

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA TROPICAL

The seal of the Universidade Federal do Amazonas is a circular emblem. It features a central figure of a bird, possibly a toucan, with its wings spread. The bird is surrounded by a laurel wreath. Above the bird are three stars. The text "UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS" is written along the top inner edge of the circle, and "IN UNIVERSA SCIENTIA VERITAS" is written along the bottom inner edge. Two small dots are positioned on the left and right sides of the circle, separating the top and bottom text.

FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO E DESENVOLVIMENTO
INICIAL DO MOGNO

JAISSON MIYOSI OKA

MANAUS
2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA TROPICAL

JAISSON MIYOSI OKA

FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO E DESENVOLVIMENTO
INICIAL DO MOGNO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para obtenção do título de Mestre em Agronomia Tropical, área de concentração Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. José Zilton Lopes Santos

MANAUS
2013

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

O41f Oka, Jaisson Miyosi
Fontes e doses de nitrogênio e desenvolvimento inicial do mogno
/ Jaisson Miyosi Oka. 2013
49 f.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Prof. Dr. José Zilton Lopes Santos
Dissertação (Mestrado em Agronomia Tropical) - Universidade
Federal do Amazonas.

1. Swietenia macrophylla King. 2. espécies florestais. 3.
Amazônia. 4. adubação nitrogenada. 5. solos tropicais. I. Santos,
Prof. Dr. José Zilton Lopes II. Universidade Federal do Amazonas
III. Título


JAISSON MIYOSI OKA

FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO E DESENVOLVIMENTO
INICIAL DO MOGNO


Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para obtenção do título de Mestre em Agronomia Tropical, área de concentração Produção Vegetal.

Aprovado em 28 de fevereiro de 2013

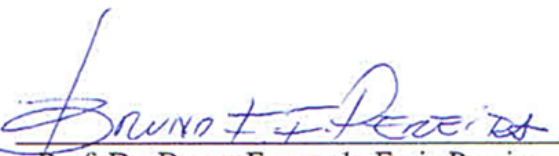
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. José Zilton Lopes Santos
UNIVERSADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM



Prof. Dr. Carlos Alberto Franco Tucci
UNIVERSADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM



Prof. Dr. Bruno Fernando Faria Pereira
UNIVERSADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM

A minha mãe Fátima,
aos meus queridos irmãos Ronalde e Alexandre
ao meu orientador José Zilton Lopes Santos
aos meus amigos de Pós-graduação e graduação,
que estiveram me ajudando até o término deste estudo
pelo apoio e compreensão.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Ao Pai Celestial, por esse momento de realização, por todas as bênçãos concedidas e por ter iluminado e guiado o meu caminho nessa longa jornada.

A toda a minha família pelo apoio incondicional a minha formação acadêmica e profissional, por sempre acreditar na minha capacidade e, sobretudo, pelo seu grande amor.

Ao professor Dr. José Zilton Lopes Santos, meu orientador, pela paciência, pelos ensinamentos e por todo direcionamento e apoio necessário para conclusão desta dissertação.

Ao programa de Pós-graduação em Agronomia Tropical da UFAM, bem como todos os docentes e funcionários que o compõe, pela oportunidade e realização do curso de mestrado.

Aos meus professores de graduação, especialmente o Prof. Dr. Carlos Alberto Franco Tucci, o qual conseguiu ver em mim o potencial de conhecimento e a oportunidade de me desenvolver intelectualmente a qual eu mesmo não conseguia ver.

A CNPQ, pela concessão de bolsa de estudo e ao INPA, pelo apoio nas análises laboratoriais.

Aos colegas de Manicoré da turma de graduação em Licenciatura em Ciências Agrárias e do curso de tecnologia em turismo ecológico, pela amizade e incentivo.

Aos amigos e colegas pós-graduandos do PGATR, em especial a Adriana Uchôa, Arnon, Rodolfo, Diego, Mateus, Catiele, Tainah, Jolemia, Daiana, Iza Maria, pelos momentos de descontração e de trabalho, pela companhia e amizade durante esses meses que passamos juntos, compartilhando não só conhecimento, mas também trocando experiência de vida.

Enfim, a todos que de alguma forma, direta ou indireta, colaboraram na realização deste trabalho e que, embora não citados aqui, não deixam de merecer o meu agradecimento.

AGRADEÇO

RESUMO

O mogno é uma das espécies florestais de maior valor comercial cujos estudos relacionados a sua exigência nutricional são escassos, principalmente quanto ao nitrogênio (N), nutriente requerido em maiores quantidades pelas plantas e de complexa dinâmica no solos tropicais, podendo ser encontrado tanto na forma nítrica como amoniacal, logo, algumas espécies vegetais possuem preferência por uma ou outra forma. O presente estudo objetivou avaliar o efeito de formas e doses de N no crescimento inicial do mogno. Para condução experimental utilizou-se vasos de 4,0 dm³ contendo Latossolo Amarelo distrófico em casa de vegetação. O delineamento experimental foi em DBC, em esquema fatorial 2x6+1 com cinco repetições. Os tratamentos foram duas formas de N (nitrato e amônio) e seis doses (0; 50; 100; 150; 200; 400 mg.dm⁻³ de N) e um tratamento adicional (200 mg de N.dm⁻³ ½N-nitrato e ½N-amônio). Aos 150 dias foram avaliados altura, diâmetro do coleto, área foliar, massa seca de folhas, massa seca de caule, massa seca da parte aérea, acúmulo de nutrientes na parte aérea, acúmulo de pigmentos cloroplastídicos (clorofila a, b e carotenoides) e índice SPAD. Houve interação entre fonte e dose de N para acúmulos de N, P e Mg; os acúmulo de nutrientes, crescimento e fisiológicas foram pouco afetadas pelas formas de N, porém, melhores resultados foram observados com sulfato de amônio. De forma geral as variáveis estudadas apresentaram um ajuste quadrático às doses de N exceto para diâmetro do coleto e acúmulo de cobre e ferro na parte aérea em tratamento com nitrato de cálcio. O desenvolvimento do mogno é afetado por doses de N principalmente na forma amoniacal estando a melhores dose situada em torno de 263 e 254 mg.dm⁻³ de N nas formas de nitrato de cálcio e sulfato de amônio respectivamente.

Palavras Chave: *Swietenia macrophylla* King., espécies florestais, Amazônia, adubação nitrogenada, solos tropicais.

ABSTRACT

Mahogany is one of the largest commercial forest species whose value related to their nutritional requirement studies are scarce, especially regarding nitrogen (N) nutrient required by plants in larger amounts and complex dynamics in tropical soils and can be found either in the form as ammonium nitrate, logo, some plant species have a preference for one or another form. The present study aimed to evaluate the effect of forms and doses in the initial growth of mahogany. For experimental conduction was used pots containing 4.0 dm³ Yellow Oxisol in a greenhouse. The experiment was arranged in a randomized block, factorial 2x6 +1 with five replicates. Treatments were two forms of N (nitrate and ammonium) and six doses (0, 50, 100, 150, 200, 400 mg.dm⁻³ N) and an additional treatment (200 mg of 3-N.dm⁻³ ½N- ½N and ammonium nitrate). At 150 days were evaluated height, stem diameter, leaf area, leaf dry weight, stem dry weight, dry weight of shoots, accumulation of nutrients in shoots, chloroplastidic accumulation of pigments (chlorophyll a, b and carotenoids) and index SPAD. There was an interaction between source and dose of N for accumulations of N, P and Mg; the accumulation of nutrients, growth and physiological parameters were little affected by the forms of N, however, the best results were observed with ammonium sulfate. In general the variables studied showed a quadratic fit to N except for stem diameter and accumulation of copper and iron in shoots treated with calcium nitrate. The development of mahogany is affected by N rates mainly in the form of ammonia being the best dose located around 263 and 254 mg.dm⁻³ N in the forms of calcium nitrate and ammonium sulfate, respectively.

Key words: *Swietenia macrophylla* King, forest species, Amazon, nitrogen fertilization, tropical soils..

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1. Teor de nitrogênio (A) e conteúdo de nitrogênio (B), fósforo (C), magnésio (D), potássio (E), cálcio (F), manganês (G), zinco (H), cobre (I) e ferro (J) na parte aérea de mudas de mogno em função de doses de N após 150 dias de cultivo em casa de vegetação em Manaus – AM. **coeficiente de regressão significativo a 1% de probabilidade, * coeficiente de regressão significativo a 5% de probabilidade.18
- Figura 2. Nível crítico e variáveis Altura (A), área foliar (B), número de folhas (C), massa seca de folha (D), massa seca de caule (E) e massa seca da parte aérea (F) em função de doses de nitrogênio aos 150 dias de cultivo em casa de vegetação em Manaus – AM. **coeficiente de regressão significativo a 1% de probabilidade, * coeficiente de regressão significativo a 5% de probabilidade. Linhas NiCri = nível crítico da variável21
- Figura 3. Conteúdos de clorofila *a* (A), clorofila *b* (B), carotenoides (C), clorofila total (D) e índice relativo de clorofila SPAD (E) em função de doses e fontes de N aos 150 dias de cultivo em casa de vegetação em Manaus – AM. **coeficiente de regressão significativo a 1% de probabilidade, * coeficiente de regressão significativo a 5% de probabilidade. NiCri = nível crítico da variável.24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise química de solo após o período de incubação do substrato com adubação básica.	10
Tabela 2. Acúmulo de nutrientes em função da aplicação de diferentes formas de N aos 150 dias em casa de vegetação em Manaus-AM.....	15
Tabela 3. Altura, diâmetro do coleto, área foliar, número de folhas, massa seca das folhas (MF _S), caule (MC _S) e raízes (MR _S) e massa seca da parte aérea (MPA _S) do mogno em função da aplicação de diferentes formas de N, conduzido por 150 dias em casa de vegetação em Manaus - AM	19
Tabela 4. Conteúdos de clorofila <i>a</i> , clorofila <i>b</i> , carotenoides, clorofila total e índice relativo de clorofila SPAD (SPAD) em mudas de mogno em função de fontes de nitrogênio, após 150 dias de cultivo em casa de vegetação.....	22

SUMÁRIO

Fontes e doses de nitrogênio e desenvolvimento inicial do mogno	1
INTRODUÇÃO	3
OBJETIVOS	7
Geral	7
Específico	7
MATERIAL E METODOS	8
Local de condução do experimento	8
Caracterização física, química do solo	8
Delineamento experimental e tratamentos	9
Condução do experimento	9
Variáveis analisadas	11
RESULTADOS	15
Teor de N e conteúdo de nutrientes	15
Variáveis de crescimento	18
Conteúdo de pigmentos cloroplásticos e índice SPAD	21
DISCUSSÃO	25
CONCLUSÕES	30
AGRADECIMENTOS	30
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31
ANEXOS	38

Trabalho original

Fontes e doses de nitrogênio e desenvolvimento inicial do mogno

J. M. Oka; J. Z. L. Santos e A. A. de S. Cardoso.

Universidade Federal do Amazonas, Faculdade de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Agrícola e Solos, Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical, Mini-Campus, Avenida General Rodrigo Otávio Jordão Ramos 3000 - CEP 69077-000.

Para correspondência: jaisson.m.ok@gmail.com

RESUMO

- **Introdução e objetivos** – O mogno é uma das espécies florestais de maior valor comercial cujos estudos relacionados a sua exigência nutricional são escassos, principalmente quanto ao nitrogênio (N), nutriente requerido em maiores quantidades pelas plantas e de complexa dinâmica no solos tropicais, podendo ser encontrado tanto na forma nítrica como amoniacal, logo, algumas espécies vegetais possuem preferência por uma ou outra forma. O presente estudo objetivou avaliar o efeito de formas e doses de N no crescimento inicial do mogno.
- **Métodos** – Para condução experimental utilizou-se vasos de 4,0 dm³ contendo Latossolo Amarelo distrófico em casa de vegetação. O delineamento experimental foi em DBC, em esquema fatorial 2x6+1 com cinco repetições. Os tratamentos foram duas formas de N (nitrato e amônio) e seis doses (0; 50; 100; 150; 200; 400 mg.dm⁻³ de N) e um tratamento adicional (200 mg de N.dm⁻³ ½N-nitrato e ½N-amônio). Aos 150 dias foram avaliados altura, diâmetro do coleto, área foliar, massa seca de folhas, massa seca de caule, massa seca da parte aérea, acúmulo de nutrientes na parte aérea, acúmulo de pigmentos cloroplastídicos (clorofila a, b e carotenoides) e índice SPAD.
- **Principais resultados** - houve interação entre fonte e dose de N para acúmulos de N, P e Mg; os acúmulo de nutrientes, crescimento e fisiológicas foram pouco afetadas pelas formas de N, porém, melhores resultados foram observados com sulfato de amônio. De forma geral as variáveis estudadas apresentaram um ajuste quadrático às doses de N exceto para diâmetro do coleto e acúmulo de cobre e ferro na parte aérea em tratamento com nitrato de cálcio.
- **Conclusão** – o desenvolvimento do mogno é afetado por doses de N principalmente na forma amoniacal estando a melhores dose situada em torno de 263 e 254 mg.dm⁻³ de N nas formas de nitrato de cálcio e sulfato de amônio respectivamente.

