



**DESENVOLVIMENTO INICIAL E NUTRIÇÃO DE MUDAS DE  
MOGNO-AFRICANO TRANSPLANTADAS EM VIVEIRO EM  
RESPOSTA À ADUBAÇÃO NITROGENADA E FOSFATADA**

**MATHEUS DA SILVA ARAÚJO**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA-UnB**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

**DESENVOLVIMENTO INICIAL E NUTRIÇÃO DE MUDAS DE  
MOGNO-AFRICANO TRANSPLANTADAS EM VIVEIRO EM  
RESPOSTA À ADUBAÇÃO NITROGENADA E FOSFATADA**

**MATHEUS DA SILVA ARAÚJO**

**ORIENTADOR: Prof. Dr. ALCIDES GATTO**

**COORIENTADOR: Prof. Dra. BÁRBARA ELIAS REIS HODECKER**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

**PUBLICAÇÃO: PPGEFL.DM – 331/2018  
BRASÍLIA/ DF: MAIO DE 2018**

**Brasília, 4 de maio de 2018**

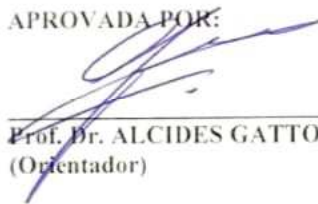
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS


“DESENVOLVIMENTO INICIAL E NUTRIÇÃO DE MUDAS DE MOGNO-AFRICANO  
TRANSPLANTADAS EM VIVEIRO EM RESPOSTA À ADUBAÇÃO  
NITROGENADA E FOSFATADA”


**MATHEUS DA SILVA ARAÚJO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADÊMICO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE  
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS, DO DEPARTAMENTO DE EN-  
GENHARIA FLORESTAL, DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDA-  
DE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OB-  
TENÇÃO DO GRAU DE MESTRE.

APROVADA POR:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. ALCIDES GATTO (Departamento de Engenharia Florestal – EFL/UnB);  
(Orientador)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. ANDERSON MARCOS DE SOUZA (Departamento de Engenharia Florestal –  
EFL/UnB);  
(Examinador Interno)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. ADILSON PELÁ (Universidade Estadual de Goiás – UEG);  
(Examinador Externo)

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. MAURO ELOI NAPPO (Departamento de Engenharia Florestal – EFL/UnB).  
(Examinador Suplente)

Brasília-DF, 04 de maio de 2018.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

AAR663d Araújo, Matheus da Silva  
Desenvolvimento inicial e nutrição de mudas de mogno africano transplantadas em viveiro em resposta à adubação nitrogenada e fosfatada / Matheus da Silva Araújo; orientador Alcides Gatto; co-orientador Bárbara Elias Reis Hodecker. -- Brasília, 2018.  
49 p.

Dissertação (Mestrado - Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, 2018.

1. Silvicultura. 2. Produção de mudas. 3. Nutrição mineral. 4. Macronutrientes. 5. Crescimento. I. Gatto, Alcides, orient. II. Hodecker, Bárbara Elias Reis, co orient. III. Título.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ARAÚJO, M. S. 2018. **Desenvolvimento inicial e nutrição de mudas de mogno-africano transplantadas em viveiro em resposta à adubação nitrogenada e fosfatada.** Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais, Publicação PPGEFL. DM/2018. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 51 f.

## CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Matheus da Silva Araújo

TÍTULO: Desenvolvimento inicial e nutrição de mudas de mogno-africano transplantadas em viveiro em resposta à adubação nitrogenada e fosfatada.

GRAU: Mestre

ANO: 2018

É concedido à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Matheus da Silva Araújo  
matheusflorestal@outlook.com

*Dedico aos meus pais Edison e Maria, meu irmão Lucas, meu avô José Moreira e demais familiares que sempre me apoiaram e incentivaram.*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a DEUS, por me ter proporcionado o dom da vida, por me guiar com sabedoria nos momentos difíceis, superando todas as adversidades do mundo.

Agradeço à minha família, aos meus pais, Edison e Maria pelo amor, apoio, ensinamentos, confiança e por não medirem esforços para que eu concluísse esse sonho.

Ao Lucas Araújo que Deus me presenteou como irmão de sangue pela amizade e companheirismo.

Ao meu ídolo, meu exemplo de vida, meu mestre, meu avô José Moreira da Silva, meu grande PAI que tive o enorme prazer de ter em minha vida, por todos seus ensinamentos, conselhos, pelo amor, carinho, pela ajuda, enfim sei que ao meu lado você sempre está! E que “foi vendo você que eu aprendi a lutar”.

Aos meus familiares, tios, primos, avós, em especial, meus padrinhos Antônio, Nalva e Helena, minha conselheira em todos os momentos da minha vida. E aos meus tios Marina e Wilmar que me acolheram como um filho em sua casa no período de disciplinas.

Agradeço aos meus orientadores e amigos, Alcides Gatto, Adilson Pelá, Bárbara Hodecker, Ednaldo Rocha, Andrécia Cósme e Vitor Barretto, por todos os ensinamentos e conselhos que foram fundamentais para minha formação.

À CAPES, pelo apoio financeiro por meio da bolsa de estudos.

À Universidade Estadual de Goiás, *Campus Ipameri*, que me abriu as portas para que desenvolvesse minha pesquisa, a todos os funcionários, professores e alunos, em especial, Stephany Cunha, Karolayne D’Abadia, Yago Morais, Gustavo Coelho e Joseliana Vaz que foram fundamentais no meu crescimento profissional e pessoal.

Também aos amigos da República, do programa de pós-graduação em ciências florestais, funcionários da Universidade de Brasília, de maneira especial, Kálita Soares, José Eduardo, Ademílson Coneglian, Mauro Nappo, Marco Bruno, Fabiana Ribeiro, Cleiton Oliveira, Márcio Melo, Bruno Melo e Thiago Lima meus melhores amigos.

Obrigado a todos!

*“O choro pode durar uma noite, mas a  
alegria vem pela manhã.”*  
*Salmos 30:5*

# DESENVOLVIMENTO INICIAL E NUTRIÇÃO DE MUDAS DE MOGNO-AFRICANO TRANSPLANTADAS EM VIVEIRO EM RESPOSTA À ADUBAÇÃO NITROGENADA E FOSFATADA

**Autor: Matheus da Silva Araújo**

**Orientador: Prof. Dr. Alcides Gatto**

**Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais**

**Brasília, 04 maio de 2018.**

## RESUMO

A demanda por madeira nobre vem crescendo expressivamente nos últimos anos e os plantios comerciais de espécies florestais não tem acompanhado essa demanda de mercado, fazendo-se necessária a implantação de novas espécies e, também, a adoção de práticas de manejo que garantam eficiência e alta produtividade dos plantios florestais. Em razão da escassez de informações sobre a nutrição mineral em mogno-africano em viveiros objetivou-se avaliar o efeito de doses de nitrogênio (N) e fósforo (P) no desenvolvimento inicial e nutrição de mudas de mogno-africano (*Khaya ivorensis* A. Chev). O experimento foi realizado em viveiro, em recipientes de polietileno com capacidade de 5 dm<sup>3</sup>, utilizando-se como substrato peneirado, o Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5×5, com quatro repetições, totalizando 100 unidades (mudas) experimentais. Os tratamentos foram constituídos de cinco doses de N e cinco doses de P: 0, 50, 100, 150 e 200 mg dm<sup>-3</sup>, sendo as fontes minerais utilizadas ureia e superfostato triplo. Aos 120 dias após transplantio, foram analisadas: altura da planta, diâmetro do coleto, número de folíolos, massa de matéria seca da parte aérea, massa de matéria seca de raiz, massa de matéria seca total e teores de N e P nas folhas, caule e raízes. Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão, com  $\alpha = 0,05$ . As doses crescentes de N e P promoveram incremento na altura, diâmetro do coleto, número de folíolos, massa de matéria seca da parte aérea, massa de matéria seca de raízes, massa de matéria seca total e teor de N e P nas folhas, caule e raízes. Observou-se incremento em todas as variáveis avaliadas a partir da aplicação de 50 mg dm<sup>-3</sup> de N e P, aumentando com a elevação das doses. A aplicação de 200 mg dm<sup>-3</sup> de P associada a 100 mg dm<sup>-3</sup> de N proporcionou o máximo crescimento nas mudas de mogno-africano. Os incrementos observados nas mudas de mogno-africano em razão do aumento das doses de N e P evidenciam a importância da adequada nutrição nitrogenada e fosfatada no desenvolvimento inicial desta espécie. As mudas de mogno-africano se mostraram maior exigência em N comparado ao P na fase inicial de desenvolvimento.

**Palavras-chave:** Crescimento, Macronutrientes, Nutrição mineral, Produção de mudas, Silvicultura.



# INITIAL DEVELOPMENT AND NUTRITION OF AFRICAN MAHOGANY SEEDLINGS TRANSPLANTED IN NURSERY IN RESPONSE TO NITROGEN FERTILIZATION AND PHOSPHATED

**Author: Matheus da Silva Araújo**

**Advisor: Prof. Dr. Alcides Gatto**

**Postgraduate program in Forest Sciences**

**Brasília, May 04, 2018**

## ABSTRACT

The demand for hardwood has been growing significantly in recent years and the commercial plantations of non-forest species has followed this market demand, making necessary the implantation of new species and management practices to ensure efficiency and high productivity of forestry plantations. Because of the paucity of information on the mineral nutrition in African mahogany in the objective to evaluate the effect of doses of nitrogen (N) and phosphorus (P) in the initial development and nutrition of seedlings of African mahogany (*Khaya ivorensis* a. Chev). The experiment was conducted in a greenhouse, in polyethylene containers with a capacity of 5 dm<sup>3</sup>, using as substratum sifted, red-yellow Latosol distrófico. The experimental design used was the completely randomized design in 5 × 5 factorial scheme, with four repetitions, totaling 100 units (seedlings). The treatments were comprised of five doses of N and five doses of P: 0, 50, 100, 150 and 200 mg dm<sup>-3</sup>, being the mineral springs used urea and triple superfostato. The 120 days after transplanting, were measured: plant height, diameter of the collect, number of leaflets, dry matter mass of the shoot, root dry matter mass, mass of total dry matter and concentrations of N and P in leaves, stem and roots. The data were subjected to analysis of variance and regression, with  $\alpha = 0.05$ . Increasing doses of N and P have promoted increase in height, diameter of the collect, number of leaflets, dry matter mass of the shoot, root dry matter mass, mass of total dry matter and N and P content in the leaves, stems and roots. Increment was observed in all the evaluated variables from the application of 50 mg dm<sup>-3</sup> of N and P, increasing with high doses. The application of 200 mg dm<sup>-3</sup> of P associated with 100 mg dm<sup>-3</sup> of N provided as much growth in seedlings of African mahogany. The observed increments in African mahogany seedlings due to increasing doses of N and P are evidence of the importance of adequate nitrogen and phosphate nutrition in the initial development of this species. African mahogany seedlings showed higher N requirement compared to P in the early stages of development.

**Keywords:** Growth, Macronutrients, Mineral nutrition, Seedling production, Forestry.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>3</b>
2.1. OBJETIVOS GERAIS .....	3
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>3</b>
3.1. A CULTURA DO MOGNO-AFRICANO .....	3
3.2. DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE <i>Khaya ivorensis</i> A. Chev .....	5
3.3. NITROGÊNIO NA NUTRIÇÃO DE PLANTAS .....	6
3.4. FÓSFORO NA NUTRIÇÃO DE PLANTAS .....	7
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>9</b>
4.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	9
4.2. OBTENÇÃO E PREPARO DAS MUDAS .....	9
4.3. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS .....	10
4.4. SUBSTRATO, RECIPIENTE E AS DOSES DE N E P .....	10
4.5. ANÁLISES E CARACTERÍSTICAS AVALIADAS .....	13
<b>5. RESULTADOS .....</b>	<b>15</b>
5.1. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS .....	15
5.2. TEOR DE NUTRIENTES NAS MUDAS .....	19
<b>6. DISCUSSÃO .....</b>	<b>22</b>
6.1. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS .....	22
6.2. TEOR DE NUTRIENTES NAS MUDAS .....	27
<b>7. CONCLUSÕES .....</b>	<b>29</b>
<b>8. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>30</b>

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Viveiro e recipientes utilizados no transplântio de mudas de mogno-africano (A); mudas de mogno-africano (*Khaya ivorensis* A. Chev) com 120 dias de idade utilizadas no experimento (B)..... 10
- Figura 2.** Coleta do substrato (A) e peneiramento do solo (B)..... 11
- Figura 3.** Aplicação de calcário no substrato e incubação..... 12
- Figura 4.** Transplântio das mudas (A) e aplicação dos nutrientes (B)..... 13
- Figura 5.** Medição de diâmetro do coleto (A), número de folíolos (B) e medição de altura (C) das mudas de mogno-africano..... 13
- Figura 6.** Separação das mudas de mogno-africano em parte aérea (folhas e caule) e raiz. .... 14
- Figura 7.** Moagem das folhas, caule e raiz (A), análises dos teores de nitrogênio (B) e análises dos teores de fósforo (C)..... 15
- Figura 8.** Comparação da parte aérea e do sistema radicular de mudas de mogno-africano cultivadas na ausência da adubação nitrogenada e fosfatada (3) e presença da adubação nitrogenada e fosfatada nas doses de 100 e 200 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente de N e P (58). 17
- Figura 9.** Sintomas de deficiência de nitrogênio nas folhas, evidenciada pela coloração amarelada, reduzida área foliar e baixo crescimento das mudas de mogno-africano produzidas na ausência de fertilização nitrogenada. .... 26

