dosagem limitante ao crescimento das plantas em fase juvenil e estabelecer indicações de doses a serem testadas em campo. Portanto este trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento e teor de cálcio em plantas jovens de mogno (*Swietenia macrophylla*) cultivadas em função de diferentes épocas de aplicação de doses crescentes de cálcio no substrato sílica moída, utilizando sistema hidropônico. O experimento foi instalado em casa de vegetação na Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, Belém-PA, conduzido de setembro de 2004 a fevereiro de 2005, em arranjo fatorial 5 x 4 (Doses x Tempo de avaliação), com cinco repetições, perfazendo 20 tratamentos e 100 unidades experimentais, as doses foram 0, 80, 160, 240, 320 mg Ca/L, a solução nutritiva empregada foi a proposta por Hoagland e Arnon, modificada por Epstein (1975). O delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), as variáveis utilizadas para avaliação do crescimento do mogno foram: altura da planta e diâmetro do caule para estas variáveis foi observada sete épocas de análise e para a matéria seca (caule, folha, raiz e total) e teor de cálcio (no caule, na folha e na raiz) foram feitas análises de variância e regressão. Através da pesquisa conclui-se que o cálcio é essencial para o crescimento de mudas de mogno, sua ausência provoca a mortalidade, sendo a dose com 80 mg Ca/L foi suficiente para promover desenvolvimento da cultura do mogno; O cálcio não influenciou no crescimento do diâmetro do caule no período estudado.

Palavras-Chave: *Swietenia macrophylla*, crescimento, nutrição mineral, níveis de cálcio.

ABSTRACT

The exploration and the processing industrial of wood are the principal economic activities of the Amazon region beside mining and farming. The Brazilian mahogany (*Swietenia macrophylla* King) is the wood specie of higher economic value in Tropical America. The objectives of this research was to determine the effect of increasing doses of calcium on growth and leaf level of calcium in young plants of mahogany (*Swietenia macrophylla*) cultivated in nutritive solution. This nutritive solution used was that proposed by Hoagland and Arnon modified by Epstein. The experiment was carried out in the greenhouse of the Federal Rural University of Amazon (UFRA), at Belem, state of Para, from September 2004 to February 2005. A split plot experimental desing with five replicates was used. The plots were five doses of calcium (0, 80, 160, 240, 320 mg Ca L⁻¹) and the subplots time of harvesting the mahogany seedlings (133, 141, 161, 174, 189, 198 and 211 days after planting) for the variables height of plant, stem diameter, dry matter production and leaf level of calcium. Results showed the calcium application in the smaller dose increased dry matter production of plants (Leaf, stem, roots) at 211 days after planting. Calcium did not growth of plants in the experimental period. Level of calcium in mahogany seedlings decreased through stem , leaves and roots.

Keywords: *Swietenia macrophylla*, seedling growth, mineral nutrition, levels of calcium

2.1 INTRODUÇÃO

A exploração e o processamento industrial da madeira estão entre as principais atividades econômicas da Amazônia, ao lado da mineração e da agropecuária. Em 2004, o setor madeireiro extraiu 24,5 milhões de metros cúbicos de madeira em tora, o equivalente a cerca de 6,2 milhões de árvores. Essa matéria-prima gerou 10,4 milhões de metros cúbicos de madeira processada (tábuas, produtos beneficiados, laminados, compensados, etc.). O processamento madeireiro ocorreu em 82 pólos madeireiros situados principalmente no Pará, Mato Grosso e Rondônia. Após o processamento a madeira amazônica foi destinada tanto para o mercado doméstico (64%) como para o externo. Em particular, as exportações tiveram um incremento extremamente significativo, passando de US\$ 381 milhões em 1998 para US\$ 943 milhões em 2004 (LENTINI et al., 2005).

O mogno (*Swietenia macrophylla* King) é uma espécie madeireira de maior valor econômico na América Tropical. A comercialização no mercado internacional é originária de floresta nativa onde a exploração não é feita de maneira sustentável. Em consequência, as populações naturais de mogno estão severamente reduzidas ao longo de sua área de ocorrência.

A elevada importância comercial do mogno se dá pela beleza da madeira que produz, a cor atrativa, durabilidade, estabilidade dimensional, sendo bastante usado em móveis finos, laminados, construções civis (portas, janelas e painéis), navais e aeronáuticas, esculturas e instrumentos musicais (GROGAN et al., 2002). Por tais características tecnológicas serem bastante apreciadas, essa espécie vem sofrendo uma exploração seletiva associada com práticas predatórias e ilegais.

O Brasil é detentor da maior reserva natural de mogno, ocupando o primeiro lugar em produção, seguido da Bolívia. Estes países abrigam aproximadamente 85% do total do estoque de mogno existente no mundo (GASPARETO, 2002).

Vale ressaltar que é de fundamental importância a realização de pesquisa voltada para o desenvolvimento da cultura do mogno, por serem quase inexistentes dados experimentais na região Amazônica, que permitam conhecer as necessidades nutricionais e seus efeitos no desenvolvimento da espécie, detectando em curto prazo e de maneira preliminar, a dosagem limitante ao crescimento das plantas em fase juvenil e estabelecer indicações de doses a serem testadas em campo.

A escassez de dados científicos à respeito da nutrição, especialmente em relação a dependência de cálcio, levou à necessidade de comparar dados experimentais de outras essências florestais, em analogia com os dados encontrados nesta pesquisa com o mogno.

Portanto, este trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento e o teor de cálcio na matéria seca em plantas jovens de mogno (*Swietenia macrophylla*) cultivados sob efeito de doses crescentes de cálcio no substrato de sílica moída em diferentes tempos de avaliação das mesmas, utilizando sistema hidropônico.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Localização, Instalação e Condução do Experimento

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Setor de Ciência do Solo do Instituto de Ciências Agrárias do Pará – ICA da Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, Belém – PA, no período de setembro de 2004 a fevereiro de 2005 (Figura 1).



Figura 1: Vista do experimento de mogno brasileiro cultivado em sistema hidropônico, para avaliação do crescimento e nutrição da cultura, UFRA, Belém – PA.

Foram utilizadas mudas de mogno brasileiro (*S. macrophylla*) com 52 dias de germinação, provenientes da Embrapa Amazônia Oriental, originadas de sementes germinadas em bandejas plásticas contendo como substrato terra preta. As mudas foram retiradas cuidadosamente da bandeja para não danificar suas raízes, as quais foram lavadas em água corrente e transplantadas individualmente para vasos plásticos com capacidade para quatro litros, contendo sílica moída (Tipo zero grossa), 1,0 L de solução nutritiva. Na base inferior de cada vaso plástico foi inserida, uma mangueira flexível de 3 mm de diâmetro interno, para permitir a drenagem da solução por gravidade. A solução nutritiva era aplicada

pela manhã entre às 7 e 8 horas e drenada ao entardecer, ficando suas raízes inundadas durante 9 e 10 horas por dia (Figura 2). A reposição do volume da solução perdida por evapotranspiração era feita com água destilada a cada dois dias.



Figura 2: Reposição e drenagem da solução nutritiva.

As mudas transplantadas foram submetidas à solução nutritiva completa (Tabela 1), proposta por Hoagland e Arnon, modificada por Epstein (1975), e cultivadas por um período de 75 dias, para permitir o crescimento homogêneo das mesmas.

Tabela 1: Composição química das soluções nutritivas estoques, em molar (M), e dos tratamentos, em mL.L⁻¹, utilizadas no experimento (HOAGLAND & ARNON, modificada por EPSTEIN, 1975).

Solução Estoque	Conc. (M)	Solução completa	Tratamento (mL.L ⁻¹)				
			0 mg Ca	80 mg Ca	160 mg Ca	240 mg Ca	320 mg Ca
NH ₄ NO ₃	1 M	-	4	2	-	-	-
KNO ₃	1 M	9	9	9	9	9	9
NH ₄ H ₂ PO ₄	1 M	2	2	2	2	2	2
MgSO ₄ .7H ₂ O	1 M	1	1	1	1	1	1
CaCl ₂	1 M	-	-	-	-	2	4
Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O	1 M	4	-	2	4	4	4
Micronutrientes*	-	2	2	2	2	2	2
Sol. Fe-EDTA**	-	1	1	1	1	1	1

* Composição química da solução de micronutrientes: 2860 mg de H₃BO₃; 1810 mg de MnCl₂.4H₂O; 220 mg de ZnSO₄.7H₂O; 80 mg de CuSO₄.5H₂O; 20 mg de H₂MoO₄.H₂O, por litro de solução.

** Composição química da solução de Fe-EDTA: 26,1 g de Na₂-EDTA, 89,2 mL de NaOH M e 24 g de FeSO₄.7H₂O.

A troca da solução nutritiva era realizada semanalmente, aferindo-se o pH da solução nutritiva para 5,5 a 6,5, e corrigindo-se o pH, quando necessário, com as soluções de HNO_3 1M para reduzir o pH, ou NaOH 1M para elevar o pH da solução (Figura 3).

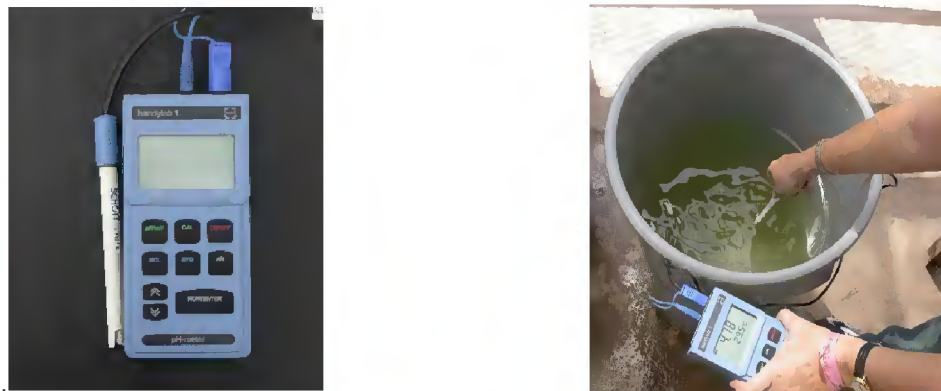


Figura 3: Vista do pH-metro utilizado para a aferição do pH da solução nutritiva

As mudas com 52 de germinação foram transplantadas e cultivadas em solução nutritiva completa por 75 dias para homogeneização das mudas, quando as mudas atingiram 127 dias de idade, as doses de cálcio, de acordo com os tratamentos, foram aplicadas por um período de 84 dias (Tabela 1).

As plantas foram medidas em altura, definida como a distância entre o caule junto ao substrato (coletado) até o ápice do mesmo. O diâmetro de caule foi obtido a 2 cm do substrato.

O material coletado (folha, caule e raiz) foi acondicionado em saco de papel identificado, colocado em estufa com circulação de ar forçada na temperatura de 70 °C, até atingir peso constante.

A matéria seca correspondente a cada uma das partes das plantas foi pesada e depois moída em moinho tipo Willey, em seguida encaminhada para a análise química.