Palavras Chave: *Swietenia macrophylla* King., espécies florestais, Amazônia, adubação nitrogenada, solos tropicais.

INTRODUÇÃO

As plantas possuem uma dependência fundamental ao N (Masclaux-Daubresse *et al.*, 2010) sendo o nutriente mineral requerido em maiores quantidades pelas plantas e fundamental na produção agrícola. Está envolvido em vários processos fisiológicos e como componente de uma grande quantidade de estruturas celulares fundamentais às plantas como absorção iônica, fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular (Malavolta *et al.* 1997), estimulando o desenvolvimento de gemas floríferas e frutíferas e conseqüente aumento no teor de proteínas (Malavolta *et al.* 1989). Além disso, o aumento de N estimula o crescimento da parte aérea e raiz, com a dosagem correta, a planta ganha maior área foliar, maior absorção de nutrientes e cresce mais vigorosa (Pinto *et al.* 2001). Assim, por ser o mais exigido, também é o primeiro a apresentar sintomas de deficiência.

O nível adequado deste nutriente no substrato é fundamental para o crescimento, formação vegetativa da planta e produção (Kliemann *et al.*, 1986; Baumgartner, 1987), tendo em vista que o estado nutricional de uma planta altera a sua taxa de desenvolvimento, a intensidade de crescimento e mesmo características morfológicas específicas (Epstein e Bloom, 2006; Marschner, 2012). Em contraste, grande parte dos solos tropicais é caracterizada como de acidez elevada, baixa saturação por bases, e baixo teor de matéria orgânica (MO), com maior atividade de elementos tóxicos como alumínio (Al_3^+), ferro (Fe_2^+) e manganês (Mn_2^+) fortes limitações nutricionais (Vieira e Santos 1987 e Falcão e Silva, 2004) além disso há uma baixa disponibilidade de N no solo (Xavier *et al.*, 2006).

Logo, há a necessidade de se adequar um manejo específico para cada cultura, baseando-se nos diferentes comportamentos quanto a exigência nutricional das espécies suas interações com o ambiente, principalmente em relação N, cuja dinâmica é rápida e complexa nos solos tropicais, sendo facilmente perdido.

Neste sentido a fertilização do solo torna-se uma técnica indispensável no cultivo de plantas. No entanto, os fertilizantes nitrogenados são um dos componentes mais dispendiosos do sistema de

produção vegetal (Masclaux-Daubresse *et al.*, 2010), além disso, a eficácia dos fertilizantes é influenciada por fatores relativos às características intrínsecas do solo, equilíbrio qualitativo e quantitativo no fornecimento dos nutrientes, umidade, genótipo vegetal, matéria orgânica (Lopes e Guilherme, 2000), envolvendo ainda características concernentes aos fertilizantes entre as quais encontra-se a forma química dos nutrientes (Shaviv e Mikkelsen, 1993).

As fontes e doses de N podem exercer grande influência no desenvolvimento vegetal. As plantas são capazes de absorver N tanto na forma de nitrato (NO_3^-) como na de amônio (NH_4^+) essas (Glass 2002; Marschner *et al.*, 2012), mas algumas podem preferir uma fonte ou outra, dependendo da espécie (Epstein e Bloom, 2006). De forma semelhante, a deficiência de N restringe o desenvolvimento de diferentes partes das plantas dentre as quais estão o caule, folhas e raízes (Barker e Bryson, 2006), logo seu fornecimento podem proporcionar um maior crescimento.

Estudos com as espécies florestais secundárias mostram que tanto doses como as fontes de N tem grande influência em seu desenvolvimento, como a *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. (Marques *et al.*, 2006 a) com expressiva influência de doses de N e das fontes amoniacais. De forma semelhante foi observado para *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex Benth. (Marques *et al.*, 2006 b) na dose de 180 mg.dm^{-3} de N. Em contraste às espécies anteriores, *Senna macranthera* e *Jacaranda mimosaeifolia* (Furtini Neto *et al.*, 2000), apresentaram um melhor desenvolvimento com o uso de fonte nítrica.

As fontes e doses de N atuam sobre aspectos fisiológicos essenciais estimulando o crescimento da planta, onde uma grande quantidade de reações metabólicas e considerável quantidade de metabolitos primários e secundários dependem ou possui N em sua composição. (Kretsinger *et al.*, 2013; Taiz e Zeiger, 2013, Below, 2001).

Dentre tais compostos, os pigmentos cloroplastídicos e principalmente a clorofila, tem estado entre os metabolitos mais presentes em estudos que envolvem a adubação nitrogenada, onde os teores das clorofilas apresentam alta correlação com o N aplicado. Esta correlação parte do papel

fundamental do N na estrutura química da clorofila (Schoefs e Bertrand, 2005) e do princípio de que 50 a 70% do N na folha está presente nos cloroplastos (Stoking e Ongun, 1962).

Com base no entendimento do papel fundamental e influência do N sobre a clorofila, métodos para se estimar indiretamente os níveis deste nutriente na planta a partir de técnicas de análise dos teores de clorofila de forma rápida e prática, vem sendo constantemente utilizados na pesquisa (Ferreira *et al.*, 2006). Estudos recentes têm demonstrado que o medidor portátil de clorofila SPAD-502 (Soil Plant Analysis Development) é excelente estratégia para avaliar a resposta das culturas à aplicação e ao manejo do nitrogênio (Madakadze *et al.*, 1999), no entanto, é necessário que haja um estudo de calibração a partir de doses de N para cada espécie, dado o comportamento diferenciado entre elas, principalmente para espécies florestais clímax, as quais são raros os estudos sobre seus aspectos nutricionais.

Deste modo, uma recomendação adequada poderia diminuir de forma considerável a relação custo benefício, além da redução de danos ambientais causadas pelo fornecimento desordenado destes nutrientes em espécies florestais como o mogno (*Swietenia macrophylla* King.).

Pertencente à família Meliaceae, o mogno é uma árvore de grande porte, muito ornamental, podendo ser usada com sucesso na arborização de parques e grandes jardins; de fuste reto e de folhagem densa; encontrada em terras úmidas como a floresta pluvial amazônica, ocorre naturalmente desde o México até um amplo arco ao sul da Amazônia, envolvendo os países Venezuela, Colômbia, Equador, Peru, Bolívia e a porção oriental da Amazônia brasileira em regiões com temperatura anual média de 24 °C e pluviosidade de 1.000 a 2.000 mm (Gogran, 2002; Sono e Snook, 2006), ocorrendo em maior densidade em áreas de transição entre áreas periodicamente alagadas e áreas não alagadiças as margens de rios que drenam os Andes, levantado a hipótese de que sua distribuição espacial está associada uma maior fertilidade do solo nestas áreas em relação aos solos mais altos (Gogran, 2002). Trata-se de uma das espécies arbóreas mais valiosas da floresta tropical, sua madeira é muito apreciada no mercado internacional devido a beleza, características físicas e trabalhabilidade, sendo utilizada em acabamentos luxuosos em residências e movelarias

(Langbour *et al.*, 2011). Em consequência do extrativismo desordenado, atualmente esta espécie se encontra em estado vulnerável a extinção (Red List IUCN, 2014).

Com a adequação do mogno ao cultivo aos levou aos estabelecimento de cultivos comerciais em vários países no mundo, como a exemplo de áreas em Fiji e das Filipinas (Platiño Varela *et al.*, 1997), bem como em países da América do Sul.

Apesar da crescente necessidade de informações sobre esta espécie principalmente àquelas voltadas as exigências nutricionais, ainda são poucos os estudos científicos sobre tal assunto. Barros (2001), obteve resposta positiva a calagem e adubação com NPK nas características altura da planta, diâmetro do caule, número de folhas, massa seca da raiz, caule, folha e total na formação de mudas de mogno; segundo o autor essas respostas variam de acordo com a idade das plantas. Wallau *et al.* (2008) em condições de solução nutritiva observaram que a omissão de N juntamente o K, Ca e Cu proporcionaram uma redução na produção de massa seca total de mudas de mogno, indicando maior demanda desses nutrientes na fase inicial de desenvolvimento da planta. Fato também observado por Viégas *et al.* (2012) produzindo mudas de mogno em uma mistura de areia e serragem, onde o N foi o elemento que mais limitou d crescimento de mudas de mogno seguidos por P, Ca, Mg, K e S.

Estudos realizados por Santos *et al.* (2008) e Tucci *et al.* (2009) mostraram respostas positivas a doses crescentes de calcário, nitrogênio e fósforo sobre todas as características de crescimento na fase de produção de mudas em condições de casa de vegetação, indicando o potencial de crescimento rápido dessa espécie em condições favoráveis.

Diante do exposto, a condução de estudos relativos à exigência nutricional do mogno poderá contribuir para uma recomendação mais consistente tanto de doses quanto de fontes de N no seu desenvolvimento inicial. Pois, com o conhecimento do comportamento nutricional peculiar da espécie poderá haver maior desenvolvimento, economia de insumos e menores impactos ambientais.

OBJETIVOS

Geral

Avaliar o efeito de doses e fontes de N no desenvolvimento inicial do mogno.

Específico

- a) Determinar a melhor fonte e dose de N na fase inicial de crescimento;
- b) Estimar o nível crítico de N na planta.

MATERIAL E METODOS

Local de condução do experimento

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, na Universidade Federal do Amazonas (UFAM), utilizando-se amostra de um Latossolo Amarelo distrófico de textura muito argilosa coletada sob vegetação caracterizada como floresta secundária de regeneração mediana, na camada subsuperficial (20-40 cm) definido geograficamente pelas coordenadas 3° 6' 13.01"S e 59° 58' 34.07"O.

Caracterização física, química do solo

Antes da instalação do experimento o solo coletado foi homogeneizado, seco ao ar, passado em peneira de 4,0 mm de abertura, e subamostras deste foram passadas em peneiras de 2,0 mm e submetidas à análise química e física.

Antes da instalação do experimento o solo foi analisado determinando os seguintes atributos químicos e físicos: pH (H₂O) = 4,3; matéria orgânica (MO) = 1,2 dag kg⁻¹; P = 1,5 mg; K = 8,0 mg; Ca = 1 cmol_c; Mg = 0,1 cmol_c; Al = 1,4 cmol_c; H+Al = 7,9 cmol_c; Zn = 0,1 mg; Fe = 220,3 mg; Mn = 0,2 mg; Cu = 0,2 mg; B = 0,2 mg dm⁻³; areia = 25,80; silte = 25,80; argila = 55,80; conforme Embrapa (1999).

Após a caracterização química, o solo recebeu a quantidade de 4,6 t.ha⁻¹ de calcário dolomítico comercial caracterizado com 90 % de poder relativo de neutralização total, 32 e 14 % de CaO e MgO respectivamente, adotando o critério de elevar a saturação de bases a 60 %. Após a aplicação do corretivo, o solo foi incubado pelo período de 30 dias mantendo-se a umidade a 60% do volume total de poros ocupados por H₂O (Freire *et al.*, 1980).

Delineamento experimental e tratamentos

O experimento consistiu da avaliação de diferentes fontes e níveis de N e no desenvolvimento inicial do mogno em casa de vegetação, sendo conduzido utilizando-se o delineamento inteiramente casualizado num esquema fatorial 2x6+1 com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos de duas fontes de N (sulfato de amônio e nitrato de cálcio) e seis doses (0; 50; 100; 150; 200; 400 mg dm⁻³ de N) e um tratamento adicional de 100 mg.dm⁻³ de N (na forma de nitrato de amônio).

Os fertilizantes foram aplicados na forma de solução utilizando pipetas e posteriormente misturados ao solo para maior uniformização da aplicação. O fornecimento de N foi dividido em quatro parcelas, sendo a primeira aplicada no dia anterior ao transplântio das mudas, as demais aplicações foram realizadas durante o período de condução do experimento aos 30, 60 e 90 dias após o transplântio.

