



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS  
CAMPUS DE PATOS - PB**

**ERIK ALVES BAKKE**

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA NUTRICIONAL DO MOGNO AFRICANO EM VÁRZEA  
ALEGRE (CE): MICRONUTRIENTES**

**PATOS – PARAÍBA - BRASIL**

**2019**

**ERIK ALVES BAKKE**

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA NUTRICIONAL DO MOGNO AFRICANO EM VÁRZEA  
ALEGRE (CE): MICRONUTRIENTES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, da Universidade Federal de Campina Grande, *Campus* de Patos, na Área de Ecologia, Manejo e Utilização dos Recursos Florestais, como parte das exigências para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais.

**Orientador:** Prof. Dr. Jacob Silva Souto

**Patos – Paraíba – Brasil  
2019**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA DO CSTR

B167c Bakke, Erik Alves  
Composição química nutricional do mogno africano em Várzea Alegre (CE): micronutrientes / Erik Alves Bakke. – Patos, 2019.  
44f.; il.; color.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, 2019.

“Orientação: Prof. Dr. Jacob Silva Souto”.

Referências.

1. Semiárido brasileiro. 2. *Khaya ivorensis*. 3. *Khaya senegalensis*.  
I. Título.

CDU 674.03

**ERIK ALVES BAKKE**

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA NUTRICIONAL DO MOGNO AFRICANO EM VÁRZEA  
ALEGRE (CE): MICRONUTRIENTES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, da Universidade Federal de Campina Grande/CSTR, como parte das exigências para a obtenção do Título de MESTRE em CIÊNCIAS FLORESTAIS.

APROVADA EM: 01/03/2019

Prof. Dr. Jacob Silva Souto  
UFCG/PPGCF/*Campus* de Patos  
(Orientador)

Prof. Dr. Lauter Silva Souto  
UFCG/CCTA/*Campus* de Pombal  
(1º Examinador)

Dr. João Batista dos Santos  
Bolsista PNPd/CAPES/UFCG  
(2º Examinador)

## **AGRADECIMENTOS**

À minha família, pelo apoio durante toda essa jornada acadêmica e por me incentivar a buscar meus objetivos.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Jacob Silva Souto, pelos ensinamentos e correções neste projeto e pela amizade construída.

A todos os professores do PPGCF, pelos ensinamentos passados.

Aos membros da banca examinadora, pela leitura e contribuições para o trabalho.

Ao professor Dr. Olaf Andreas Bakke, pela orientação e por compartilhar a estatística do projeto.

À professora Dra. Ivonete Bakke, pelos ensinamentos e amizade.

Ao secretário do PPGCF, Paulo César, pela disponibilidade e amizade.

Ao Senhor Raimundo Sátiro pela cessão da área com o plantio de mogno africano na Fazenda Jaburu no município de Várzea Alegre, CE para o desenvolvimento desta dissertação.

Aos novos amigos e colegas, Gabi, Noturno, Whenderson, Alexsandro, Géssica, Pedro Jorge, Íkallo, Ramon, Átila, Rosivania, Maysa, Gabriela, pelas boas aulas juntos, principalmente as de campo.

À CAPES/FAPESQ, pela concessão da bolsa de estudos.

*Aos meus anos ganhos, ao apoio dos meus pais, à minha irmã, pela viagem à Chapada  
Diamantina, aos conselheiros e amigos...*

*Dedico.*

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Página</b>
<b>Figura</b> - Região de ocorrência natural aproximada de <i>Khaya senegalensis</i> no continente africano .....	14
<b>Figura 2</b> - Curva de crescimento vegetal e critério de identificação da aptidão da cultura de mogno em diferentes amplitudes térmicas com respostas de crescimento variando de acordo com a temperatura do ambiente .....	19
<b>Figura 3</b> - Mapa de localização da área experimental localizada no município de Várzea Alegre – CE .....	25
<b>Figura 4</b> - Coleta de solo na área de estudo localizada no município de Várzea Alegre – CE .....	26
<b>Figura 5</b> - Representação da copa do mogno africano, bem como sua divisão em terço superior, médio e inferior e os raios (r1, r2, r3 e r4) da projeção de copa obedecendo à orientação norte-leste-sul-oeste .....	28
<b>Figura 6</b> - Coleta das folhas com auxílio do podão (A). Coleta de folhas com auxílio de tesoura de poda (B), para análise nutricional de plantio de mogno localizado no município de Várzea Alegre – CE .....	29
<b>Figura 7-</b> Lavagem das folhas em torneira (A). Lavagem das folhas em água destilada (B). Estufa utilizada para secagem do material (C). Moinho tipo Willey utilizado na moagem das folhas (D) .....	30

## LISTA DE TABELAS

	<b>Página</b>
<b>Tabela 1-</b> Caracterização química do solo dos plantios de mogno localizado no município de Várzea Alegre – CE .....	27
<b>Tabela 2 -</b> Caracterização da textura do solo dos plantios de mogno localizado no município de Várzea Alegre – CE .....	27
<b>Tabela 3 -</b> Teores de boro ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) em folhas de mogno africano crescendo no município de Várzea Alegre (CE), em agosto de 2018 .....	32
<b>Tabela 4 -</b> Teores de cobre ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) em folhas de mogno africano crescendo no município de Várzea Alegre (CE), em agosto de 2018 .....	33
<b>Tabela 5 -</b> Teores de ferro ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) em folhas de mogno africano crescendo no município de Várzea Alegre (CE), em agosto de 2018 .....	34
<b>Tabela 6 -</b> Teores de manganês ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) em folhas de mogno africano crescendo no município de Várzea Alegre (CE), em agosto de 2018 .....	35
<b>Tabela 7 -</b> Teores de zinco ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) em folhas de mogno africano crescendo no município de Várzea Alegre (CE), em agosto de 2018 .....	36

## SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	
LISTA DE FIGURAS	
RESUMO	
ABSTRACT	
1 INTRODUÇÃO .....	11
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	13
2.1 O mogno africano no Brasil .....	13
2.2 <i>Khaya senegalensis</i> A. Juss .....	13
2.3 <i>Khaya ivorensis</i> A. Chev .....	16
2.4 Uso da madeira de <i>Khaya senegalensis</i> e <i>Khaya ivorensis</i> .....	17
2.5 Fatores climáticos que afetam o desenvolvimento do mogno africano	17
2.6 Aspectos nutricionais relacionados aos micronutrientes: boro, cobre, ferro, manganês e zinco.....	19
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	25
3.1 Localização e caracterização da área experimental .....	25
3.2 Coleta de dados e tratamentos para comparação.....	26
3.3 Caracterização físico-química do solo .....	26
3.4 Diagnose nutricional dos mognos .....	28
3.5 Análise estatística dos dados .....	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	32
5 CONCLUSÃO .....	38
REFERÊNCIAS .....	39

BAKKE, Erik Alves. **Composição química nutricional do mogno africano em Várzea Alegre (CE): micronutrientes**. 2019. 44f. Dissertação. Mestrado em Ciências Florestais. CSTR/UFCG, Patos - PB. 2019.

## RESUMO

O conhecimento das exigências nutricionais do mogno africano (*Khaya* spp.) é importante para o seu cultivo eficiente em termos de crescimento e distribuição de biomassa, principalmente nas condições do semiárido brasileiro. Como os plantios de mogno africano no Brasil são recentes, há necessidade de pesquisas sobre a nutrição desta espécie. O presente estudo objetivou avaliar o estado nutricional de plantas de mogno crescendo em condições de campo no semiárido do Estado do Ceará em diferentes idades, com ênfase nos micronutrientes essenciais. A coleta de dados ocorreu na Fazenda Jaburu, em Várzea Alegre (CE), em 4 plantios contíguos, sendo um com a espécie *Khaya ivorensis*, com 5,4 anos, um com *Khaya senegalensis*, com 5,4 anos, um com *K. ivorensis*, com 1,4 anos, e um com *K. senegalensis*, com 2,4 anos. A análise dos dados considerou duas espécies (*Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis*) em duas fases (plantas jovens de 1,4 a 2,4 anos de idade, e plantas mais velhas, com 5,4 anos de idade), resultando em 4 combinações de espécie e idade. Coletaram-se folhas recém-maduras de 40 plantas de mogno nos quatro pontos cardeais em cada plantio. O material foliar foi encaminhado para análise no Laboratório de Análise Agronômica e Ambiental – FULLIN, em Linhares – ES. Observou-se que o teor de Boro foi maior em *Khaya senegalensis*, tendendo a ser maior nas plantas mais jovens; os teores de Ferro foram maiores em *Khaya ivorensis*, principalmente nas plantas mais velhas. Pode-se concluir que as plantas das duas espécies estudadas de mogno africano são pouco exigentes em Zinco; estão bem supridas de Ferro, apresentando teores adequados para o seu pleno desenvolvimento. Os teores de Boro em *Khaya senegalensis* podem ser considerados altos quando se tem como referência outras essências florestais e, independentemente da idade das plantas e da espécie estudada, os teores foliares de micronutrientes obedeceram à seguinte ordem: B > Fe > Mn > Cu > Zn.

**Palavras-chave:** *Khaya ivorensis*, *Khaya senegalensis*, semiárido brasileiro, nutrição mineral, teores de nutrientes.