A análise do tecido vegetal foi realizada no Laboratório de Análise de Tecido Vegetal, da UFRA. O extrato das amostras foi obtido por digestão nitro-perclórico na concentração de 2:1. Os teores de cálcio foram obtidos por espectrofotometria de absorção atômica.

2.2.2 Tratamentos e Delineamento Experimental

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado em arranjo parcela subdividida, sendo a parcela as doses de cálcio (0; 80; 160; 240; e 320 mg Ca.L⁻¹) e a subparcela o tempo de avaliação (133, 141, 161, 174, 189, 198 e 211 dias de idade das mudas), com 5 repetições, perfazendo 25 unidades experimentais. Quando a dose de cálcio ou tempo de avaliação e a interação entre eles se mostraram significativos pelo teste F, a comparação entre as médias foi feita pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Foram avaliadas as variáveis biométricas altura da parte aérea, diâmetro do caule, matéria seca do caule, matéria seca das folhas, matéria seca de raízes e matéria seca total, e teor de cálcio na matéria seca de caule, folhas e raízes. As fontes de cálcio foram o nitrato de cálcio [(CaNO₃)₂] p.a e o cloreto de cálcio (CaCl₂) p.a. A análise estatística foram avaliadas por meio do “software” SAEG.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 encontram-se os dados da análise de variância representada pelos valores de Quadrado Médio e níveis de significância das variáveis das variáveis altura e diâmetro do caule, em função dos tratamentos utilizados. Observa-se efeito significativo dos tratamentos sobre todas as variáveis.

Tabela 2: Valores da análise de variância com as fontes de variação (FV), graus de liberdade (GL), os quadrados médios e respectivos significâncias da altura e diâmetro do caule em mudas de plantas de mogno brasileiro, em função da idade da planta (em dias) e as diferentes doses crescentes de cálcio.

Fonte de Variação	G.L.	ALTURA	DIÂMETRO DO CAULE
DIAS	6	239,98 **	184,93 **
DOSE	4	62,32 **	24,07 **
DIAS X DOSES	24	5,71 **	2,71 **
Média Geral		32,713	0,77522
CV (%)		7,9986	8,7959

** indica significativo a 1% de probabilidade (Teste F)

Na Tabela 3 encontram-se os dados da análise de variância representada pelos valores de Quadrado Médio e níveis de significância das variáveis matéria seca do caule (MSC), matéria seca das folhas (MSF), matéria seca das raízes (MSR) e matéria seca total (MST) e teor de cálcio na matéria seca do caule (CaC), matéria seca das folhas (CaF) e matéria seca das raízes (CaR), em função dos tratamentos utilizados. Observa-se efeito significativo dos tratamentos sobre todas as variáveis, à exceção do efeito da interação entre os tratamentos, sobre as variáveis teor de cálcio na matéria seca das raízes e folhas.

Tabela 3: Valores da análise de variância com as fontes de variação (FV), graus de liberdade (GL), os quadrados médios e respectivos significâncias da matéria seca e teor de cálcio em mudas de plantas de mogno brasileiro, em função da idade das plantas (em dias) e as diferentes doses crescentes de cálcio.

Fonte de variação	G.L.	MSC	MSF	MSR	MST	CaC	CaF	CaR
TRAT	4	12,09**	25,50**	16,88**	24,01**	95,42**	64,77**	50,40**
DIAS	3	59,70**	21,76**	104,63**	52,55**	2,56 ⁺	15,34**	3,12*
TRAT x DIAS	12	5,88**	3,28**	5,42**	5,13**	2,16*	1,26 ^{ns}	1,27 ^{ns}
Média Geral		9,04	13,59	2,77	25,31	4,72	12,66	13,98
CV (%)		27,16	26,77	31,39	24,43	21,10	16,71	40,89

^{ns}, ⁺, ^{*}, ^{**}, indicam respectivamente, não significativo, significativo a 10, 5 e 1% de probabilidade (Teste F)

2.3.1 Crescimento de *Swietenia macrophylla*

2.3.1.1 Altura e diâmetro do caule das mudas de plantas de *Swietenia macrophylla*

A Tabela 4 mostra a média de altura e diâmetro em mudas de plantas de mogno brasileiro, sob o efeito das diferentes idades das plantas e as doses crescentes de cálcio.

Observa-se que na Tabela 4 a altura máxima foi aos 211 dias, porém não diferindo estatisticamente dos 198 dias, sendo as maiores alturas obtidas nas dosagens com 160 e 240 mg Ca/L, entretanto, a variável diâmetro do caule não apresentou diferença significativa quando observado as diferentes idade da muda e as doses crescentes de cálcio durante o período.

A redução da altura das plantas com a maior dose de cálcio, deve-se provavelmente a maior atividade do cálcio, na solução nutritiva, provocando antagonismo com outros cátions básicos, como Mg e o K, com redução da absorção destes nutriente e conseqüente efeito negativo no crescimento (MALAVOLTA et. al., 1997).

Através da Figura 4 observa-se que os maiores valores absolutos encontrados para a altura do mogno, foram obtidos com a dose de 240 mg Ca/L, sendo de 23,5; 25,5; 33,1; 42,0 e 44,6 cm, respectivamente aos 133, 141, 161, 189 e 198 dias da idade das mudas de mogno.

Aos 211 dias, a maior altura absoluta (47,9 cm) foi proporcionada com a dose de 160 mg Ca/L. Lamb (1966)²⁰ citado por Veríssimo (2002), observou que as mudas crescem aproximadamente 15 cm de altura nos primeiros seis meses dentro da floresta, enquanto o crescimento em viveiros no mesmo período foi em média 1 metro. Para Stevenson (1927), o crescimento das mudas responde até 60 cm dentro de três semanas após a liberação da sombra.

A variável diâmetro do caule não apresentou diferença estatisticamente entre as diferentes idades da mudas e as dosagens observadas no presente estudo. Observa-se que as maiores médias absolutas encontradas para diâmetro do caule das mudas de plantas de mogno, foram obtidas aos 211 dias para as doses de 160 e 240 mg Ca/L, respectivamente, 0,794 e 0,845 cm.

A dose 0 mg Ca/L (Testemunha) obteve o valor do diâmetro de 0,689 cm, sendo este semelhante significativamente aos obtidos nos tratamentos com cálcio. Aparentemente, o tempo de 211 dias de idade da planta a deficiência de cálcio, não foi suficiente para inibir inteiramente os processos fisiológicos vitais para o desenvolvimento da planta, descritos por Malavolta et. al. (1997).

²⁰LAMB, F. B.. **Mahogany of tropical America. Its Ecology and Managment** – The University of Michigan Press, Ann Harbor, Michigan, USA, 1966. 219p.

Tabela 4: Médias de altura e diâmetro do caule de mudas de plantas de mogno brasileiro em função da idade da planta sob diferentes doses crescentes de cálcio.

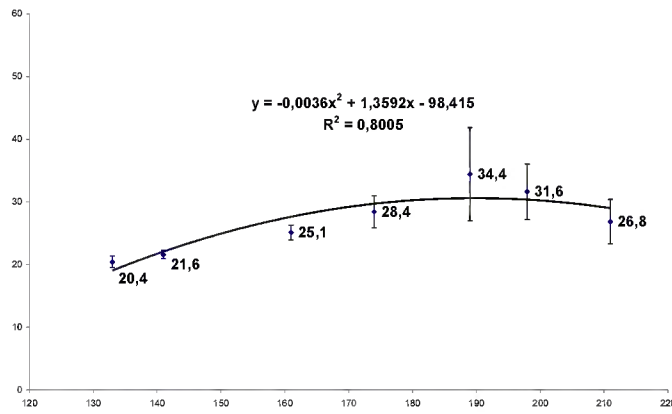
VARIÁVEL INDEPENDENTE	ALTURA	DIÂMETRO DO CAULE
<u>Idade das plantas</u>	-----cm-----	
133 (Dias)	21,552 e	0,512 a
141 (Dias)	23,264 e	0,605 a
161 (Dias)	29,520 d	0,675 a
174 (Dias)	34,420 c	0,807 a
189 (Dias)	38,500 b	0,867 a
198 (Dias)	40,208 ab	0,928 a
211 (Dias)	41,528 a	1,031 a
DMS	2,182	0,569
<u>Doses de cálcio (ml/L)</u>		
0	26,903 d	0,689 a
80	33,403 bc	0,783 a
160	35,106 ab	0,794 a
240	35,671 a	0,845 a
320	32,483 c	0,765 a
DMS	1,707	0,445

Números seguidos pelas mesmas letras minúsculas não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ($P < 0,05$).

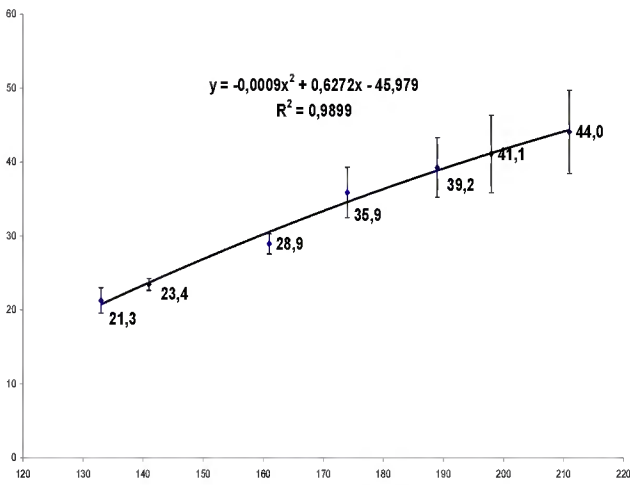
De acordo com os dados ilustrados na Figura 4, no tratamento testemunha (0 mg Ca/L) as plantas apresentaram um aumento crescente até aos 198 dias, sendo que após esse período, a ausência do cálcio afetou o crescimento da planta. Segundo Malavolta et al. (1997), esse padrão de comportamento já deveria ser esperado, uma vez que o cálcio é um nutriente essencial ao ciclo vital das plantas e a sua falta proporciona uma redução na fotossíntese e afeta a divisão celular.

Os dados de altura das plantas de mogno, na ausência do cálcio (Testemunha), se ajustaram a uma regressão quadrática (Figura 4), permitindo calcular o crescimento máximo (29,88 cm), obtido com o tempo de 188 dias de idade da planta.

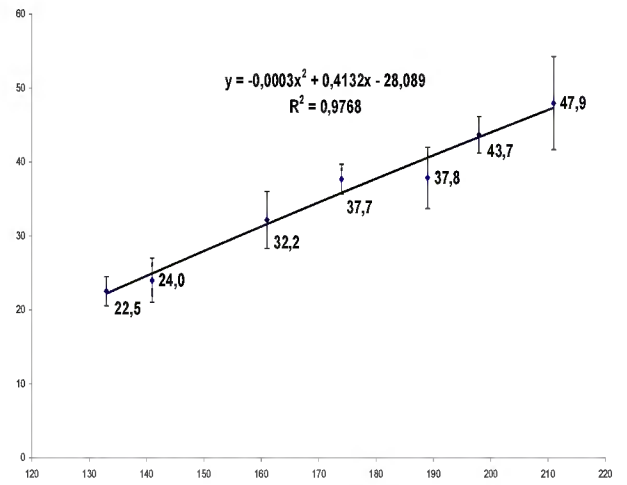
Rocha Filho et al. (1979), Novais et (1980) em mudas de eucalipto, Malavolta (1985) e Lima Júnior (2005) em mudas de mogno, concluíram que houve aumento da altura das plantas, com o aumento da atividade do cálcio, em virtude da aplicação de CaCO_3 . Santana et al. (1996) estudando o desenvolvimento da seringueira em viveiro, encontrou aumentos na altura das plantas, com o aumento das doses de cálcio.