Condução do experimento

Concomitantemente à aplicação dos tratamentos, todas as unidades experimentais receberam uma adubação básica com macro e micronutrientes nas seguintes doses: 300; 455; 0,81; 1,33; 0,15; 3,66; 4,0 mg.dm⁻³ de K, P, B, Cu, Mo, Mn e Zn respectivamente utilizando as fontes fosfato de potássio monobásico, nitrato de potássio, ácido bórico, sulfato de cobre, sulfato de zinco, ácido molibídico e sulfato de manganês. No fornecimento de N e na adubação básica foram utilizados sais p.a. e balanceados de forma que o N fosse o único nutriente a sofrer variação. Os fertilizantes foram aplicados na forma de solução e misturados ao solo para maior uniformização. Após o fornecimento da adubação básica o solo foi incubado por 30 dias e, respeitando o período de incubação, novas amostras de solo foram retiradas de cada unidade experimental para uma nova avaliação química conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Análise química de solo após o período de incubação do substrato com adubação básica.

Tratamento	pH CaCl ₂	Ca	Mg	Al ³⁺	H + Al	P	K	SB	t
CT	5,11	3,90	2,00	0,20	2,80	399,50	66,7	6,07	6,27
AD	5,04	3,73	1,85	0,20	2,90	367,43	66,5	5,74	5,94
NC - 50	5,07	3,95	1,75	0,20	2,80	374,98	68,1	5,87	6,07
NC -100	5,02	3,38	2,67	0,20	2,70	389,82	69,2	6,23	6,43
NC -150	5,11	4,00	1,95	0,20	2,80	280,75	68,5	6,13	6,33
NC - 200	4,99	3,45	1,95	0,20	3,10	237,51	64,7	5,57	5,77
NC - 400	4,72	3,29	2,11	0,25	3,20	189,75	68,7	5,58	5,83
SA - 50	5,08	3,90	1,90	0,15	3,00	427,25	66,7	5,97	6,12
SA - 100	5,11	3,25	2,45	0,25	2,70	394,98	68,7	5,88	6,13
SA - 150	5,21	3,80	2,05	0,30	2,80	375,62	67,1	6,02	6,32
SA - 200	5,21	4,10	1,40	0,15	2,70	451,78	67,3	5,67	5,82
SA - 400	5,32	3,55	1,55	0,15	3,70	414,99	67,4	5,27	5,42

Tratamento	T	V	m	Cu	Mn	Zn	Fe
CT	8,87	61,50	3,19	0,70	3,20	7,70	149,10
AD	8,64	65,67	3,36	0,70	3,30	7,80	143,10
NC - 50	8,67	60,72	3,29	0,60	3,50	7,60	146,10
NC -100	8,93	62,73	3,11	0,70	3,00	7,40	131,10
NC -150	8,93	61,71	3,16	0,50	2,90	7,60	133,10
NC - 200	8,67	57,58	3,47	0,60	3,00	7,50	125,10
NC - 400	8,78	57,04	4,29	0,70	2,70	7,20	114,10
SA - 50	8,97	59,88	2,45	0,50	3,10	8,00	137,10
SA - 100	8,58	61,36	4,08	0,80	3,50	8,20	148,10
SA - 150	8,82	61,31	4,75	0,70	3,30	7,70	148,10
SA - 200	8,37	60,52	2,58	0,90	3,10	8,20	154,10
SA - 400	8,97	58,76	2,77	0,90	2,80	8,20	138,10

Em relação à obtenção de mudas, estas foram provenientes de sementes retirada da planta matriz localizada a sob coordenadas geográficas -3° 5' 50,838'' de altitude S e -59° 58' 32,4942'' de longitude O. (Datum WGS 84). Foram retiradas suas alas e imersas pelo período de cinco minuto em solução de 2,0 ppm com fungicida sistêmico. Após este período, as sementes foram lavadas em água corrente por um minuto, em seguida, foram postas para germinar em areia lavada e desinfetada previamente preparada. Neste período a umidade foi mantida constante, utilizando água destilada. Após o período de 40 dias foram selecionadas mudas homogêneas no que se refere à altura, diâmetro do caule e desenvolvimento foliar, sendo retirados os cotilédones a fim de se obter uma maior expressão de resultados relacionados à forma preferencial de N pela planta (Yan e Tian, 2009), em seguida, transplantadas para vasos de 4,0 dm³ contendo os tratamentos.

Durante o período de condução do experimento, a umidade foi mantida equilibrada por meio de pesagens diárias e fornecimento de água destilada, visando atingir a uniformidade das reações entre os tratamentos.

Variáveis analisadas

Após 150 do transplântio foram realizadas medidas de altura com uso de régua graduada, diâmetro da base do caule utilizando paquímetro digital, número de folhas (Benicasa 1986, Pérez-Harguindeguy *et al.* 2013) e área foliar total por planta utilizando um medidor eletrônico LI 3100 Area Meter de acordo com (Cordeiro *et al.*, 2009).

Índice SPAD - Aos 150 dias após o transplântio foi determinado o índice relativo de clorofila SPAD (SPAD-502 Minolta) em folhas localizadas na altura mediana do caule em quatro pontos cardeais (Freiberger *et al.*, 2013). As medições foram realizadas na área central dos limbos foliares, no segundo par de folíolos de cada folha, totalizando 8 leituras por unidade experimental, durante o período de 10:00 às 14:00 horas.

Pigmentos Cloroplastídicos - A determinação dos teores das clorofilas *a*, clorofila *b*, clorofila total e carotenoides foi baseada na metodologia descrita por Arnon (1949) e Hendry e Price (1993) com modificações.

As plantas foram levadas ao laboratório, onde foram retirados quatro folíolos (um por quadrante) de cada planta onde realizou-se as medições com SPAD. As folhas foram lavadas com água deionizada e com o uso de um vazador de 1,63 cm² foram retirados 4 discos foliares na área central do limbo foliar, evitando as nervuras centrais. Os discos, imediatamente após a retirada ficaram em frascos, cor âmbar, envoltos com papel alumínio, contendo acetona p.a. diluída com água destilada para 80%. Pequena quantidade de MgCO₃ foi adicionada a esta solução para evitar o feofitinação das clorofilas (Steffens *et al.*, 1976). Os discos foram macerados em acetona 80% e depois centrifugados a 2.500 rpm durante 15 minutos, sendo o sobrenadante recolhido em um balão

volumétrico de 10mL e adicionado neste, acetona 80% ao precipitado e agitado até o precipitado desprender-se do tubo de ensaio.

Em seguida, a amostra foi centrifugada da mesma forma das anteriores, e o sobrenadante foi colocado no balão volumétrico e o volume final completado para 10mL (Arnon, 1949). As absorvâncias dos extratos cetônicos foram determinadas em espectrofotômetro digital, nos comprimentos de 663 nm para clorofila a, 645 nm para clorofila b e 480 nm para carotenoides.

As concentrações dos pigmentos cloroplastídicos foram estimados com base nas equações desenvolvidas por Hendry e Price (1993) descritas abaixo:

$$\text{clorofila a}(\mu\text{mol. cm}^{-2}) = \frac{(12,7 \times A_{663} - 2,69 \times A_{645}) \times 1,119 \times V}{1000 \times \text{área dos discos foliares}}$$

$$\text{clorofila b}(\mu\text{mol. cm}^{-2}) = \frac{(22,9 \times A_{645} - 4,68 \times A_{663}) \times 1,102 \times V}{1000 \times \text{área dos discos foliares}}$$

$$\text{caotenoides}(\mu\text{mol. cm}^{-2}) = \frac{(A_{480} + 0,114 \times A_{663} - 0,638 \times A_{645}) \times V \times 1000}{112,5 \times \text{área dos discos foliares} \times 11000}$$

Onde:

A = absorvância no comprimento de onda indicado,

V = volume final do extrato clorofila - acetona (mL)

AF_d = área foliar dos quatro discos retirados a partir do vazador

A partir dos resultados obtidos foram calculados os acúmulos de clorofila a, b, carotenoides e clorofila total pelas equações:

$$\text{clorofila}_a (\mu\text{mol. planta}^{-1}) = \text{clorofila a} \times \text{área foliar}$$

$$\text{clorofila}_b (\mu\text{mol. planta}^{-1}) = \text{clorofila b} \times \text{área foliar}$$

$$\text{carotenoides} (\mu\text{mol. planta}^{-1}) = \text{caotenoides} \times \text{área foliar}$$

$$\text{clorofila total} (\mu\text{mol. planta}^{-1}) = \text{clorofila}_a + \text{clorofila}_b$$

Em seguida, as plantas foram cortadas ao nível do solo, e as diferentes partes foram lavadas em água destilada e depositadas em sacos de papel, em seguida, foram acondicionados em estufa de circulação de ar forçada a temperatura de 70°C até alcançarem massa constante. Após a secagem foi realizada a determinação da massa seca das folhas (MSF), massa seca de caule (MSC) e massa seca da parte aérea (MSPA) pela equação:

$$MSPA = MSF + MSC$$

Posteriormente, a MSPA foi triturada e submetida à análise química, para determinação dos teores totais de nutrientes (Malavolta *et al.*, 1997). Com base nos teores de nutrientes e na produção de MSPA, foi calculado o acúmulo do nutriente na parte aérea pela equação:

$$AC_x = MSPA \times T_x$$

Onde:

AC_x= acúmulo do nutriente x;

T_x= teor do nutriente x.

Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey a ($p < 0,05$) de probabilidade utilizando o programa Sistema para Análises Estatísticas – SAEG versão 9.1 (SAEG, 2007). Todas as variáveis foram ajustados a modelos de regressão, como variáveis dependentes das doses de N.

Os critérios para escolha dos modelos de regressão foram maior coeficiente de determinação, significância dos coeficientes de regressão com probabilidade $< 0,05$ pelo teste T e significado biológico do modelo. A partir das equações obtidas para produção, foram estimadas as doses correspondentes para máxima eficiência física (MEF) e de máxima eficiência econômica (MEE) (máxima retorno econômico), que no presente estudo foi considerado como 90% da MEF.

O nível crítico de N na planta foi estimado, substituindo-se as doses para MEE, nas equações que relacionam as doses de N aplicadas com seus teores foliares.

RESULTADOS

Teor de N e conteúdo de nutrientes

Não houve interação significativa dos fatores fontes e doses de nitrogênio sobre as variáveis conteúdo de nutrientes exceto para teor de N e conteúdo de N, P e Mg, (Tabelas 1A e 2A).

Em relação as fontes de nitrogênio, de modo geral, os maiores valores do acúmulo foram proporcionados pela fonte amoniacal, exceto para os nutrientes K, Ca, Mn, e teor de N, que não diferiram estatisticamente (Tabela 2). O tratamento adicional apresentou diferenciação estatística somente para o acúmulo de N, no entanto, com medias inferiores às fontes nítrica e amoniacal.

Tabela 2. Teor de N e conteúdo de nutrientes em função da aplicação de diferentes formas de N aos 150 dias em casa de vegetação em Manaus-AM.