BAKKE, Erik Alves. **Composition chemical nutritional of African mahogany in Várzea Alegre (CE): micronutrients**. 2019. 44p Dissertation. Master of Science Forestry. CSTR/UFMG, Patos - PB. 2019

## ABSTRACT

Knowledge of nutritional requirements of African mahogany (*Khaya spp.*) considering growth and biomass distribution is important to its efficient cultivation, especially in Brazilian semiarid conditions. Considering that African mahogany plantations in Brazil are recent, there is a need for research on nutrition of this species. The objective of this study was to evaluate the nutritional status of mahogany plants growing in field conditions in the semiarid region of Ceará, with different ages, with emphasis on essential micronutrients. Data were collected from 4 contiguous areas: the first planted with 5.4-year-old *Khaya ivorensis* plants, the second with 5.4-year-old *Khaya senegalensis*, the third with 1.4-year-old *K. ivorensis*, and the fourth with 2.4-year-old *K. senegalensis*. Analysis of the data considered two species (*Khaya ivorensis* and *Khaya senegalensis*) in two life phases (Young 1.4-to-2.4-year-old plants and 5.4-year-old plants), resulting in four combinations of species and plant age. Freshly harvested leaves of 40 mahogany plants were collected in four cardinal points at each plantation. The leaves were sent to analysis in the Laboratory of Agronomic and Environmental Analysis - FULLIN, in Linhares - ES. Boron content was higher in *Khaya senegalensis* and showed a trend to be higher in young plants; Iron content was higher in *Khaya ivorensis*, especially in older plants. The two African mahogany plants are not very demanding for Zinc; are well supplied with Iron, presenting adequate levels for their full development. The content values of Boron in *Khaya senegalensis* leaves can be considered high compared to other forest species and, independent of studied age and species, micronutrient content values in leaf followed the decreasing order: B > Fe > Mn > Cu > Zn.

**Keywords:** *Khaya ivorensis*, *Khaya senegalensis*, Brazilian semiarid, mineral nutrition, nutrients levels.

## 1 INTRODUÇÃO

Hoje, devido à grande exploração de florestas nativas em amplas áreas do país para a formação de pastagens e remoção da vegetação lenhosa, para limpeza de áreas para a agricultura, para a produção de madeira para serraria e energia, para a implantação de projetos imobiliários ou para mineração, faz-se mister o plantio de árvores para fins de equilíbrio ambiental e econômico (MORAES NETO et al., 2003). Porém, o sucesso do estabelecimento de espécies lenhosas baseia-se em estudos sobre o crescimento de espécies vegetais e suas exigências nutricionais, principalmente no que se refere às recomendações de adubação e à nutrição dessas espécies.

Dentre as espécies exóticas introduzidas no Brasil, a *Khaya senegalensis* e a *Khaya ivorensis*, da família *Meliaceae*, originárias da África, são popularmente conhecidas como mogno africano (RIBEIRO et al., 2017). Estas espécies têm se destacado pela rápida adaptação às condições edafoclimáticas nas diversas regiões brasileiras e pela lucratividade de sua exploração no que tange à qualidade e à valorização da sua madeira. Acrescenta-se a estas características a sua utilização para revegetação de áreas devastadas no semiárido brasileiro, pela remoção das espécies lenhosas da Caatinga e redução do seu potencial de produção.

A madeira destas espécies é bastante valorizada e negociada no mundo inteiro, existindo plantios comerciais na Austrália, Ásia e América do Sul. No Brasil, a espécie *Khaya ivorensis* foi introduzida em 1976 na região Norte, sendo, em seguida, disseminada por diversos estados brasileiros, em função dos resultados positivos obtidos pela exploração de sua madeira e sementes (RIBEIRO et al., 2017). Segundo informação da Associação Brasileira de Plantadores de Mogno Africano, a área plantada com mogno no Brasil, entre 1 e 7 anos, já supera os 10.000 hectares (ABPMA, 2016).

Apesar do sucesso dos plantios comerciais de *Khaya senegalensis* e a *Khaya ivorensis*, os quais atendem parte significativa da demanda de madeira de qualidade do Brasil e de outros países, ainda são escassas informações e publicações de resultados de trabalhos científicos destas espécies em sistemas silviculturais, no que se refere ao seu crescimento e rendimento econômico, à sua produtividade e outros detalhes que esclareçam os investidores e manejadores florestais na condução da espécie.

A comercialização da madeira destas espécies atinge preço bastante elevado no mercado, tornando-se um excelente investimento a médio prazo (PINHEIRO et al., 2011). O preço FOB (*Free On Board* – expressão utilizada no comércio internacional que indica que os

custos de transporte do produto comercializado são de responsabilidade do destinatário) da sua madeira para exportação no Oeste da África, segundo a *International Tropical Timber Organization* (2016), varia de €450 a €460/m<sup>3</sup>, compensando os investimentos de implantação e manutenção dos plantios florestais, entre o sexto e o décimo segundo ano após o plantio (VASCONCELOS et al. 2017). Estes autores trazem informações de Lima (2002), afirmando que maiores receitas são obtidas entre o 17º e o 25º ano, quando é possível comercializar também as sementes para produção de mudas.

Para que haja desenvolvimento pleno de uma determinada espécie, notadamente os plantios de exóticas, necessário se faz observar, além das características da região, como o clima e suas particularidades de distribuição de chuvas, as suas exigências nutricionais, sendo possível, dessa forma, prevenir possíveis insucessos devido à deficiência ou excesso de nutrientes. Assim, a análise química do solo e das folhas é fundamental para que seja realizada, se necessário, a correção dos níveis de nutrientes do solo pela aplicação de fertilizantes.

Damasceno et al. (2012) afirmam que ocorrem variações nas exigências nutricionais para cada fase do ciclo de desenvolvimento de uma planta, sendo fundamental conhecer os nutrientes absorvidos pelas plantas e a época em que essa absorção ocorre em maior ou menor quantidade. Isto pode ser feito através de estudos da marcha de absorção e diagnose nutricional, que fornece subsídios para o parcelamento dos nutrientes, sendo possível, segundo Alves et al. (2016), mensurar a quantidade de nutrientes acumulada em cada órgão, em função do crescimento e desenvolvimento da planta, fornecendo informações importantes para a adubação e a resposta eficiente das culturas.

Aqui no Brasil, são necessárias pesquisas que determinem os níveis de nutrientes no solo e as doses adequadas de fertilizantes para garantir a produtividade dos plantios comerciais de *Khaya senegalensis*, especialmente no que se refere aos teores foliares de micronutrientes em plantios na região semiárida.

Assim, o presente estudo objetivou avaliar o estado nutricional de plantas de mogno, crescendo em condições de campo no semiárido do Estado do Ceará, em diferentes idades, com ênfase nos micronutrientes essenciais observados em suas folhas.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 O mogno africano no Brasil

De acordo com os dados da revisão sobre o mogno africano de Ribeiro, Ferraz Filho e Scolforo (2017), o mogno africano representa cinco espécies (*K. senegalensis*, *K. anthotheca*, *K. grandifoliola*, *K. ivorensise* *K. madagascarensis*), mas apenas as quatro primeiras são nativas da região tropical da África.

No Brasil, o mogno africano tem se mostrado bem adaptado a altitudes de 100 a 1.200 metros, pluviosidade entre 1.200 e 2.400 mm/ano e latitudes que se estendem de Santa Catarina até o Pará (BARROS et al., 2015). O mogno africano tem seu crescimento favorecido em solos de terra firme, em regiões de clima tropical úmido ou subtropical, respondendo bem à adubação orgânica no primeiro ano de desenvolvimento no campo (GONÇALVES; OLIVEIRA, 2009).

Gomes (2010), em estudo em duas localidades (Igarapé-PA) e no oeste do Estado de Minas Gerais, reporta que foram obtidos bons resultados com os plantios no norte do Pará no oitavo ano, mostrando-se uma cultura economicamente viável, apesar de Rosa (2014) considerar que, se não houver deficiência hídrica, mesmo que as temperaturas sejam mais baixas, como na região Sul do Brasil, o mogno africano pode apresentar crescimento satisfatório.

Como os plantios de espécies do gênero *Khaya* aqui no Brasil são recentes, há necessidade de pesquisas que envolvam aspectos nutricionais sempre que são introduzidas em um novo ambiente (PINHEIRO et al., 2011). Bevege et al. (2006) relataram sintomas de deficiência de fósforo e respostas positivas à fertilização com este nutriente, em indivíduos juvenis de plantios comerciais de *Khaya senegalensis* na Austrália.

### 2.2 *Khaya senegalensis* A. Juss.

*Khaya senegalensis* é uma *Meliaceae* arbórea africana (PINHEIRO et al., 2011), de ocorrência natural entre a Mauritânia e o Leste do Senegal até o Norte de Uganda, numa faixa entre 15 e 18° N, paralela ao Equador, que se estende do Oceano Atlântico ao Índico, compreendendo o Senegal, sul do Sudão, norte da República dos Camarões e de Uganda (FAO, 1986; JOKER; GAMÉNÉ, 2003).

Há referências de ocorrência natural da espécie registradas em diversos países do continente africano, tais como Camarões, República Centro-Africana, Chade, Costa do Marfim, Guiné Equatorial, Gâmbia, Gana, Guiné, Guiné-Bissau, Benin, Mali, Nigéria, Níger, Senegal, Sudão, Serra Leoa, Togo, Mauritânia e Uganda (NICKLES et al., 2008) (Figura 1).

**Figura 1** - Região de ocorrência natural aproximada de *Khaya senegalensis* no continente africano. Os números, junto a 11 nomes dos 19 países de ocorrência natural, representam as procedências dos propágulos usados em experimentos na Austrália.



Fonte: NICKLES et al. (2008).

*Khaya senegalensis* é encontrada em altitudes distribuídas entre 0 a 1.800 m, cuja precipitação anual varia entre 700 e 1.750 mm, e a estação seca do ano se estende por 4 a 7 meses, sendo considerada a espécie do gênero *Khaya* mais resistente à seca (JOKER; GAMÉNÉ, 2003).

Esta espécie é espontânea em diferentes condições ambientais na sua região de ocorrência natural, sendo encontrada em um gradiente ambiental que vai de matas de galeria de solos férteis até savanas mais secas, com solos lateríticos e pedregosos (ORWA et al., 2009). Apresenta variabilidade genética e fisiológica natural suficiente que possibilite o seu cultivo comercial em diferentes regiões e países (NICKLES et al., 2008), havendo relatos de desenvolvimento de espécimes introduzidos de *Khaya senegalensis* em diversos países, tais como Austrália, Cuba, Índia, Indonésia, Porto Rico, Singapura, África do Sul, Vietnã (NICKLES et al., 2008; ORWA et al., 2009) e Brasil (PINHEIRO et al., 2011).