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1.** Características químicas do Latossolo Vermelho-Amarelo, na profundidade de 0,40 m, antes da instalação do experimento. .... 11

**Tabela 2.** Análise de variância para altura (H), diâmetro do coleto (DC), número de folíolos (NF), massa de matéria seca parte aérea (MSPA), massa de matéria seca raiz (MSR) e massa de matéria seca total (MST) de mudas de mogno-africano em função de diferentes doses de nitrogênio (N) e fósforo (P). .... 16

**Tabela 3.** Funções de regressão ajustadas para altura (H), diâmetro do coleto (DC) número de folíolos (NF), massa de matéria seca parte aérea (MSPA), massa de matéria seca de raiz (MSR) e massa de matéria seca total (MST) como variáveis dependentes das doses de nitrogênio ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) nos diferentes níveis de fósforo ( $\text{mg dm}^{-3}$ ), para mudas de mogno-africano (*Khaya ivorensis* A. Chev), aos 120 dias após transplantio. .... 18

**Tabela 4.** Análise de variância para teor de N nas folhas (TNF), teor de N no caule (TNC), teor de N nas raízes (TNR), teor de P nas folhas (TPF), teor de P no caule (TPC) e teor de P nas raízes (TPR) de mudas de mogno-africano em função de diferentes doses de N e P. 19

**Tabela 5.** Funções de regressão ajustadas para teor de N nas folhas (TNF), teor de N no caule (TNC), teor de N na raiz (TNR), teor de P nas folhas (TPF), teor de P no caule (TPC) e teor de P na raiz (TPR) como variáveis dependentes das doses de nitrogênio ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) nos diferentes níveis de fósforo ( $\text{mg dm}^{-3}$ ), para mudas de mogno-africano (*Khaya ivorensis* A. Chev), aos 120 dias após transplantio. .... 21

## 1. INTRODUÇÃO

A demanda por madeira nobre vem crescendo expressivamente nos últimos anos e os plantios comerciais de espécies florestais não tem acompanhado essa demanda de mercado (PETRAUSKI et al., 2012). Faz necessária a implantação de novas espécies e, também, a adoção de práticas de manejo que garantam eficiência e alta produtividade dos plantios florestais (ALVES JÚNIOR et al., 2017; CIRIELLO et al., 2014).

Dentre as espécies utilizadas para fins de produção de madeira nobre no mercado internacional destaca-se o mogno-africano (*Khaya ivorensis* A. Chev). Esta espécie pertence à família Meliaceae, que possui ocorrência natural da África ocidental, em especial na Costa do Marfim, Gana, Togo, Benin, Nigéria, sul de Camarões até a província de Cabinda. Possui caule retilíneo quando cultivado em solos férteis, podendo alcançar até 60 metros de altura e diâmetro à altura do peito superior a 2,0 m. Sua madeira apresenta alto valor comercial no mercado internacional, sendo utilizada principalmente em laminação, movelaria de luxo, nas construções de interiores e construção naval (PINHEIRO et al., 2011).

No Brasil, a espécie está ganhando destaque pelo fato de ser resistente ao ataque e danos provocados por *Hypsipyla grandella* (Zeller), praga que causa severos danos aos plantios do mogno nativo (*Swietenia macrophylla* King) (RIBEIRO et al., 2017). Além disso, o mogno-africano (*K. ivorensis* A. Chev) apresenta boa adaptabilidade aos solos brasileiros e ótimas características silviculturais, como fuste retilíneo, ausência de bifurcações e baixos índices de infestação de pragas e doenças, características que favorecem o desenvolvimento, com produtividade média de 400 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> em ciclo de 21 anos (VERZIGNASSI et al., 2009; RIBEIRO et al., 2017).

A adoção de práticas adequadas de manejo em viveiros e a campo são importantes para a produção de mudas de boa qualidade e estabelecimento da cultura no campo. Dentre as práticas, o manejo eficiente da nutrição mineral em fase de viveiro e da fertilidade do solo são fatores determinantes na produtividade das espécies florestais, principalmente na fase inicial de desenvolvimento. A adequada produção de mudas constitui importante etapa para obtenção de plantas vigorosas em campo, além de assegurar crescimento satisfatório, permitindo desse modo, maior sucesso no estabelecimento da cultura. Porém, a produtividade está diretamente relacionada ao modo de cultivo e aplicação correta de fertilizantes e corretivos (SANTOS et al., 2014; LEAL et al., 2013).

O fósforo (P) é o macronutriente mais aplicado nos cultivos de espécies florestais nos estádios iniciais de germinação, produção de mudas e estabelecimento no campo, e entre todos os demais é o que apresenta maior deficiência nos solos tropicais, como os solos de cerrado (CABRAL et al., 2016), devido às interações entre as argilas não silicatadas, em especial os óxidos de Fe e Al a este elemento (MALAVOLTA et al., 1997). O P é altamente móvel na planta, participa de compostos vitais em processos e estruturas que propiciam o desenvolvimento das plantas, como fotossíntese, respiração, armazenamento e transferência de energia, divisão celular, no crescimento das células e em vários outros processos da planta. Sua ausência pode acarretar retardo no desenvolvimento da planta, uma vez que é fundamental na produção de energia metabólica (MARSCHENER, 2012; TAIZ; ZEIGER, 2013).

Outro macronutriente importante no crescimento inicial das mudas é o nitrogênio (N), responsável por compor as principais moléculas e estruturas da planta, como clorofila, ácidos nucleicos, proteínas, dentre outros, sendo altamente móvel na planta, translocado entre tecidos velhos para a formação de novas estruturas (MALAVOLTA, 1981). Bissani et al. (2004) relataram que a deficiência deste nutriente influencia processos vitais na planta, comprometendo as taxas fotossintéticas e afetando diretamente o crescimento.

Há diversos estudos sobre a nutrição mineral de N e P em espécies comerciais de ciclo curto, no entanto para espécies florestais ainda são escassos os estudos, sobretudo as espécies exóticas como mogno-africano (BRIGHENTI; MULLER, 2014; PEREZ et al., 2016; CAIONE et al., 2012). Ademais, é de extrema importância estudos que avaliem a interação entre estes nutrientes, uma vez que existem vários pontos de interação em processos metabólicos dependentes de P e N.

Alguns trabalhos indicam que a deficiência de P limita a absorção de N em algumas culturas (LEE et al., 1992; RUFTY JÚNIOR et al., 1990). Rufty et al. (1991) relatam que a redução da absorção de N por plantas deficientes em P está atrelada a fatores provocados pela condição de estresse em P, como, por exemplo, a redução na disponibilidade de energia (ATP) requerida para a absorção ativa de nitrato através da membrana plasmática das células radiculares.

Decorrente de poucas informações relacionadas à exigência nutricional do mogno-africano quanto à nutrição nitrogenada e fosfatada (SILVA et al., 2016a), a fim de aumentar a produção de mudas de boa qualidade (nutricional e fisiológica), faz-se

necessário o desenvolvimento de estudos detalhados sobre o fornecimento e doses adequadas destes nutrientes para o crescimento inicial da espécie.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVOS GERAIS**

O estudo teve por objetivo avaliar o efeito de doses de nitrogênio e fósforo no desenvolvimento inicial e na nutrição de mudas de mogno-africano (*K. ivorensis* A. Chev) transplantadas em viveiro.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Avaliar a influência de doses de N e P no crescimento em altura, diâmetro do coleto, número de folíolos e massa de matéria seca de mudas de mogno-africano durante 120 dias após transplântio;
- Definir as melhores doses de N e P no crescimento inicial de mudas de mogno-africano;
- Determinar os teores de N e P nas folhas, caule e raízes das mudas de mogno-africano; e
- Avaliar a interação entre N e P no crescimento inicial de mudas de mogno-africano durante 120 dias após transplântio.

## **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **3.1. A CULTURA DO MOGNO-AFRICANO**

O gênero *Khaya* é composto por cinco espécies nativas do continente africano, conhecidas como mogno-africano denominadas: *K. senegalensis*, *K. anthotheca*, *K. grandifoliola*, *K. ivorensis* e *K. madagascarensis*, pertencentes à família Meliaceae, as quais são exóticas no Brasil. As espécies desse gênero possuem grande potencial no mercado madeireiro, devido à alta densidade de sua madeira e ao seu elevado porte, sendo consideradas espécies nobres (STYLES, 1981).

A exploração do mogno-africano ao longo dos últimos 70 anos reduziu sua área de ocorrência e aumentou seu valor comercial, o que despertou o interesse em promover os

plantios em escala comercial na África e em outros países, em especial, em regiões de clima tropical, como no Brasil (CARVALHO et al., 2016). Os principais países produtores de mogno-africano do mundo são África, Austrália e Índia (RIBEIRO et al., 2017).

No Brasil, o mogno-africano foi introduzido na região amazônica em 1977, e com o passar do tempo a espécie mostrou-se resistente à broca da ponteira, principal praga do mogno nativo (*Swietenia macrophylla* King), cuja larva destrói a região apical da planta hospedeira e causa deformação e perda do crescimento monopodial, resultando na depreciação da madeira e inviabilizando o cultivo comercial da espécie (OFORI et al., 2007). Somado às semelhanças nas características da madeira ao mogno nativo (*S. macrophylla* King), o mogno-africano foi considerado o substituto ideal à espécie nativa (FRANÇA et al., 2016; TREMACOLDI et al., 2013).

O alto valor comercial da madeira do mogno-africano é uma importante fonte de receitas para muitos países, a qual pode ser amplamente utilizada na construção civil, no mobiliário e na carpintaria, principalmente no mercado europeu (NIKLES et al., 2008). No Brasil, atualmente existem aproximadamente 15 mil hectares de mogno-africano plantados, em destaque para os estados de Minas Gerais, Pará, São Paulo, Mato Grosso do Sul e Goiás. Esse número deve aumentar nos próximos anos visto que vários produtores, em conjunto com viveiristas, estão promovendo a divulgação e implantação da cultura em todas as regiões do País (RIBEIRO et al., 2017).

No estado do Pará, o mogno-africano tem sido a espécie florestal preferida dos reflorestadores devido à facilidade em produzir as mudas e ao elevado valor econômico madeireiro que representa nos mercados nacional e internacional. A mesma possui bom crescimento em solos com boa estrutura e drenagem, mas também suporta solos com teores de argila menores que  $680 \text{ g kg}^{-1}$  e breves períodos de alagamento (CARVALHO et al., 2010). Toleram condições de déficit hídrico acentuado, por período de quatro a seis meses, porém nesse período a planta paralisa seu crescimento (SÉRVULO et al., 2017; ALBUQUERQUE et al., 2013). No período de frutificação, em geral, aos 8 anos de idade, a planta apresenta rápido incremento no diâmetro e abertura da copa. A partir dos 14 anos de idade a madeira já está madura e pronta para o corte e a comercialização (WESSELS et al., 2014).



### 3.2. DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE *Khaya ivorensis* A. Chev

A espécie *Khaya ivorensis* A. Chev ocorre de forma dispersa, em pequenos grupos ou isoladamente, amplamente cultivada nas plantações dentro da sua área natural de distribuição, mas também na Ásia e América tropical, em regiões entre 0 a 450 m de altitude, com precipitação pluvial média anual entre 1.600 e 2.500 mm e com temperaturas médias entre 24 e 27 °C (LEMMENS, 2008). É natural em vales úmidos, suportam inundações durante o período de chuvas, entretanto, é muito sensível ao período de estiagem; no Brasil não é indicado plantios em regiões com precipitação abaixo de 1.600 mm (PINHEIRO et al., 2011).

A espécie apresenta característica heliófila, mas tolerante à sombra na fase jovem. Possui fuste retilíneo, podendo atingir altura de 40 a 50 m e superior à 200 cm de DAP (diâmetro à altura do peito). A casca é espessa e rugosa, de coloração marrom-avermelhada. Tem folhas paripinadas com folíolos brilhantes e inflorescência do tipo panícula. O fruto é do tipo cápsula com cor acastanhada, de cinco a sete cm de diâmetro, com cinco valvas, produzindo em média 15 sementes achatadas e aladas (BATISTA, 2010).

A madeira, considerada nobre, possui grande potencial de uso, devido à sua alta densidade, durabilidade e usinagem, no entanto há carência de informações tecnológicas e científicas a respeito da madeira (FRANÇA et al., 2015). Ainda conforme os autores, sua madeira possui massa específica básica baixa ( $0,49 \text{ g cm}^{-3}$ ). É de elevada qualidade e durabilidade, fazendo com que seja utilizada em diferentes finalidades como movelaria, laminação, instrumentos musicais, construção naval e arquitetura de interiores, características que tornam a espécie de alto valor comercial (SILVA et al., 2016b; PINHEIRO et al., 2011). Além das propriedades ótimas da madeira da *K. ivorensis*, a espécie apresenta diversos usos medicinais, como no tratamento de malária (TEPONGNING et al., 2013).