Formas de N	N	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Cu	Zn
	g.kg ⁻¹	----- mg planta ⁻¹ -----								
NC	11,79 a	579,72 b	82,37 b	498,33 a	615,06 a	97,98 b	1,56 a	6,27 a	0,05 b	2,50 b
SA	11,58 a	622,51 a	115,32 a	518,92 a	637,50 a	108,35 a	1,60 a	7,14 a	0,07 a	2,90 a
Adicional	11,20 ^{ns}	536,01**	93,63 ^{ns}	510,54 ^{ns}	586,85 ^{ns}	98,01 ^{ns}	1,43 ^{ns}	7,47 ^{ns}	0,04 ^{ns}	3,07 ^{ns}
Controle	7,28	205,99	60,58	343,37	339,39	66,93	0,87	5,08	0,04	1,22

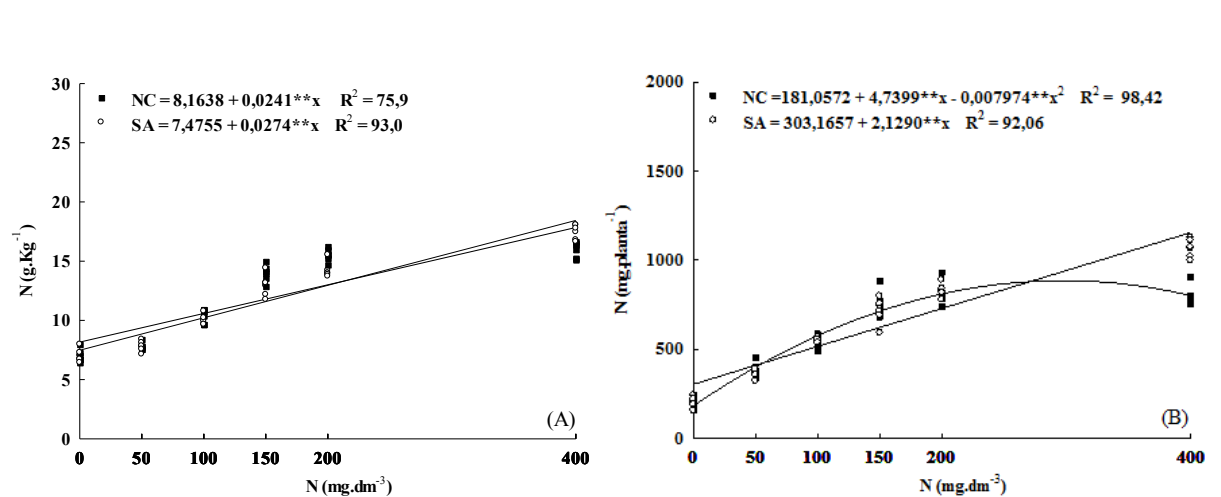
Médias seguidas de mesmas letras nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** = média do tratamento adicional difere (< ou >) em relação à média do fatorial (teste de F, $P < 0,01$). NC = nitrato de cálcio; SA = sulfato de amônio

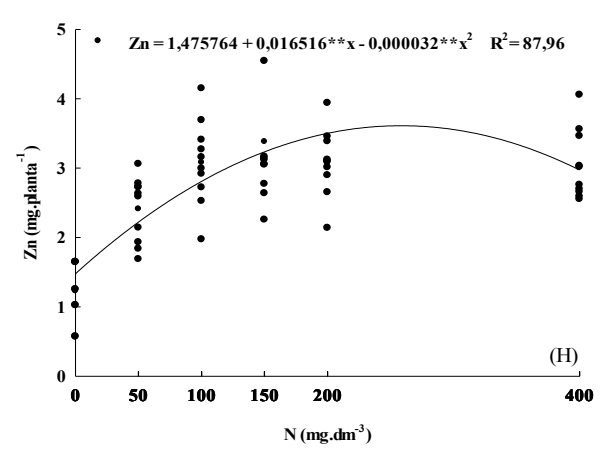
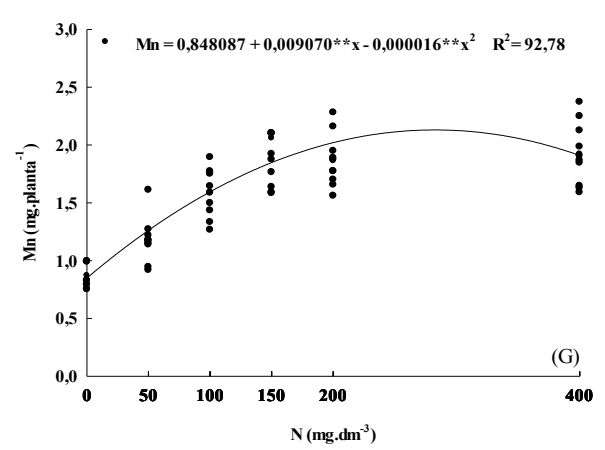
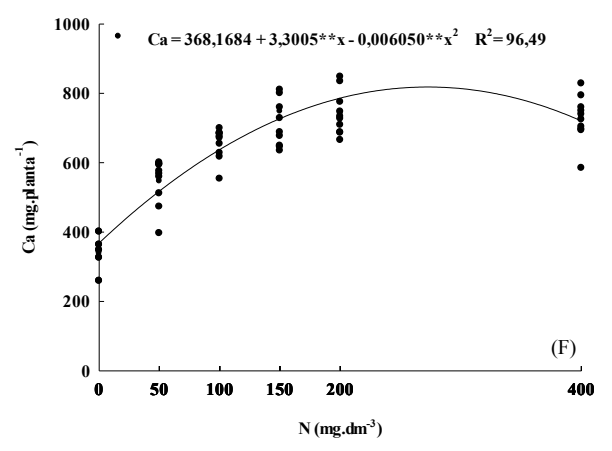
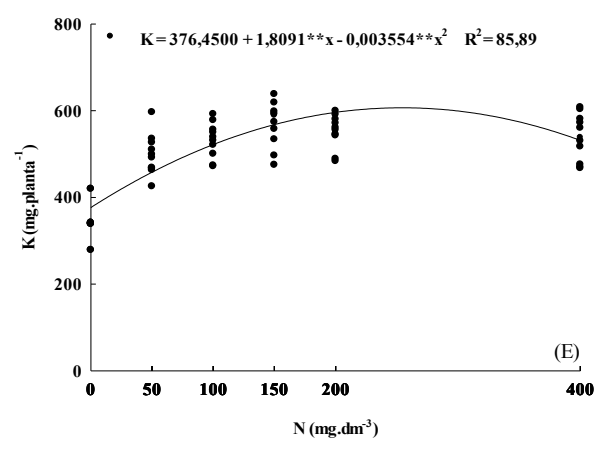
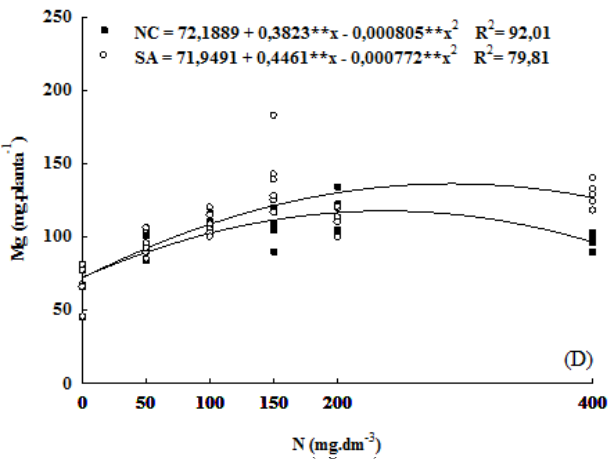
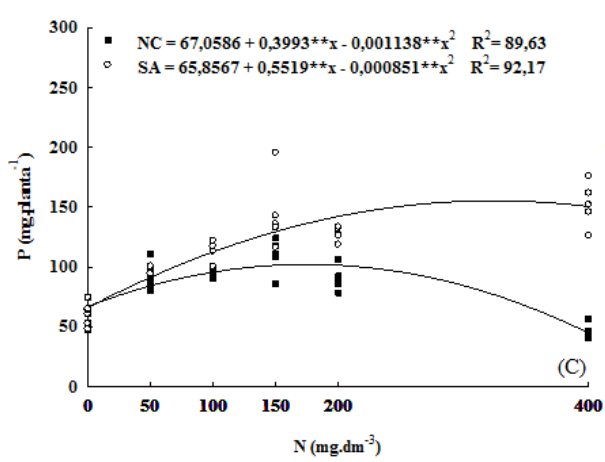
Em relação ao efeito do fornecimento de doses crescentes de N na absorção de outros nutrientes, depreende-se que estas afetaram de modo positivo o teor de N e o acúmulo de destes, principalmente até a dose de 200 mg dm⁻³, havendo uma tendência de estabilização a partir desta dose, ajustando em

sua maioria a um modelo quadrático, independente da fonte utilizada (Figura 1B, C, D, E, F, G, H, I, J) exceto o teor de N em ambas as fontes (Figura 1A) e para acúmulo de N quando utilizou-se a fonte SA (Figura 1B).

Com base nas equações de regressão foram estimados os valores de conteúdos máximo de nutrientes, sendo 885,4 mg.planta⁻¹ de N na dose 297,21 mg.dm⁻³ de NC; 155,3 e 102,0 mg.planta⁻¹ de P nas doses 324,27 e 175,44 mg.dm⁻³ de SA e NC e 136,39 e 117,57 mg.planta⁻¹ de Mg nas doses 288,9 e 237,4 mg.dm⁻³ de SA e NC respectivamente.

De mesmo modo, para os nutrientes K, Ca, Mn, Zn, Cu e Fe tiveram seus valores de conteúdo máximo na parte aérea da planta estimados precisamente em 606,67; 818,30; 2,13; 3,60; 0,07 e 7,88 mg.planta⁻¹ nas doses de 254,5; 272,7; 283,4; 258,0; 184,5 e 225,6 mg.dm⁻³ de N, independente da forma de N aplicada.





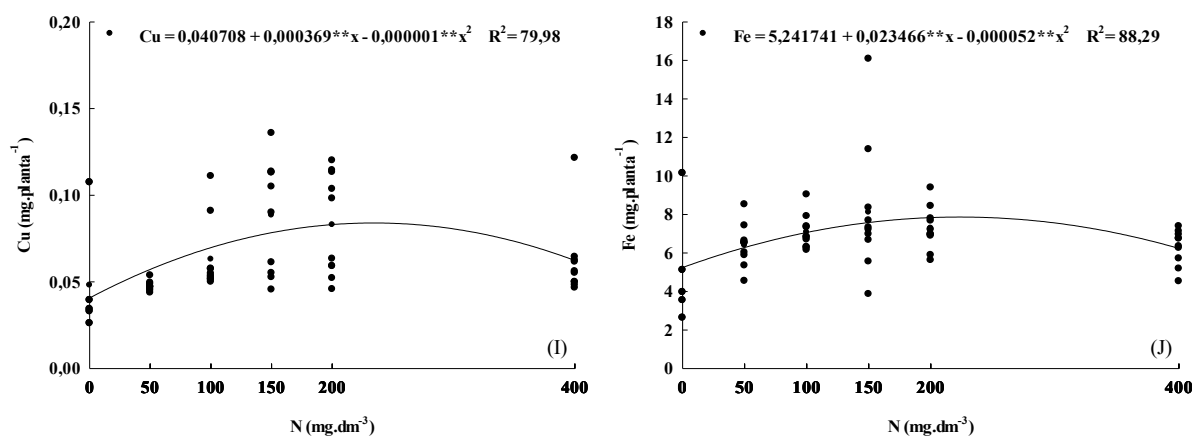


Figura 1. Teor de nitrogênio (A) e conteúdo de nitrogênio (B), fósforo (C), magnésio (D), potássio (E), cálcio (F), manganês (G), zinco (H), cobre (I) e ferro (J) na parte aérea de mudas de mogno em função de doses de N após 150 dias de cultivo em casa de vegetação em Manaus – AM. **coeficiente de regressão significativo a 1% de probabilidade, * coeficiente de regressão significativo a 5% de probabilidade.

Variáveis de crescimento

Não houve interação significativa entre os fatores fontes e doses de N sobre as variáveis de crescimento do mogno (Tabelas 3A e 4A).

O efeito das fontes de nitrogênio sobre as variáveis de crescimento das mudas de mogno, o mesmo foi pouco expressivo, apenas as características de massa seca de folhas, massa seca da parte aérea e área foliar apresentaram diferença de comportamento entre as fontes, no entanto, observa-se que os maiores valores para estas variáveis foram proporcionados pela fonte amoniacal (Tabela 3). Houve diferenciação significativa do tratamento adicional para a média do fatorial para variáveis de área foliar, número de folhas e massa seca de folhas, caule e raiz, sendo esta última superior a fonte nítrica e amoniacal.