*Khaya senegalensis* tem melhor desenvolvimento em solos úmidos, aluviais e de textura mais leve, enquanto seu crescimento é limitado em solos lateríticos de savana aberta,

solos rasos, Veretissolos e alguns Ferralsolo com laterita dura, quando o crescimento da raiz pivotante é prejudicado (ORWA et al., 2009). Porém, considerando que consegue se estabelecer e se desenvolver nessa larga faixa de variação edafoclimática, o que lhe confere ampla adaptação fisiológica e genética, esta espécie tem despertado grande interesse de sua exploração em plantios comerciais em diversos países (PINHEIRO et al., 2011).

Uma característica curiosa desta espécie se refere à dificuldade de plantios comerciais na sua região de ocorrência natural, devido ao ataque da broca *Hypsipyla robusta*. Esta praga é de difícil controle e provoca bifurcações no caule de praticamente todos os exemplares presentes na sua região de ocorrência. Porém, fora desta condição, a espécie cresce na ausência dessa broca (ARNOLD et al. 2004) e, quando introduzida no continente americano, tem se mostrado resistente à broca *Hypsipyla grandella*, que ataca o mogno brasileiro (PINHEIRO et al., 2011).

*Khaya senegalensis* possui o maior porte dentre as árvores da savana africana. Esta árvore decídua, geralmente, mede entre 15 e 20 m de altura, podendo atingir 35 m e 100 cm de diâmetro à altura do peito (DAP), com fuste sem ramificações (FAO, 1986; JOKER; GAMÉNÉ, 2003), revestido de uma casca cinzenta ou marrom-avermelhada e suportando uma copa ampla, arredondada e densa.

Suas folhas são compostas, paripinadas, com ráquis de 20 cm, contendo de 3 a 6 pares de folíolos de 7 a 11 cm de comprimento e 3 a 5 cm de largura, verde brilhante na face adaxial e cinzenta na abaxial. Suas flores são pequenas, numerosas, brancas, unissexuadas, dispostas em panículas longo-pedunculadas, sendo polinizadas por diversas espécies de insetos. A floração inicia-se ao final da estação úmida, de acordo com o clima da região em que se desenvolve, e pode se estender por vários meses (ORWA et al., 2009; NIKIEMA; PASTERNAK, 2008).

Os frutos são cápsulas lenhosas e globulares acinzentados, com diâmetro entre 5 e 6 cm, cuja deiscência se caracteriza pela abertura de quatro valvas, a qual ocorre em épocas distintas, de acordo com o local onde está plantada. Por exemplo, na Guiné, a maturação dos frutos e a abertura das valvas ocorrem de fevereiro a julho, na Costa do Marfim, de janeiro a abril, e na Tanzânia de janeiro a março. A maturidade sexual nesta espécie é tardia (a partir de 15-25 anos de idade da planta), e a dispersão de suas sementes é por anemocoria (vento) (JOKER; GAMÉNÉ, 2003). As sementes são ortodoxas (resistem à secagem e ao congelamento) e devem ser armazenadas em locais de baixa umidade (NIKIEMA; PASTERNAK, 2008).

No Brasil, *Khaya senegalensis* é conhecida como mogno africano, e a comercialização de sua madeira atinge preço bastante elevado, de modo que o seu plantio tem excelente potencial investimento de médio prazo (PINHEIRO et al., 2011).

### 2.3. *Khaya ivorensis* A. Chev.

Esta espécie foi introduzida no Brasil em 1989 e atualmente estima-se que haja aproximadamente 1.000.000 exemplares dessa espécie cultivados na Amazônia, notadamente no Estado do Pará (ABPMA, 2016). *Khaya ivorensis* é uma espécie usada em reflorestamento em alguns Estados do Brasil, para a obtenção de madeira nobre (DANQUAH et al. 2011). Seu plantio deve-se à facilidade em produzir mudas e pelo elevado valor econômico de sua madeira no mercado internacional.

No oeste Africano, local de origem dessa espécie (CARVALHO et al., 2010), há grande variação de condições ecológicas, climáticas e edáficas (DANQUAH et al., 2011), sendo tolerante à grande variação climática, pelo elevado potencial adaptativo aos ambientes tropicais da África (FIGUEIREDO, 2005). Dentre os países de origem, destacam-se Camarões, Gana, Togo, Gabão, Nigéria, Costa do Marfim e Angola, excetuando-se a região mais ao sul da Angola, na qual se localiza o deserto da Namíbia.

Por esse motivo, o mogno africano tem apresentado boa adaptação em grande parte do território brasileiro, com bom crescimento nas diferentes regiões onde é plantada. Esta plasticidade ecológica é importante, pois representa uma alternativa para a diversificação das atividades desenvolvidas em propriedades rurais localizadas em diferentes regiões, agregando valor à produção da propriedade (FIGUEIREDO, 2005).

Apesar da sua origem tropical, verifica-se crescimento satisfatório desta espécie em ambientes com temperaturas baixas, como na região Sul do Brasil, desde que não haja déficit hídrico acentuado (ROSA, 2014). De acordo com o mapa de aptidão edafoclimática do mogno africano no Brasil, a região central do Paraná é considerada apta ao cultivo, com restrições leves, devido às temperaturas médias pouco abaixo das ideais para a espécie.

Segundo Falesi; Baena (1999), *Khaya ivorensis* tem sido uma das espécies preferidas pelos reflorestadores no estado do Pará, devido ao seu alto valor no comércio internacional, ao crescimento relativamente rápido e à sua capacidade de recuperação de áreas alteradas.

O mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla*) foi muito utilizado na fabricação de móveis, devido às qualidades desejáveis de sua madeira, como, por exemplo, resistência e trabalhabilidade, de modo que exauriu as suas fontes mais acessíveis. Por esta razão e devido

à legislação ambiental brasileira que proíbe a extração da madeira do mogno brasileiro, o cultivo do mogno africano (*Kaya ivorensis*) despertou o interesse dos produtores brasileiros e tem se mostrado uma espécie que pode ser cultivada e apresentar bom crescimento e madeira com propriedades semelhantes às do mogno nativo, com a vantagem de apresentar resistência à broca *Hypsipyla grandella*, uma praga do mogno brasileiro que provoca a desvalorização comercial da madeira, visto que favorece a emissão de ramos laterais, tornando o tronco curto (FARIAS et al., 2011).

#### **2.4 Uso da madeira de *Khaya senegalensis* e *Khaya ivorensis***

A madeira produzida pelas espécies do gênero *Khaya* tem atingido valores de mercado satisfatórios no Brasil, superando espécies como o cedro (*Cedrela odorata*), o eucalipto (*Eucalyptus globulus*) e o pinus (*Pinus elliottii*). Sua madeira é valorizada para usos em marcenarias, carpintarias, construção de móveis, decorações, vagões, pisos, laminados, brinquedos, utensílios domésticos, entre outras utilidades (FAO, 1986; LAMPRECHT, 1990; NIKIEMA; PASTERNAK, 2008; ORWA et al., 2009).

A qualidade da sua madeira tem atraído investidores e, segundo informação da Associação Brasileira de Plantadores de Mogno Africano, no Brasil existem mais de 10.000 hectares cultivados, com idades de 1 a 7 anos (ABPMA, 2016).

A madeira do mogno africano é dura, densa e durável (LAMPRECHT, 1990). Segundo Joker; Gaméné (2003), possui densidade média que varia de 0,60 a 0,85 g cm<sup>-3</sup>, com alburno cor de canela e cerne vermelho-acastanhado escuro. É moderadamente resistente ao ataque de fungos, insetos e cupins (ORWA et al., 2009).

Além da madeira, suas folhas podem ser consumidas pelos animais (JOKER; GAMÉNÉ, 2003), no entanto, devido ao baixo valor nutritivo, são utilizadas como alimento para os rebanhos apenas nos períodos mais secos, em que há escassez de uma forragem de melhor qualidade disponível, ou em complementação a alimentos de valor nutritivo mais elevado (NIKIEMA; PASTERNAK, 2008; JOKER; GAMÉNÉ, 2012).

#### **2.5 Fatores climáticos que afetam o desenvolvimento do mogno africano**

O mogno africano ocorre naturalmente em florestas tropicais da África, higrófilas subcaducifólias, localizadas em altitudes baixas e de precipitação pluvial média anual entre 1.600 e 2.500 mm, tolerando períodos de estiagem de quatro meses, mas é encontrado

também em ambiente de savana e de menor precipitação. Esta espécie pode ser encontrada em pequenos grupos ou de forma isolada, geralmente em zonas de vales úmidos, resiste a inundações, porém não se adapta a longos períodos de solo seco (PINHEIRO et al., 2011.)

Falesi; Baena (1999), desenvolvendo trabalho com o consórcio de *Kahya ivorensis* e leguminosas na Amazônia brasileira, verificou que a espécie está bem adaptada ao clima e solo brasileiro, tornando-se de altíssima importância para a região, com utilização destacada pelos reflorestadores do estado do Pará.

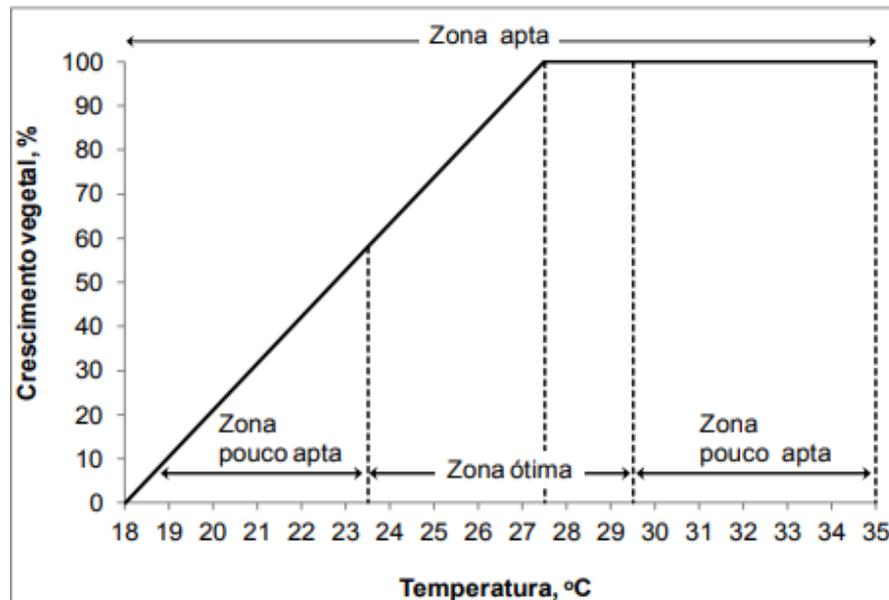
Estudos realizados no sul do Pará indicam maior presença de mogno nas margens dos igarapés sazonais como resultado dos distúrbios associados à oscilação hídrica dos igarapés entre a estação seca e a chuvosa, bem como devido à alta taxa de crescimento das mudas de mogno nas áreas baixas e de solos ricos, se comparada às das partes altas de terreno (GROGAN, 2001).