Apresenta melhor desenvolvimento em solos tropicais, onde os nutrientes geralmente concentram-se no horizonte superficial, favorecendo seu estabelecimento no campo, pois, concentra suas radículas (raízes com menor espessura, responsáveis por grande parte da absorção de água e nutrientes) nesta camada (TROEH; THOMPSON, 2007).

Cabe ressaltar que é importante evitar também os solos muito encharcados, de baixa fertilidade, compactados ou adensados, em virtude da elevada densidade superficial

que pode prejudicar o seu desenvolvimento radicular. Além disso, impedimentos químicos, como os elevados teores de alumínio (Al) trocável, devem ser evitados, embora não se tenha ainda nenhuma informação com relação à sua tolerância a esse elemento (PINHEIRO; PINHEIRO, 2013).

Os plantios homogêneos em escala comercial na África, nos últimos anos, sofreram sérios danos devido ao ataque da broca dos ponteiros (*Hypsipyla robusta*), que mata a gema apical dos ramos das árvores jovens. Em território brasileiro, a espécie tem se mostrado mais resistente ao ataque de *Hypsipyla grandella*, praga que inviabilizou os plantios comerciais do mogno nativo (*S. macrophylla* King) no país, considerada por muitos uma cultura promissora (HERYATI et al., 2011).

No Brasil, a espécie do gênero *Khaya* é a mais cultivada, destaque em todas as regiões do país, devido à importância de sua madeira, cotação comercial no mercado internacional, e mais ainda, pelo satisfatório desenvolvimento vegetativo quando estabelecido os plantios (RIBEIRO et al., 2017).

### 3.3. NITROGÊNIO NA NUTRIÇÃO DE PLANTAS

Para garantir alta produtividade das florestas, é necessário garantir o fornecimento adequado de nutrientes. Entre os macronutrientes, o nitrogênio (N) é o que se encontra em maiores concentrações nos tecidos vegetais. E, associado ao fósforo (P), são os mais exigidos, sendo que o P é considerado o mais limitante em solos tropicais (MALAVOLTA et al., 1997).

O N é um elemento essencial para o desenvolvimento dos vegetais, sendo responsável por compor as principais estruturas da planta, como proteínas, clorofila, ácidos nucleicos, coenzimas, fitohormônios, metabólitos secundários. É altamente móvel na planta e retranslocado de tecidos velhos para os novos, como galhos e sistema radicular, na formação de novas estruturas (MARSCHNER, 2012). O adequado suprimento de N favorece a absorção e distribuição da maioria dos outros nutrientes (ALVES, 2013).

A exigência em N está atrelada ao clima e à velocidade de desenvolvimento da planta. A deficiência desse nutriente provoca o amarelecimento das folhas mais velhas das plantas, que ocorre devido à retranslocação do N para as folhas mais jovens, principalmente por serem órgãos fotossintéticos mais ativos. Adicionalmente, a falta de N influencia processos vitais, comprometendo as taxas fotossintéticas e afetando

diretamente o crescimento da planta (MALAVOLTA, 1981). É importante ressaltar que a adequada nutrição nitrogenada melhora os teores foliares dos outros elementos, especialmente P, aumentando, conseqüentemente, o crescimento e a produção (BONNEAU et al., 1993).

As fontes e a quantidade de fertilizante a serem aplicadas dependerão das necessidades nutricionais da espécie a ser produzida no viveiro, e da fertilidade do solo, e conseqüentemente dos custos da adubação. Na maioria das espécies cultivadas, principalmente as de ciclo anual, o metabolismo do N tem sido bastante estudado, não ocorrendo o mesmo para espécies florestais (BLEVINS, 1989).

Apesar da escassez de trabalhos que avaliam a importância do N nas espécies florestais, diversos autores já comprovaram a importância do N nas espécies arbóreas perenes. Dias et al. (2012) ressaltam que a adubação nitrogenada na dose adequada tem papel fundamental no crescimento, acúmulo de massa de matéria seca e qualidade de mudas de goiabeira (*Psidium guajava* L.).

Assim como Smiderle et al. (2016) verificaram que a omissão de N influenciou as características de crescimento (altura, diâmetro de caule e massa seca da parte aérea e radicular), bem como na qualidade de mudas de *Khaya senegalensis* A Juss. No trabalho de Freiburger et al. (2013), os autores observaram que menores doses de N limitaram o crescimento, mas não a absorção de nutrientes pelas plantas de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.). Corcioli et al. (2016), trabalhando com a omissão de nutrientes em *Khaya ivorensis* A. Chev, constataram que as plantas tiveram desenvolvimento afetado pela omissão de N, exibindo menores teores foliares do elemento.

### 3.4. FÓSFORO NA NUTRIÇÃO DE PLANTAS

O fósforo (P) é um dos elementos mais limitantes à produção de culturas comerciais em condições de solos tropicais, devido à característica de solo-dreno que estes apresentam. Em culturas arbóreas, é o nutriente mais usado nas adubações de modo geral por estas espécies. A maioria dos solos destinados ao plantio florestal apresentam baixa disponibilidade de P, em decorrência da elevada capacidade de sua adsorção em solos com elevada acidez, associada à alta saturação por alumínio (Al) (TAVARES et al., 2016a).

Além disso, para a produção de mudas é comum o uso de substratos compostos com baixo teor de P disponível, como o solo da camada subsuperficial. Deste modo, este

elemento torna-se restritivo à produção de mudas de boa qualidade (NOVAIS; SMYTH, 1999). Em quantidades adequadas, o P estimula o desenvolvimento radicular, é essencial para a boa formação da planta e incrementa a produtividade (RAIJ, 2011).

Vários processos metabólicos que ocorrem nas plantas têm a participação do P, como a transferência de energia, síntese de ácidos nucleicos, glicose, respiração, síntese e estabilidade de membrana, ativação e desativação de enzimas, reações, redox, metabolismo de carboidratos e fixação de N<sub>2</sub> (VANCE et al., 2003). Desempenha papel importante na produção de energia para a planta e sua deficiência refletirá em menor desenvolvimento da mesma (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Na planta, o P encontra-se em cinco principais grupos: DNA (ácido desoxirribonucleico), o RNA (ácidos ribonucleicos), polímeros de nucleotídeos, ésteres e Pi (fósforo inorgânico) (MALAVOLTA et al., 1997). Seus teores nas plantas são mais baixos que o de N e K. A deficiência de P retarda o desenvolvimento da planta, pois causa granação de folhas. Como o P tem alta mobilidade na planta, ele se redistribui facilmente dos tecidos, sendo os sintomas de deficiência perceptíveis inicialmente nas folhas mais velhas. Folhas deficientes podem apresentar folhas de cor verdes escuras e arroxeadas; em algumas espécies, a cor avermelhada é comum em consequência do acúmulo de antocianina, decorrente de baixo teor foliar de P (ARAÚJO; MACHADO, 2006).

Por outro lado, o excesso de P e sua interação com outros nutrientes podem ocasionar injúrias nas plantas, como observado por Sampaio (1997) em folhas de açaí, caracterizadas por estrias amarelo-avermelhadas ao longo das nervuras. Tal fato pode estar relacionado à diminuição da absorção de Fe e Zn pelas plantas, decorrente de altas concentrações de P no solo. Efeitos antagonísticos entre o P e o Fe, em que a aplicação de P ao solo reduz a disponibilidade de Zn, foram relatados por Gupta et al. (1982). Entre P e Zn, Singh e Singh (1980) verificaram a inibição da absorção de Zn por plantas de arroz quando adubadas com doses altas de P. O mesmo efeito também já foi relatado em espécies florestais.

Ainda são poucos os estudos relacionados à demanda nutricional de P na produção de mudas e sua importância para espécies florestais em solos de Cerrado. No entanto, alguns trabalhos evidenciam a importância do P no desenvolvimento inicial de mudas, como foi observado por Cardoso et al. (2015) que, avaliando o desenvolvimento inicial de mogno nativo (*Swietenia macrophylla* King.), verificaram a exigência da espécie a doses adequadas (41,6 mg dm<sup>-3</sup>) de P no solo. Essa exigência também foi observada por

Vasconcelos et al. (2017) em mudas de mogno-africano (*Khaya senegalensis* A. Juss)-240 mg dm<sup>-3</sup> de P, e por Moro et al. (2014), em *Pinus taeda* (140 mg dm<sup>-3</sup> de P).

#### 4. MATERIAL E MÉTODOS

##### 4.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O experimento foi instalado e conduzido em viveiro (Figura 1 A), em área experimental da Universidade Estadual de Goiás, *Campus Ipameri* (17° 43' 19" latitude S e 48° 09' 35" longitude W; e altitude de 764 m). O município de Ipameri está localizado na região sudeste do estado de Goiás, onde o clima é classificado como Aw (tropical estacional) com precipitação pluvial média anual de 1.600 mm, sendo caracterizado por duas estações bem definidas, uma seca no inverno, no período entre maio e setembro; e uma chuvosa no verão, no período entre outubro e abril, com temperatura média de 23°C (ALVARES et al., 2013).

As características do viveiro utilizado são: 3,5 m de pé direito, 30,0 m comprimento, 7,0 m de largura, fechada nas laterais com sombrite 50 % na cor preta e cobertura com plástico transparente 150 micras. No período experimental as temperaturas dentro do viveiro variaram entre 10°C (mínima) e 44°C (máxima) e média de 29°C.

##### 4.2. OBTENÇÃO E PREPARO DAS MUDAS

A espécie utilizada de mogno-africano foi o *Khaya ivorensis* A. Chev, cujas mudas originadas de sementes importadas da África e produzidas no viveiro Plante Roots, localizado no município de Goiânia, Goiás. As mudas foram adquiridas com 120 dias de idade, em tubetes com capacidade de 290 cm<sup>3</sup>, preenchidos com substrato comercial Carolina Soil®, composto por turfa, cascas de arroz carbonizada e vermiculita (Figura 1 B). É importante destacar que as mudas de mogno-africano estão prontas para o campo a partir de 240 dias de idade. Durante esse período, as mudas não receberam nenhuma adubação mineral. Por ocasião do transplante, as mudas apresentavam altura média de 29,5 cm e diâmetro do coleto médio de 7,5 mm, com uma variação de 3 cm de altura e 2 mm de diâmetro do coleto.



**Figura 1.** Viveiro e recipientes utilizados no transplante de mudas de mogno-africano (A); mudas de mogno-africano (*Khaya ivorensis* A. Chev) com 120 dias de idade utilizadas no experimento (B).

#### 4.3. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizados em esquema fatorial  $5 \times 5$ , com vinte e cinco tratamentos e quatro repetições cada, totalizando 100 unidades (mudas) experimentais. Os tratamentos consistiram de cinco doses de nitrogênio (N): 0, 50, 100, 150 e 200 mg dm<sup>-3</sup>, e cinco doses de fósforo (P): 0, 50, 100, 150 e 200 mg dm<sup>-3</sup>, adaptadas de (CIRIELLO et al., 2014) sendo utilizada a ureia (CH<sub>4</sub>N<sub>2</sub>O) e o superfosfato triplo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) como fontes de N e P, respectivamente.

#### 4.4. SUBSTRATO, RECIPIENTE E AS DOSES DE N E P

Utilizou-se como substrato um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (EMBRAPA, 2013), coletado na camada subsuperficial (0,40 m) livre de patógenos e plantas daninhas (Figura 2 A). Após coleta, o solo foi passado em peneira de 4 mm de abertura de malha e homogeneizado para a caracterização química (Figura 2 B).



**Figura 2.** Coleta do substrato (A) e peneiramento do solo (B).

As características químicas do substrato foram determinadas antes da instalação do experimento, cujos resultados estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Características químicas do Latossolo Vermelho-Amarelo, na profundidade de 0,40 m, antes da instalação do experimento.

pH	P	M.O.	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H+Al	CTC	V
CaCl <sub>2</sub>	mg dm <sup>-3</sup>	g dm <sup>-3</sup>	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----					%
5,4	0,8	7,0	0,04	0,2	0,1	1,8	2,14	16,09
	B	Cu		Fe		Mn		Zn
	-----mg dm <sup>-3</sup> -----							
	0,28	0,3		34		10,1		0,3

Extratores: P, e K - Mehlich-1; Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup> - KCl 1 mol/L; H+Al - Acetado de cálcio 0,5 mol/L a pH 7,0.

A análise química do substrato utilizado indicou acidez moderada e baixos teores de Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>, desta maneira, optou-se pela aplicação de calcário dolomítico PRNT 92, homogeneizado no solo na dose de 0,51 g dm<sup>-3</sup>, visando elevar a saturação por bases para 60 % (RIBEIRO et al., 1999) 45 dias antes do transplantio. Para favorecer a reação do calcário, o substrato foi mantido a 60 % da capacidade de retenção de água no solo durante o período de incubação (Figura 3).



**Figura 3.** Aplicação de calcário no substrato e incubação.

Aos 120 dias de idade, as mudas foram transplantadas (Figura 4 A) para vasos de polietileno preto com capacidade de  $5 \text{ dm}^3$ , com 5 orifícios de drenagem no fundo, e altura de 21 cm, destinado uma muda por vaso. No dia do transplantio das mudas (Figura 4B), os vasos foram adubados com as doses de fertilizantes dos tratamentos estabelecidos (N e P) e também, com os micronutrientes: Mo ( $0,1 \text{ mg dm}^{-3}$ ), Cu ( $0,5 \text{ mg dm}^{-3}$ ), B ( $0,5 \text{ mg dm}^{-3}$ ), Zn ( $5 \text{ mg dm}^{-3}$ ), Mn ( $1,5 \text{ mg dm}^{-3}$ ), e o macronutriente K ( $80 \text{ mg dm}^{-3}$ ), conforme recomendação proposta por Araújo et al. (2017) para a espécie *Khaya senegalensis* A Juss. As fontes utilizadas foram: molibdato de sódio, sulfato de cobre, ácido bórico, sulfato de zinco, sulfato de manganês e cloreto de potássio, respectivamente.