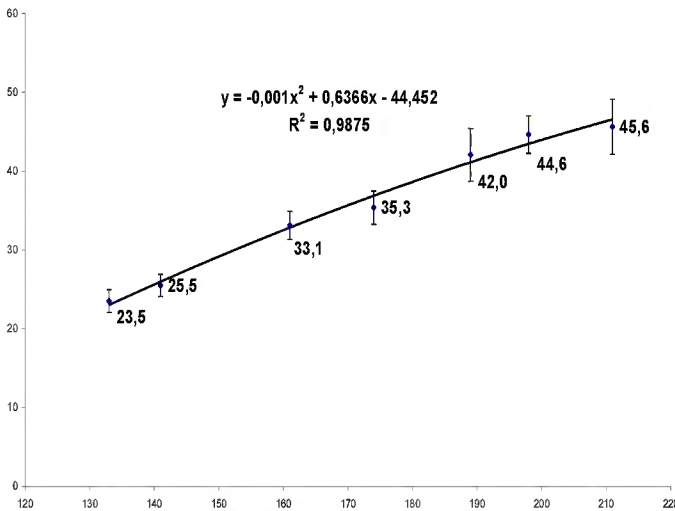
T0 – 0 mg Ca/L



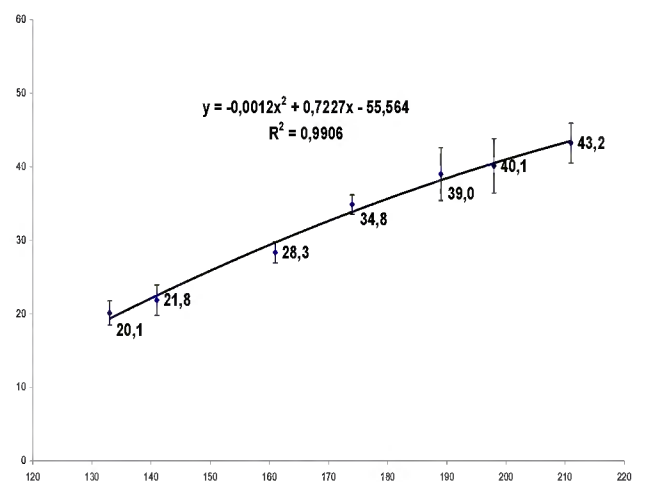
T1 – 80 mg Ca/L



T2 – 160 mg Ca/L



T3 – 240 mg Ca/L



T4 – 320 mg Ca/L

Figura 4: Médias das alturas em mudas de plantas de mogno brasileiro, em função do tempo de aplicação de doses crescentes de cálcio.

Na mesma Figura 4, observa-se que os tratamentos com 160 e 240 mg Ca/L tenderam a proporcionar os maiores valores de altura, respectivamente, 47,9 e 45,6 cm, aos 211 dias, sem diferença significativa quando comparado com os valores obtidos nas outras dosagens com o nutriente cálcio, entretanto, estes diferiram do tratamento testemunha (0 mg Ca/L).

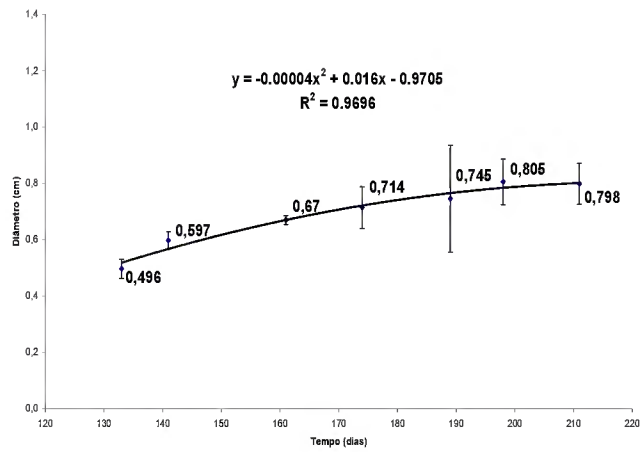
Foi calculada a altura máxima das plantas (63,31 cm) sob dose de 80 mg Ca/L, obtido com o tempo estimado de 348 dias, a partir dos dados ajustados pela equação de regressão constante da Figura 4. Do mesmo modo, a máxima altura no tratamento com a dose de 160 mg Ca/L, correspondente a 114,19 cm, foi obtida com o tempo de 689 dias de idade das plantas.

No tratamento com 240 mg Ca/L a maior altura (173,17 cm) ocorreu aos 318 dias de aplicação da dose, entretanto, com a dosagem superior (320 mg Ca/L) a maior altura, de 53,24 cm, foi obtida aos 301 dias da idade da planta, calculada através da equação de regressão demonstrada na Figura 4.

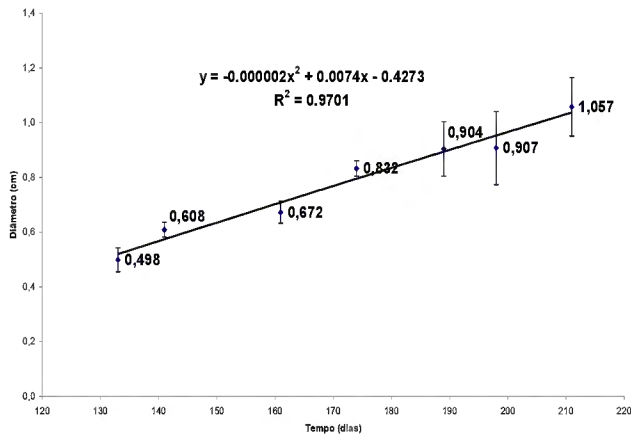
Para todas as doses de cálcio, exceto a testemunha, o tempo máximo de idade da planta (211 dias) parece ter sido insuficiente para uma resposta plena em termos de altura de plantas de uma essência florestal, como mogno brasileiro, haja vista o modelo de regressão quadrático crescente que mais se ajustou aos dados desta variável. Isto poderia justificar o fato de que as máximas alturas calculadas pelas equações de regressão, fossem todas obtidas em tempos de aplicação do cálcio muito superiores ao tempo estabelecido na pesquisa, de 211 dias.

Na Figura 5, a partir da dose de 80 mg Ca/L as plantas não apresentaram diferenças significativas nas médias de diâmetro, em todos os tempos de aplicação do cálcio, embora tenha ocorrido uma tendência de aumento crescente do diâmetro do caule, com o aumento do tempo de aplicação das doses de cálcio

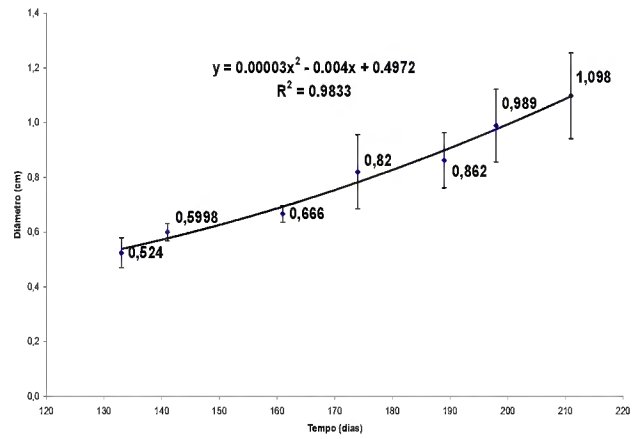
O diâmetro do caule das mudas de plantas de mogno apresentou aumentos crescentes, com o aumento do tempo de aplicação do cálcio. As dosagens com 80, 160, 240 e 320 mg Ca/L na solução, apresentaram os maiores valores absolutos de diâmetro aos 211 dias, com os respectivos valores de 1,057; 1,098; 1,132 e 1,071 cm.



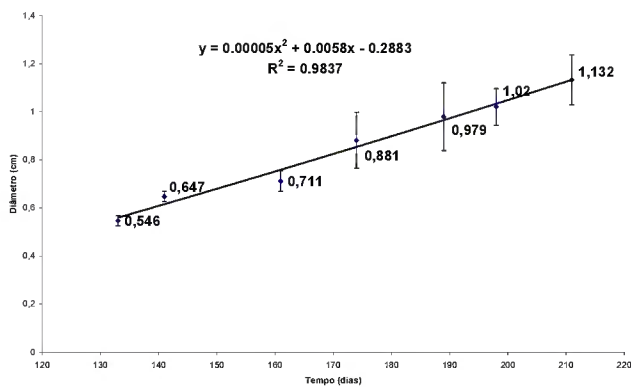
T0 – 0 mg Ca/L



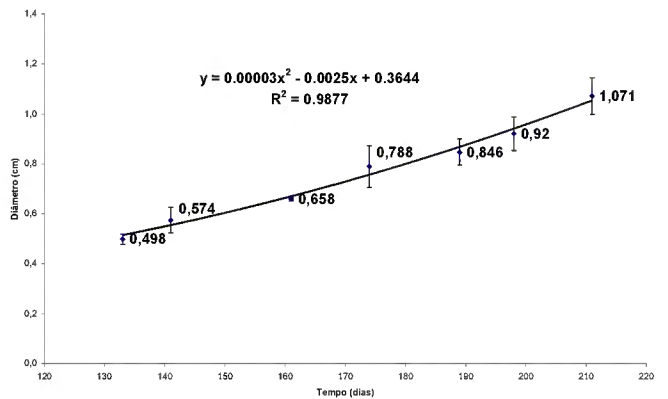
T1 – 80 mg Ca/L



T2 – 160 mg Ca/L



T3 – 240 mg Ca/L



T4 – 320 mg Ca/L

Figura 5: Médias de diâmetro das plantas de mogno brasileiro, em função do tempo de aplicação de doses crescentes de cálcio.

Lima Júnior (2005), trabalhando com mudas de mogno, encontrou resultados demonstrando aumento no diâmetro das plantas, com o aumento da atividade do cálcio, em função da aplicação de doses crescentes de CaCO_3 . Resultados semelhantes, também foram encontrados por Cruz et al. (2004), trabalhando com *Tabebuia impetiginosa* – ipê-roxo, Barbosa et al. (1995), com *Myracrodroun urundeuva* – aroeira vermelha e *Tabebuia chrysotricha* – ipê-amarelo e, Mann et al. (1996), com *Platypodium elegans* – jacarandazinho.

Na Tabela 5 a altura das plantas diferiram significativamente a partir dos 174 dias, quando observados os tratamentos com cálcio em relação a testemunha, porém não apresentando diferença para a variável diâmetro do caule.