As condições ideais para o cultivo do mogno africano são solos férteis, com índice pluviométrico acima de 1.500 mm, distribuídos em 06 ou 08 meses do ano, em região de clima com verões quentes. Sua faixa de adaptação ao clima é mais abrangente do que a da teca (*Tectona grandis* L. f.) e a do cedro australiano (*Toona ciliata* var. *australis*), sendo menos exigente em fertilidade de solo (BARROS et al., 2015).

Estudos realizados com o mogno evidenciam que essa espécie é encontrada geralmente nas florestas tropicais secas e se desenvolve em temperatura anual média de 24 °C (RIBEIRO et al., 2017). Foram estabelecidos critérios de exigências edafoclimáticas para o mogno africano em função de sua origem tropical. Rosa (2014) verificou o crescimento vegetal do mogno, considerando a temperatura do ar (temperatura base, ótima e máxima) para o crescimento vegetal. Estabeleceu-se que temperaturas na faixa entre 18°C e 35 °C são aptas para o adequado crescimento e desenvolvimento do mogno africano, e que temperaturas inferiores a 18 °C e superiores a 35 °C são inaptas.

No que se refere à produtividade florestal, Ribeiro (2009) afirma que o clima é um dos fatores que pode afetar diretamente o desenvolvimento do mogno, sendo este uma variável que menos possibilita intervenções, pois permite algum controle apenas em cultivo protegido ou em áreas pequenas, nos quais se justificam investimentos financeiros. Siqueira et al. (2004) atestam que as variáveis climáticas são influenciadas pelo relevo, altitude e exposição das serras, sendo o clima um fator limitante e condicionante do cultivo das espécies florestais.

**Figura 2** - Curva de crescimento vegetal e critério de identificação da aptidão da cultura de mogno em diferentes amplitudes térmicas com respostas de crescimento variando de acordo com a temperatura do ambiente.



Fonte: Rosa (2014)

Carvalho, Silva, Latorraca (2010) sugerem o plantio do mogno africano em solos úmidos, porém bem arejados, pois o excesso de umidade causa amarelecimento das plantas. Uma limitação ao crescimento dessa espécie é a deficiência hídrica, quer seja em ambientes com baixa pluviosidade e/ou com distribuição irregular das chuvas ao longo do ano (FIGUEIREDO, 2005).

## **2.6 Aspectos nutricionais relacionados aos micronutrientes: boro, cobre, ferro, manganês e zinco**

Como os plantios de mogno africano no Brasil são recentes, há necessidade de pesquisas sobre a nutrição desta espécie, conforme relatam Pinheiro et al. (2011). Apesar da existência de poucos trabalhos relacionados à adubação na cultura do mogno africano (PEREZ et al., 2016; SMIDERLE et al., 2016), quando se trata da adubação com micronutrientes, as informações são ainda mais escassas. Mesmo requeridos em pequenas quantidades, os micronutrientes são de grande importância para o desenvolvimento das plantas, pois participam das principais funções metabólicas dentro das células, e sua carência pode acarretar grandes perdas na produtividade (CORCIOLI et al., 2016).

Bernardi (2012) afirma que a prática da adubação é muito dispendiosa, porém é o principal fator de promoção de desenvolvimento de uma planta, em que o conjunto das técnicas de aplicação e as doses que atendam às exigências mínimas destas formam uma metodologia que garanta a eficiência da fertilização em cultivos florestais, garantindo o crescimento acelerado e a alta produtividade.

Os nutrientes, segundo Epstein; Bloom (2006), exercem funções específicas e vitais ao metabolismo das plantas, visto que, em cada espécie, verifica-se uma exigência individualizada, devendo ser essas doses definidas para o melhor aproveitamento da capacidade produtiva da espécie. Dessa forma, quando um nutriente está em quantidade inferior à real necessidade da planta, é comum se verificar o mau desenvolvimento e a susceptibilidade dos indivíduos a pragas e doenças.

O boro é um nutriente essencial ao desenvolvimento das plantas, e sua disponibilidade pode ser influenciada pelo pH, matéria orgânica, teor de óxidos de ferro e de alumínio, entre outros fatores intrínsecos ao solo (SOUZA et al., 2011). Para Faquin (2005), o conteúdo de boro total nos solos é bastante variado, citando-se valores de 20 a 200 mg.kg<sup>-1</sup>, e pequena fração deste está na forma disponível às plantas, variando de 0,4 a 5 mg.kg<sup>-1</sup>, sendo absorvido pela planta na forma de ácido bórico não dissociado H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (MALAVOLTA et al., 1997).

O boro possui importante papel na estruturação da parede celular, na formação de novos tecidos, crescimento radicular e também na produtividade, além de possuir relativa mobilidade no floema de algumas espécies florestais (SIEBENEICHLER et al., 2005; MATTIELLO et al., 2009; HODECKER et al., 2014).

Melo et al. (2015), desenvolvendo trabalho com o mogno africano na Universidade Federal de Goiás, verificaram que as mudas dessa espécie são sensíveis a doses elevadas de boro, apresentando um comportamento tóxico através do decréscimo na produção de fitomassa de folhas, caule e raízes. Isto também é preocupação para outros autores (REIS et al., 2012; BRIGHENTI; MULLER, 2014), ao afirmarem que a dosagem adequada de boro a ser fornecida às plantas é muito relativa, sendo uma das maiores preocupações nas adubações em função da estreita relação entre o nível adequado e o tóxico do micronutriente. Cabe ressaltar que a dose ótima de boro para determinada espécie, segundo os autores supramencionados, pode promover o retardo do crescimento de outras.

Mudas de mogno africano (*Khaya senegalensis*) desenvolvendo-se em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, no *Campus* Ipameri/UFG, segundo Araújo et al. (2017), foram bastante sensíveis a doses elevadas de B (> 2,0 mg dm<sup>-3</sup>), apresentando redução no crescimento do sistema radicular e da parte aérea.

Corcioli (2013), ao induzir e caracterizar os sintomas de deficiências de boro em mudas de *Khaya ivorensis*, através do diagnóstico pelo método visual e por meio de análise química, constatou que as mudas de mogno africano submetidas à omissão deste nutriente apresentaram os primeiros sintomas de deficiência aos 40 dias após o início da utilização da solução nutritiva, observando-se a diminuição em seu ritmo de crescimento e as folhas novas e velhas com tamanho reduzido. Os sintomas mais evidentes da falta do boro ocorreram a partir dos 60 dias após a utilização da solução nutritiva, quando as folhas jovens começaram a apresentar deformações por todo o limbo, com ondulações na lâmina foliar, enrolamento das bordas e alterações na forma. Com a evolução da deficiência, as folhas velhas apresentaram deformações no limbo foliar e necrose no ápice, que progrediam lentamente para a base. Os ponteiros ficaram bastante comprometidos na ausência deste nutriente, ocorrendo morte da gema apical e brotações laterais.

O cobre, segundo Faquin (2005), absorvido pelas plantas preferencialmente como  $\text{Cu}^{2+}$ , tende a se acumular nas raízes, e, no processo de absorção ativa, há competição com o zinco pelos mesmos sítios do carregador. A concentração considerada ótima de cobre para a maioria das plantas, geralmente, está entre 5,0 e 20  $\text{mg kg}^{-1}$  na matéria seca. Existe probabilidade de deficiência quando os teores de cobre na matéria seca encontram-se em níveis inferiores a 4,0  $\text{mg kg}^{-1}$ . Nas plantas deficientes em cobre, segundo este autor, as folhas novas tornam-se inicialmente verde-escuras e com aspecto flácido, com tamanho desproporcionalmente grande. As folhas encurvam-se para baixo, e as nervuras podem ficar salientes.

Malavolta et al. (1997) afirmam que as principais funções do cobre estão associadas à fotossíntese, pois cerca de 70% do cobre das folhas estão nos cloroplastos como proteínas complexas e a fixação simbiótica do  $\text{N}_2$ , pois, em plantas deficientes em cobre, a nodulação é diminuída, reduzindo também a fixação de nitrogênio. Além dessas funções, Faquin (2005) sustenta que a principal função do cobre no metabolismo vegetal é como ativador ou componente de enzimas que participam de reações de oxi-redução. Estas enzimas contendo cobre atuam no transporte eletrônico com mudança de valência - plastocianina, lacase, oxidase do ácido arcórbico e complexo da oxidase do citocromo, e no transporte eletrônico sem mudança de valência - oxidase da amina, tirosinase, oxidase da galactose.

Corcioli (2013), ao induzir e caracterizar os sintomas de deficiências de cobre em mudas de *Khaya ivorensis*, através do diagnóstico pelo método visual e por meio de análise química, verificou que as plantas submetidas ao tratamento com omissão de cobre manifestaram os primeiros sintomas de deficiência aos 60 dias após o início da utilização da

solução nutritiva, apresentando diminuição em seu crescimento e folhas novas e velhas com tamanho menor que o normal. As folhas jovens apresentaram deformações por todo o limbo, com ondulações na lâmina foliar, enrolamento das margens para baixo e bordos recortados. Com o avanço da deficiência, as folhas velhas apresentaram clorose e progrediram para necrose do ápice para a base e das margens para o centro da folha. As deformações no limbo foliar também atingiram as folhas velhas. Os ponteiros ficaram bastante comprometidos na ausência do cobre, com bifurcações, brotações laterais e morte da gema apical.