Tabela 3. Altura, diâmetro do coleto, área foliar, número de folhas, massa seca das folhas (MF_S), caule (MC_S) e raízes (MR_S) e massa seca da parte aérea (MPA_S) do mogno em função da aplicação de diferentes formas de N, conduzido por 150 dias em casa de vegetação em Manaus - AM

Formas de N	Altura	Diâmetro	Área foliar	Nº de folhas	MF _S	MC _S	MR _S	MPA _S
	-- cm --	--- mm ---	---- cm ² ----		----- g -----			
NC	62,21 a	12,01 a	4919,47 b	23,43 a	22,97 b	24,57 a	9,33 a	47,55 b
SA	62,20 a	12,26 a	5789,02 a	24,23 a	26,04 a	25,07 a	9,95 a	51,11 a
Adicional	59,82 ^{ns}	12,38 ^{ns}	5039,13 ^{**}	23,40 ^{**}	22,32 ^{**}	25,51 ^{**}	12,80 ^{**}	47,83 ^{ns}
Controle	52,50	11,51	2960,81	19,00	12,97	16,79	8,40	29,76

Médias seguidas de mesmas letras nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey a ($p < 0,05$). ** = média do tratamento adicional difere (< ou >) em relação à média do fatorial (teste de F, $P < 0,01$). NC = nitrato de cálcio; SA = sulfato de amônio

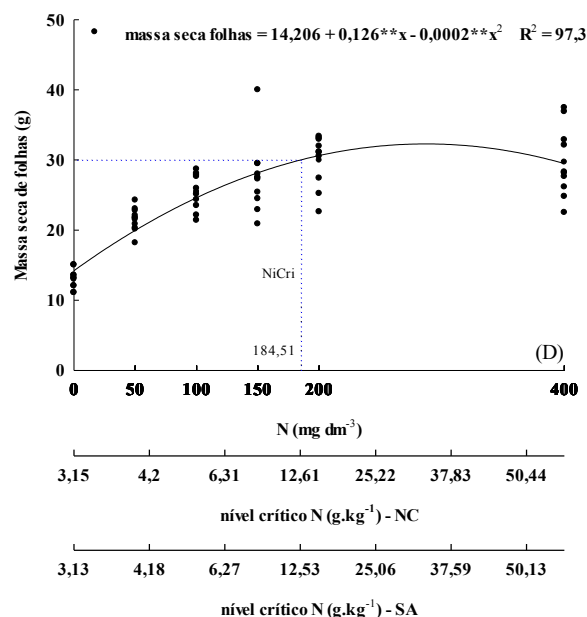
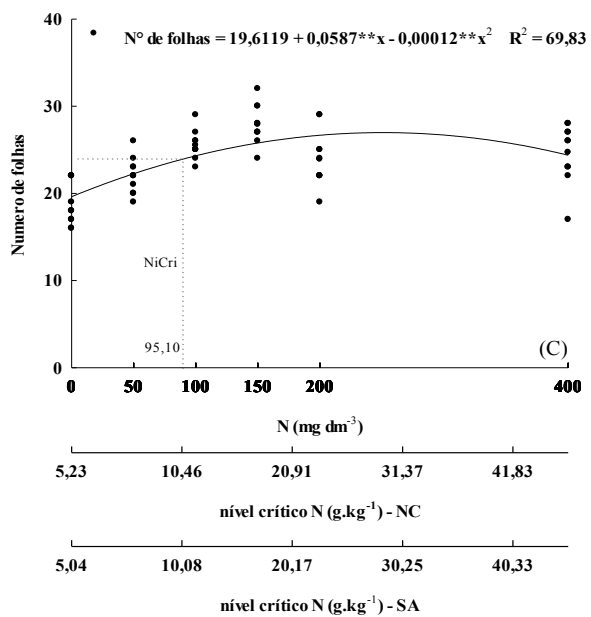
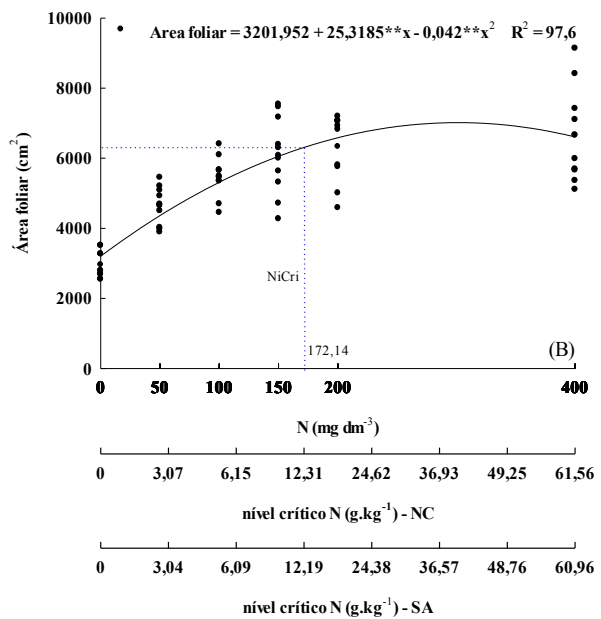
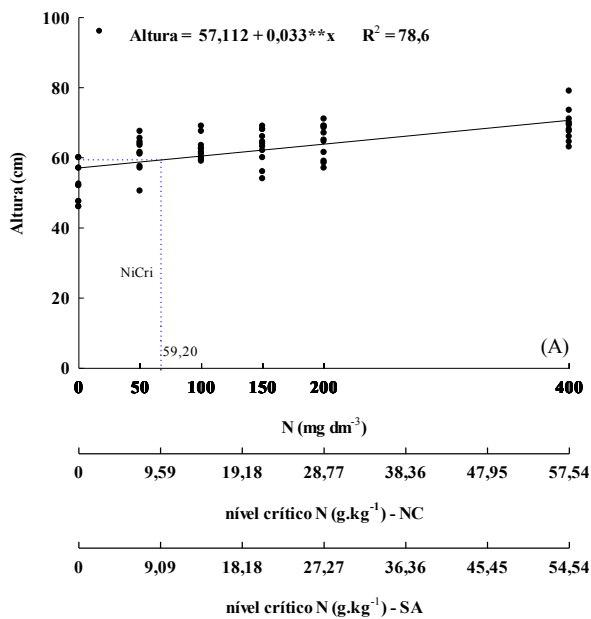
Todas as variáveis responderam de forma positiva ao fornecimento de doses de N, exceto para diâmetro do coleto que não se ajustou a nenhum modelo equacional de regressão proposto. As demais variáveis de crescimento foram melhor ajustadas ao modelo de equação quadrática (Figura 2B, C, D, E, F), exceto para a altura da planta (Figura 2A), que melhor se ajustou a equação linear pelo comportamento apresentado pelas médias, não havendo diferenciação entre fontes.

Os valores de máxima eficiência física para a variável altura foi de 70,3 cm e esteve condicionada a máxima dose experimental adotada. Para área foliar a máxima eficiência foi de 7017,58 cm².planta⁻¹; número de folhas de 26,79; massa seca foliar 34,05 g.planta⁻¹; massa seca de caule de 33,34 g.planta⁻¹ e massa seca da parte aérea de 67,1013 nas doses 301,41; 244,58; 315,00; 370,00 e 333,33 mg.dm⁻³ de N respectivamente.

A máxima eficiência econômica para as variáveis altura foi de 63,28 cm; 6315,83 cm² para área foliar; 24,11 número de folhas; 30,65 g.planta⁻¹ para massa seca de folhas; 30,01 g.planta⁻¹ para

massa seca de caule e 60,39 g.planta⁻¹ para massa seca da parte aérea nas doses 59,20; 172,14; 95,16; 184,51; 187,40 e 183,77 mg.dm⁻³ de N sem diferenciação entre as fontes de N.

Os níveis críticos de altura, área foliar, número de folhas, massa seca de folhas, massa seca de caule e massa seca da parte aérea foram 9,59; 12,31; 10,45; 12,61; 12,68 e 12,59 g.kg⁻¹ de N aplicado sob a forma de NC e 9,09; 12,19; 10,08; 12,53; 12,61 e 12,51 g.kg⁻¹ de N fornecido como SA, nas doses 59,20; 172,14; 95,16; 184,51; 187,40 e 183,77 mg.dm⁻³ de N.



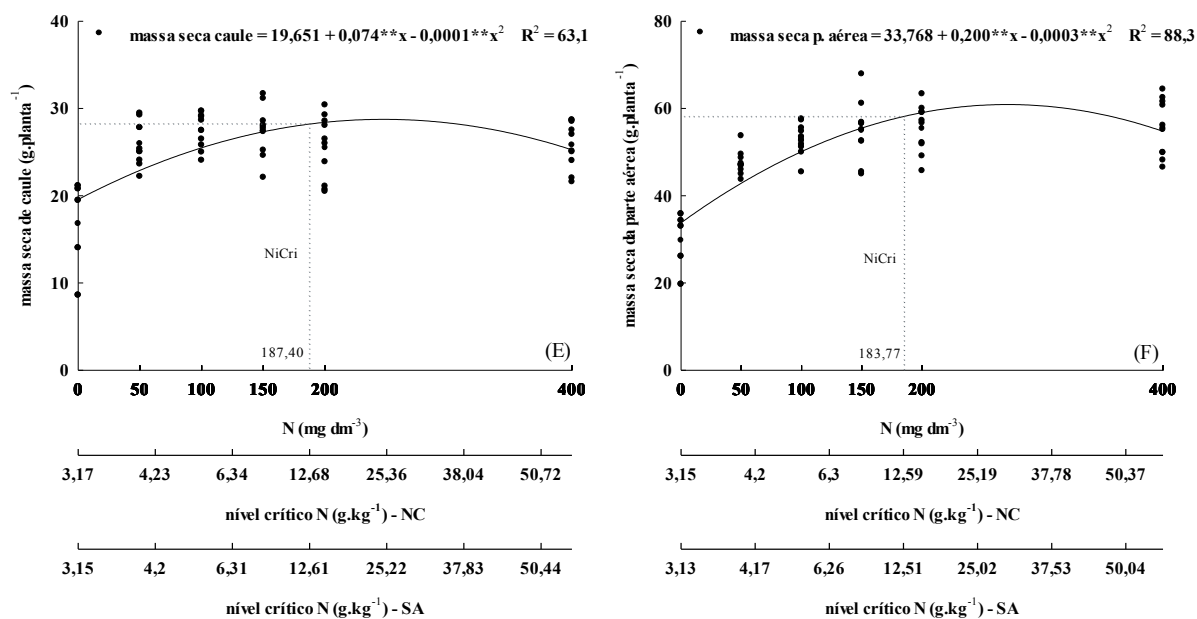


Figura 2. Nível crítico e variáveis Altura (A), área foliar (B), número de folhas (C), massa seca de folha (D), massa seca de caule (E) e massa seca da parte aérea (F) em função de doses de nitrogênio aos 150 dias de cultivo em casa de vegetação em Manaus – AM. **coeficiente de regressão significativo a 1% de probabilidade, * coeficiente de regressão significativo a 5% de probabilidade. Linhas NiCri = nível crítico da variável.

Conteúdo de pigmentos cloroplastídicos e índice SPAD

Não houve interação significativa entre os fatores fontes e doses de N sobre os conteúdos dos pigmentos cloroplastídicos (clorofila *a*, *b*, total e carotenoides) e índice SPAD (Tabela 5A).

O efeito das fontes sobre o conteúdo de pigmentos cloroplastídicos foi pouco significativo, de modo que, apenas as características clorofila *a* e clorofila total diferiram significativamente entre si, sendo os maiores valores proporcionados pela fonte sulfato de amônio (Tabela 4). No entanto, mesmo para as variáveis que não diferiram significativamente entre si, há uma ligeira tendência da fonte sulfato de amônio proporcionar valores mais altos comparativamente ao nitrato de cálcio.

Em relação ao tratamento adicional, houveram resultados significativos somente para os conteúdos de clorofila *a*, clorofila total e índice relativo de clorofila SPAD, estando todos os valores inferiores à média dos tratamentos com as fontes NC e SA.

Tabela 4. Conteúdos de clorofila *a*, clorofila *b*, carotenoides, clorofila total e índice relativo de clorofila SPAD (SPAD) em mudas de mogno em função de fontes de nitrogênio, após 150 dias de cultivo em casa de vegetação.