O tratamento testemunha apresentou o maior valor absoluto das médias aos 189 dias, sem, entretanto diferir dos 198 dias. Aos 189, 198 e 211 dias não ocorreu diferença significativa para a variável altura nas dosagens de 80, 240 e 320 mg Ca/L (Tabela 5).

Tabela 5: Valores de altura e diâmetro do caule em mudas de plantas de mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla*, King), em função da idade das plantas sob diferentes doses crescentes de cálcio.

DOSES DE CÁLCIO	133		141		161		174		189		198		211	
	<u>ALT</u>	<u>COL</u>	<u>ALT</u>	<u>COL</u>	<u>ALT</u>	<u>COL</u>	<u>ALT</u>	<u>COL</u>	<u>ALT</u>	<u>COL</u>	<u>ALT</u>	<u>COL</u>	<u>ALT</u>	<u>COL</u>
	-----cm-----													
0	20,40	0,496	21,58	0,597	25,10	0,670	28,40	0,714	34,40	0,745	31,60	0,805	26,84	0,798
	Da	Aa	Da	Aa	Cdc	Aa	BCb	Aa	Ab	Aa	ABc	Aa	BCc	Aa
80	21,26	0,498	23,44	0,608	28,92	0,672	35,86	0,832	39,24	0,904	41,06	0,907	44,04	1,057
	Da	Aa	Da	Aa	Cabc	Aa	Ba	Aa	ABa	Aa	Aab	Aa	Aab	Aa
160	22,50	0,524	23,98	0,600	32,16	0,666	37,66	0,820	37,84	0,862	43,66	0,989	47,94	1,098
	Da	Aa	Da	Aa	Cab	Aa	Ba	Aa	Bab	Aa	Aab	Aa	Aa	Aa
240	23,50	0,546	25,48	0,647	33,10	0,711	35,34	0,881	42,04	0,979	44,62	1,020	45,62	1,132
	Ca	Aa	Ca	Aa	Ba	Aa	Ba	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa
320	20,10	0,498	21,84	0,574	28,32	0,658	34,84	0,788	38,98	0,846	40,10	0,920	43,20	1,071
	Da	Aa	Da	Aa	Cbc	Aa	Ba	Aa	ABa	Aa	Ab	Aa	Ab	Aa

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si. Pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

2.3.1.2 Matéria seca das mudas de plantas de *Swietenia macrophylla*

Na Tabela 6 encontram-se as médias de matéria seca das diferentes partes da planta, em função do efeito isolado das doses crescentes de cálcio e tempo de aplicação das mesmas.

Observa-se que as médias de matéria seca de raiz tenderam a um aumento crescente com o aumento do tempo de aplicação das doses de cálcio. A maior média, correspondente a 5,24 g/planta, foi obtida aos 84 dias da aplicação do cálcio, enquanto o menor valor ocorreu aos 174 dias (0,99 g/planta).

Em relação ao efeito das doses de cálcio, ocorreu aumento da matéria seca de raiz até o valor de 3,52 g/planta, na dose de 240 mg Ca/L, que não diferiu significativamente do valor reduzido para 3,17 g/planta, obtido com a dosagem de 320 g/planta. A menor média ocorreu no tratamento Testemunha, sem cálcio, com 1,51 g/planta.

Lima Júnior (2005) e Dias et al (1991), trabalhando, respectivamente, com plantas de mogno e de táxi-branco, não encontraram resposta em termos de aumento de matéria seca de raízes, em função da aplicação de doses crescentes de CaCO₃. Porém, Cruz et al. (2004) encontraram significativos aumentos no peso da matéria seca de raízes de plantas de ipê-roxo, com o aumento da porcentagem de saturação em bases do solo, proporcionado pela aplicação de CaCO₃.

Do mesmo modo, para a matéria seca do caule ocorreu um aumento crescente com o aumento do tempo de aplicação do cálcio. A maior média 14,02 g/planta, foi obtida aos 211 dias de idade das plantas, enquanto o menor valor, de 4,82 g/planta, ocorreu com 174 dias. Lima Júnior (2005), também encontrou aumento na matéria seca do caule de plantas jovens de mogno, com o aumento de doses crescentes de CaCO₃.

Para a matéria seca da folha, também ocorreu aumento crescente em função do incremento do tempo de aplicação das doses de cálcio. A maior média (17,83 g/planta) aconteceu no tempo máximo de aplicação do cálcio (211 dias), enquanto a menor média, correspondente a 9,52 g/planta, foi obtida aos 174 dias.

A matéria seca da folha apresentou comportamento semelhante ao apresentado pela matéria seca do caule e da raiz, em relação ao efeito das dosagens de cálcio. Houve um crescente aumento, variando de 6,67 g/planta na Testemunha, até 17,08 g/planta com a dose de 240 mg Ca/L. A maior dosagem (320 mg Ca/L) provocou redução da matéria seca da folha

para 16,26 g/planta, que, no entanto, não diferiu significativamente do resultado ocorrido com dose imediatamente inferior (240 mg Ca/L).

Tabela 6: Médias de matéria seca das raízes, do caule (MSC), das folhas (MSF), total (MST) e teores de cálcio no caule (CaC), nas folhas (CaF) e nas raízes (CaR) em plantas de mogno brasileiro, em função do tempo de aplicação de doses crescentes de cálcio.

Variável Independente	MSR	MSC	MSF	MST	CaC	CaF	CaR
<u>Tempo de aplicação</u>	-----g/planta-----				-----g.kg ⁻¹ ms-----		
(174 dias)	0,99 c	4,82 c	9,52 c	15,34 c	4,46 a	10,84 c	11,70 b
(189 dias)	2,41 b	8,21 b	13,43 b	23,65 b	4,85 a	11,84 bc	13,12 ab
(198 dias)	2,44 b	9,14 b	13,57 b	25,15 b	4,47 a	13,37 ab	16,38 a
(211 dias)	5,24 a	14,02 a	17,83 a	37,09 a	5,12 a	14,60 a	14,73 ab
DMS	0,64	1,82	2,70	4,59	0,74	1,57	4,24
<u>Doses de Ca (mg/L)</u>							
0	1,51 c	5,98 b	6,67 c	14,01 c	1,43 e	7,84 d	2,13 d
80	2,47 b	9,13 a	13,81 b	24,30 b	3,92 d	9,88 c	7,45 c
160	3,18 ab	9,86 a	14,12 ab	27,23 ab	5,14 c	13,28 b	16,25 b
240	3,52 a	11,18 a	17,08 a	31,78 a	6,05 b	15,06 b	19,68 ab
320	3,17 ab	9,09 a	16,26 ab	28,52 ab	7,09 a	17,24 a	24,42 a
DMS	0,76	2,17	3,21	5,46	0,88	1,86	5,05

Letras iguais na mesma coluna, dentro de mesmo fator, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A Tabela 6 mostra que as médias de matéria seca total apresentaram comportamento idêntico ao das outras partes da planta. O aumento crescente apresentado, com o aumento do tempo de aplicação do cálcio, mostrou a maior média (37,09 g/planta) aos 211 dias, e a menor média (15,34 g/planta) com 174 dias de idade das plantas. Por outro lado, a matéria seca total cresceu de 14,01 g/planta na Testemunha, até 31,78 g/planta com a dose de 240 mg Ca/L. Este último valor não diferiu estatisticamente do valor reduzido para 28,52 g/planta, encontrado com a dose de 320 mg Ca/L.

Na Tabela 7 encontram-se os dados de matéria seca nas diversas partes das plantas de mogno brasileiro, sob o efeito de interação entre doses crescentes de cálcio e diferentes tempos de aplicação das mesmas.

Com a deficiência de cálcio, no tratamento Testemunha, as médias para a matéria seca do caule, folhas e raízes, não variaram significativamente, embora tenha ocorrido uma tendência de redução aos 211 dias. Isso pode estar relacionado com a função do cálcio em processos vitais da planta, como na fotossíntese, divisão celular, movimentos citoplasmáticos e aumento do volume celular, entre outros, conforme Malavolta et al., 1997.

Observa-se que a matéria seca em todas as partes da planta, com o tempo de aplicação de 174 e 189 dias de idade das plantas, não foi influenciada significativamente por nenhuma das dosagens de cálcio aplicadas, em relação à testemunha, entretanto, os menores valores foram apresentados com o tempo de 174 dias.

Aos 198 dias, os tratamentos com as doses de 160 e 240 mg Ca/L, proporcionaram as maiores médias de matéria seca do caule de mogno brasileiro, respectivamente, 9,99 e 12,44 g/planta. Porém, essas médias foram semelhantes estatisticamente aos valores de 6,81 e 9,98 g/plantas, com o tempo de aplicação de 174 e 189 dias.

Com o tempo de aplicação de 211 dias, as médias de matéria seca do caule, folhas, raízes e total, obtidas em todas as doses de cálcio aplicadas, não diferiram significativamente entre si, porém, superaram significativamente a testemunha e, além disso, os valores encontrados foram maiores que as médias obtidas onde o tempo de aplicação das doses de cálcio foi inferior a 211 dias. A partir desses dados, constata-se que a dose de 80 mg Ca/L já foi suficiente para promover o maior aumento do peso da matéria seca do caule (17,35 g/planta), folhas (21,55 g/planta), raízes (5,51 g/plantas) e total (44,42 g/planta), aos 211 de idade das plantas.

Diversos resultados de experimentos, corroboram os resultados encontrados neste trabalho. Lima Júnior (2005), com plântulas de mogno, Cruz et al. (2004), em ipê-roxo, Silva e De Felipo (1993), em eucalipto, Furtini Neto 1995, em cedro, pau-perurá, jatobá e cássia verrugosa, constataram o aumento da matéria seca em diferentes partes das plantas, com o aumento da atividade do cálcio no solo.

Tabela 7: Valores de matéria seca total (MST), matéria seca do caule (MSC), matéria seca da folha (MSF), matéria seca da raiz (MSR) de plantas de mogno (*Swietenia macrophylla*, King), em função do tempo de aplicação de doses crescentes de cálcio na idade da planta.

DOSES DE Ca (mg/L)	174 DIAS				189 DIAS				198 DIAS				211 DIAS			
	MST	MSC	MSF	MSR	MST	MSC	MSF	MSR	MST	MSC	MSF	MSR	MST	MSC	MSF	MSR
	-----g/planta-----				-----g/planta-----				-----g/planta-----				-----g/planta-----			
0	9,48aA	4,64aA	4,26bA	0,58aA	16,79cA	7,08aA	8,32bA	2,00aA	17,76bA	7,35bA	8,59bA	1,82aA	12,02bA	4,85bA	5,51Ba	1,65bA
80	11,40aC	2,89aC	7,96abB	0,54aB	21,59abcBC	8,18aB	13,18abB	1,89aB	22,56bB	8,06bB	12,55bB	1,94aB	44,42aA	17,35aA	21,55aA	5,51aA
160	17,89aB	5,09aC	11,46aB	1,34aC	19,23bcB	6,81aBC	9,94bB	2,19aBC	26,90abB	9,99abB	14,03abB	2,88aB	44,89aA	17,54aA	21,04aA	6,30aA
240	17,87aC	5,82aC	10,84aB	1,21aC	30,72aB	9,98aB	17,67aA	3,06aB	34,97aAB	12,44aAB	19,21aA	3,31aB	43,55aA	16,45aA	20,59aA	6,50aA
320	20,01aB	5,66aB	13,07aB	1,28aC	29,93abB	8,96aB	18,04aAB	2,92aB	23,56bB	7,86bB	13,45abB	2,23aBC	40,55aA	13,86aA	20,45aA	6,23aA

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si. Pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados são concordantes, também, com os encontrados por Costacurta (1996), onde doses crescentes de cálcio promoveram aumentos na matéria seca em todas as partes da planta de seringueira, ocorrendo efeito depressivo a partir da dose de 50 mg Ca/L.