As doses estabelecidas de N na forma de ureia ( $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ ) foram divididas em quatro aplicações (0, 30, 60 e 90 dias após transplantio) para evitar perdas por lixiviação e volatilização aplicadas por meio de solução nutritiva em cada vaso, onde as doses foram diluídas em água e aplicado 5 ml em casa vaso. As doses de P, na forma de superfosfato triplo ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ), foram aplicadas mediante a incorporação ao substrato em função da baixa mobilidade do fósforo no solo revolvendo totalmente o mesmo no momento do transplantio, em única aplicação.





**Figura 4.** Transplântio das mudas (A) e aplicação dos nutrientes (B).

Durante o período de condução do experimento, a umidade do solo foi mantida a 60 % da capacidade máxima de retenção de água no solo. A umidade evapotranspirada foi repostada, diariamente, por meio de pesagem aleatória dos vasos. Foi realizado também controle manual de plantas invasoras nos vasos, eliminando-as logo que surgiam.

#### 4.5. ANÁLISES E CARACTERÍSTICAS AVALIADAS

Após 120 dias do transplântio, as variáveis morfológicas das mudas foram analisadas, por meio da medição de diâmetro do coleto (mm) (DC), utilizando um paquímetro digital (Figura 5 A); número de folíolos (n) (NF), por meio de contagem (Figura 5 B) e altura (cm) (H) de mudas, desde o coleto até o ápice, com o auxílio de régua graduada (Figura 5 C).



**Figura 5.** Medição de diâmetro do coleto (A), número de folíolos (B) e medição de altura (C) das mudas de mogno-africano.

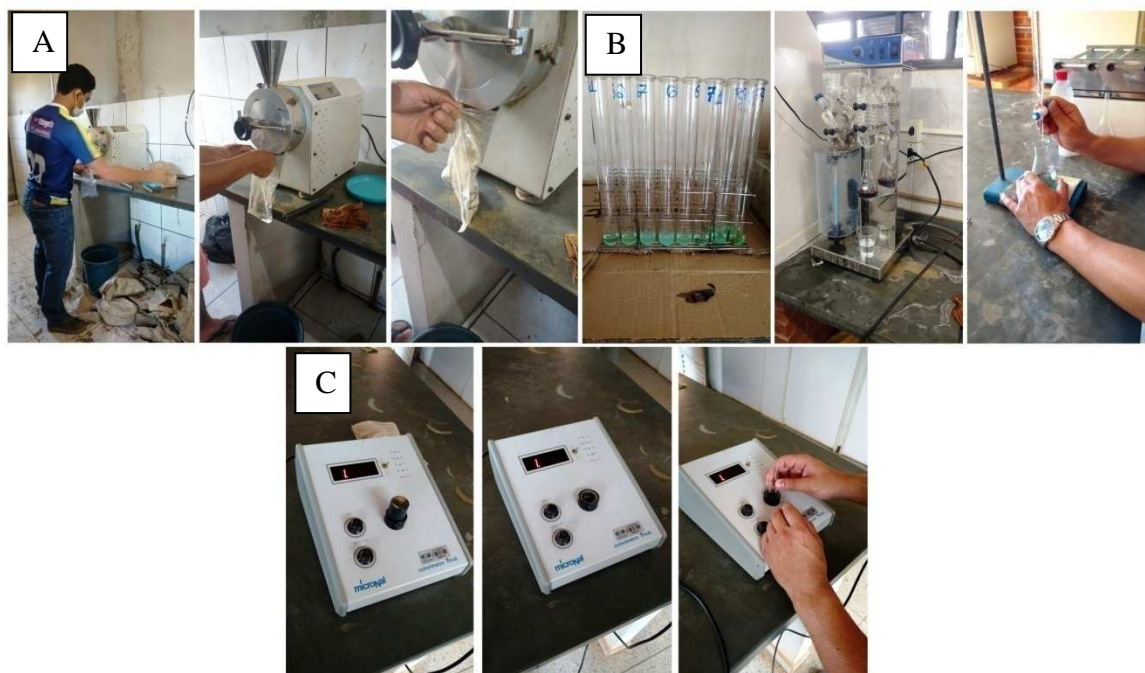
Em seguida, as plantas foram separadas em parte aérea (folhas e caule) e raízes para a determinação de massa de matéria seca, com uso de tesoura de poda e, para a separação

das raízes, junto ao substrato dos vasos, com auxílio de uma peneira (malha 4 mm) (Figura 6). Por fim, foi realizada a lavagem de cada componente das plantas com água destilada e, posteriormente, as mesmas foram colocadas em estufa de circulação forçada de ar por 72 horas, na temperatura de 70 °C, até a obtenção de massa de matéria seca constante. Após secagem, realizou-se a pesagem dos componentes das plantas em balança analítica com precisão de 0,01 g para determinação da massa de matéria seca de parte aérea (g) (MSPA) e de raízes (g) (MSR), cujos valores foram somados para obtenção da massa de matéria seca total (g) (MST) (SARRUGE; HAAG, 1974).



**Figura 6.** Separação das mudas de mogno-africano em parte aérea (folhas e caule) e raiz.

Para a análise dos teores de N e P nas folhas, caule e raízes ( $\text{g kg}^{-1}$ ), foram realizadas a moagem, em moinho de aço inoxidável do tipo Willey, com peneira de 20 mesh (Figura 7 A), formando amostras compostas. Para a determinação dos teores de N, foi empregado o método de Kjeldahl (Figura 7 B) e, para a determinação dos teores de P, foi utilizado o método de espectrofotometria com azul-de-molibdênio (SILVA, 2009) (Figura 7 C).



**Figura 7.** Moagem das folhas, caule e raiz (A), análises dos teores de nitrogênio (B) e análises dos teores de fósforo (C).

Os dados, após a verificação de atendimento dos pressupostos de homogeneidade de variâncias e de normalidade, foram submetidos à análise de variância, com  $\alpha = 0,05$ . Para analisar as influências significativas das doses de P e N sobre as características avaliadas, trabalhou-se com ajustes das análises de regressão, a 5 % de probabilidade, de acordo com o teste t. As análises estatísticas foram efetuadas utilizando os softwares R versão 3,2 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2015), e o pacote Vegan (OKSANEN et al., 2016).

## 5. RESULTADOS

### 5.1. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

Ao avaliar o efeito das doses de N e P no transplântio do mogno-africano em viveiro houve efeito significativo ( $p \leq 0,01$ ) no fator doses de N para as características altura (H), diâmetro do coleto (DC), número de folíolos (NF), massa de matéria seca da parte aérea (MSPA), massa de matéria seca de raiz (MSR) e massa de matéria seca total (MST). Para as doses de P, verificou-se efeito significativo para todas as variáveis, exceto

número de folíolos. Observou-se interação significativa apenas para a variável diâmetro do coleto (DC) ( $p \leq 0,05$ ) (Tabela 2).

**Tabela 2.** Análise de variância para altura (H), diâmetro do coleto (DC), número de folíolos (NF), massa de matéria seca parte aérea (MSPA), massa de matéria seca raiz (MSR) e massa de matéria seca total (MST) de mudas de mogno-africano em função de diferentes doses de nitrogênio (N) e fósforo (P).

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios					
		H (cm)	DC (mm)	NF (n <sup>o</sup> )	MSPA -----	MSR (g)-----	MST
Doses de N	4	659,4**	20,2*	6799,8**	1824,4**	91,2**	2520,6**
Doses de P	4	238,6*	6,9**	511,3 <sup>ns</sup>	243,5**	55,5*	522,2**
Doses de N × P	16	41,8 <sup>ns</sup>	1,9*	110,4 <sup>ns</sup>	52,9 <sup>ns</sup>	29,0 <sup>ns</sup>	119,9 <sup>ns</sup>
Resíduo	75	69,2	1,06	228,9	49,6	20,0	108,2
CV (%)		19,07	8,43	26,2	23,0	31,0	23,1

\*\*significativo a 1 %, \* significativo a 5 % de probabilidade e <sup>ns</sup>: não significativo pelo teste F.

Entre as doses de P, houve variação significativa para as variáveis H, DC, MSPA, MSR e MST, quando as plantas foram submetidas à dose 100 mg dm<sup>-3</sup> de N (Tabela 3) e variação significativa somente para a variável altura quando submetida à dose 50 mg dm<sup>-3</sup> de N (Tabela 3). Para NF não houve variação significativa das doses de P em nenhuma das doses aplicadas de N (Tabela 3).

As funções de regressão ajustaram-se ao modelo linear crescente para H, DC, NF, MSPA, MSR e MST na dose 100 mg dm<sup>-3</sup> de N e, para H, na dose 50 mg dm<sup>-3</sup> de N. Observa-se que há aumento em todas essas variáveis a partir da aplicação da primeira dose de P (50 mg dm<sup>-3</sup>), crescendo até a dose 100 mg dm<sup>-3</sup> (Tabela 3).

A altura média das mudas de mogno-africano aferida nos indivíduos submetidos à dose de 100 mg dm<sup>-3</sup> de N e que receberam a dose máxima de P (200 mg dm<sup>-3</sup>) foi de 55,3 cm, valor 52,7 % superior à média de altura observada (36,2 cm/planta) nos indivíduos que não receberam adubação fosfatada (0 mg dm<sup>-3</sup>). Para as mudas que receberam 50 mg dm<sup>-3</sup> de N, a maior média foi de 49,6 cm/planta, também obtida na dose máxima de P (200 mg dm<sup>-3</sup>), 19,8 % superior à média de altura observada (41,4 cm/planta) nas plantas cultivadas na ausência de P (Tabela 3). Para as demais variáveis, os incrementos obtidos com a maior dose de P (200 mg dm<sup>-3</sup>) em relação ao tratamento controle (0 mg dm<sup>-3</sup> de P) foram de:

16,6 % para o DC (Tabela 3); 35,2 % para MSPA (Tabela 3); 47,15 % para MSR (Tabela 3); e 38,5 % MST (Tabela 3 e Figura 8).



**Figura 8.** Comparação da parte aérea e do sistema radicular de mudas de mogno-africano cultivadas na ausência da adubação nitrogenada e fosfatada (3) e presença da adubação nitrogenada e fosfatada nas doses de 100 e 200 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente de N e P (58).

Em relação às doses de N, quando as mudas de mogno-africano foram submetidas à dose máxima de P (200 mg dm<sup>-3</sup>), apresentaram maior valor na H (55,3 cm/muda) e DC (14,08 mm/muda) na dose 100 mg dm<sup>-3</sup> de N, 51,9 % e 31,5 % respectivamente superior à média observada nas mudas que não receberam adubação nitrogenada (Tabela 3). Na dose máxima (200 mg dm<sup>-3</sup> de N), foram verificadas as maiores médias em relação ao controle no NF (85 n° de folíolos/muda), MSPA (43,9 g/muda) e MST (57,2 g/muda), que corresponderam a 197,3 %; 174,0 % e 110,8 %, respectivamente (Tabela 3). Para a

variável MSR, a maior média (17,08 g/muda) foi obtida mediante a aplicação da dose 150 mg dm<sup>-3</sup> de N, 53,73 % superior ao tratamento controle (0 mg dm<sup>-3</sup> de N) (Tabela 3).

**Tabela 3.** Funções de regressão ajustadas para altura (H), diâmetro do coleto (DC) número de folíolos (NF), massa de matéria seca parte aérea (MSPA), massa de matéria seca de raiz (MSR) e massa de matéria seca total (MST) como variáveis dependentes das doses de nitrogênio (mg dm<sup>-3</sup>) nos diferentes níveis de fósforo (mg dm<sup>-3</sup>), para mudas de mogno-africano (*Khaya ivorensis* A. Chev), aos 120 dias após transplântio.