Fontes de N	Clorofila <i>a</i>	Clorofila <i>b</i>	Carotenoides	Clorofila total	IRC SPAD
	-----µmol planta ⁻¹ -----				
NC	178,3057 b	80,8928 a	5,0303 a	259,1985 b	27,0929 a
SA	202,1880 a	90,1966 a	5,7401 a	292,3847 a	27,3770 a
Adicional	143,6195**	66,5163 ^{ns}	4,6654 ^{ns}	210,1359*	21,6225**
Controle	59,5462	23,6384	1,6862	83,1846	13,9900

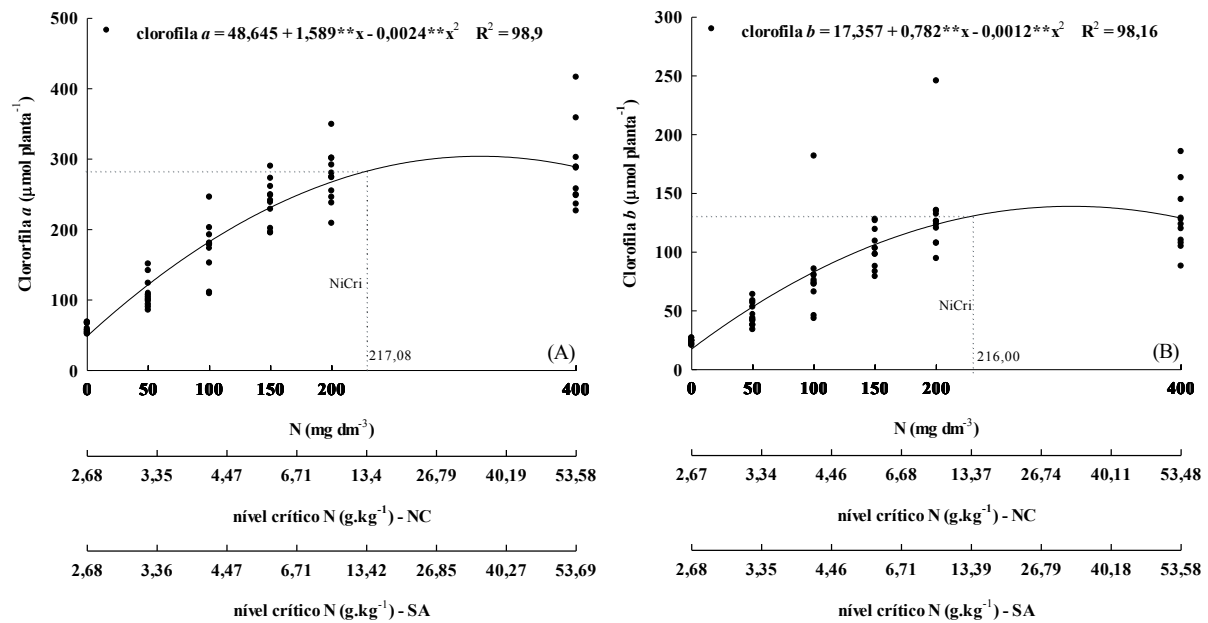
Médias seguidas de mesmas letras nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** = média do tratamento adicional difere (< ou >) em relação à média do fatorial (teste de F, $P < 0,05$). * = média do tratamento adicional difere (< ou >) em relação à média do fatorial (teste de F, $P < 0,01$). NC = nitrato de cálcio; SA = sulfato de amônio.

Quanto ao efeito de doses de nitrogênio sobre os conteúdos de clorofila *a*, *b*, totais, carotenoide e índice relativo de clorofila SPAD, as plantas responderam ajustando-se a um modelo quadrático (Figura 3A, B, C, D, E), havendo um incremento bastante acentuado até doses próximas a 300 mg dm⁻³, com redução dessas variáveis na maior dose, independente da fonte.

As respostas de máxima eficiência física foram estimados em 311,65 µmol.cm⁻² de clorofila *a*, 144,75 µmol.cm⁻² de clorofila *b*, 9,00 µmol.cm⁻² de carotenoides, 446,37 µmol.cm⁻² para clorofilas totais e 49,74 para o índice relativo de clorofila SPAD, nas doses 331,04; 325,83; 328,57; 320,55 e 432,50 mg.dm⁻³ de N.

Os valores médios que representam a máxima eficiência econômica foram 280,49 $\mu\text{mol}\cdot\text{cm}^{-2}$ de clorofila *a*; 130,28 $\mu\text{mol}\cdot\text{cm}^{-2}$ de clorofila *b*; 8,10 $\mu\text{mol}\cdot\text{cm}^{-2}$ de carotenoides; 401,74 $\mu\text{mol}\cdot\text{cm}^{-2}$ de clorofilas totais e 44,77 para índice relativo de clorofila SPAD, nas doses 217,08; 216,00; 215,14; 210,71 e 274,79 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ de N.

Os teores de N que representam os níveis críticos foram de 13,39; 13,36; 13,34; 13,24 e 14,78 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de N ao utilizar a fonte NC, e, 13,42; 13,39; 13,37; 13,24 e 15,00 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de N para fonte SA nas doses 217,08; 216,00; 215,14; 210,71 e 274,79 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ de N para clorofila *a*, clorofila *b*, carotenoide, clorofilas totais e índice relativo de clorofila SPAD.



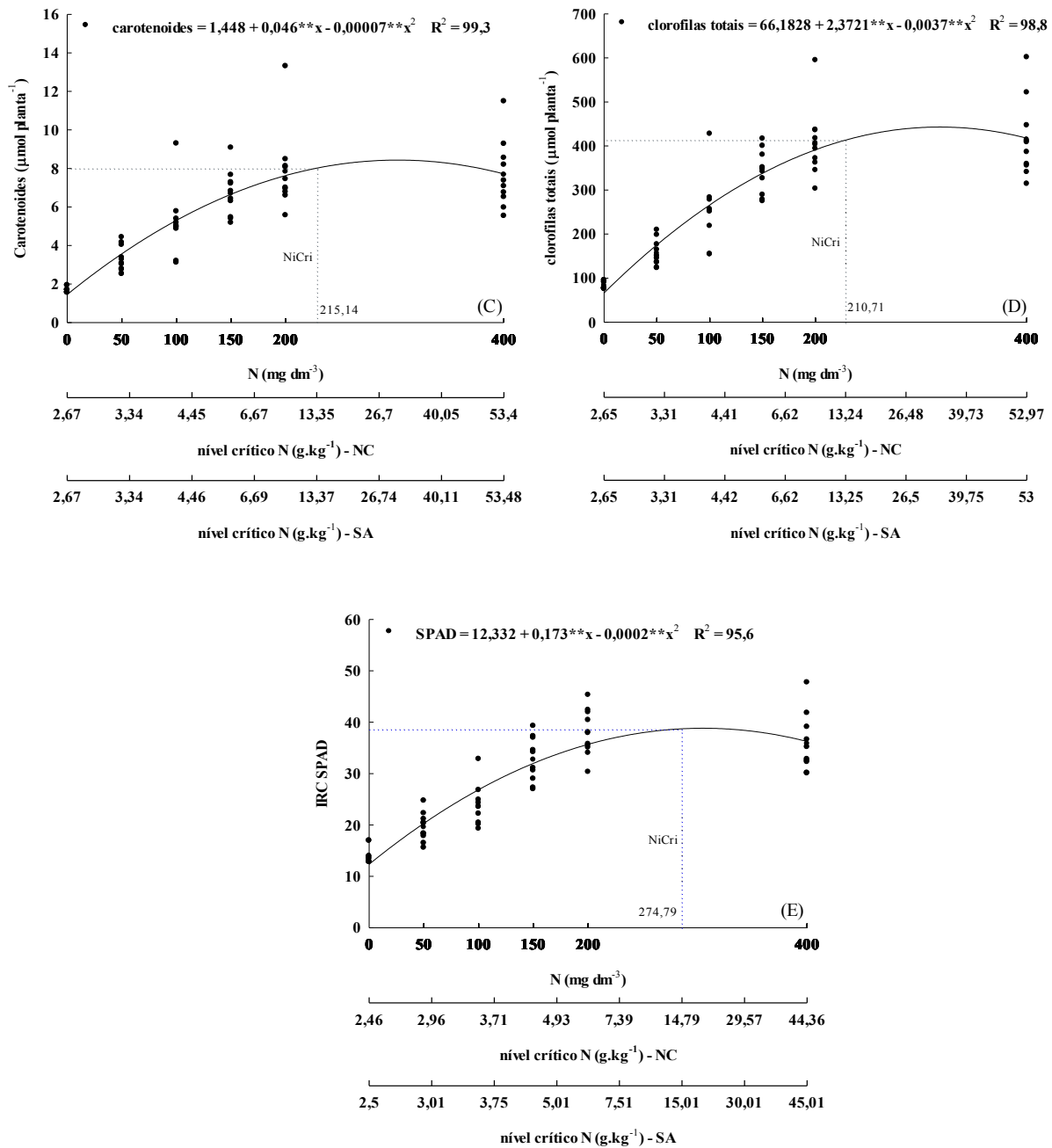


Figura 3. Conteúdos de clorofila *a* (A), clorofila *b* (B), carotenoides (C), clorofila total (D) e índice relativo de clorofila SPAD (E) em função de doses e fontes de N aos 150 dias de cultivo em casa de vegetação em Manaus – AM. **coeficiente de regressão significativo a 1% de probabilidade, * coeficiente de regressão significativo a 5% de probabilidade. NiCri = nível crítico da variável.

DISCUSSÃO

Considerando que após a absorção do N na forma nítrica este precisa ser reduzido a amônio para futuramente ser incorporado aos aminoácidos e proteínas (Marschner, 2012) e que essa redução consome energia certa quantidade de energia metabólica (Taiz e Zeiger, 2013), é provável que o custo energético tenha sido um dos fatores limitantes a absorção de N para a fonte nítrica, pois segundo Raven (1985) nos processos de absorção, transporte, redução e assimilação de NO_3^- , são consumidos quase 32 mols fótons por mol de N, enquanto que o custo da energia para o NH_4^+ é apenas 9,45 mol fótons por mol de N, justificando em parte a melhor resposta apresentada pela fonte sulfato de amônio.

No caso do presente estudo, o amônio aumenta a eficiência de absorção da maioria dos nutrientes, com maior expressividade para o P e N, sugerindo que o cultivo dessa espécie em altas doses de N- NO_3^- poderia causar deficiência destes dois elementos, alterando o desenvolvimento normal da planta. Fato bastante relevante, pois por um lado o N é o nutriente mais exigido pela maioria das espécies vegetais, enquanto que o P é o elemento mais limitante para cultivo em solos tropicais (Bredemeier e Mundstock, 2000).

Além disso, o fato dessa espécie ser oriunda de um ambiente onde predominam solos ácidos e alta pluviosidade, onde o N na forma amoniacal, pode ter reduzido a eficiência do uso da redutase do nitrato, o que contribui para uma baixa eficiência da adubação nitrogenada na forma nítrica. Processos que podem afetar de maneira negativa ou positiva a absorção de outros cátions e ânions e conseqüentemente o desenvolvimento das plantas. Segundo Epstein & Bloom (2006) a preferência para N- NH_4^+ e N- NO_3^- é determinada por muitos fatores internos da planta, sendo os mesmos relacionados à espécie, cultivares e até mesmo estágio de crescimento das plantas (Li *et al.*, 2013).

O efeito de um maior acúmulo de N a partir da fonte amoniacal pode ainda estar influenciando processos essenciais ao desenvolvimento do mogno, como a fotossíntese, aumentando assim o acúmulo de outros elementos requeridos na constituição de enzimas como o Cu, o Mn na

constituição da superóxido disputas para liberação de O₂ no fotossistema II e o Zn e Mg para a biossíntese da clorofila (Taiz e Zeiger, 2009).

Esses resultados indicam que o mogno apresenta uma considerável exigência quanto ao N, preferencialmente quando este é fornecido na forma amoniacal. No caso do efeito das doses, tal comportamento se justifica em função do N ser considerado mais o importante nutriente essencial para os organismos vivos na terra, estando presente em um considerável número de complexas moléculas orgânicas e praticando papéis importantes em suas atividades (Li *et al.*, 2013). Neste caso uma maior presença deste no substrato poderia contribuir para uma maior absorção dos demais nutrientes. A exigência do mogno por N foi verificada por Wallau *et al.* (2008), que observaram acentuada redução na produção de biomassa em função da ausência de N na solução nutritiva, resultados que corroboram com os obtidos neste trabalho, ou seja, a omissão bem como a baixa disponibilidade de N resulta em redução de crescimento do mogno.

Os resultados de conteúdo de nutrientes, principalmente de N e Mg ajudam a entender o comportamento apresentado pelos conteúdos de clorofila *a*, *b*, carotenoides, clorofilas totais e índice relativo de clorofila SPAD. Esses nutrientes são componentes fundamentais na estrutura da clorofila, onde cada átomo de Mg está ligado a quatro átomos de N (Taiz e Zeiger, 2013) e cerca de 50 a 70% do N contido nas folhas está envolvido em reações ou estruturas do cloroplasto (Stoking e Ongun, 1962). Logo os conteúdos de clorofila em folhas de mogno seguiram a tendência proporcionada pela maior quantidade de N proporcionado pela fonte sulfato de amônio.

Garbin e Dillenburg (2008) estudando o efeito de formas de N sobre os parâmetros fisiológicos em plantas jovens de *Araucaria angustifolia*, espécie de pertencente a outro grupo sucessional, verificaram que as plantas que receberam NO₃⁻ mostraram clorose no ápice das folhas jovens e também menor teor de clorofila *a* e *b*, comparativamente aos tratamentos que receberam N na forma amoniacal ou na forma combinada (N-NO₃⁻ e N-NH₄⁺), além disso, foi observado um menor conteúdo de carbono e nitrogênio na parte aérea. Em relação ao conteúdo de N, tal comportamento também foi observado no presente estudo (Tabela 2). Aumento no teor de clorofila *a* em *Bertholletia*

excelsa, em função maior disponibilidade de N foi observado por Ferreira *et al.* (2009). Resultados que sugerem que fontes que promovem uma maior eficiência de absorção conseqüentemente promoverão maiores valores de conteúdos de clorofila.