Wallau et al. (2008) observaram folhas novas de mudas de mogno com manchas necróticas entre as nervuras e nas bordas ao crescerem em solução nutritiva com todos os nutrientes, mas com omissão do cobre.

Segundo Faquin (2005), a concentração de ferro nos tecidos vegetais, considerada adequada, varia normalmente entre 50 e 250 mg kg<sup>-1</sup> na matéria seca. Geralmente, teores menores de 50 mg kg<sup>-1</sup> indicam problemas de deficiência do elemento. A forma preferida de absorção do ferro pelas plantas é Fe<sup>2+</sup> (ferroso).

O ferro é componente de uma série de enzimas, sendo que a maioria delas participa de reações de oxi-redução no metabolismo, em que há mudança reversível de valência (Fe<sup>2+</sup> para Fe<sup>3+</sup>). Também desempenha função estrutural nos quelatos e fitoferritina, e é constituinte ou ativador da heme peroxidase; citocromos a, a<sub>3</sub>, b<sub>2</sub>, b<sub>3</sub>, b<sub>6</sub>, f; hemoglobina (leg); redutase de sulfito; ferredoxina; desidrogenase succínica; nitrogenase; redutase de nitrito; redutase de nitrato; hidrogenase e aconitase, além de participar dos processos de fotossíntese, respiração, fixação biológica de nitrogênio e assimilação de nitrogênio e enxofre (MALAVOLTA et al., 1997; FAQUIN, 2005).

Corcioli et al. (2016), desenvolvendo trabalho em Goiânia (GO), objetivando estudar os aspectos relacionados à nutrição mineral em mudas de mogno africano (*Khaya ivorensis*), avaliando o desenvolvimento e a composição mineral das plantas submetidas à omissão de macro e dos micronutrientes em mudas prontas para plantio, verificaram que os teores de ferro analisados ficaram bem superiores aos descritos por Malavolta et al. (1997) para espécies florestais, indicando grande exigência nutricional das plantas de mogno africano por esse micronutriente.

No tratamento com omissão de ferro na solução nutritiva, Corcioli (2013) verificou que as plantas de mogno africano começaram a apresentar os primeiros sintomas de deficiência aos 40 dias após o início da utilização da solução nutritiva, caracterizados pela diminuição em seu ritmo de crescimento, folhas novas e velhas com tamanho reduzido e deformações nas margens das folhas novas. Com a evolução da deficiência, as folhas jovens

apresentaram clorose e nervuras pronunciadas na cor verde. As margens das folhas velhas e intermediárias apresentavam-se com margens enroladas e bordos necrosados e, também, coloração castanha por todo o limbo. As plantas tiveram o ponteiro apical bifurcado, com várias brotações laterais tortuosas.

No que concerne ao manganês, a sua principal forma de absorção pelas plantas é o  $Mn^{2+}$ , que se pode encontrar adsorvido aos coloides, solúvel na solução do solo na forma iônica (pequena concentração) ou na forma de quelado. Três fatores principais afetam a disponibilidade do Mn no solo: o pH, a atividade biológica e o potencial redox (MALAVOLTA; KLIEMANN, 1985). Sob condições de solo ácido, a disponibilidade é alta devido à maior solubilidade dos compostos que o contêm. A diminuição do potencial de oxirredução do solo, pela inundação, por exemplo, favorece a solubilização dos óxidos de manganês, e maiores teores de  $Mn^{2+}$  são observados, o que pode alcançar níveis tóxicos para as culturas (FAQUIN, 2005).

Segundo Malavolta et al. (1997), o manganês tem propriedades químicas semelhantes às de metais alcalino-ferrosos, como  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$ , e de metais pesados, como o ferro e o zinco. Por isso, esses cátions podem inibir sua absorção e transporte. Por sua vez, o manganês inibe a absorção dos elementos mencionados acima, principalmente o ferro.

O manganês participa de ligações energéticas entre ATP e complexo enzimático, é requerido na fotossíntese e na fotólise da água com liberação de oxigênio. Para Büll (1993), o manganês é um importante ativador de enzimas, como a descarboxilase e a desidrogenase, além de participar do metabolismo do nitrogênio.

Corcioli (2013), ao induzir e caracterizar os sintomas de deficiências de manganês em mudas de *Khaya ivorensis*, através do diagnóstico pelo método visual e por meio de análise química, verificou que, nas plantas de mogno africano não supridas com este nutriente, os primeiros sintomas de deficiência foram observados aos 40 dias após o início do tratamento. Estas apresentaram diminuição em seu ritmo de crescimento e folhas novas com tamanho reduzido. As folhas jovens apresentaram coloração amarelo-esverdeada, diferente do tom avermelhado característico na espécie. Posteriormente, essas folhas apresentaram pontos necrosados em todo o limbo. Persistindo a deficiência de manganês, as folhas intermediárias apresentaram clorose, nervuras arroxeadas bem evidentes e deformações.

Faquin (2005) comenta que a absorção radicular do zinco ( $Zn^{2+}$ ) dá-se ativamente, embora, nas raízes, cerca de 90% do elemento ocorram em sítios de troca ou adsorvidos nas paredes das células do parênquima cortical. Para Malavolta et al. (1997), ao lado do boro, o zinco é o micronutriente que mais frequentemente promove deficiência nas culturas nos solos

das regiões tropicais. A concentração ótima de zinco, de acordo com as espécies, varia de 20 a 120 mg kg<sup>-1</sup> na matéria seca das plantas. Deficiências de zinco são usualmente associadas com teores menores que 20 mg kg<sup>-1</sup> e toxidez acima de 400 mg kg<sup>-1</sup>.

No tratamento com solução nutritiva sem zinco, plantas de mogno africano começaram a apresentar os primeiros sintomas de deficiência aos 60 dias após o início da aplicação da solução nutritiva, evidenciando diminuição em seu ritmo de crescimento e folhas novas amareladas, estreitas e alongadas. As folhas jovens apresentaram deformações com margens recortadas e pontas enroladas para baixo. Ao final do período experimental, as plantas apresentavam encurtamento dos internódios, perda da dominância apical e brotações laterais (CORCIOLI, 2013).

Devido à pouca mobilidade, os sintomas de deficiência de zinco manifestam-se nas folhas mais novas. Os sintomas mais típicos da carência do elemento consistem no encurtamento dos internódios e na produção de folhas novas pequenas, cloróticas e lanceoladas e formação de tufos na ponta de ramas das plantas perenes (FAQUIN, 2005). No que diz respeito à qualidade da colheita, o zinco estimula o crescimento e a frutificação das plantas (MALAVOLTA et al., 1997).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

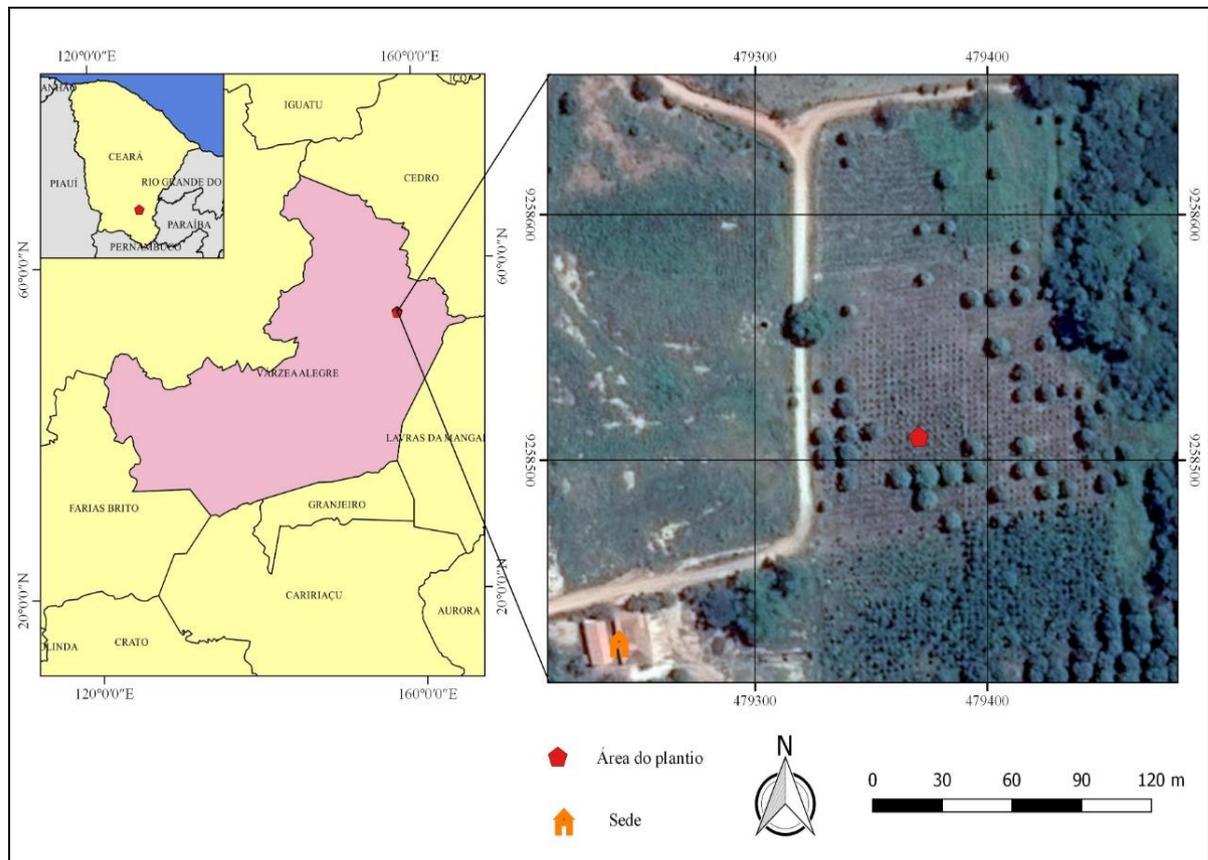
#### 3.1 Localização e caracterização da área experimental

O município de Várzea Alegre situa-se na porção sudeste do estado do Ceará, limitando-se com os municípios de Caririçu, Granjeiro, Farias Brito, Cedro, Lavras da Mangabeira e Cariús, compreendendo uma área de 704 km<sup>2</sup>.