Variável	Doses de N	Equações de regressão	Significância (%)	R <sup>2</sup>
H	0	Y = 0,024X + 31,57	ns	0,76
	50	Y = 0,046X + 41,41	5	0,89
	100	Y = 0,087X + 39,24	5	0,81
	150	Y = 0,017X + 40,9	ns	0,30
	200	Y = 0,039X + 43,47	ns	0,60
DC	0	Y = - 0,000X + 10,74	ns	0,01
	50	Y = 0,010X + 12,07	ns	0,70
	100	Y = 0,010X + 12,07	5	0,82
	150	Y = 0,001X + 12,34	ns	0,07
	200	Y = 0,013X + 10,58	ns	0,71
NF	0	Y = 0,028X + 23,5	ns	0,48
	50	Y = 0,019X + 55,5	ns	0,06
	100	Y = 0,046X + 57,3	ns	0,41
	150	Y = 0,052X + 66,3	ns	0,64
	200	Y = 0,113X + 59,35	ns	0,60
MSPA	0	Y = 0,001X + 14,14	ns	0,002
	50	Y = 0,016X + 28,41	ns	0,13
	100	Y = 0,062X + 29,33	5	0,90
	150	Y = 0,049X + 32,42	ns	0,75
	200	Y = 0,078X + 27,94	ns	0,21
MSR	0	Y = -0,003X + 11,57	ns	0,07
	50	Y = 0,003X + 15,99	ns	0,02
	100	Y = 0,026X + 11,78	5	0,78
	150	Y = 0,021X + 14,24	ns	0,65
	200	Y = 0,039X + 9,726	ns	0,34
MST	0	Y = -0,002X + 25,71	ns	0,004
	50	Y = 0,019X + 44,40	ns	0,10
	100	Y = 0,088X + 41,11	1	0,95
	150	Y = 0,071X + 46,67	ns	0,72
	200	Y = 0,118X + 37,66	ns	0,70

## 5.2. TEOR DE NUTRIENTES NAS MUDAS

Para o teor de nutrientes nas mudas, foi observado efeito significativo ( $p \leq 0,01$ ) para as doses de N e P, em todas as variáveis analisadas; teor de N nas folhas (TNF), no caule (TNC), e nas raízes (TNR), teor de P nas folhas (TPF), no caule (TPC) e nas raízes (TPR), exceção para o teor de N nas raízes (TNR) no fator doses de P. Para a interação entre os fatores foi significativa para todas as variáveis, exceto para teor de N nas raízes (TNR) e teor de P nas folhas (TPF) ( $p \leq 0,01$ ), (Tabela 4).

**Tabela 4.** Análise de variância para teor de N nas folhas (TNF), teor de N no caule (TNC), teor de N nas raízes (TNR), teor de P nas folhas (TPF), teor de P no caule (TPC) e teor de P nas raízes (TPR) de mudas de mogno-africano em função de diferentes doses de N e P.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios					
		TNF	TNC	TNR	TPF	TPC	TPR
----- g kg <sup>-1</sup> -----							
Doses de N	4	407,2**	484,6**	85,3**	3,5**	42,6**	0,08**
Doses de P	4	33,1*	121,3**	1,4 <sup>ns</sup>	0,09*	2,93**	0,22**
Doses de N × P	16	48,4**	41,2**	3,5 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,95**	0,08**
Resíduo	75	12,2	2,7	2,6	0,03	0,15	0,02
CV (%)		12,8	17,6	17,7	13,8	14,9	21,6

\*\*significativo a 1 %, \* significativo a 5 % de probabilidade e ns: não significativo pelo teste F.

Houve efeito significativo entre as diferentes doses de P para as variáveis teor de N no caule (TNC), quando submetidas a 100 mg dm<sup>-3</sup> de N, para teor de P no caule (TPC), na dose 0 de mg dm<sup>-3</sup> de N, e teor de P nas raízes (TPR), quando submetidas às doses 100 e 150 mg dm<sup>-3</sup> de N (Tabela 5). As demais variáveis: teor de N nas folhas (TNF), teor de N nas raízes (TNR), e teor de P nas folhas (TPF), não apresentaram ajuste de regressão significativo entre as diferentes doses de P em nenhuma das doses de N (Tabela 5).

As funções de regressão para teor de N no caule submetidas à dose 100 mg dm<sup>-3</sup> de N, teor de P no caule submetidas a dose 0 mg dm<sup>-3</sup> de N e teor de P nas raízes submetidas às doses 100 e 150 mg dm<sup>-3</sup> de N apresentaram ajuste significativo ( $p < 0,05$ ) linear, respectivamente, mostrando acréscimo em resposta às doses aplicadas de P (Tabela 5).

O teor de N no caule das mudas submetidas a 100 mg dm<sup>-3</sup> de N apresentaram decréscimo mediante o aumento das doses de P; já as mudas cultivadas na ausência de P,

apresentaram valor médio de  $17,5 \text{ g kg}^{-1}$ , cerca de 243 % superior à média do teor observado ( $5,1 \text{ g kg}^{-1}$ ) nos indivíduos que receberam a dose máxima ( $200 \text{ mg dm}^{-3}$  de P) (Tabela 5). Observou-se acréscimo no teor de P no caule das mudas que não receberam adubação nitrogenada ( $0 \text{ mg dm}^{-3}$  N) em função do aumento das doses de P. Para as mudas cultivadas na dose máxima de P ( $200 \text{ mg dm}^{-3}$ ), o teor médio foi de  $5,6 \text{ g kg}^{-1}$  de N, o qual foi 43,6 % superior à média observada ( $3,9 \text{ g kg}^{-1}$ ) nas mudas cultivadas na ausência de P ( $0 \text{ mg dm}^{-3}$ ) (Tabela 5).

Os teores de P nas raízes das mudas cultivadas nas doses 100 e  $150 \text{ mg dm}^{-3}$  de N também apresentaram acréscimo nos valores em função do aumento das doses de P. Para as mudas cultivadas na dose  $100 \text{ mg dm}^{-3}$  de N e na dose máxima de P ( $200 \text{ mg dm}^{-3}$ ) apresentaram teor médio de  $0,7 \text{ g kg}^{-1}$ , valor 40 % superior à média observada ( $0,5 \text{ g kg}^{-1}$ ) para as mudas que não receberam P. As mudas cultivadas na dose  $150 \text{ mg dm}^{-3}$  de N e na dose máxima de P ( $200 \text{ mg dm}^{-3}$ ) apresentaram valor médio de  $0,8 \text{ g kg}^{-1}$ , 14 % superior à média das mudas ( $0,7 \text{ g kg}^{-1}$ ) que não receberam fertilização fosfatada ( $0 \text{ mg dm}^{-3}$ ) (Tabela 5).

Analisando as doses de N, quando as mudas de mogno-africano foram submetidas à dose máxima de P ( $200 \text{ mg dm}^{-3}$ ), apresentaram maior média no teor de N nas folhas ( $28,4 \text{ g kg}^{-1}$ ), teor de N no caule ( $8,2 \text{ g kg}^{-1}$ ), no teor de N nas raízes ( $12,1 \text{ g kg}^{-1}$ ) e teor de P nas folhas ( $1,9 \text{ g kg}^{-1}$ ) na dose  $200 \text{ mg dm}^{-3}$  de N, respectivamente, 19,8 %, 74 %, 108,6 % e 111,1 %, superior à média observada nas mudas que não receberam fertilização nitrogenada, exceto o teor de P nas folhas que foram submetidas a  $50 \text{ mg dm}^{-3}$  de N (Tabela 5). Para teor de P no caule, a maior média ( $5,6 \text{ g kg}^{-1}$ ) foi obtida na dose  $0 \text{ mg dm}^{-3}$  de N, valor 154 % superior em relação ao tratamento  $200 \text{ mg dm}^{-3}$  de N, que apresentou a menor média ( $2,2 \text{ g kg}^{-1}$ ) (Tabela 5). O teor de P na raiz apresentou maior valor médio ( $0,8 \text{ g kg}^{-1}$ ) na dose  $150 \text{ mg dm}^{-3}$  de N, valor 60 % superior ao valor obtido na dose máxima ( $200 \text{ mg dm}^{-3}$  de N) que apresentou a menor média ( $0,5 \text{ g kg}^{-1}$ ) (Tabela 5).



**Tabela 5.** Funções de regressão ajustadas para teor de N nas folhas (TNF), teor de N no caule (TNC), teor de N na raiz (TNR), teor de P nas folhas (TPF), teor de P no caule (TPC) e teor de P na raiz (TPR) como variáveis dependentes das doses de nitrogênio ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) nos diferentes níveis de fósforo ( $\text{mg dm}^{-3}$ ), para mudas de mogno-africano (*Khaya ivorensis* A. Chev), aos 120 dias após transplantio.

Variável	Doses de N	Equações de regressão	Significância (%)	R <sup>2</sup>
TNF	0	$Y = 0,014X + 18,82$	ns	0,14
	50	$Y = 0,028X + 22,78$	ns	0,50
	100	$Y = -0,045X + 34,22$	ns	0,58
	150	$Y = -0,020X + 32,04$	ns	0,72
	200	$Y = -0,024X + 33,67$	ns	0,29
TNC	0	$Y = -0,001x + 5,133$	ns	0,86
	50	$Y = -0,009X + 6,455$	ns	0,63
	100	$Y = -0,071X + 18,43$	5	0,80
	150	$Y = -0,017X + 10,42$	ns	0,38
	200	$Y = -0,046X + 21,7$	ns	0,53
TNR	0	$Y = -0,001X + 7,233$	ns	0,01
	50	$Y = -0,005X + 7,777$	ns	0,37
	100	$Y = 0,007X + 9,488$	ns	0,35
	150	$Y = 0,001X + 8,711$	ns	0,14
	200	$Y = -0,005X + 12,52$	ns	0,11
TPF	0	$Y = 0,000X + 1,114$	ns	0,05
	50	$Y = 3E-05X + 0,891$	ns	0,00
	100	$Y = 0,001X + 1,228$	ns	0,18
	150	$Y = 0,000X + 1,64$	ns	0,24
	200	$Y = 0,001X + 1,834$	ns	0,44
TPC	0	$Y = 0,007X + 4,083$	1	0,89
	50	$Y = 0,002X + 3,106$	ns	0,19
	100	$Y = 0,000X + 1,250$	ns	0,003
	150	$Y = 0,003X + 1,685$	ns	0,12
	200	$Y = -0,004X + 2,079$	ns	0,33
TPR	0	$Y = -0,001X + 0,914$	ns	0,29
	50	$Y = -0,000x + 0,864$	ns	0,10
	100	$Y = 0,001X + 0,534$	1	0,85
	150	$Y = 0,000X + 0,719$	1	0,78
	200	$Y = -0,001X + 0,817$	ns	0,41

## 6. DISCUSSÃO

### 6.1. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

O crescimento em altura (H), diâmetro do coleto (DC), número de folíolos (NF), massa de matéria seca da parte aérea (MSPA), das raízes (MSR) e total (MST) das mudas de mogno-africano evidenciam a importância da adubação nitrogenada e fosfatada no desenvolvimento inicial desta espécie em função do incremento das doses de N e P. É importante salientar que o substrato utilizado apresentava baixo teor de matéria orgânica ( $7,0 \text{ g dm}^{-3}$ ) e muito baixo teor de P ( $0,8 \text{ mg dm}^{-3}$ ).

O P possui papel crucial no metabolismo das plantas, pois participa de estruturas energéticas que fomentam as atividades celulares e fotossintéticas e também propiciam o desenvolvimento das plantas, desta forma, sua carência na fase inicial de crescimento do mogno-africano certamente causou restrições no desenvolvimento, com perda de qualidade nutricional e morfológica da muda (TAIZ; ZEIGER, 2013; MARSCHNER, 2012). Em se tratando de espécies florestais, o P é o nutriente mais requerido e limitante ao desenvolvimento inicial das mudas, fato que foi observado por Souza et al. (2013) em estudo com doses de N e P em mudas de canafístula (*Peltophorum dubium*). Freiburger et al. (2014) afirmam que a ausência da adubação fosfatada é tão limitante ao crescimento inicial do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) quanto a ausência simultânea da adubação e correção do solo, no entanto, no presente trabalho as plantas de mogno-africano apresentaram maior exigência ao N comparado ao P.

Sabe-se que o N no solo encontra-se basicamente na forma orgânica e, em solos com baixo teor de matéria orgânica, seu fornecimento via fertilização é essencial, uma vez que este nutriente possui funções estruturais em aminoácidos, proteínas, pigmentos e, principalmente, participa dos processos de fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular (MARSCHNER, 2012). Em alguns trabalhos relacionados à produção de mudas, a disponibilidade de N é fator limitante no desenvolvimento inicial das plantas (GOULART et al., 2017; CORCIOLI et al., 2016; SILVA et al., 2015; VIEIRA et al., 2014).

A resposta das mudas de mogno-africano à adubação fosfatada quando se verificou maior crescimento das variáveis avaliadas na dose máxima de P ( $200 \text{ mg dm}^{-3}$ ), corrobora o que tem sido divulgado sobre a demanda inicial de nutrientes por espécies florestais nas fases iniciais de crescimento, ainda no viveiro. No entanto, em relação ao fornecimento de

N e P, todas as mudas cultivadas na dose  $50 \text{ mg dm}^{-3}$  de N e na ausência de P apresentaram valores superiores em relação as mudas cultivadas na dose máxima de P ( $200 \text{ mg dm}^{-3}$ ) sem a presença de N, deste modo podemos inferir que a espécie é mais exigente em N, na fase inicial de desenvolvimento.

Em plantas de *Swietenia macrophylla* King., Cardoso et al. (2015) também observaram que o fornecimento de níveis crescentes de P influenciou de forma positiva o crescimento das plantas em altura e diâmetro do coleto. Tavares et al. (2016b) verificaram que o efeito da adubação fosfatada promoveu um efeito linear no incremento do colo da planta, onde a dose que promoveu maior crescimento foi a de  $120 \text{ mg dm}^{-3}$  de P. Assim como Oliveira (2015) cultivando em vasos mudas de *Khaya senegalensis* A. Juss onde o fornecimento de P ( $125 \text{ mg dm}^{-3}$ ) promoveu máximo crescimento em altura (73 cm) e diâmetro do coleto (26,3 mm), aos 180 dias após o transplântio. É importante salientar que a sobrevivência das mudas quando do plantio em campo pode estar vinculada ao diâmetro das mesmas, podendo proporcionar maior crescimento e formação de raízes (VIEIRA et al., 2014). Entretanto, Tucci et al. (2011) concluíram que a adubação com P não promove melhora na qualidade das mudas de *Swietenia macrophylla* King.