Segundo Zhou *et al.* (2011), além da quantidade suprida, a forma de N disponível tem significativo efeito sobre o crescimento e parâmetros fotossintéticos da planta, no entanto o comportamento desses parâmetros podem ser influenciados pela forma de N disponível, e também variam entre as espécies. De acordo com esses autores, o efeito das formas de N nos parâmetros fotossintéticos, dá-se em função destes modificarem a condutância estomática e também pela pressão intercelular de dióxido de carbono, no entanto, os resultados não são consistentes entre as espécies.

Em relação ao efeito das doses sobre os conteúdos de clorofilas, carotenoides e sobre o índice relativo de clorofila SPAD, o resultado obtido para estas variáveis apresentam semelhança aos resultados de acúmulo de nitrogênio, dessa forma é possível que o aumento dos teores de clorofila *a* e *b*, carotenoides e conseqüentemente clorofila total, estejam estritamente relacionados ao conteúdo de N na planta, baseado na premissa que o nitrogênio é um componente estrutural das moléculas de clorofila, e de que apesar do carotenoide não possuir N em sua estrutura, tais pigmentos são componentes fundamentais do complexo antena, responsável pela absorção ou refração de comprimento do de ondas luminosas (Taiz e Zeiger, 2013). Assim à medida que se aumenta o conteúdo de clorofila na planta, há a possibilidade de que haja um aumento no teor de carotenoides.

Segundo Evans (1989) e Reich e Walter (1994) existe correlação entre o status de N na planta e a concentração de clorofila e conseqüentemente com os parâmetros afetados pelo teor de clorofila como a fotossíntese. Segundo estes autores, a análise da clorofila *a* representa uma importante ferramenta para avaliar os níveis de stress, por este ser causado pela disponibilidade de forma de N no substrato.

Em relação ao índice relativo de clorofila SPAD, considerando que mais de 50% do nitrogênio total encontra-se nos cloroplastos (Stoking e Ongun, 1962) local onde está presente a clorofila, é

pertinente afirmar que manejos que aumentam a disponibilidade de N, como doses o fornecimento de doses deste elemento, promoverão uma maior concentração de clorofila e, conseqüentemente, maior será a leitura do índice SPAD, como verificado no presente trabalho.

Quanto aos resultados obtidos nas variáveis que definem o crescimento do mogno, estes, assemelham-se em parte, com aqueles observados para acúmulo de nutrientes na parte aérea das plantas (Tabela 2). Sugerindo que a fonte que promove uma maior absorção de nutrientes contribui para um maior crescimento da planta, dada a importância funcional de cada nutriente.

Em relação às espécies clímax como o mogno, não há relatos da resposta das mesmas quanto à forma de N absorvida, porém, para outras espécies florestais pioneiras como *Astronium fraxinifolium* (Feitosa *et al.*, 2011) foi verificado uma ausência de resposta das variáveis de crescimento em função do fornecimento de diferentes fontes de N. Por outro lado, Marques *et al.* (2006a) verificaram que um maior crescimento do *Dalbergia nigra* (espécie pioneira) na presença de fontes amoniacais comparativamente a uma fonte nítrica.

Outros estudos, como os de Marques *et al.* (2006b) estudando *Mimosa caesalpiniaefolia*, Goulart (2011) avaliando *Tabebuia serratifolia*, *Cariniana estrelensis* e *Cariniana legalis* observaram maiores valores da variável MSPA, quanto foi utilizado a fonte sulfato de amônio comparativamente ao nitrato de cálcio. No entanto, vale ressaltar que esses autores verificaram também maiores valores em altura e diâmetro, comportamento não observado no presente estudo e por Marques *et al.* (2006b).

Esses resultados que ressaltam a importância do fornecimento deste elemento para espécie na fase inicial de desenvolvimento, evidenciado pela considerável responsividade da espécie a adubação nitrogenada.

Tal premissa, parte do comportamento apresentada pelas variáveis de crescimento em função das doses crescentes de N, nas quais, seguiram tendências semelhantes àquela observadas para os conteúdos de nutrientes na parte aérea, conteúdos de pigmentos cloroplastídicos e índice relativo de clorofila SPAD.

O comportamento apresentado pelo conjunto de variáveis estudadas denota uma interligação entre as mesmas, no qual todas são amplamente influenciadas pelas doses de N, onde os conteúdos mais elevados de nutrientes proporcionaram atividade metabólica em níveis adequados, com conteúdo de pigmentos cloroplásticos ideais a espécie, que proporcionaram maior produção de carboidratos e energia gerados pela fotossíntese, que proporcionaram as bases carbônicas e energéticas para estruturação e conseqüente crescimento do mogno. Saindo de um estado de deficiência nutricional e chegando ao estágio de conhecido como faixa de luxo (Mengel e Kirkby, 2001; Marschner, 2012; Jones Jr., 2012)

A partir dos comportamentos observados e levando em conta a dose de N para atingir a máxima eficiência econômica da produção de MSPA ($183,7 \text{ mg.dm}^{-3}$ de N) e aceitando que a dose recomendada para vasos situam-se em torno seis vezes superiores aquelas recomendadas para campo, é pertinente afirmar que possivelmente seriam necessários fornecer aproximadamente $61,23 \text{ kg.ha}^{-1}$ de N para obter um crescimento satisfatório do mogno.

Esses resultados se assemelham aos obtidos por Tucci *et al.* (2009) que avaliou o crescimento do mogno em função de doses de N, no entanto, em sua pesquisa o comportamento quadrático da planta foi observado a partir da dose 200 mg.dm^{-3} de N e a recomendação de aplicação de N foi de aproximadamente $115,0 \text{ kg.ha}^{-1}$ de N, diferindo do presente estudo neste aspecto.

Diante dos resultados obtidos é possível afirmar que o desenvolvimento do mogno é amplamente influenciado pelo fornecimento de doses de N e com relativa superioridade da fonte amoniacal sob a fonte a fonte nítrica, e que um tratamento adicional avaliando diferentes proporções de N na forma nítrica em conjunto com amoniacal pode ser relevante

CONCLUSÕES

O desenvolvimento do mogno é influenciado pelas doses e fontes de N, sendo recomendada a dose aproximada de $180,0 \text{ mg.dm}^{-3}$ de N e como fonte preferencial sulfato de amônio.

O nível crítico de N na planta é de aproximadamente $12,5 \text{ g.kg}^{-1}$ de matéria seca.

AGRADECIMENTOS

Universidade Federal do Amazonas – UFAM, pela estrutura fornecida para desenvolvimento do projeto; à Comissão Nacional de Pesquisa – CNPq, pela concessão de bolsa de Pós-Graduação e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Topical – PPGATR-UFAM, pela oportunidade de titulação acadêmica e apoio ao estudo em pauta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arnon DLA. 1949.** Copper enzyme is isolated chloroplast polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*..
Plant Physiol **24** : 1-15.
- Barker AV, Bryson GM. 2006.** Nitrogen In: Barker AV, Pilbeam DJ. eds. *Handbook of Plant Nutrition*. Boca Raton: Taylor and Francis Group, 21-50.
- Barros JG. 2001.** Calagem e Adubação para a Formação de Mudanças de Mogno (*Swietenia macrophylla* King.). Dissertação de Mestrado da Universidade Federal do Amazonas, no Brasil.
- Baumgartner JG.** Nutrição e adubação. In: Ruggiero C. Ed. *Maracujá*. Ribeirão Preto: UNESP.
- Below FA. 2001.** Nitrogen Metabolism and Crop Productivity. In: Pessarakli M. 2 eds. *Handbook of Plant and Crop Physiology*. New York : Marcel Dekker.
- Benicasa MMP. 1986.** *Análise de crescimento de plantas*. Jaboticabal: FUNEP.
- Bredemeier C, Mundstock CM. 2000.** Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. *Ciência Rural* **30** : 65-372.
- Cordeiro YEM, Pinheiro HA, Santos-Filho BG dos, Corrêa SS, Dias-Filho MB. 2009.** **Physiological** and morphological responses of young mahogany (*Swietenia macrophylla* King) plants to drought.. *Forest Ecology and Management* **258** : 1449-1455.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2009.** Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2 ed. Brasília : Embrapa Informação Tecnológica.
- Epstein, E.; Bloom, A. 2006.** *Nutrição Mineral de Plantas: Princípios e Perspectivas*, 2 ed. Londrina: Editora Planta.

Evans JR. 1989. Photosynthesis and Nitrogen Relationships in Leaves of C₃ Plants.. *Oecologia* **78** : 9-19

Falcão NPS, Silva JRA. 2004. Características de adsorção de fósforo em alguns solos da Amazônia Central.. *Revista Acta Amazônica* **34** : 337-342.

Feitosa DG, Maltoni KL, Cassiolato AMR, Paiano MO. 2011. Crescimento de mudas de gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium*) sob diferentes fontes e doses de nitrogênio.*Revista Árvore***35** :401-411.

Fernandes LA, Vasconcellos CA, Furtini Neto AE, Roscoe R, Guedes GAA. 1999. Preparo do solo e adubação nitrogenada na produção de grãos e matéria seca e acúmulo de nutrientes pelo milho. *Pesq. agropec. bras.* **34**: 1691-1698.

Freiberger MB, Guerrini IA, Galetti G, Fernandes DM, Corrêa JC. 2013. Crescimento inicial e nutrição de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.) em função de doses de nitrogênio. *Rev. Árvore* **37** : 385-392.

Ferreira M.J, Gonçalves JFC, Ferraz JBS. 2009. Photosynthetic parameters of young Brazil nut (*Bertholletia excelsa* H. B.) plants subjected to fertilization in a degraded area in Central Amazonia.*Photosynthetica* **47** : 616-620.

Ferreira MMM, Ferreira GB, Fontes PCR, Dantas JP. 2006. Índice SPAD e teor de clorofila no limbo foliar do tomateiro em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica, em duas épocas de cultivo. *Revista Ceres* **53** : 83-92.

Freire JC, Ribeiro MAV, Bahia VG, Lopes AS, Aquino LH. 1980. Resposta do milho cultivado em casa de vegetação à níveis de água em solos da região de Lavras-MG. *Revista Brasileira de Ciênciado Solo***4** :5-8.

- Furtini Neto AE, Siqueira JO, Curi N, Moreira FM. 2000.** Fertilização em reflorestamentos com espécies nativas. In: Gonçalves JLM, Benedetti V. eds. *Nutrição e fertilização florestal*. Piracicaba: IPEF, 351-384.
- Garbin ML, Dillenburg LR. 2008.** Effects of different nitrogen sources on growth, chlorophyll concentration, nitrate reductase activity and carbon and nitrogen distribution in *Araucaria angustifolia*. *Braz. J. Plant Physiol* **20** : 295-303.
- Glass AD, Britto DT, Kaiser BN, Kinghorn JR, Kronzucker HJ, Kumar A, Okamoto M, Rawat S, Siddiqi MY, Unkles SE, Vidmar JJ. 2002.** The regulation of nitrate and ammonium transport systems in plants. *J. Exp. Bot.* **53** : 855-864.
- Goular LML. 2011.** *Crescimento e qualidade de mudas de ipê-amarelo (Tabebuia serratifolia (vahl.) nich.), jequitibá-rosa (Carinianaestrellensis (Raddi) Kuntze) e jequitibá-branco (Cariniana legalis (Mart.) Kuntze)*, em resposta à adubação nitrogenada. Dissertação de mestrado da Universidade Federal de Viçosa, no Brasil.
- Grogan J, Barreto P, Veríssimo A. 2002.** Mogno na Amazônia Brasileira: Ecologia e Perspectivas de Manejo. Belém: Imazon.
- Hendry GAF, Price AH. 1993.** Stress indicators: chlorophylls and carotenoids. In: Hendry GAF, Grime JP. eds. *Methods in Comparative Plant Ecology*. London: Chapman Hall.
- International Union for Conservation of Nature. 2014.** The IUCN Red List of Threatened Species Version 2014.2. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 20 August 2014.
- Jones Jr. JB. 2012.** *Plant nutrition and soil fertility manual*, 2 ed. Boca Raton: CRC Press.