Os Argissolos predominam na região, tendo estabelecida a vegetação de caatinga arbustiva aberta e caatinga arbórea (floresta caducifólia espinhosa).

O experimento foi desenvolvido na Fazenda Jaburu, localizada no município de Várzea Alegre – CE, região do Cariri Cearense, situada entre as coordenadas 06°42'32,26" S e 39°11'15,73' O, com aproximadamente 297 m de altitude, sendo utilizada uma área de aproximadamente quatro hectares (Figura 3).

**Figura 3** - Mapa de localização da área experimental no município de Várzea Alegre – CE..



Fonte: Google Earth (2016); IBGE (2015).

O clima da região de acordo com a classificação de Álvares et al. (2014) se enquadra no tipo BSh, semiárido, apresentando médias térmicas anuais superiores a 27 °C com distribuição de chuvas irregulares com início no mês de janeiro, estendendo-se até o mês de junho. A precipitação pluviométrica média anual oscila em torno de 900 mm (CPRM, 1998).

Na área onde atualmente está implantado os plantios de mogno africano, antes era utilizada para o cultivo de gramíneas para formação de pastagem para bovinos, culturas de sequeiro (feijão e milho), fruteiras e até café.

### 3.2 Coleta de dados e tratamentos para comparação

A coleta de dados ocorreu na Fazenda Jaburu, em Várzea Alegre (CE), em 4 plantios contíguos, um com a espécie *Khaya ivorensis* com 5,4 anos, um com *Khaya senegalensis* com 5,4 anos, um com *K. ivorensis* com 1,4 anos, e um com *K. senegalensis* com 2,4 anos.

### 3.3 Caracterização físico-química do solo

Para determinação dos atributos químicos e da textura do solo foram coletadas em cada área onde está sendo cultivado o mogno africano, de maneira aleatória, um total de oito amostras simples na profundidade de 0,0 a 20 cm, sendo posteriormente homogeneizadas para a retirada de amostra composta que foi encaminhada ao Laboratório de Solos e Água da UFCG/CSTR.

A coleta foi realizada com o auxílio de uma enxadinha para limpeza da superfície do solo e retirada da matéria orgânica depositada na superfície do solo, para evitar qualquer tipo de contaminação no material coletado (Figura 4).

**Figura 4** - Coleta de solo na área de estudo localizada no município de Várzea Alegre – CE.



Fonte: Dados da pesquisa.

As análises seguiram a metodologia preconizada por Donagema et al. (2011), sendo determinados os seguintes atributos químicos do solo: pH, teores de fósforo, cálcio, magnésio, potássio, sódio, hidrogênio + alumínio. De posse dos resultados, foram calculadas a soma de bases, CTC total e a saturação por bases. Foi também determinada a textura do solo pelo método da pipeta (DONAGEMA et al., 2011). Este método baseia-se na velocidade de queda das partículas que compõem o solo. Fixa-se o tempo para o deslocamento vertical na suspensão do solo com água, após a adição de um dispersante químico (soda ou calgon). Pipeta-se um volume da suspensão, para determinação da argila que seca em estufa é pesada. As frações grosseiras (areia fina e grossa) são separadas por tamisação, secas em estufa e pesadas para obtenção dos respectivos percentuais. O silte corresponde ao complemento dos percentuais para 100%. É obtido por diferença das outras frações em relação à amostra original (Tabelas 1 e 2).

**Tabela 1** - Caracterização química do solo dos plantios de mogno localizado no município de Várzea Alegre – CE.

	pH	P	Ca	Mg	K	Na	H + Al	T	V
	CaCl <sub>2</sub> 0,01M	mg.dm <sup>-3</sup>	----- cmolc dm <sup>-3</sup> -----			----- %			
Ki 1,4*	5,9	48,9	5,1	2,9	0,61	0,26	1,6	10,53	84,81
Ks 2,4	6,3	57,6	5,5	3,5	0,67	0,22	1,3	10,88	88,05
Ks 5,4	6,6	55,3	6	3,6	0,36	0,26	1,2	11,56	89,62
Ki 5,4	6,3	57,6	5,5	2,5	0,5	0,22	1,5	10,02	85,04

Ki = *Khaya ivorensis*; Ks = *Khaya senegalensis*

**Tabela 2** - Caracterização da textura do solo dos plantios de mogno localizado no município de Várzea Alegre – CE.

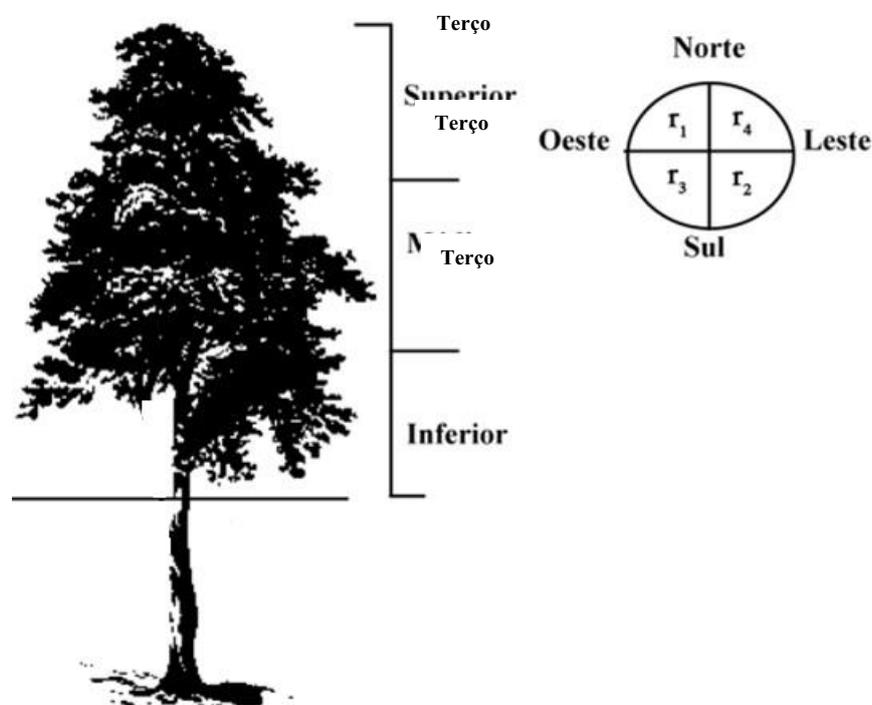
Tratamentos	GRANULOMETRIA			CLASSE TEXTURAL
	g kg <sup>-1</sup>			USDA
	AREIA	SILTE	ARGILA	
Ki 1,4*	686	118	196	Franco arenoso
Ks 2,4	646	158	196	Franco arenoso
Ks 5,4	545	198	257	Franco argilo-arenoso
Ki 5,4	505	198	297	Franco argilo-arenoso

Ki = *Khaya ivorensis*; Ks = *Khaya senegalensis*

### 3.4 Diagnose nutricional dos mognos

Ao avaliar a diagnose nutricional das espécies de mogno, foi feito o caminhamento em ziguezague, no qual foram escolhidos 20 indivíduos centrais de cada tratamento para evitar o efeito de bordadura, sendo coletadas cinco folhas recém-maduras no terço mediano da copa das árvores, nos quatro pontos cardeais de cada indivíduo sem indícios de qualquer tipo de necrose ou doença (Figura 5).

**Figura 5** - Representação da copa do mogno africano, bem como sua divisão em terço superior, médio e inferior e os raios ( $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_3$  e  $r_4$ ) da projeção de copa obedecendo à orientação norte-leste-sul-oeste.



Fonte: Adaptado de WINK et al. (2012).

A coleta foi realizada com o auxílio de um podão e uma tesoura de poda (Figura 6A e 6B). As folhas coletadas foram acondicionadas em sacos de papel e trazidas para o Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas da UFCG/CSTR. As amostras foram identificadas quanto ao número do tratamento correspondente e da repetição.

**Figura 6** - Coleta das folhas com auxílio do podão (A). Coleta de folhas com auxílio de tesoura de poda (B), para análise nutricional de plantio de mogno localizado no município de Várzea Alegre – CE



Fonte: Dados da pesquisa

Ao chegarem em laboratório, as amostras passaram por quatro processos antes de serem analisadas quimicamente. O primeiro processo realizado foi a descontaminação das amostras, através da lavagem em água corrente na torneira, sendo estas posteriormente submetidas à lavagem em água destilada (Figura 7 A e B). Após o procedimento de descontaminação, as folhas foram colocadas em sacos de papel e levadas à estufa com circulação forçada de ar, a uma temperatura de 65°C, por cerca de 96 horas, tempo este em que o material se apresentou seco, mantendo seu peso constante (Figura 7C). Após a secagem, o material foliar foi encaminhado para moagem no Laboratório de Nutrição Animal da UFCG/CSTR, no qual foi utilizado moinho do tipo Willey, com facas de aço inoxidável, passando em peneira de 01 mm de malha (Figura 7 D).

**Figura 7** - Lavagem das folhas em torneira (A). Lavagem das folhas em água destilada (B). Estufa utilizada para secagem do material (C). Moinho tipo Willey utilizado na moagem das folhas (D).



Fonte: Dados da pesquisa

Após a realização destes procedimentos as amostras foram armazenadas em frascos plásticos de polietileno, identificados pelo respectivo tratamento e repetição, e encaminhadas para a análise laboratorial no Laboratório de Análise Agronômica e Ambiental – FULLIN, localizado no município de Linhares – ES.

Para determinação dos teores de micronutrientes presentes no tecido foliar, foi utilizada a metodologia preconizada por Malavolta et al. (1997), sendo o boro determinado

por digestão por via seca, e os demais micronutrientes (cobre, ferro, manganês e zinco) em digestão nítrico-perclórica.