O fornecimento de P na presença de N às mudas também favoreceu o crescimento das raízes, resultando no aumento de massa de matéria seca das raízes das mudas de mogno-africano em função do aumento de P no solo, o que possivelmente, permitiu às plantas melhor exploração de maior volume de solo, resultando na maior absorção de água e nutrientes. Enquanto que para matéria seca parte aérea e total não respondeu a adubação fosfatada quando cultivadas na ausência de N (SCHWAMBACH et al., 2005). Dechassa et al. (2003) e Marschner (2012) descrevem que a taxa de crescimento da raiz depende do fornecimento de P, importante na transferência de energia da célula, na respiração, na fotossíntese, com reflexos negativos quando indisponível, reduzindo o acúmulo de biomassa, afetando o crescimento radicular. Knapik e Angelo (2007) afirmam que, para as mudas, a elevada concentração de P induz a formação de um sistema radicular mais longo e com raízes mais finas, que seriam eficientes na absorção de outros nutrientes, no entanto, as doses ótimas variam de acordo com a espécie.

Avaliando o incremento de massa de matéria seca em plantas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.), Silva et al. (2009) constataram redução de 68 % na produção de massa de matéria seca total quando as plantas foram submetidas à omissão de P. Assim como em plantas de *Khaya senegalensis* A. Juss, Oliveira (2015) verificou redução de 271 % da matéria seca total quando as plantas foram submetidas à omissão de P. Resultados

que corroboram os encontrados no presente estudo, onde as mudas de mogno-africano cultivadas sem adição de P (dose 0 mg dm<sup>-3</sup>) apresentaram menores médias de incrementos de massa de matéria seca total (MSPA 30 g muda<sup>-1</sup>, MSR 13,6 g muda<sup>-1</sup> e MST 40 g muda<sup>-1</sup>). Esse efeito rápido do P mostra a importância da aplicação da dose de fósforo adequada desde a fase inicial de crescimento das mudas. Stahl (2013) descreve que as respostas observadas em doses altas de P podem ser explicadas pela condução experimental em vasos, permitindo melhor relação entre raízes e solo, com melhor exploração do sistema radicular.

Em termos fisiológicos na planta em condições de menor disponibilidade de P no substrato, pode ocorrer decréscimo da ciclagem de P entre o citoplasma e o estroma das plantas e, posteriormente, baixo consumo e produção de ATP e NADPH (TAIZ; ZEIGER et al., 2013). Portanto, mediante a baixa concentração de P no substrato, ocorrerá menor absorção do nutriente, menor atividade fotossintética e conseqüente redução do crescimento da planta (NOVAIS et al., 2007) fato que foi observado no presente estudo.

Outro fato importante que foi notado no presente estudo é que a diferença nos valores das variáveis morfológicas das mudas foi pequena quando comparadas as doses 100 e 200 mg dm<sup>-3</sup> de P. Com o aumento da dose de P, houve acréscimo de 4 % em altura (H), 1,8 % de diâmetro do coleto (DC), 6,8 % no número de folíolos (NF), 10,7 % na massa de matéria seca da parte aérea (MSPA), 9 % de massa de matéria seca de raízes (MSR) e 5,5 % de massa de matéria seca total (MST), o que permite a afirmativa de que a melhor dose a ser aplicada em fase de viveiro seria 100 mg dm<sup>-3</sup>, devido aos custos de fertilização.

É importante salientar também que as plantas de mogno-africano não apresentaram sintomas de toxidez do elemento quando submetidas na dose máxima (200 mg dm<sup>-3</sup> de P), fato que foi observado em outros estudos em Latossolo Vermelho-Amarelo onde doses menores às testadas neste trabalho já apresentaram sintomas de toxidez nas plantas de eucalipto e sabiá (ROCHA et al., 2013; COSTA FILHO et al., 2013). O efeito nocivo de excesso de P ocorre em razão de algumas espécies não conseguirem evitar o alto consumo de P, ocasionando a toxidade do elemento. Deste modo, podemos inferir que as plantas de mogno-africano são tolerantes à aplicação de P até a dose 200 mg dm<sup>-3</sup>.

As doses de P utilizadas neste trabalho mostram a importância deste nutriente no crescimento inicial e produção de biomassa nas mudas de mogno-africano. Todavia, por apresentar um efeito linear crescente quando submetidas na presença de N, não foi possível estimar a dose de P que proporcionaria o máximo crescimento inicial para as

mudas dessa espécie, provavelmente em aplicações de doses acima de  $200 \text{ mg dm}^{-3}$ , as plantas poderiam apresentar máximo crescimento ou até mesmo sintomas de toxidez. No entanto, os resultados demonstram que o mogno-africano (*K. ivorensis* A. Juss) apresenta alta exigência de P na fase inicial de crescimento.

O N também afetou de forma positiva o crescimento das características morfológicas (altura, diâmetro do coleto, número de folíolos, massa de matéria seca da parte aérea, massa de matéria seca de raízes e massa de matéria seca total) das plantas de mogno-africano. Assim como o P, a importância do N no desenvolvimento inicial desta espécie destaca-se, uma vez que houve incremento nos valores das variáveis analisadas a partir da aplicação da primeira dose de N ( $50 \text{ mg dm}^{-3}$ ).

Avaliando o efeito da adubação nitrogenada na produção de mudas de Ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia*), Goulart et al. (2017) verificaram acréscimo em altura, diâmetro do coleto, massa de matéria seca da parte aérea, de raiz e total a partir da primeira dose de N ( $75 \text{ mg dm}^{-3}$ ), resultado semelhante ao encontrado neste estudo. Também Tosta et al. (2017), em estudo com Pitomba (*Talisia esculenta* (A. St. Hil) Radlk), afirmaram que as doses crescentes de N influenciaram de forma positiva a altura e diâmetro do caule das plantas.

Em estudos com mudas de Jacaré (*Piptadenia gonoacantha* J. F. Macbr.), Marques et al. (2009) concluíram que o N proporcionou ganhos em crescimento das mudas em todos os parâmetros morfológicos (altura, diâmetro do coleto e massa de matéria seca das plantas) com aplicação de  $150$  a  $200 \text{ mg dm}^{-3}$  de N. Freiburger et al. (2013), avaliando doses de N em plantas de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.), concluíram que houve acréscimo linear em massa de matéria seca da parte aérea, das raízes e total das plantas submetidas a dose de  $160 \text{ mg dm}^{-3}$  de N. Em estudo de omissão de nutrientes com mogno-africano, Corcioli et al. (2016) também evidenciaram a importância do N no desenvolvimento inicial das mudas, uma vez que as plantas submetidas à omissão de N, tiveram desenvolvimento comprometido. Em cultivo conduzido em solução nutritiva, Wallau et al. (2008) verificaram redução na produção de massa seca total de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King.), especialmente na omissão de N, indicando maior demanda desse nutriente na fase inicial de desenvolvimento da planta, assim como foi observado no presente estudo.

Como o N é necessário para a síntese da clorofila e está envolvido no processo da fotossíntese, já que faz parte da molécula da clorofila sua deficiência proporciona menor síntese de clorofila. Esta situação não permite que a planta utilize a luz solar como fonte

de energia no processo fotossintético; deste modo, a planta perde a habilidade de executar funções essenciais, como, por exemplo, a absorção de nutrientes prejudicando o desenvolvimento da planta (NOVAIS et al., 2007).

É importante mencionar que as plantas de mogno-africano cultivadas na dose  $0 \text{ mg dm}^{-3}$  apresentaram sintomas visíveis de deficiência de N e P, caracterizados por amarelecimento uniforme generalizado nas folhas mais velhas, reduzida área foliar e baixo crescimento (Figura 9). Deve-se ressaltar que, o sintoma visual de deficiência é o último passo de uma série de problemas metabólicos irreversíveis e, quando aparecem, em termos gerais, o dano à muda já foi causado. Por isso, é de extrema importância fornecer às mudas a quantidade ideal de N e P, lembrando que cada espécie possui sua exigência e resposta aos nutrientes, assim, a dosagem ótima de um nutriente para determinada espécie pode promover o decréscimo no crescimento de outras.



**Figura 9.** Sintomas de deficiência de nitrogênio nas folhas, evidenciada pela coloração amarelada, reduzida área foliar e baixo crescimento das mudas de mogno-africano produzidas na ausência de fertilização nitrogenada.

## 6.2. TEOR DE NUTRIENTES NAS MUDAS

Com exceção do teor de P no caule (TPC) e do teor de N nas raízes (TNR), menores teores de N e P foram detectados no tratamento controle. O aumento do teor de P e N nos compartimentos analisados neste trabalho, mediante o fornecimento de níveis crescentes desses nutrientes possivelmente está relacionado à sua baixa disponibilidade natural no solo estudado [baixo teor de matéria orgânica ( $7,0 \text{ g dm}^{-3}$ ) e deficiência em P ( $0,8 \text{ mg dm}^{-3}$ )] e também à necessidade da espécie. Novais et al. (2007) afirmam que em situações onde se aumenta o suprimento de P no solo de uma condição de deficiência até outra de adequada disponibilidade de P, verifica-se que os teores de P contidos em órgãos vegetativos das plantas também aumentam, como verificado no teor de P no caule.

Os menores teores de P no caule e nas raízes detectados com a aplicação da dose máxima de N e P decorrem, provavelmente, do efeito de diluição promovido pelo crescimento das plantas, uma vez que as plantas submetidas às doses crescentes (50, 100, 150 e  $200 \text{ mg dm}^{-3}$ ) apresentaram maiores crescimentos em todas as variáveis analisadas quando comparadas às plantas do tratamento controle ( $0 \text{ mg dm}^{-3}$ ).

Resultados semelhantes foram obtidos por Santos et al. (2008) que observaram aumento no teor de P em mudas de mogno cultivadas em Latossolo Amarelo distrófico, em condições de casa de vegetação, em função do fornecimento de doses crescentes de P no solo, apresentando uma resposta linear no teor de P até a dose  $800 \text{ mg dm}^{-3}$ .

Os resultados obtidos nos tratamentos que não receberam adubação nitrogenada e fosfatada reforçam a importância do N e do P para o desenvolvimento inicial de mudas de mogno-africano. Para as doses de  $100 \text{ mg dm}^{-3}$  de N e  $200 \text{ mg dm}^{-3}$  de P foram obtidos os melhores resultados das características de crescimento.

Em estudo com doses de N e P em mudas de café, Santinato et al. (2014) observaram que na presença de N houve efeito sinérgico para o aumento linear do teor de P na planta, apresentando maior teor de P nas plantas submetidas à adubação nitrogenada, quando comparadas às plantas na ausência de N. Os autores ainda afirmam que, para o teor de N, houve também interação positiva entre os nutrientes, porque com o aumento de doses de P na presença de N, houve um aumento linear no teor do nutriente, fato que não foi observado na ausência de N, assim como observado nas mudas de mogno-africano avaliadas no presente trabalho.

Outro fato importante verificado nos resultados do presente trabalho é a interação entre N e P, como destacado em mudas de *Stryphno dendronpolyphyllum* (CARNEVALI

et al., 2016). A adição de N promove o aumento da absorção de P mesmo em solos com alta disponibilidade deste último, nos quais a adubação com P tem pouco efeito (KAMPRATH, 1987). Brito et al. (2017) constataram em mudas de Paricá (*Shizolobium amazonicum*) a influência das doses de P nos teores de N das mudas. Em estudos realizados com solução nutritiva, Alves et al. (2013) observaram que a separação espacial de N e P pode resultar em menor concentração de ambos na parte aérea, no entanto, não foi verificado o mesmo no presente estudo.

A presença de N favorece o crescimento radicular, em especial de raízes laterais, favorecendo assim o aumento da capacidade de absorção de P e demais nutrientes (SILVA; DELATORRE, 2009). O equilíbrio entre N e P e doses apropriadas podem inferir nos processos metabólicos, promover maior expansão das células das plantas (POOTER, 1990), estimularem a produção de proteína, a rápida divisão celular e diferenciação, resultando em maior crescimento vegetativo das plantas (TAIZ; ZEIGER et al., 2013), fato que foi observado nas mudas de mogno-africano em resposta à adubação nitrogenada e fosfatada, que apresentaram os maiores incrementos nas variáveis de crescimento.

Ciriello et al. (2014), avaliando a resposta de plantas de guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.) à aplicação de doses crescentes de N, verificaram que as concentrações de N nas folhas e no caule foram influenciadas positivamente pelas doses crescentes de N, com comportamento linear crescente em função das doses aplicadas. Tucci et al. (2009) e Cardoso et al. (2016) também observaram que o N favoreceu a absorção de P por plantas de mogno (*Swietenia macrophylla* King) submetidas a doses crescentes de N.