2.3.2 Teor de cálcio nas matérias secas das plantas de *Swietenia macrophylla*

Na Tabela 8 são visualizados as médias dos teores de cálcio na matéria seca do caule, das raízes e das folhas das plantas de mogno, em função do efeito de interação entre doses crescentes de cálcio e diferentes tempos de aplicação das mesmas.

Os teores de cálcio na matéria seca do caule, folhas e raízes, não diferiram significativamente entre si no tratamento testemunha, porém foram significativamente menores que os valores encontrados em todas as doses com cálcio, independente do tempo de avaliação. No caso das raízes, observou-se uma tendência de redução do teor de cálcio, aos 211 dias de idade da plantas.

Aos 211 dias, os teores de cálcio na matéria seca da parte aérea superaram os valores obtidos para as raízes, em todas as doses de cálcio aplicadas. Esse resultado pode estar relacionado com a alta redistribuição do elemento, em função da transpiração. Segundo Malavolta (1980), é possível que os teores de cálcio absorvidos pelas raízes das plantas tenham sido eficientemente transportados, via xilema, como resposta à intensa transpiração que ocorre na parte aérea.

De um modo geral, os teores de cálcio na matéria do caule e das folhas, apresentaram aumentos crescentes, para todas as doses de cálcio, com o aumento do tempo de avaliação, enquanto que para as raízes, observou-se uma tendência de redução aos 211 dias.

Os maiores teores de cálcio nas plantas de mogno, foram obtidos com a dose de 320 mg Ca/L, como segue: caule com 8,22 g kg⁻¹ ms, aos 211 dias; folhas com 19,80, aos 211 dias; raízes com 29,96 g kg⁻¹ ms, aos 198 dias.

Tabela 8: Teores de cálcio no caule (CaC), na folha (CaF) e na raiz (CaR) de amostras de tecido vegetal de mogno (*Swietenia macrophylla*, King), coletados em diferentes datas e dosagens de cálcio na idade da planta.

DOSE DE Ca (mg/L)	174 DIAS			189 DIAS			198 DIAS			211 DIAS		
	CaC	CaF	CaR	CaC	CaF	CaR	CaC	CaF	CaR	CaC	CaF	CaR
	-----g.Kg ⁻¹ ms-----			-----g.Kg ⁻¹ ms-----			-----g.Kg ⁻¹ ms-----			-----g.Kg ⁻¹ ms-----		
0	1,57 cA	7,65 cAB	2,76 cA	1,40 dA	6,13 bB	1,91 cA	1,29 cA	7,74 cAB	2,20 cA	1,47 cA	9,83 dA	1,63 bA
80	4,21 bA	8,08 cA	6,09 bcA	3,76 cA	9,27 bA	8,09 bcA	3,80 bA	11,21 bcA	8,08 bcA	3,88 bA	10,95 cdA	7,52 bA
160	4,54 bA	10,46 bcB	12,25 bcA	5,51 bcA	13,83 aAB	18,81 aA	5,59 aA	14,33 abA	15,61 bA	4,91 bA	14,49 bcA	18,29 aA
240	5,65 abA	12,51 abC	14,53 abB	5,61 bA	13,19 aBC	16,64 abAB	5,83 aA	16,60 aAB	26,03 aA	7,10 aA	17,91 abA	21,48 aAB
320	6,32 aB	15,47 aB	22,87 aAB	7,98 aA	16,75 aAB	20,15 aB	5,83 aB	16,93 aAB	29,96 aA	8,22 aA	19,80 aA	24,69 aAB

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si. Pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

2.4 CONCLUSÕES

- O cálcio é essencial para o crescimento de mudas de mogno, sua ausência provoca a mortalidade;
- O cálcio não influenciou no crescimento do diâmetro do caule no período estudado.
- 80 mg Ca/L foi suficiente para promover o maior aumento do peso da matéria seca do caule, folhas, raízes e total aos 211 dias de idade das plantas.
- Os teores de cálcio nas plantas de mogno, decresceram do caule, para as folhas e para as raízes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS et al.. **Natural and Artificial Reserves of *S. Macrophylla* in the Brazilian Amazon – A perspective of Conservation**. FCAP, Belém, Pará, 1992. 56p.

BARBOSA, Z. Crescimento e composição química foliar de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) sob diferentes saturações por bases. I – Crescimento vegetativo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, Viçosa, 1995. **Resumos...** Viçosa:SBSCS, 1995. p.806-809.

COSTACURTA, C. R. C. **Efeito de doses de cálcio na produção de matéria seca e na nutrição mineral de plantas jovens de seringueira (*Hevea spp.*)**. 1996. 62p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém, 1996.

CRUZ, C. A. et al. Efeito de diferentes níveis de saturação por bases no desenvolvimento e qualidade de mudas de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standley). **Scientiae Florestalis**, n.66, p.100-107, 2004.

DIAS, L. E. et al. Formação de mudas de taxi-branco (*Sclerobium paniulatum* Voguel). I. Resposta à calagem e fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.1, p.69-76, 1991.

EPSTEIN, E. **Nutrição mineral das plantas. Princípios e perspectivas**. Tradução e notas [de] E. Malavolta. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 1975.

FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001, 182p. Curso Pós-graduação “Lato sensu” (especialização) a distância.

- FURTINI NETO, A. et al. Efeitos da calagem no crescimento de espécies florestais nativas na fase de muda. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25. Viçosa, 1995. **Anais...** Viçosa: SBCS, 1995. expandidos. v.2.
- GASPARETO, O. **Síntese da situação do mogno, em nível Internacional.** Revista Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2002. 71p.
- GROGAN, J.; BARRETO, P.; VERÍSSIMO, A. **Mogno na Amazônia Brasileira: ecologia e perspectivas de manejo.** Belém: Imazon, 2002. 56p.
- HILJE, L.; CORNELIUS, J. Es inmanejable *Hypsipyla grandella* como plaga forestal. Turrialba. **Hoja Técnica del CATIE**, nº 18: 1-4, 2001.
- LENTINI, M.; VERÍSSIMO, A.; PEREIRA, D. Expansão madeireira na Amazônia. In: **O Estado da Amazônia**, n.2 p. 1-4. maio 2005. www.imazon.org.br.
- LIMA JÚNIOR, E. C. Crescimento e estado nutricional de plantas jovens de mogno (*Swietenia macrophylla*, King) em função da calagem. 2005. 73p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém-Pará, 2005.
- MALAVOLTA, E. **A prática da calagem.** Piracicaba, ESALQ, 1985. 46p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas princípios e aplicações (2ª edição).** Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. Piracicaba-SP, 1997. 319p.
- MANN, E. N. et al. Calagem e crescimento de espécies florestais. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22. Manaus, 1996. **Resumos...** Manaus: SBCS, 1996. p.240-241.
- NOVAIS, R. F. Calagem e adubação mineral na produção de mudas de eucalipto (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex-Maiden). I. Efeito da calagem e dos nutrientes N, P e K. **Rev. Árvore**, v. 4, n.2, p-111-123, 1980.
- ROCHA FILHO J. V. C. et al. Efeito da aplicação de fósforo, boro, zino e calagem na altura e produção de matéria em mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill exMaiden cultivadas em um solo de cerrado. **Anais da Esalq**, Piracicaba, v.36, p.483-492, 1979.
- RODAN, B.; NEWTON, A.; VERÍSSIMO, A. **Conservação do mogno: Situação e perspectivas.** 1992. 18p.
- STEVENSON, N. S. Silviculture treatment of mahogany forests in the British Honduras. **Empire Forestry Journal**. 6: 219-227, 1927.

VERÍSSIMO, A.; BARRETO, R.; TARIFA, R.; UHL, C. **Mahogany extraction in the Eastern Amazon: a case study presentation to mahogany workshop**. Washington: Tropical Forest Foundation, 1995.

TEREZO, E. F. de M. **Status do mogno (*Swietenia macrophylla*, King) na Amazônia Brasileira**. Rev. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2002. 47p.

CAPÍTULO 3

**INFLUÊNCIA DO CÁLCIO NO ATAQUE DA BROCA *Hypsipyla grandella*, Zeller,
1848 EM MUDAS DE MOGNO BRASILEIRO (*Swietenia macrophylla*, King)**

RESUMO

A exploração e o processamento industrial madeireiro estão entre as principais atividades econômicas da Amazônia, ao lado da mineração e da agropecuária. O mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla* King) é a espécie madeireira de maior valor econômico na América Tropical. Na Amazônia, as pesquisas mostram que as instalações de plantios comerciais de mogno apresentam como maior barreira a ser superada o ataque da larva do broto (*Hypsipyla grandella*, Zeller), que constitui um fator extremamente limitante à produção de madeira de boa qualidade em tempo útil. Este trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento, teor de cálcio e o efeito do ataque da lagarta *Hypsipyla grandella*, em plantas jovens de mogno (*Swietenia macrophylla*) cultivadas em função de diferentes épocas de aplicação de doses crescentes de cálcio no substrato sílica moída, utilizando sistema hidropônico. O experimento foi instalado em casa de vegetação na Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, Belém-PA, conduzido de setembro de 2004 a fevereiro de 2005, utilizou-se cinco doses de cálcio (0, 80, 160, 240, 320 mg Ca/L), a solução nutritiva empregada foi a proposta por Hoagland e Arnon, modificada por Epstein (1975). O delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), as variáveis utilizadas para avaliação foram a susceptibilidade do mogno ao ataque da broca *H. grandella*, comprimento da galeria da broca e o teor de cálcio no caule foi realizado um DIC com cinco doses de cálcio, cinco repetições cada e duas épocas de inoculação da broca, utilizou-se regressões lineares simples para interpretação dos dados. Através da pesquisa conclui-se que a aplicação de doses de cálcio em solução nutritiva reduziu o comprimento da galeria de infecção e exerce eficiente ação no controle do ataque de *H. grandella* em plantas de mogno.

Palavras-Chave: *Swietenia macrophylla*, *Hypsipyla grandella*, nutrição mineral, níveis de cálcio, controle da praga.