### **3.5 Análise estatística dos dados**

A análise dos dados considerou duas espécies (*Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis*) em duas fases (plantas jovens, de 1,4 a 2,4 anos de idade, e plantas mais velhas com 5,4 anos de idade), ou seja, 4 situações resultantes das 4 combinações de espécie e idade, cada combinação com cinco repetições. As médias dos teores dos micronutrientes (Boro, Cobre, Ferro, Manganês e Zinco) foliares das quatro situações foram comparadas entre si, de modo a testar a diferença entre plantas jovens e mais velhas de cada espécie, e entre espécies na situação jovem (entre 1,4 e 2,4 anos) e mais velhas (5,4 anos), utilizando-se do teste ‘t’ entre duas médias independentes com variâncias semelhantes ou não, conforme as variâncias das médias envolvidas em cada comparação. Para o Boro, foram comparadas, também, pelo teste ‘t’, as médias entre espécies, como também as médias entre plantas jovens e mais velhas. O nível de significância adotado foi variável (1, 5 e 10%), conforme indicado no texto para cada situação.

#### 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do presente estudo serão apresentados na forma de tabelas.

Na Tabela 3, encontram-se os teores de boro nas folhas de plantas de jovens e mais velhas de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis*.

**Tabela 3-** Teores de boro ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) em folhas de mogno africano crescendo no município de Várzea Alegre (CE), em agosto de 2018.

Idade	<i>Khaya ivorensis</i>	<i>Khaya senegalensis</i>	Média
Plantas jovens	78,4	92,8	85,6a
Plantas mais velhas	66,2	80,8	73,5b
Média	72,3b	86,8a	

Fonte: Dados da pesquisa

Observa-se, na Tabela 3, que os teores de boro nas folhas de *Khaya ivorensis* são menores ( $p < 5\%$ ) que aqueles encontrados em *Khaya senegalensis*, considerando o conjunto das plantas jovens e mais velhas. No que concerne à idade, verifica-se que as plantas mais jovens tendem a ter maiores teores de boro do que as plantas mais velhas ( $p < 10\%$ )

Os teores de boro encontrados no presente estudo são superiores àqueles considerados adequados para outras espécies florestais por Malavolta et al. (1997). Para a araucária, os teores adequados são de  $10 \text{ mg kg}^{-1}$ . Já para *Eucalyptus sp*, *Pinus sp* e *Hevea sp.*, os autores supramencionados afirmam que os teores adequados de boro estão na faixa de 40 – 50, 20 – 30 e 20 – 70  $\text{mg kg}^{-1}$ , respectivamente.

De acordo com Malavolta (1980), o boro, juntamente com o zinco, são os micronutrientes que se mostram mais deficientes nos solos brasileiros. No entanto, Araújo et al. (2017) afirmam que, quando se for fazer adubação em plantios de mogno-africano (*Khaya senegalensis*), há que se ter o máximo de cuidado, tendo em vista que esta espécie é muito sensível a doses elevadas de boro ( $>2,0 \text{ mg dm}^{-3}$ ), apresentando redução no crescimento do sistema radicular e da parte aérea.

O boro é um nutriente essencial para as plantas e é absorvido na sua forma iônica  $H_3BO_3$ . Esse nutriente atua no metabolismo de carboidratos e transportes de açúcares através das membranas, na formação da parede celular, divisão celular e movimento da seiva. A maior fornecedora do boro é a matéria orgânica do solo. Quando da coleta de dados nos plantios de mogno africano na Fazenda Jaburu - CE, constatou-se que havia sobre o solo uma grande quantidade de folhas das espécies cultivadas, algumas já em estágio avançado de decomposição, o que se infere que o referido solo deva ter teores elevados de matéria orgânica. Ressalte-se que não foi feita a determinação dos teores de matéria orgânica do solo no presente estudo.

Os valores referentes aos teores de cobre nas plantas de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis* estão dispostos na Tabela 4. Nota-se que o teor de cobre nas folhas de plantas jovens e mais velhas é semelhante ( $p > 5\%$ ) para as duas espécies.

**Tabela 4** - Teores de cobre ( $mg\ kg^{-1}$ ) em folhas de mogno africano crescendo no município de Várzea Alegre (CE), em agosto de 2018

Idade	<i>Khaya ivorensis</i>	<i>Khaya senegalensis</i>	Média
Plantas jovens	9,8	9,8	9,8
Plantas mais velhas	9,0	11,8	10,4
Média	9,4	10,8	

Fonte: Dados da pesquisa

Gonçalves (1995) apresenta como faixa de concentração adequada de cobre para duas espécies florestais exploradas no Brasil, o *Eucalyptus* e o *Pinus*,  $7,0 - 10,0\ mg\ kg^{-1}$  e  $4,0 - 7,0\ mg\ kg^{-1}$ , respectivamente. Vê-se, portanto, que os teores de cobre encontrados em folhas de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis*, no município de Várzea Alegre (CE), são superiores àqueles considerados adequados para o *Pinus*.

É sabido, há muito, que o cobre é um elemento mineral essencial para o crescimento das plantas, exercendo funções na síntese de proteínas, no metabolismo de carboidratos e na fixação simbiótica de  $N_2$  (MARSCHNER, 1995). No entanto, segundo Kabata-Pendias; Pendias (2001), concentrações desse nutriente na faixa entre  $20-100\ mg\ kg^{-1}$  na matéria seca da parte aérea são consideradas tóxicas para um grande número de espécies manifestadas pelo

menor desenvolvimento das raízes com reflexos na absorção de água e nutrientes (MENGEL; KIRKBY, 2001). Não foram observados na literatura níveis críticos de toxidez e os sintomas de fitotoxidez de cobre para *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis*.

A deficiência de cobre, segundo Kirkby; Romheld (2007), diminui a atividade das enzimas polifenoloxidase, ascorbato oxidase e diamino oxidase, levando ao acúmulo de fenóis e à diminuição da lignificação e de substâncias melanóticas. Este papel do cobre no metabolismo secundário, segundo esses autores, indica uma função importante do elemento para conferir à planta resistência a doenças. A formação da lignina significa uma barreira mecânica contra a entrada de organismos, assim como a produção de substâncias melanóticas também aumenta a resistência, pois alguns desses compostos são ativos como fitoalexinas, as quais inibem a germinação de esporos e o crescimento fúngico.

Os teores de cobre encontrados nas folhas de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis* (Tabela 4) não indicam que estas plantas não estão tendo problemas de deficiência de cobre. A falta deste nutriente afeta o crescimento reprodutivo (formação de grãos, sementes e frutos) muito mais do que o crescimento vegetativo. Nas flores de plantas adequadamente supridas com cobre, as anteras (contendo pólen) e os ovários têm o maior teor e demanda deste nutriente. Assim, o pólen proveniente de plantas deficientes em cobre não é viável (AGARWALA et al., 1980).

Na Tabela 5, são apresentados os teores médios de ferro em folhas de mogno africano em plantas consideradas jovens (1,4 e 2,4 anos de idade) e plantas mais velhas (5,4 anos de idade), conforme descrito na metodologia do presente trabalho.

**Tabela 5** - Teores de ferro ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) em folhas de mogno africano crescendo no município de Várzea Alegre (CE), em agosto de 2018

Idade	<i>Khaya ivorensis</i>	<i>Khaya senegalensis</i>	Média
Plantas jovens	141aB*	101bB	121,0
Plantas mais velhas	211aA	121bA	166,2
Média	176,1	111,0	

\*Médias seguidas por letras minúsculas na horizontal e maiúscula na vertical não diferem estatisticamente entre si pelo teste F ( $p < 1\%$ ).

Fonte: Dados da pesquisa

Observa-se que, quando jovens, as plantas de *Khaya ivorensis* têm mais ferro nas folhas do que as plantas de *Khaya senegalensis* ( $p < 1\%$ ). Esse mesmo comportamento se dá, também, quando as plantas são mais velhas, porém com teores mais elevados e com uma diferença mais acentuada entre as espécies, se comparado ao observado em plantas jovens destas espécies.

Faquin (2005) afirma que as faixas de teores de ferro entre 50 e 250 mg kg<sup>-1</sup> são consideradas como suficientes para a boa nutrição das culturas. Já valores de 1000 mg kg<sup>-1</sup> geralmente estão associadas à toxicidade, afirma o autor. Sendo assim, pode-se afirmar que os teores de ferro encontrados nas folhas de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis*, no presente estudo, podem ser considerados como adequados para as espécies de mogno africano.

Malavolta et al. (1997) afirmam que teores foliares de ferro adequados para araucária, pinus e seringueira são da ordem de 25, 50 – 100 e 70 - 90 mg kg<sup>-1</sup>. Em sendo assim, os teores encontrados no presente estudo são superiores aos destas espécies florestais. Já com relação ao eucalipto, os autores atestam que a faixa ideal para teores de ferro nas plantas é de 150 – 200 mg kg<sup>-1</sup>, valores estes que se enquadram mais para as plantas de *Khaya ivorensis* do que para as de *Khaya senegalensis* do presente estudo.

Observam-se na Tabela 6, os valores referentes aos teores de manganês em plantas de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis* cultivadas e crescendo na Fazenda Jaburu, em Várzea Alegre (CE), no mês de agosto de 2018.

**Tabela 6** - Teores de manganês (mg kg<sup>-1</sup>) em folhas de mogno africano crescendo no município de Várzea Alegre (CE), em agosto de 2018.

Idade	<i>Khaya ivorensis</i>	<i>Khaya senegalensis</i>	Média
Plantas jovens	25,8	24,0	24,9
Plantas mais velhas	25,8	26,8	26,3
Média	25,8	25,4	

Fonte: Dados da pesquisa

Constata-se, portanto, que as variações nos teores de manganês nas folhas de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis* não são significativas ( $P > 5\%$ ) ao longo do tempo e entre espécies.