- Kliemann HJ, Campelo JR. JH, Azevedo JA de, Guilherme MR, Gen PJC. 1986.** Nutrição mineral e adubação do maracujazeiro (*Passiflora edulis* Sims). In: Haag HP. Ed. *Nutrição mineral e adubação de frutíferas tropicais no Brasil*. Campinas : Fundação Cargill.
- Kretsinger RH, Uversky VN, Permyakov EA. 2013.** *Encyclopedia of Metalloproteins*, Springer. DOI 10.1007/978-1-4614-1533-6 *In press* In Press.
- Langboar R, Gerard G, Roda GM, Fauzi PA, Guibal D. 2011.** Comparison of wood properties of planted big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla*) in Martinia Island with naturally grown mahogany from Brazil, Mexico, and Peru.. *Journal of Tropical Forest Science***23**: 252-259.
- Li SX, Wang ZH, Stewart BA. 2013.** Responses of crop plants to ammonium and nitrate N. In: Sparks DL, ed. *Advances in agronomy*. Waltham : Elsevier Academic Press, **205–398**.
- Lopes AS, Guilherme LRG. 2000.** *Uso eficiente de fertilizantes e corretivos agrícolas: aspectos agronômicos*, 3 ed. São Paulo: ANDA.
- Madakadze IC, Stewart KA. Madakadze RM, Peterson PR, Coulman BE, Smith DL. 1999.** Field evaluation of the chlorophyll meter to predict yield and nitrogen concentration of switchgrass. *Journal of Plant Nutrition* **22** : 1001-1010.
- Malavolta E, Vitti GC, Oliveira SA. 1997.** *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2 ed. Piracicaba: Potafós.
- Marques VB, Paiva HN, Gomes JM, Neves JCL, Bernardino DCS. 2006.** Efeito de fontes e doses de nitrogênio sobre o crescimento inicial e qualidade de mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex Benth.).. *Revista Árvore* **30**: 725-735.
- Marques VB, Paiva HN, Gomes JM, Neves JCL. 2006a.** Efeitos de fontes e doses de nitrogênio no crescimento de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.).. *Scientia Forestalis* **71**: 77-85.

- Marschner, P. 2012.** *Mineral nutrition of higher plants*, 3 ed. London: Academic Press.
- Masclaux-Daubresse C, Daniel-Vedele F, Dechorgnat J, Chardon F, Gaufichon L, Suzuki A,** 2010. Nitrogen uptake, assimilation and remobilization in plants: challenges for sustainable and productive agriculture.. *Annals of Botany* **105** : 1141–1157.
- Mengel K, Kirkby EA. 2001.** *Principles of plant nutrition*. 5 ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers
- Patiño Valera F, Centeno Erguera R, Marín Chávez J. 2003.** Conservation and use of mahogany in forest ecosystems in Mexico. In: Biodiversity and the ecosystem approach in agriculture, forestry and fisheries. Proceedings, Rome, Italy, 12-13 October 2002 2003 pp. 118-139
- Pérez-Harguindeguy N, Díaz S, Garnier E, Lavorel S, Poorter H, Jaureguiberry P, Bret-Harte MS, Cornwell WK, Craine J M, Gurvich DE, Urcelay C, Veneklaas EJ, Reich PB, Poorter L, Wright IJ, Ray P, Enrico L, Pausas J G, de Vos A C, Buchmann N, Funes G, Quétier F, Hodgson JG, Thompson K, Morgan HD, Ter-Steege H, van der Heijden MGA, Sack L, Blonder B, Poschlod P, Vaieretti MV, Conti G, Staver AC, Aquino S, Cornelissen JHC.** 2013. New handbook for standardized measurement of plant functional traits worldwide.. *Australian Journal of Botany* **61** : 167-234.
- Raven JA. 1987.** Regulation of pH and generation of osmolarity in vascular plants: a cost-benefit analysis in relation to efficiency of use of energy, nitrogen and water. *New Phytologist* **101** : 25-77.
- Reich PB, Walters MB. 1994.** Photosynthesis-nitrogen relations in Amazonian tree species. II. Variation in nitrogen vis-a-vis specific leaf area influences mass- and area-based expressions. *Oecologia* **97** : 73-81.

- Santos RA, Tucci CAF, Hara FAS, Silva WG. 2008.** Adubação fosfatada para a produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King).. *Revista Acta Amazônica* **38** : 453-458.
- Schoefs B, Bertrand M. 2005.** Chlorophyll Biosynthesis — A Review in: Pessaraki M. 2 Ed. *Handbook of Photosynthesis*. Florida : CRC Press.
- Shaviv A, Mikkelsen RL. 1993.** Slow release fertilisers for a safer environment maintaining high agronomic use efficiency. *Fert. Res.* **35** : 1-12.
- Shono K, Snook LK. 2006.** Growth of big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla*) in natural forests in Belize.. *Journal of Tropical Forest Science* **18** : 66--73
- Sistema para Análises Estatísticas. 2007.SAEG Versão 9.1.** Viçosa: Fundação Arthur Bernardes-UFV.
- Steffens DP, Blos J, Schoch S, Rugiger W. 1976.** Lichtabhaengigkeit der phytolakkumulation. Ein Beitrag zur Frage der Chlorophyll biosynthese.. *Planta* **130** : 151-158.
- Stocking CR, Ogun A. 1962.** The intracellular distribution of some metallic elements in leaves. *Am. J. of Bot.* **49** : 284-289.
- Stocking CR, Ogun A. 1962.** The intracelular distribution of some metallic elements in leaves.. *Am. J. of Bot.* **49** : 284-289.
- Taiz L, Zeiger E. 2013.** *Fisiologia vegetal*. 5 ed. Porto Alegre: Artmed.
- Tucci CAF, Lima HN, Lessa JF. 2009.** Adubação nitrogenada na produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). *Acta Amazônica* **39** :289-294.
- Viégas IJM, Lobato AKS, Rodrigues MFS, Cunha RLM, Frazão DAC, Neto CFI, Conceição HEO, Guedes EMS, Alves GAR, Silva SP. 2012.** Visual symptoms and growth parameters

linked to deficiency of macronutrients in young *Swietenia macrophylla* plants. *Journal of Food, Agriculture & Environment* **10** : 937-940.

Vieira LS, Santos PCTC. 1987 *Amazônia: seus solos e outros recursos naturais*.. São Paulo: Ceres.

Wallau RLR, Borges AR, Almeida DR, Camargos SL. 2008. Sintomas de deficiências nutricionais em mudas de mogno cultivadas em solução nutritiva.. *Revista Cerne* **14** : 304 – 310.

Xavier GR, Martins LMV, Ribeiro JRA, Rumjanek NG. 2006. Especificidade simbiótica entre rizóbios e acessos de feijão-caupi de diferentes nacionalidades.. *Caatinga* **19** : 25-33.

Yan X, Tian W. 2009. Effects of Nitrogen Application and Cotyledon Excision on Leaf Nitrate Reductase Activity of *Swietenia macrophylla* Seedling.. *Subtropical Plant Science* **1** : 12-14,18.

Zhou YH, Zhang YL, Wang XM, Cui JX, Xia XJ, Shi K, Yu JQ, 2011. Effects of nitrogen form on growth, CO² assimilation, chlorophyll fluorescence and photosynthetic electron allocation in cucumber and rice plants. *Sci. Biomed. Biotechnol.* **12** : 126-134.

ANEXOS

Tabela 1 A. Resumo da análise de variância para teor de N e acúmulo de macronutrientes em mudas de mogno após 150 dias em casa de vegetação.

Fonte de Variação	QM					
	Teor N	N	P	K	Ca	Mg
Fontes	0,6324 ^{ns}	27468,013 ^{**}	16287,368 ^{**}	6357,183 ^{ns}	7553,070 ^{ns}	1610,434 ^{**}
Doses	155,1756 ^{**}	777423,984 ^{**}	4715,431 ^{**}	74266,722 ^{**}	255115,187 ^{**}	3984,891 ^{**}
Fonte x Dose	2,4630 ^{**}	31645,584 ^{**}	3770,486 ^{**}	3325,193 ^{ns}	8676,642 ^{ns}	647,288 ^{**}
Fatorial x Adicional	1,1081 ^{ns}	19569,012 ^{**}	125,237 ^{ns}	16,862 ^{ns}	7174,650 ^{ns}	122,636 ^{ns}
Tratamentos	65,9094 ^{**}	341032,072 ^{**}	4903,516 ^{**}	32861,135 ^{**}	111140,572 ^{**}	2074,497 ^{**}
Resíduo	0,4354	2623,830	171,483	3238,558	5075,613	139,129

** significativo a 1% de probabilidade

* significativo a 5% de probabilidade

^{ns} não significativo a 5% de probabilidade

Tabela 2 A. Resumo da análise de variância para acúmulo de micronutrientes em mudas de mogno após 150 dias em casa de vegetação.

Fonte de Variação	QM			
	Cu	Fe	Mn	Zn
Fontes	0,0037 ^{**}	11,435 ^{ns}	0,0233 ^{ns}	2,389 ^{**}
Doses	0,0029 ^{**}	10,683 [*]	2,1790 ^{**}	6,234 ^{**}
Fonte x Dose	0,0008 ^{ns}	0,809 ^{ns}	0,2117 ^{ns}	0,353 ^{ns}
Fatorial x Adicional	0,0014 ^{ns}	2,737 ^{ns}	0,0989 ^{ns}	0,650 ^{ns}
Tratamentos	0,0020 ^{**}	5,969 ^{ns}	1,0063 ^{**}	2,998 ^{**}
Resíduo	0,0004	3,832	0,1014	0,328

** significativo a 1% de probabilidade

* significativo a 5% de probabilidade

^{ns} não significativo a 5% de probabilidade

Tabela 3 A. Resumo da análise de variância para altura (ALT), diâmetro do coleto (DC), número de folhas (N Fol), área foliar (AF) em mudas de mogno após 150 dias em casa de vegetação.

Fonte de Variação	QM			
	ALT	DC	N Fol	AF
Fontes	0,004 [*]	0,950 ^{ns}	9,600 ^{ns}	11341818,906 ^{**}
Doses	301,154 ^{**}	2,272 [*]	93,586 ^{**}	18835331,441 ^{**}
Fonte x Dose	12,854 ^{ns}	0,529 ^{ns}	9,840 ^{ns}	1057791,448 ^{ns}
Fatorial x Adicional	26,326 ^{ns}	0,340 ^{ns}	0,866 ^{ns}	458296,468 ^{ns}
Tratamentos	133,031 ^{**}	1,271 ^{ns}	43,966 ^{**}	9272144,151 ^{**}
Resíduo	27,888	0,857	6,851	523870,404

** significativo a 1% de probabilidade

* significativo a 5% de probabilidade

^{ns} não significativo a 5% de probabilidade

Tabela 4 A. Resumo da análise de variância para matéria seca de folhas (MSF), matéria seca de caule (MSC), matéria seca de raiz (MSR) e matéria seca em mudas de mogno após 150 dias em casa de vegetação.

Fonte de Variação	QM			
	MSF	MSC	MSR	MST
Fontes	140,665 **	3,659 ^{ns}	5,884 ^{ns}	189,698 **
Doses	2079,941 **	162,218 **	22,177 **	1011,189 **
Fonte x Dose	16,997 ^{ns}	15,824 ^{ns}	1,492 ^{ns}	48,865 ^{ns}
Fatorial x Adicional	22,103 ^{ns}	2,220 ^{ns}	46,082 **	10,313 ^{ns}
Tratamentos	193,974 **	74,674 **	14,193 **	458,357 **
Resíduo	9,279	8,705	3,205	20,833

** significativo a 1% de probabilidade

* significativo a 5% de probabilidade

^{ns} não significativo a 5% de probabilidade

Tabela 5 A. Resumo da análise de variância para os conteúdos de clorofila a (CL *a*), clorofila b (CL *b*), carotenoides (CRT), clorofila total (CL *t*) e índice relativo de clorofila SPAD (IRC SPAD) em mudas de mogno após 150 dias em casa de vegetação.

Fonte de Variação	QM				
	CL <i>a</i>	CL <i>b</i>	CRT	CL <i>t</i>	IRC SPAD
Fontes	8555,466 *	1298,416 ^{ns}	7,556 ^{ns}	16519,781 *	1,211 ^{ns}
Doses	85292,073 **	19212,605 **	62,171 **	185077,090 **	931,357 **
Fonte x Dose	1767,451 ^{ns}	675,844 ^{ns}	1,794 ^{ns}	4360,286 ^{ns}	16,344 ^{ns}
Fatorial x Adicional	10034,350 **	1671,129 ^{ns}	2,391 ^{ns}	19895,397 *	145,385 **
Tratamentos	37823,953 **	8534,316 **	27,481 **	81966,838 **	407,092 **
Resíduo	1239,863	746,099	1,952	3533,798	16,355

** significativo a 1% de probabilidade

* significativo a 5% de probabilidade

^{ns} não significativo a 5% de probabilidade