ABSTRACT

The exploration and the processing industrial of wood are the principal economic activities of the Amazon region beside mining and farming. The Brazilian mahogany (*Swietenia macrophylla* King) is the wood specie of higher economic value in Tropical America. Researches carried out in the region showed the larva (*Hypsipyla grandella*, Zeller) of the mahogany bud to be the principal limitation for new plantings because it reduces the quality of the produce wood. The objectives of this research was to determine the leaf level of calcium and in the effect attack of the caterpillar *Hypsipyla grandella* to young plants of mahogany (*Swietenia macrophylla*) cultivated in nutritive solution. This nutritive solution used was that proposed by Hoagland and Arnon modified by Epstein. The experiment was carried out in the greenhouse of the Federal Rural University of Amazon (UFRA), at Belem, state of Para, from September 2004 to February 2005. A split plot experimental desing with five replicates was used. The plots were five doses of calcium (0, 80, 160, 240, 320 mg Ca L⁻¹) and the subplots two times of harvesting the plants (189 e 211 days after planting) for the variables sensitivity of mahogany seedlings to attack of the drill, gallery length and stem level of calcium. Results showed the calcium decreased gallery length of infection suggesting that it was efficient to control the attact of *Hypsipyla grandella* to mahogany seedlings.

Keywords: *Swietenia macrophylla*, *Hypsipyla grandella*, mineral nutrition, levels of calcium, control of plague.

3.1 INTRODUÇÃO

A exploração e o processamento industrial da madeira estão entre as principais atividades econômicas da Amazônia, ao lado da mineração e da agropecuária. Em 2004, o setor madeireiro extraiu 24,5 milhões de metros cúbicos de madeira em tora, o equivalente a cerca de 6,2 milhões de árvores. Essa matéria prima gerou 10,4 milhões de metros cúbicos de madeira processada (tábuas, produtos beneficiados, laminados, compensados, etc.). O processamento madeireiro ocorreu em 82 pólos madeireiros situados principalmente no Pará, Mato Grosso e Rondônia. Após o processamento a madeira amazônica foi destinada tanto para o mercado doméstico (64%) como para o externo. Em particular, as exportações tiveram um incremento extremamente significativo, passando de US\$ 381 milhões em 1998 para US\$ 943 milhões em 2004 (LENTINI et al., 2005).

O mogno (*Swietenia macrophylla* King) é uma espécie madeireira de mais alto valor na América Tropical. A comercialização no mercado internacional é originária de floresta nativa onde a exploração não é feita de maneira sustentável. Em consequência, as populações naturais de mogno estão severamente reduzidas ao longo de sua área de ocorrência.

A elevada importância comercial do mogno se dá pela beleza da madeira que produz, a cor atrativa, durabilidade, estabilidade dimensional, sendo bastante usado em móveis finos, laminados, portas e janelas, painéis, construções civis, navais e aeronáuticas, esculturas e instrumentos musicais (GROGAN et al., 2002). Devido essas características tecnológicas serem bastante apreciadas, essa espécie vem sofrendo uma exploração seletiva associada com práticas predatórias e ilegais.

O Brasil é detentor da maior reserva natural de mogno, ocupando o primeiro lugar em produção, seguido da Bolívia. Estes países abrigam aproximadamente 85% do total do estoque de mogno existente no mundo (GASPARETO, 2002).

A pesquisa na Amazônia mostra que as instalações de plantios comerciais de mogno apresentam como maior barreira a ser superada o combate ao ataque da larva do broto (*Hypsipyla grandella*), que resulta na deformação ou ramificação da árvore, diminuindo sensivelmente o valor econômico da cultura, conseqüentemente, constituindo um fator extremamente limitante à produção da madeira de boa qualidade, em tempo útil.

Desta forma, é de fundamental importância a realização de pesquisa voltadas para o desenvolvimento da cultura do mogno, por serem quase inexistentes dados experimentais na região Amazônica, que permitam conhecer as necessidades nutricionais e seus efeitos sobre o desenvolvimento da espécie, detectando em curto prazo e de maneira preliminar, a dosagem

limitante ao crescimento das plantas na fase juvenil e estabelecer indicações de doses a serem testadas em campo, assim como, encontrar mecanismos eficientes de combate à broca do mogno (*Hypsipyla grandella*).

A partir de observações no campo em experimento conduzido por Ohashi et al. (2005) no município de Aurora do Pará, onde utilizou-se plantas de mogno brasileiro observando-se o efeito da adubação com boro, correção do solo com calcário dolomítico e gesso agrícola para o controle da *H. grandella*, onde indicavam a possibilidade do cálcio do solo exercer influência positiva na redução do ataque, a partir desta observação foi idealizado este ensaio para comprovar aquela hipótese.

Em virtude da sua função estrutural, o cálcio atua na manutenção da integridade física da parede celular, e por apresentar baixa mobilidade, a sua deficiência provoca a morte dos tecidos mais novos da planta, principalmente, a gema apical. Como a lagarta recém-eclodida alimenta-se inicialmente de uma folha nova do broto do mogno, a baixa resistência mecânica dos tecidos novos, em condições de deficiência de cálcio, pode favorecer a sobrevivência dessa lagarta recém-eclodida. À vista desse conhecimento, parece possível que em plantas adequadamente nutridas em cálcio, seja aumentada a resistência ao ataque da *Hypsipyla grandella*, o que levou à experimentação, a hipótese de que o cálcio, dependendo do tempo da sua aplicação, pode diminuir o ataque da broca do mogno (*Hypsipyla grandella*).

A escassez de dados científicos a respeito da nutrição do mogno, especialmente em relação à dependência do cálcio, levou à necessidade de comparar dados experimentais de outras essências florestais, em analogia com os dados encontrados nesta pesquisa com mogno.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do cálcio no ataque da *Hypsipyla grandella*, em plantas jovens de mogno (*Swietenia macrophylla*) cultivadas sob o efeito de doses crescentes de cálcio no substrato (sílica moída), em diferentes tempos de avaliação das mesmas, utilizando sistema hidropônico.

Estes resultados preliminares deverão servir de subsídios para posteriores pesquisas, dentro de procedimentos biológicos, que busquem elucidar a real participação do cálcio no controle da infestação de plantas de mogno, pela broca *H. grandella*.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Localização, Instalação e Condução do Experimento

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no setor de Ciência do Solo, do Instituto de Ciências Agrárias – ICA, da Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, no período de setembro de 2004 a fevereiro de 2005 (Figura 6).



Figura 6: Experimento de mogno (*S. macrophylla*, King) para avaliação de resistência ao ataque da broca *H. grandella*, cultivado em sistema hidropônico, UFRA, Belém-PA.

Foram utilizadas mudas de mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla*), com 52 dias de germinação, provenientes da Embrapa Amazônia Oriental, originadas de sementes germinadas em bandejas plásticas contendo como substrato terra preta. As mudas foram retiradas cuidadosamente da bandeja para não serem danificadas as suas raízes, as quais foram lavadas em água corrente e transplantadas para vasos plásticos com capacidade para quatro litros, contendo sílica moída do tipo zero grossa, 1,0 L de solução nutritiva e uma muda por vaso. Na base de cada vaso plástico foi inserido uma mangueira flexível de 3 mm de diâmetro interno, para permitir a drenagem da solução por gravidade. A solução nutritiva era aplicada pela manhã entre as 7 e 8 horas e drenada ao entardecer, ficando as raízes inundadas durante 9 a 10 horas por dia. A reposição do volume da solução perdida por evapotranspiração era feita com água destilada, a cada dois dias. As mudas transplantadas foram cultivadas em solução nutritiva completa (Tabela 9), proposta por Hoagland e Arnon, modificada por Epstein (1975), por um período de 75 dias, para permitir o crescimento homogêneo das mesmas.

Tabela 9: Composição química das soluções nutritivas estoques, em molar (M), e dos tratamentos, em mL.L⁻¹, utilizadas no experimento (HOAGLAND; ARNON, modificada por EPSTEIN, 1975).

Solução Estoque	Conc. (M)	Tratamento (mL.L ⁻¹)					
		Solução completa	0 mg Ca	80 mg Ca	160 mg Ca	240 mg Ca	320 mg Ca
NH ₄ NO ₃	1 M	-	4	2	-	-	-
KNO ₃	1 M	9	9	9	9	9	9
NH ₄ H ₂ PO ₄	1 M	2	2	2	2	2	2
MgSO ₄ .7H ₂ O	1 M	1	1	1	1	1	1
CaCl ₂	1 M	-	-	-	-	2	4
Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O	1 M	4	-	2	4	4	4
Micronutrientes*	-	2	2	2	2	2	2
Sol. Fe-EDTA**	-	1	1	1	1	1	1

* Composição química da solução de micronutrientes: 2860 mg de H₃BO₃; 1810 mg de MnCl₂.4H₂O; 220 mg de ZnSO₄.7H₂O; 80 mg de CuSO₄.5H₂O; 20 mg de H₂MoO₄.H₂O, por litro de solução.

** Composição química da solução de Fe-EDTA: 26,1 g de Na₂-EDTA, 89,2 mL de NaOH M e 24 g de FeSO₄.7H₂O.

A troca da solução nutritiva era realizada semanalmente, aferindo-se o pH da solução nutritiva para 5,5 a 6,5, e corrigindo o pH, quando necessário, com as soluções de HNO₃ 1M para reduzir o pH ou NaOH 1M para elevar o pH da solução.

Após 75 dias dos transplântio das mudas, os tratamentos constantes na Tabela 8, foram aplicados por um período de 84 dias. A coleta do material vegetal para a avaliação do efeito das doses de cálcio sobre as variáveis de estudo foi realizada aos 189 e 211 dias de idade das plantas.

Após 174 dias (idade da planta) foi feita a primeira inoculação dos ovos de *H. grandella*. Foram selecionadas cinco plantas de cada tratamento as quais apresentavam brotos recém-lançados. Nesse lançamento o ovo, produzido pelo Laboratório de Entomologia da UFRA, foi colocado numa região logo abaixo do broto novo (Figura 7). Após 24 horas era observada a eclosão da lagarta e a perfuração na planta provocada pela lagarta. Posteriormente, observou-se exsudação de goma e emissão de serragem no broto, que indicava a efetivação do ataque. A segunda inoculação ocorreu aos 211 dias (Figura 7C).



A



B



C

Figura 7: Sequência mostrando a inoculação do ovo de *Hypsipyla grandella* em lançamento apical de mogno brasileiro (A e B) e a produção de serragem após a efetivação da penetração da broca (C).

Após 15 dias do ataque da broca para ambos os períodos de inoculação, as plantas foram analisadas quanto ao comprimento da galeria (Figura 8B).



Figura 8: Plantas de mogno brasileiro atacadas por broca de *H. grandella*, mostrando a galeria na região de crescimento do caule.