De maneira geral, para o crescimento normal das plantas, os teores adequados de N nos tecidos vegetais variam entre 20 a 50 g kg<sup>-1</sup> (MALAVOLTA, 1981). Plantas deficientes apresentam teores foliares menores do que 10 g kg<sup>-1</sup>, enquanto que, acima de 50 g kg<sup>-1</sup>, podem ser observados sintomas de toxidez (MALAVOLTA et al., 1989). Os teores de P adequados para o crescimento normal das plantas variam de 1,0 a 1,5 g kg<sup>-1</sup> (PAIS; JONES JUNIOR, 1996). Plantas deficientes apresentam teores foliares menores que 1,0 g kg<sup>-1</sup>, enquanto que, acima de 3,0 g kg<sup>-1</sup>, observam-se sintomas de toxidez (FURLINI, 2004).

As plantas de mogno-africano apresentaram teores de N foliar de 20,2 g kg<sup>-1</sup>, na dose 0 mg dm<sup>-3</sup> de N, e 31,3 g kg<sup>-1</sup> na dose máxima de N (200 mg dm<sup>-3</sup>). Esses teores estão próximos aos encontrados por Almeida et al (2016) em mudas de pitaiá (*Hylocereus*



*polyrhizus*). Esses autores verificaram que os teores de N nas mudas que apresentaram a máxima produção de massa de matéria seca estavam entre 33,7 e 36,9 g kg<sup>-1</sup>. Com base nas informações citadas por Novais et al. (2007), os teores encontrados no mogno-africano são adequados tanto para as plantas que não receberam adubação nitrogenada (0 mg dm<sup>-3</sup>) quanto para as plantas cultivadas na dose máxima de N (200 mg dm<sup>-3</sup>). No entanto, os resultados permitem afirmar que o nível de exigência de N da espécie estudada é maior em relação às demais culturas, uma vez que as plantas submetidas à dose 0 mg dm<sup>-3</sup> de N apresentaram sintomas de deficiência e/ou baixo desenvolvimento nas características morfológicas. Segundo Malavolta et al. (1989), plantas com baixo crescimento tendem a acumular maiores teores de N no vacúolo, por isso, as plantas de mogno-africano apresentaram valores adequados na análise.

Os teores de P foliar nas mudas de mogno-africano também podem ser considerados adequados, com 1,3 g kg<sup>-1</sup> nas plantas cultivadas na ausência de P e 1,5 g kg<sup>-1</sup> nas plantas cultivadas na dose máxima de P (200 mg dm<sup>-3</sup>). Contudo, assim como foi observado deficiência de N também foram visualizados sintomas de deficiência de P nas mudas cultivadas na dose 0 do nutriente. Deste modo, podemos inferir que a espécie é também exigente em P na fase inicial de desenvolvimento.

## 7. CONCLUSÕES

As características morfológicas de crescimento (altura, diâmetro do coleto, número de folíolos, massa de matéria seca da parte aérea, de raízes e total) das mudas de mogno-africano foram influenciadas positivamente pela adubação nitrogenada e fosfatada, mostrando-se a exigência da espécie aos nutrientes, apresentando maior exigência ao nitrogênio.

A aplicação de 200 mg dm<sup>-3</sup> de P associada à adição de 100 mg dm<sup>-3</sup> de N proporcionaram o máximo crescimento nas mudas de mogno-africano.

As mudas de mogno-africano cultivadas na dose 200 mg dm<sup>-3</sup> e a 100 mg dm<sup>-3</sup> apresentaram os teores adequados para o desenvolvimento da espécie.

Houve interação entre N e P nas variáveis diâmetro do coleto, teor de N nas folhas, teor de N no caule, teor de P no caule e teor de P nas raízes, caracterizada pelo sinergismo em relação aos seus teores nas mudas de mogno-africano, com a adição de N influenciando a absorção de P.

## 8. REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, M. P. F.; MORAIS, F. K. C.; SANTOS, R. I. N.; CASTRO, G. L. S.; RAMOS, E. M. L. S.; PINHEIRO, H. A. Ecofisiologia de plantas jovens de mogno-africano submetidas a déficit hídrico e reidratação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.48, n.1, p.9-16, 2013.
- ALMEIDA, E. I. B.; DEUS, J. A. L. D.; CORREA, M. C. M.; CRISOSTOMO, L. A.; NEVES, J. C. L. Linha de fronteira e chance matemática na determinação do estado nutricional de pitaia. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 47, n. 4, p. 744-754, 2016.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v.22, n.6, p.711-728, 2013.
- ALVES JÚNIOR, J.; BARBOSA, L. H. A.; ROSA, F. O.; CASAROLI, D.; EVANGELISTA, A. W. P.; VELLAME, L. M. African mahogany submitted to drip irrigation and fertilization. **Revista Árvore**, Viçosa, v.41, n.1, p.1-10, 2017.
- ALVES, M. S. **Produção e qualidade de mudas de mogno-africano cultivadas com solução nutritiva**. 2013. 64f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Roraima, Roraima, 2013.
- ARAUJO, M. S.; CUNHA, S. D.; D'ABADIA, K. L.; MORAIS, Y. C. R.; ROCHA, E. C.; BARRETTO, V. C. M.; COELHO, G. M. Initial growth of African mahogany plants in response to zinc fertilization, **African Journal of Agricultural Research**, Johannesburg, v.12, n.12, p.1022-1026, 2017.
- ARAÚJO, A. P.; MACHADO, C. T. T. Fósforo. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. 432p.
- BATISTA, A. F. **Mogno-africano, cultivo no estado de Minas Gerais**. Casa do Produtor Rural – ESALQ/USP. Piracicaba, p.1-8, 2010.
- BISSANI, C. A.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M. J.; CAMARGO, F. A. O. (Eds.). **Fertilidade do solo e manejo da adubação de culturas**. Porto Alegre: Editora Gênese, 2004. 328p.
- BLEVINS, D. G. An overview of nitrogen metabolism in higher plants. In: POULTON, J. E.; ROMEO, J. T.; CONN, E. E. (Eds.). **Plant nitrogen metabolism**, New York: Plenum Press, p.234-256, 1989.
- BONNEAU, X.; OCHS, R.; QUSARI, L.; NURLANI, L. L. Nutrition minérale d'écotier shy brides sur tourbe de lapépinère à l'entrée en production. **Oléagineux**, v.48, p.9-26, 1993.
- BRIGHENTI, A. M.; MULLER, M. D. Controle do capim-braquiária associado à nutrição com boro no cultivo do mogno-africano em sistema silvipastoril. **Revista Ciência Agronômica**, v.45, n.4, p. 745-751, 2014.

BRITO, V. N.; TELLECHEA, R. F.; HEITOR, L. C.; FREITAS, M. S. M.; MARTINS, M. A. Fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada na produção de mudas de paricá. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.27, n.2, p.485-497, 2017.

CABRAL, C. E. A.; CABRAL, L. S.; SILVA, E. M. B.; CARVALHO, K. S. C.; KROTH, B. E.; CABRAL, C. H. A. Resposta da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu a fertilizantes nitrogenados associados ao fosfato natural reativo. **Comunicata Scientiae**, Piauí, v.7, n.1, p.66-72, 2016.

CAIONE, G.; LANGE, A.; SCHONINGER, E. L. Crescimento de mudas de *Schizolobium amazonicum* (Huber ex Ducke) em substrato fertilizado com nitrogênio, fósforo e potássio. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 94, p. 213-221, jun. 2012.

CARDOSO, A. A. S.; SANTOS, J. Z. L.; TUCCI, C. A. F.; SILVA JUNIOR, C. H.; VENTURIN, N. Respostas nutricionais de mudas de sumaúma à adubação nitrogenada, fosfatada e potássica. **Científica**, Jaboticabal, v.44, n.3, p.421-430, 2016.

CARDOSO, A. A. S.; SANTOS, J. Z. L.; TUCCI, C. A. F.; FARIAS, E. P.; MOURA, R. P. M. Influência da acidez e do teor de fósforo do solo no crescimento inicial do mogno. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v.35, n.81, p.1-10, 2015.

CARNEVALI, N. H. S.; MARCHETTI, M. E.; VIEIRA, M. C.; CARNEVALI, T. O.; RAMOS, D. D. Eficiência nutricional de mudas de *Stryphnodendron polyphyllum* em função de nitrogênio e fósforo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.26, n.2, p. 449-461, 2016.

CARVALHO, J. C.; SANTOS, E. B.; REIS, A. R. S.; REIS, L. P.; SANTOS, J. X. Efeito de tratamentos pré-germinativos e substratos na germinação e crescimento de plântulas de mogno-brasileiro e africano. **Biota Amazônia**, Macapá, v.6, n.3, p. 84-88, 2016.

CARVALHO, A. M.; SILVA, B. T. B.; LATORRACA, J. V. F. Avaliação da usinagem e caracterização das propriedades físicas da madeira de mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.). **Cerne**, Lavras, v.16, p.106-114, 2010.

CIRIELLO, V.; GUERRINI, I. A.; BACKES, C. Doses de nitrogênio no crescimento inicial e nutrição de plantas de guanandi. **Cerne**, Lavras, v.20, n.4, p.653-660. 2014.

CORCIOLI, G.; BORGES, J. D.; JESUS, R. P. Deficiência de macro e micronutrientes em mudas maduras de *Khaya ivorensis* estudadas em viveiro. **Cerne**, Lavras, v.22, n.1, p.121-128, 2016.

COSTA FILHO, R. T.; VALERI, S. V.; CRUZ, M. C. P. Calagem e adubação fosfatada no crescimento de mudas de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. em Latossolo Vermelho-Amarelo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.23, n.1, p.89-98, 2013.

DECHASSA, N. M. K.; CLAASSEN, N.; STEINGROBE, B. Phosphorus efficiency of cabbage (*Brassica oleraceae* L. var. Capitata), carrot (*Daucus carota* L.), and potato (*Solanum tuberosum* L.). **Plant and Soil**, Austrália, v.250, p.215-224, 2003.

DIAS, M. J. T.; SOUZA, H. A.; NATALE, W.; MODESTO, V. C.; ROZANE, D. E. Adubação com nitrogênio e potássio em mudas de goiabeira em viveiro comercial. **Ciências Agrárias**, Londrina, v.33, n.1, p.2837-2848, 2012.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3 ed. Brasília: Embrapa Solos, 2013. 201p.

FRANÇA T. S. F. A, FRANÇA F. J. N, ARANGO R. A, WOODWARD B. M, ARANTES M. D. C. Natural resistance of plantation grown African mahogany (*Khaya ivorensis* and *Khaya senegalensis*) from Brazil to wood-rot fungi and subterranean termites. **International Biodeterioration & Biodegradation**, New York, v.107, n.1, p.88-91, 2016.

FRANÇA, T. S. F. A.; ARANTES, M. D. C.; PAES, J. B.; VIDAURRE, G. B.; OLIVEIRA, J. T. S.; BARAÚNA, E. E. P. Características anatômicas e propriedades físico-mecânicas das madeiras de duas espécies de mogno africano. **Cerne**, Lavras, v.21, n.4, p.633-640, 2015.

FREIBERGER, M. B.; GUERRINI, I. A.; CASTOLDI, G.; PIVETTA, L. G. Adubação fosfatada no crescimento inicial e na nutrição de mudas de pinhão-manso. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.38, n.1, p.232-239, 2014.

FREIBERGER, M. B.; GUERRINI, I. A.; GALETTI, G.; FERNANDES, D. M.; CORRÊA, J. C.; Crescimento inicial e nutrição de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.) em função de doses de nitrogênio. **Revista Árvore**, Viçosa, v.37, n.3, p.385-392, 2013.

FURLANI, A. M. C. **Nutrição mineral**. In: KERBAUY, G. B. Fisiologia vegetal. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 2004. p.40-75.

GOULART, L. M. L.; PAIVA, H. N.; LEITE, G. L.; XAVIER, A.; DUARTE, M. L. Produção de mudas de ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia*) em resposta a fertilização nitrogenada, **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v.24, n.1, p.1-9, 2017.

GUPTA, R. K.; SINGH, R. S. GUPTA, N. YADAV, A. S. Effect of phosphorus application on the transformation of iron in soil and iron nutrition of rice under two soil moisture regimes. **Journal Indian Society of Soil Science**, New Delhi, v.30, n.1, p.58-62, 1982.

HERYATI, Y.; ABDU, A.; MAHAT, M.N.; ABDUL-HAMID, H.; JUSOP, S.; MAJID, N. M.; HERIANSYAH, I.; AJANG, L.; AHMAD, K. Comparing the fertility of soils under *Khaya ivorensis* plantation and regenerated degraded secondary forests. **American Journal of Applied Sciences**, New York, v.1, n.5, p.472-480, 2011.

KAMPRATH, E. J. Enhanced phosphorus status of maize resulting from nitrogen fertilization of high phosphorus soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.52, n.1, p.522-526, 1987.

KNAPIK, J. G.; ANGELO, A. C. Pó de basalto e esterco equino na produção de mudas de *Prunus sellowii* Koehne (rosaceae). **Floresta**, Curitiba, v.37, n.3, p.427-436, 2007.