O material coletado (caule) foi acondicionado em sacos de papel identificados, colocados em estufa com circulação de ar forçada na temperatura de 70 °C, até atingir peso constante. A matéria seca do caule foi moída em moinho tipo Willey, em seguida encaminhada para a análise química. A análise de tecido vegetal foi realizada no Laboratório de Análise de Tecido Vegetal (ICA/UFRA). O extrato das amostras foi obtido por digestão Nitro-perclórico na concentração de 2:1. O teor de cálcio foi obtido por espectrofotometria de absorção atômica (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

3.2.2 Tratamentos e Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com 10 tratamentos correspondentes a cinco doses crescentes de cálcio em solução nutritiva e duas épocas de amostragem de plantas para a avaliação das variáveis estudadas, em cinco repetições, perfazendo 50 unidades experimentais. As doses de cálcio foram: T0 - 0 mg Ca/L (Testemunha); T1 - 80 mg Ca/L; T2 - 160 mg Ca/L; T3 - 240 mg Ca/L; T4 - 320 mg Ca/L. A fonte de cálcio utilizada foi o nitrato de cálcio $[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2]$ p.a. e cloreto de cálcio (CaCl_2) p.a.. As épocas de amostragens foram aos 189 e 211 dias de idade das plantas.

O experimento foi avaliado por meio das seguintes variáveis: susceptibilidade de plantas de mogno ao ataque da broca de *H. grandella*; comprimento de galeria (CG) e teor de cálcio no caule de mogno (CaC).

A avaliação da contribuição da variável independente CaC para explicar as variações ocorridas na variável dependente CG, produzida pelo ataque de *H. grandella*, envolve a utilização de regressões lineares simples entre tais variáveis, para cada um dos períodos avaliados e para o tempo total do experimento, conforme funções especificadas abaixo. A avaliação da resistência da planta ao ataque de *H. grandella*, feita pelo comprimento da galeria (CG) no caule, deveu-se ao fato de ser esta uma variável que reflete de forma mais confiável as influências das funções desempenhadas pelo cálcio nesta região de ação da larva do inseto.

As funções são especificadas da seguinte forma:

$$\text{CG}_{\text{P1}} = a_{10} + a_{11}\text{CaC} + \varepsilon_1; \quad (1)$$

$$\text{CG}_{\text{P2}} = a_{20} + a_{21}\text{CaC} + \varepsilon_2; \quad (2)$$

$$\text{CG}_{\text{PT}} = a_{30} + a_{31}\text{CaC} + \varepsilon_3; \quad (3)$$

em que:

a) variável dependente

CG = comprimento da galeria (cm) feita pela broca de *H. grandella*, para os diferentes períodos avaliados.

b) variável independente

CaC = concentração de cálcio (mg/kg) no caule para os diferentes períodos avaliados.

P1, P2 e PT (período total) = períodos de avaliação, correspondente a 47 e 69 dias após a aplicação das doses de Ca e ao período total, respectivamente.

ε = termo de erro aleatório que, por hipótese, apresenta média zero e variância constante.

Os testes de hipóteses para os parâmetros estimados são feitos da seguinte forma:

Hipótese nula (H_0 :)

$$H_0: a_{10} = 0$$

$$a_{20} = 0$$

$$a_{30} = 0$$

$$a_{11} = 0$$

$$a_{21} = 0$$

$$a_{31} = 0$$

Hipótese alternativa (H_1 :)

$$H_1: a_{10} > 0$$

$$a_{20} > 0$$

$$a_{30} > 0$$

$$a_{11} < 0$$

$$a_{21} < 0$$

$$a_{31} < 0$$

A hipótese sobre o sinal esperado do parâmetro a ser estimado é de relação negativa entre a variável independente e a variável dependente. A justificativa está em que o cálcio, como componente da lamela média da parede celular confere maior resistência a mesma, o que dificulta a destruição da célula por danos mecânicos, como os provocados pela broca de *H. grandella*.

Se o resultado obtido para o teste t de Student, relativo a cada parâmetro, for superior ao valor tabulado para os graus de liberdade de cada regressão estimada, rejeita-se a hipótese H_0 e se aceita a hipótese alternativa H_1 , a 0,10 de probabilidade de erro, de que a variável é importante na explicação das variações ocorridas em CG.

O teste F de Snedecor, que avalia a adequação da regressão ao fenômeno estudado, é utilizado para avaliar as seguintes hipóteses:

Hipótese nula (H_0 :)

$$H_0: a_{10} = a_{20} = \dots = a_n = 0$$

A hipótese alternativa (H_1 :) é de que pelo menos um dos parâmetros é maior do que zero.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um dos danos diretos provocados pela broca do mogno é perfurar, abrir galerias e matar o broto apical, cujo sintoma é facilmente reconhecido pelos resíduos fibrosos e secreções resinosas que ficam expostos nas aberturas das galerias produzidas pela broca de *H. grandella* quando a lagarta ainda está em desenvolvimento, ou então, pela coloração escura ou negra do ápice devido morte do meristema apical (OHASHI et al, 2002). Estes sintomas foram observados em plantas avaliadas no presente trabalho, conforme mostra a Figura 7C.

3.3.1 Susceptibilidade do mogno ao ataque de *H. grandella*

Conforme mostram as Figuras 9 e 10, a concentração de cálcio na solução de trabalho reduziu o ataque ao mogno no controle de *H. grandella*, pois há elevadas diferenças no percentual de resistência ao ataque em função das diferentes doses de cálcio.

Para o primeiro período de avaliação do ataque da broca, que correspondeu aos 189 dias (idade das plantas) após a aplicação dos tratamentos, as dosagens de 0 e 80 mg Ca/L não mostraram nenhuma resistência à *H. grandella*, ou seja, 100% das plantas submetidas à broca foram lesionadas. No entanto, a partir da dosagem de 160 mg Ca/L algumas plantas apresentaram resistência ao ataque da broca. O maior número de plantas resistentes foi verificado no tratamento com a maior dosagem, correspondendo 80% dos indivíduos avaliados; para a dosagem de 240 mg Ca, o percentual foi de 60%; e para a dosagem de 160, todos foram susceptíveis com exceção de um indivíduo (Figura 9).

Para o segundo período de avaliação do ataque da broca, que correspondeu aos 211 dias (idade das plantas) após a aplicação dos tratamentos, verifica-se, como o ocorrido na primeira avaliação, a susceptibilidade de plantas de mogno cultivadas em tratamentos com as menores dosagens de cálcio (0 e 80 mg Ca/L). De maneira semelhante ao observado na primeira inoculação, a resistência ao ataque das brocas só começa a se manifestar em plantas cultivadas com dosagens de cálcio a partir de 160 mg Ca/L; no entanto o número de indivíduos que manifestaram resistência foi menor em todos os tratamentos (Figura 10).

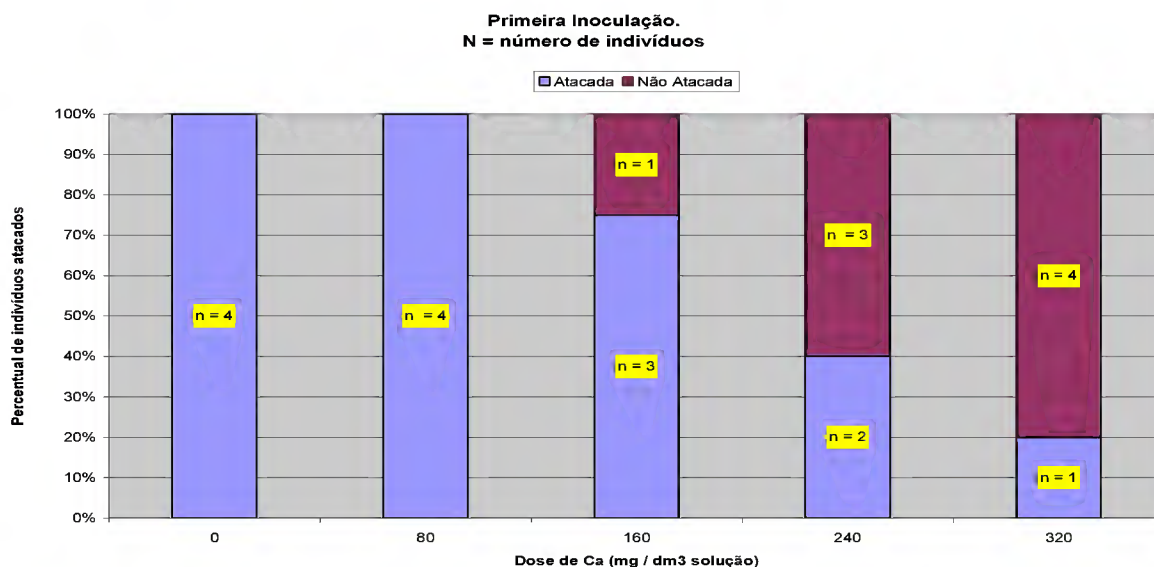


Figura 9: Percentagem do efeito do cálcio ao ataque *H. grandella* em mogno brasileiro, aos 189 dias (idade da planta) após a aplicação de doses crescentes de cálcio cultivado em solução nutritiva.

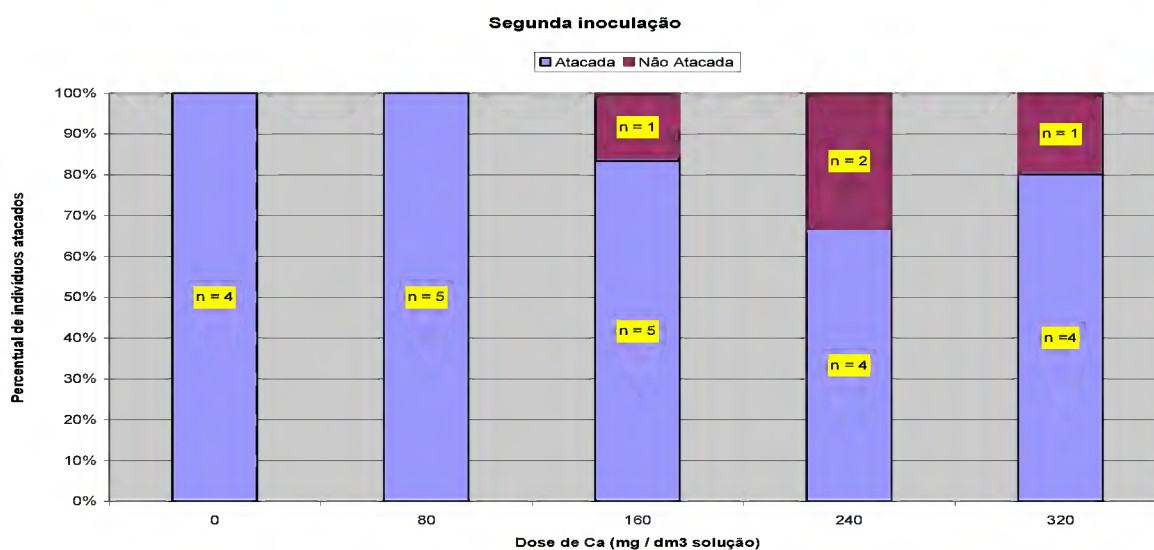


Figura 10: Percentagem do efeito do cálcio ao ataque *H. grandella* em mogno brasileiro, aos 211 dias (idade da planta) após a aplicação de doses crescentes de cálcio cultivado em solução nutritiva.

Esses resultados levam a indicação de que a ação do cálcio em dosagem adequada pode conferir maior resistência do mogno brasileiro à *H. grandella*. Ohashi et al (2005) observaram o efeito da adubação com boro e da correção do solo com calcário dolomítico e gesso agrícola na resistência do mogno brasileiro ao ataque de *H. grandella*, em experimento conduzido no município de Aurora do Pará, PA, encontrando índice de infestação 0,7%, 0% e 5,5% de um total de 576 plantas, no período de janeiro a março de 2004, respectivamente. Os

autores ressaltam que a grande maioria das plantas apresentava brotações novas, isto é, no estágio suscetível ao ataque da praga, esses autores ressaltam ainda, que outro experimento de mogno consorciado com meliáceas resistentes que não sofreu correção e adubação, distante apenas 10 metros, apresentaram, nesse período, índice de infestação cerca de 19 e 9 vezes maior, respectivamente, nos meses de janeiro e março de 2004. Os autores verificaram efeito altamente significativo para o tratamento com boro, atribuindo ao elemento o efeito sobre a broca do mogno, uma vez que segundo Rajaratnam e Hock (1975), citados por Yamada (2004), o aumento do conteúdo de boro em folhas de mudas de dendê, reduziu a infestação do ácaro roxo (*Tetranychus pioroei*), e que existiu correlação entre o boro e a produção de cianidina, um polifenol que seria tóxico para o ácaro ou formaria complexos com compostos nitrogenados não disponíveis ou não digeríveis pelo ácaro.

Apesar da pouca disponibilidade de estudos envolvendo adubação e nutrição de plantas e resistência à pragas e doenças, tais resultados poderão servir de indicadores de novas pesquisas que visem o controle da praga de *H. grandella* em plantios comerciais de *S. macrophylla*.

3.3.2 Comprimento da galeria da broca *H. grandella* em relação ao teor de cálcio no caule

Na Tabela 10 estão contidos os resultados das análises de regressões lineares simples, em que se avaliaram a influência da concentração de cálcio no caule (CaC) de mogno no comprimento da galeria (CG) feita por *H. grandella*.

O intercepto a_0 foi positivo e significativo a 5% na função (1) e a 1% nas funções (2) e (3) de probabilidade de erro. O intercepto informa a variação média no comprimento da galeria na ausência da influência da variável independente concentração de cálcio no caule, incluída em cada regressão. O valor $a_0 = 11,04$, na função (1), informa que a galeria teria um comprimento máximo de 11,04 cm quando a concentração de cálcio fosse zero. Interpretação semelhante pode ser aplicada para as demais funções.

O coeficiente a_1 da variável CaC foi significativo a 10% de probabilidade de erro na função (2), segundo período de inoculação, e a 5% na função (3), para as duas épocas de inoculação do ovo de *H. grandella*.

Tabela 10: Estimativas dos parâmetros das equações de regressão lineares simples entre o efeito da concentração de cálcio no caule (CaC) de mogno e as variações ocorridas no comprimento da galeria (CG) em caule de mogno feita pela broca *H. grandella*.

Número	Função	Coeficiente		R^2	Estatística F
		a_0	a_1		
(1)	$CG = f(CaC_{P1})$	11,04 (5,20)*	-0,51 (-1,41) ^{ns}	0,197	$F_{(1,3)} = 1,98$ ^{ns}
(2)	$CG = f(CaC_{P2})$	13,95 (10,04)**	-0,68 (-2,93) ⁺	0,655	$F_{(1,3)} = 8,61$ ⁺
(3)	$CG = f(CaC_{PT})$	12,39 (9,05)**	-0,57 (-2,50)*	0,368	$F_{(1,8)} = 6,25$ *

⁺, *, **, ^{ns}, significativo a 10%, 5% e 1% de probabilidade de erro e não-significativo, respectivamente, valores entre parênteses são os valores calculados do teste t de Student.

Os sinais dos parâmetros foram significativos, atestados pelo teste t de Student, e teoricamente estão corretos, ocorrendo de acordo com o esperado, mostrando que a variação em CG foi inversamente proporcional à variação em CaC (funções de 1 a 3 e Figura 11). A interpretação pode ser feita da seguinte maneira: um aumento unitário em CaC leva a uma redução de 0,68 cm no comprimento da galeria para os danos provocados pela broca no segundo período de inoculação analisado (função (2)) e de 0,57 cm para o período total. Para a função (1), dados do primeiro período de inoculação, mesmo o sinal do parâmetro a_1 ter se apresentado negativo, o efeito do cálcio no comprimento da galeria de *H. grandella* foi nulo, o que é atestado pelo teste $t = -1,41$, não-significativo.

O coeficiente de determinação R^2 , que indica o poder explicativo da regressão, foi significativo para todas as regressões estimadas, exceto a que avalia CG_{P1} em função de CaC_{P1} , conforme o teste $F_{(1,3)} = 1,98$, não-significativo. As relações comportamentais entre as variáveis em estudo podem ser visualizadas por meio da Figura 11.

Analisando-se os resultados da Tabela 9, verificou-se que o teor de Ca foi mais importante para explicar as variações em CG, quando se analisou os dois períodos

conjuntamente (função (3)), mesmo com $R^2 = 0,368$ sendo menor do que na função (2), $R^2 = 0,655$, uma vez que o valor da estatística $F_{(1, 8)}$ na função (3) foi significativo a 5% de probabilidade de erro, ao contrário do que ocorreu com a função (2), onde $F_{(1, 3)} = 8,61$ foi significativo a 10%.

Os dados apresentados na Tabela 10 comprovam o efeito positivo da nutrição do cálcio em plantas de mogno na resistência à ação da broca de *H. grandella*. No entanto, tal constatação deve ser investigada em âmbito celular, para se saber que tipo de função o elemento está desempenhando, se estrutural ou bioquímico-fisiológica, para proporcionar tal efeito.

A Figura 11 ilustra as relações entre as variáveis CG e CaC, para os dois períodos de inoculação analisados, em função do tempo de aplicação de doses crescentes de cálcio.

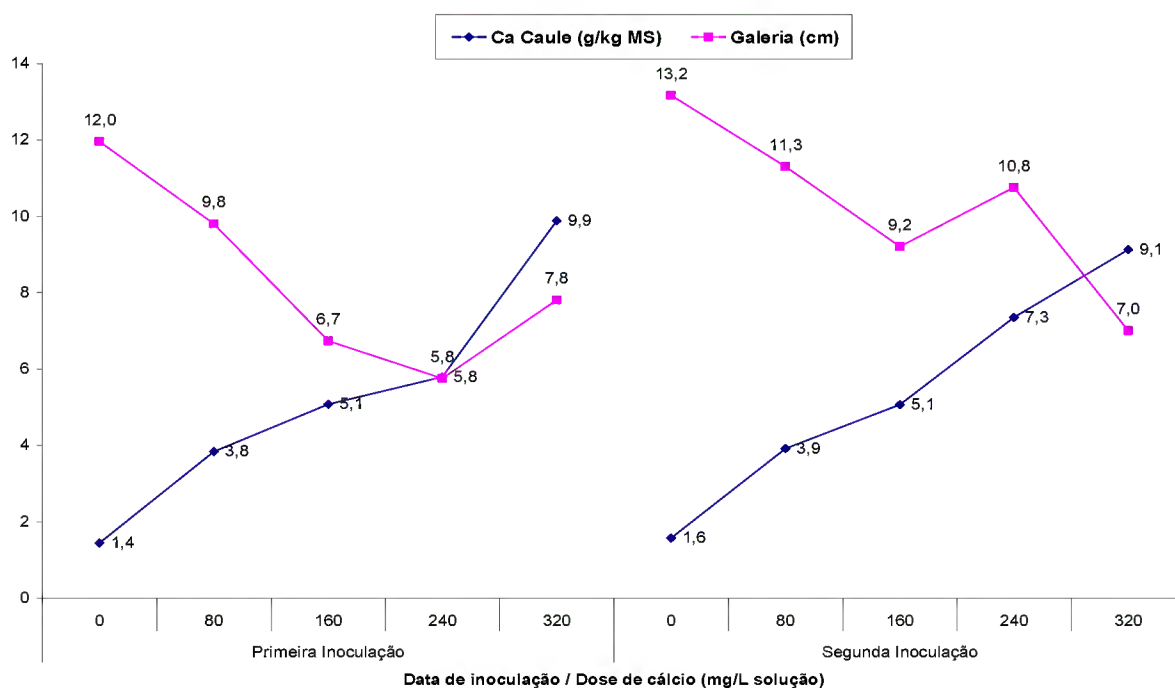


Figura 11 - Relação entre doses de cálcio na solução nutritiva e comprimento de galeria feita pela broca de *H. grandella* em plantas jovens de mogno sob doses crescentes de cálcio e diferentes períodos de inoculação.

Verifica-se que para ambos os períodos o teor de cálcio na matéria seca do caule de mogno, como era de se esperar, aumentou com o aumento da dose do elemento na solução nutritiva; comportamento inverso foi observado para o comprimento da galeria até a dosagem

de 160 mg Ca/L solução, ou seja, quanto menor a dose de cálcio, maior o comprimento da galeria.

Para o primeiro período avaliado, a menor média em CG foi obtida com a dosagem de 240 mg Ca/L, enquanto para a segunda inoculação, a menor média foi obtida com a máxima dosagem (320 mg Ca/L).

3.4 CONCLUSÃO

- A aplicação de doses de cálcio em solução nutritiva reduziu o comprimento da galeria de infecção e exerce eficiente ação no controle do ataque de *H. grandella* em plantas de mogno.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS et al.. **Natural and artificial reserves of *S. macrophylla* in the Brazilian Amazon – a perspective of conservation.** FCAP, Belém, Pará, Brasil, 1992, 56p.

EPSTEIN, E. **Nutrição mineral das plantas:** princípios e perspectivas. Trad. notas [de] E. Malavolta. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos; São Paulo, Ed. da Universidade de São Paulo, 1975.

HILJE, L.; CORNELIUS, J. Es inmanejable *Hypsipyla grandella* como plaga forestal. Turrialba, Hoja Técnica del CATIE, 2001, n° 18: 1-4.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas.** 2 ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

OHASHI, O. S.; SILVA, J. N. M.; SILVA, M. F. G. F.; COSTA, M. S. S.; SARMENTO JUNIOR, R. G.; SANTOS, E. B.; ALVES, M. Z. N.; PESSOA, A. M. C.; SILVA, T. C. O.; BITTENCOURT, P. R. G.; BARBOSA, T. C.; SANTOS, T. M. Manejo Integrado da broca do mogno *Hypsipyla grandella* Zeller (Lep. Pyralidae). In: POLTRENIERI, L. S.;

TRINDADE, D. R. **Manejo integrado das principais pragas e doenças de cultivos amazônicos.** Belém, Embrapa Amazônia Oriental, 2002, 304 p.

RODAN, B.; NEWTON, A.; VERÍSSIMO, A. **Conservação do mogno:** situação e perspectivas. 18p. 1992.

VERÍSSIMO, A.; BARRETO, R.; TARIFA, R.; UHL, C. **Mahogany extraction in the Eastern Amazon:** a case study presentation to mahogany workshop. Washington: Tropical Forest Foundation, 1995.