- LEAL, A. J. F.; LAZARINI, E.; RODRIGUES, L. R.; MARCANDALLI, L. H. Plantas de cobertura e modos de aplicação de calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.37, p.491-501, 2013.
- LEE, R. B., PURVES, J. V.; RATCLIFFE, R. G.; SAKER, L. R. Nitrogen assimilation and the control of ammonium and nitrate absorption by maize roots. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.256, p.1385-1396, 1992.
- LEMMENS, R. H. M. J. 2008. *Khaya ivorensis* A. Chev. [Internet] registro de Protabase. Louppe, D., Oteng-Amoako, A.A.; Brink, M. (Eds). PROTA (Recursos Vegetais da África Tropical / Recursos de l'Afrique vegetal estropicale), Wageningen, Holanda.<<http://database.prota.org/search.htm>>. Acesso em: 18 abr. 2017.
- MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. 3 ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres. 1981. 596p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2 ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações**. Piracicaba, POTAFOS, 1989. 201p.
- MARQUES, L. S.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M.; SOUZA, P. H. Crescimento de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha* J. F. Macbr.) em diferentes tipos de solos e fontes e doses de nitrogênio. **Revista Árvore**, Viçosa, v.33, n.1, p.81-92, 2009.
- MARSCHNER, P. **Mineral nutrition of higher plants**. 3 ed. London: Academic Press, 2012. 655p.
- MORO, L.; GATIBONI, L. C.; SIMONETE, M. A.; CASSOL, P. C.; CHAVES, D. M. Resposta de *Pinus taeda* com diferentes idades à adubação NPK no Planalto Sul Catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.38, p.1181-1189, 2014.
- NIKLES, D. G.; BEVEGE D, I.; DICKINSON, G. R.; GRIFFITHS, M. W.; REILLY, D. F, LEE, D. J.; Developing African mahogany (*Khaya senegalensis*) germplasm and its management for a sustainable forest plantation industry in northern Australia: progress and needs. **Australian Forestry**, Sydney, v.71, p.33-47, 2008.
- NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.) **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. 1017p.
- NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. Relação fonte-dreno de fósforo no solo. In: NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. (Eds.). **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa, MG: UFV, p.2-6, 1999.
- OFORI D. A, OPUNI-FRIMPONG E, COBBINAH J. R. Provenance variation in *Khaya* species for growth and resistance to shoot borer *Hypsipyla robusta*. **Forest Ecology and Management**, New South Wales, v.242, n.2, p.438-443, 2007.

OKSANEN, J.; F. BLANCHET, G.; FRIENDLY, M.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; MCGLINN, D.; PETER R. M.; O'HARA, R. B.; GAVIN, L. S.; PETER, S. M.; STEVENS, H. H.; SZOECS, E.; WAGNER, H. *Vegan: community ecology package*. R package version 2.4-0. **Available at**. 2016. Acessado em 15 mar. 2017. Online. Disponível em: <https://CRAN.Rproject.org/package=vegan>.

OLIVEIRA, C. S. **Efeito do fósforo no desenvolvimento inicial de plantas de mogno-africano**. 2015. 18p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual de Goiás, Ipameri, 2015.

PAIS, I.; JONES JUNIOR, J. B. **The handbook of trace elements**. Boca Raton, St. Lucie Press, 1996. 223p.

PEREZ, B. A. P.; VALERI, S. E. V.; DA CRUZ, M. C. P.; VASCONCELOS, R. T. Potassium doses for African mahogany plants growth under two hydric conditions. **African Journal of Agricultural Research**, Johannesburg, v.11, n.22, p.1973-1979, 2016.

PETRAUSKI, S. M. F. C.; MARQUES, G. M.; SILVA, M. L.; CORDEIRO, S. A.; SOARES, N. S. Competitividade do Brasil no mercado internacional de madeira serrada. **Cerne**, Lavras, v.18, n.1, p.99-104, 2012.

PINHEIRO, D. T.; PINHEIRO, A. L.; Plantio de Mogno Africano (*Khaya ivorensis* A. Chev) para a produção de madeira nobre. **Revista Pro Campo**. Universidade Federal de Viçosa – UFV, 55 ed. Ago/set 2013.

PINHEIRO, A. L.; COUTO, L.; PINHEIRO, D. T.; BRUNETTA, J. M. F. **Ecologia, silvicultura e tecnologia de utilização dos mognos-africanos (*Khaya spp.*)**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Agrossilvicultura. 2011. 102p.

POOTER, H. C. Leaf area ratio net assimilation rate of 24 wild species differing in relative growth rate. **Journal of Ecology**, London, v.18, n.1, p.553-559, 1990.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e manejo dos nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011.

R CORE TEAM. 2017. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria, **R Foundation for Statistical Computing**. Available from: <https://www.R-project.org/>. Accessed: Nov. 17, 2017.

RIBEIRO, A.; FERRAZ FILHO, C. A.; SCOLFORO, J. R. S. O Cultivo do Mogno Africano (*Khaya spp.*) e o Crescimento da Atividade no Brasil. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v.24, n.1, p.1-11, 2017.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5º Aproximação**, Viçosa, MG, 1999, 359p.

ROCHA, J. H. T.; PIETRO, M. R.; BORELLI, K.; BACKES, C.; NEVES, M. B. Produção e desenvolvimento de mudas de eucalipto em função de doses de fósforo. **Cerne**, Lavras, v.19, n.4, p.535-543, 2013.

RUFTY JR., T. W.; MACROWN, C. T.; ISRAEL, D. W. Phosphates stress effects on assimilation of nitrate. **Plant Physiology**, New York, v.94, n.1, p.328-333, 1990.

RUFTY JR., T. W.; SIDDIQI, M. Y.; GLASS, A. D. M.; RUTH, T. Altered influx in phosphorus limited plants. **Plant Science**, New York, v.76, n.1, p.43-48, 1991.

SAMPAIO, L. S. **Resposta de plantas jovens de açaí à adubação fosfatada e à inundação em solos de várzea**. 1997. 150 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.

SANTINATO, F.; CAIONE, G.; TAVARES, T. O.; PRADO, R. M. Doses of phosphorus associated with nitrogen on development of coffee seedlings. **Coffee Science**, Lavras, v.9, n.3, p.419-426, 2014.

SANTOS, V. M.; MELO, A. V.; CARDOSO, D. P.; SILVA, A. R.; BENÍCIO, L. P. F.; FERREIRA, E. A. Desenvolvimento de plantas de soja em função de bioestimulante sem condições de adubação fosfatada. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.30, n.4, p.1087-1094, 2014.

SANTOS; J. Z. L.; RESENDE, A. V.; FURTINI NETO; A. E.; CORTE; E. F. Crescimento, acúmulo de fósforo e frações fosfatadas em mudas de sete espécies arbóreas nativas. **Revista Árvore**, Viçosa, v.32, n.5, p.799-807, 2008.

SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1974. 57 p.

SCHWAMBACH, J.; FADANELLI, C.; FETT NETO, A. Mineral nutrition and adventitious rooting in microcuttings of *Eucalyptus globules*. **Tree Physiology**, Oxford, v.25, n.4, p.487-494, 2005.

SÉRVULO, A. C. O.; VELLAME, L. M.; CASAROLI, D.; ALVES JUNIOR, J.; SOUZA, P. H. African Mahogany transpiration with granier method and water table lysimeter. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.21, n.5, p.322-326, 2017.

SILVA, J. G. M.; VIDAURRE, G. B.; ARANTES, M. D. C.; BATISTA, D. C.; SORANSO, D. R.; BILLO, D. F. Qualidade da madeira de mogno africano para a produção de serrados. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.44, n.109, p.181-190, 2016a.

SILVA, L. F.; FERREIRA, G. L.; SANTOS, A. C. A.; LEITE, H. G.; SILVA, M. L. Equações hipsométricas, volumétricas e de crescimento para *Khaya ivorensis* plantada em Pirapora. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v.23, n. 3, p.362-368, 2016b.

SILVA, E. M.; NOBRE, R. G.; SOUZA, L. P.; PINHEIRO, F. W.; ANDRADE, A. B. A. Efeito da adubação nitrogenada na formação de mudas de goiabeira irrigadas com águas salinizadas. **Revista Verde**, Pombal, v.10. n.4, p.42-48, 2015.

SILVA, E. B.; TANURE, L. P. T.; SANTOS, S. R.; RESENDE JÚNIOR, P. S. Sintomas visuais de deficiências nutricionais em pinhão-mansão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.4, p.392-397, 2009.

SILVA, F. C. Análise química de tecido vegetal. In: **Manual de Análises Químicas de Solo, Plantas e Fertilizantes**. 2. (eds.). Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. p.193-204.

SILVA, A. A.; DELATORRE, C. A. Alterações na arquitetura de raiz em resposta à disponibilidade de fósforo e nitrogênio. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.8, n.2, p.152-163, 2009.

SINGH, M.; SINGH, S. P. Zinc and phosphorus interaction in submerged paddy. **Soil Science**, New York, v.129, n.3, p.171-180, 1980.

SMIDERLE, O. J.; SOUZA, A. G.; CHAGAS, E. A.; SOUZA, M. A.; FAGUNDES, P. R. O. Growth and nutritional status and quality of *Khaya senegalensis* seedlings. **Revista Ciências Agrárias**, v.59, n.1, p.47-53, 2016.

SOUZA, N. H.; MARCHETTI, M. E.; CARNEVALI, T. O.; RAMOS, D. D.; SCALON, S. P. Q.; SILVA, E. F. Estudo nutricional da canafístula (I): crescimento e qualidade de mudas em resposta à adubação com nitrogênio e fósforo. **Revista Árvore**, Viçosa, v.37, n.4, p.717-724, 2013.

STAHL, J.; ERNANI, P. R.; GATIBONI, L. C.; CHAVES, D. M.; NEVES, C. U. Produção de massa seca e eficiência nutricional de clones de *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus benthamii* em função da adição de doses de fósforo ao solo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.23, n.2, p.287-295, 2013.

STYLES, B. T.; *Swietenioideae*. In: PENNINGTON TD, STYLES BT, TAYLOR DAH (Eds.) *Meliaceae* (Flora neotropica monograph, no 28). **New York Botanical Garden**, New York, p.359-418, 1981.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**.5. (Eds.). Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.

TAVARES, S. L. R.; FRANCO, A. A.; SILVA, E. M. R. Resposta de *Acacia mangium* Willd a inoculações com rizóbio e micorriza em diferentes níveis de fósforo em solo de restinga degradado. **Holos**, Natal, v.7, n.32, p.242-257, 2016a.

TAVARES, S. L. R.; FRANCO, A. A.; SILVA, E. M. R. Resposta de sabiá *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. a inoculações com rizóbio e micorriza em diferentes níveis de fósforo em solo de restinga degradado. **Holos**, Natal, v.4, n.32, p.36-55, 2016b.

TEPONGNING, R. S.; YERBANGA, S. R.; DORI, G. U.; LUCANTONI, L.; LUPIDI G.; HABLUETZEL, A. *In vivo* efficacy and toxicity studies on *Erythrina senegalensis* and *Khaya ivorensis* used as herbal remedies for malaria prevention in Cameroon. **Europea Journal of Medicinal Plants**, London, v.3, n.3, p.454-464, 2013.

TOSTA, M. S.; ALMEIDA, J. P. N.; GÓES, G. B.; FREIRE, P. A.; MENDONÇA, V. Nitrogen fertilization in the production of seedlings of *Talisia esculenta* (A. St. Hil)



Radlk. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.21, n.7, p.443-447, 2017.

TREMACOLDI, C. R.; LUNZ, A. M.; COELHO, I. L.; BOARI, A. J. Cancro em mogno africano no estado do Pará. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v.33, n.74, p.221-225, 2013.

TROEH, F.; THOMPSON, L. M. **Solos e fertilidade do solo**. São Paulo: Editora Andrei, 2007. 718p.

TUCCI, C. A. F.; SANTOS, J. Z. L.; SILVA JÚNIOR, C. H.; SOUZA, P. A.; BATISTA, I. M. P.; VENTURIN, N. Desenvolvimento de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King.) em resposta a nitrogênio, fósforo e potássio. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, v.41, p.471-490, 2011.

TUCCI, C. A. F.; LIMA, H. N.; LESSA, J. F. Adubação nitrogenada na produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Acta Amazônica**, Manaus, v.39, n.2, p.289-294, 2009.

VANCE, C. P.; UNDE-STONE, C.; ALLEN, D. L. Phosphorus acquisition and use: Critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. **New Phytologist**, Nancy, v.157, n.1, p.423-447, 2003.

VASCONCELOS, R. T.; VALERI, S. V.; CRUZ, M. C. P.; BARBOSA, J. C.; BARRETTO, V. C. M. Fertilização fosfatada na implantação de *Khaya senegalensis* A.Juss. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.45, n.116, p.1-10, 2017.

VERZIGNASSI, J. R.; POLTRONIERI, L. S.; BENCHIMOL, R. L. Mancha-alvo em mogno-africano no Brasil. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.35, n.1, p.70-71, 2009.

VIEIRA, C. R.; WEBE, O. L. S.; SCARAMUZZA, J. F. Omissão de macronutrientes no desenvolvimento de mudas de mogno africano. **Ecologia e Nutrição Florestal**, Santa Maria, v.2, n.3, p.72-83, 2014.

WALLAU, R. L. R.; BORGES, A. R.; ALMEIDA, D. R.; CAMARGOS, S. L. Sintomas de deficiências nutricionais em mudas de mogno cultivadas em solução nutritiva. **Cerne**, Lavras, v.14, n.4, p.304-310, 2008.

WESSELS, C. B.; MALAN, F. S.; NEL, D. G.; RYPSTRA, T. Variation in strength, stiffness and related wood properties in young South- African grown *Pinus patula*. Southern Forests: a **Journal of Forest Science**, v.76, n.1, p.37-46, 2014.