O nível crítico de manganês para a maioria das culturas, segundo Faquin (2005), varia de 10 a 20 mg.kg<sup>-1</sup>, na matéria seca das folhas maduras. Esse autor afirma que as leguminosas parecem ser mais sensíveis à deficiência de manganês devido, possivelmente, ao efeito negativo da toxicidade sobre o processo de fixação biológica do nitrogênio. O manganês é absorvido ativamente pelo sistema radicular da planta como Mn<sup>2+</sup>. O transporte do manganês no xilema via corrente transpiratória se faz na forma de Mn<sup>2+</sup>, devido, possivelmente, à baixa estabilidade do quelado de Mn.

Vale ressaltar que o manganês desempenha as seguintes funções na planta (MALAVOLTA et al., 1997): atua na fotossíntese, por participar na liberação fotoquímica do O<sub>2</sub> na clássica reação de Hill efetuada pelos cloroplastos; redução do nitrato e defesa contra doenças, pois, entre todos os micronutrientes, o manganês parece ser o mais importante no desenvolvimento de resistência às doenças fúngicas das raízes e das folhas.

A faixa de concentração adequada de manganês para duas espécies florestais exploradas no Brasil, o *Eucalyptus* e o *Pinus*, é de 400,0 – 600,0 mg kg<sup>-1</sup> e 250,0 – 600,0 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente (GONÇALVES, 1995). Vê-se, portanto, que os teores de manganês encontrados em folhas de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis* no município de Várzea Alegre (CE) são muito inferiores àqueles considerados adequados para o *Eucalyptus* e o *Pinus*. É importante salientar, para o proprietário da Fazenda Jaburu, que o uso de calcário e/ou outro produto à base de cálcio e/ou magnésio no solo onde o plantio está localizado poderá induzir à deficiência de manganês, pois o aumento do pH do solo reduz a disponibilidade desse nutriente.

Na Tabela 7, são apresentados os teores médios de zinco em folhas de mogno africano em plantas consideradas jovens (com 1,4 e 2,4 anos de idade) e plantas mais velhas (5,4 anos de idade), conforme descrito na metodologia do presente trabalho.

**Tabela 7** - Teores de zinco (mg kg<sup>-1</sup>) em folhas de mogno africano crescendo no município de Várzea Alegre (CE), em agosto de 2018.

Idade	<i>Khaya ivorensis</i>	<i>Khaya senegalensis</i>	Média
Plantas jovens	8,2	7,8	8,0
Plantas mais velhas	9,2	7,4	8,3
Média	8,7	7,6	

Fonte: Dados da pesquisa

Observa-se, na Tabela 7, que os teores de zinco nas folhas de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis* são semelhantes ( $P > 5\%$ ) para as duas espécies ao longo do tempo. Neste trabalho, os teores de zinco analisados ficaram bem abaixo daqueles descritos por Malavolta et al. (1997) para eucalipto, pinus e seringueira, indicando pequena exigência nutricional das plantas de mogno africano por esse micronutriente.

Corcioli et al. (2016), estudando os aspectos relacionados à nutrição mineral em mudas de mogno africano (*Khaya ivorensis*), em Goiânia (GO), submetidas à omissão de macro e micronutrientes em solução nutritiva, constataram que, no tratamento onde constavam todos os nutrientes (solução nutritiva completa), os teores de zinco foram da ordem de  $15,40 \text{ mg kg}^{-1}$ , valor este superior aos encontrados no presente estudo para ambas as espécies.

Quando se omitiu o zinco na solução nutritiva, os teores de zinco encontrados nas folhas de *Khaya ivorensis*, no trabalho desenvolvido por Corcioli et al. (2016), foram semelhantes ( $8,70 \text{ mg kg}^{-1}$ ) aos encontrados neste estudo.

Há poucos trabalhos relacionados à adubação com micronutrientes na cultura do mogno africano nas condições brasileiras, sendo as informações ainda mais escassas. Mesmo requeridos em pequenas quantidades, os micronutrientes são de grande importância para o crescimento e desenvolvimento das plantas, pois estes exercem funções metabólicas dentro das células, e sua falta pode acarretar perdas no desenvolvimento da planta e, por conseguinte, na produtividade.

## 5 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos permitem concluir que:

- As plantas de mogno africano são pouco exigentes em zinco;
- As plantas de mogno estão bem supridas de ferro, apresentando teores adequados para o seu pleno desenvolvimento;
- Os teores de boro em *Khaya senegalensis* podem ser considerados altos quando se tem como referência outras essências florestais, e,
- Independentemente da idade das plantas de mogno e da espécie estudada, os teores foliares de micronutrientes obedeceram à seguinte ordem:  $B > Fe > Mn > Cu > Zn$ .

## REFERÊNCIAS

- ABPMA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE MOGNO AFRICANO. *Khaya ivorensis*. 2016. Disponível em: <http://abpma.org.br>>. Acesso em: 13/12/2018.
- AGARWALA, S.C.; SHARMA, P.N.; CHATERJEE, C.; SHARMA, P.C. Copper deficiency changes induced in wheat anther. **Proceedings of the Indian National Science Academy**, Calcutta, v.B46, n.2, p.172-176, 1980.
- 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, 2014. Disponível em:< [http://www.lerf.eco.br/img/publicacoes/Alvares\\_etal\\_2014.pdf](http://www.lerf.eco.br/img/publicacoes/Alvares_etal_2014.pdf)> Acesso em: 22/11/2018.
- ALVES, M.S.; SMIDERLE, O.J.; SOUZA, A.G.; CHAGAS, E.A.; FAGUNDES, P.R.O.; SOUZA, O.M. Crescimento e marcha de absorção de nutrientes em mudas de *Khaya ivorensis*. **Acta Iguazu**, v.5, n.4, p.95-110, 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/313700340>. Acesso em 06/12/2018.
- ARAÚJO, M.S.; MELO, M.A.; HODECKER, B.E.R.; BARRETO, V.C.M.; ROCHA, E. C. Adubação com boro no crescimento de mudas de mogno-africano. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v.4, Suplemento 1, p.1-7, dez. 2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/322006881>. Acesso em 24/02/2019.
- ARNOLD R, REILLY D, DICKINSON G, JOVANOVIC T. 2004. Determining the climatic suitability of *Khaya senegalensis* for plantations in Australia. Prospects for high-value hardwood timber plantations in the dry tropics of northern Australia. **Kairi: Private Forestry North Queensland Association**. p.10, 2004.
- BARROS, L.A.G.; SILVA, P.F. R.; PANDOLFI, M. Viabilidade econômica da produção de mogno-africano na região sudeste (*Khaya ivorensis*). In: III SIMTEC – Simpósio de Tecnologia da FATEC Taquaritinga, 2015. Disponível em:[www.fatectq.edu.br/SINTEC](http://www.fatectq.edu.br/SINTEC)> Acesso em 06/12/2018.
- BERNARDI, M.R.; SPEROTTO JUNIOR, M.; DANIEL, O. E.; VITORINO, A.C.T. Crescimento de mudas de *Corymbia citriodora* em função do uso de hidrogel e adubação. **Cerne**, v.18, n.1, p.67-74, 2012. Disponível em: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/>. Acesso em: 20/02/2019.
- BEVEGE, D.I.; NIKLES, D.G.; DICKINSON, G; SKELTON, D.J. Selecting soils and managing nutrition for *Khaya senegalensis*. Where to from here with R&D tounder pin plantations of high-value timber species in the ‘seasonally-dry’ tropics of northern Australia? In: THE WORKSHOP IN TOWNSVILLE. 2006., Townsville. **Proceedings...Kairi: Private Forestry North Queensland Association**, 2006. 1 CD-ROM.
- 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. Disponível em: [www.ccarevista.ufc.br](http://www.ccarevista.ufc.br) > Capa > v. 45, n. 4, 2014. Acesso em: 02/02/2019

BÜLL, L.T. Nutrição mineral do milho. In.: BÜLL, L. T.; CANTARELLA, H. **Cultura do milho - Fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Potafos, 1993. 301p.

CARVALHO, A.M.; SILVA, B.T.B.; LATORRACA, V.F. Avaliação da usinagem e caracterização das propriedades físicas da madeira de Mogno Africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.). **Cerne**, v.16, suplemento, p.106-114, 2010. Disponível em: [cerne.ufla.br/site/index.php/CERNE/article/download/108/82/](http://cerne.ufla.br/site/index.php/CERNE/article/download/108/82/). Acesso em 22/02/2019.

CORCIOLI, G. **Indução de deficiências nutricionais em mudas de mogno africano** (*Khaya ivorensis* A. Chev.). 132f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal de Goiás. 2013. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/3236/5/Tese%20-%20Graciella%20Corcioli%20-%202013.pdf>. Acesso 23/02/2019.

CORCIOLI, G.; BORGES, J.D.; JESUS, R.P. Deficiência de macro e micronutrientes em mudas maduras de *Khaya ivorensis* estudadas em viveiro. **Cerne**, v.22, n.1, p.121-128, 2016. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-77602016000100121&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-77602016000100121&script=sci_abstract&tlng=pt). Acesso em 24/02/2019

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Diagnóstico do município de Várzea Alegre (CE)**. RIBEIRO, J.A.; FEITOSA, F.A.C. (Orgs.). Fortaleza, 1998. 15p.

DAMASCENO, A.P.A.B.; MEDEIROS, J.F.D.E.; MEDEIROS, D.C.D.E.; MELO, I.G.C. Crescimento e marcha de absorção de nutrientes do melão cantaloupe tipo "harper" fertirrigado com doses de N e K. **Revista Caatinga**, v.25, n.1, p.137-146, 2012. Disponível em <http://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/sistema>. Acesso em: 06/12/2018.

DANQUAH, J.A.; APPIAH, M.; ARI, P. Eco-geographic variation in leaf morphology of African mahogany (*Khaya anthotheca* and *Khaya ivorensis*) provenance in Ghana. **European Journal of Scientific Research**, v.51, p.18-28, 2011. Disponível em: <http://www.eurojournals.com/ejsr.htm>. Acesso em: 23/02/2019.

DONAGEMA, G.K.; CAMPOS, D.V.B.; CALDERANO, S.B.; TEIXEIRA, W.G.; VIANA, J.H.M. (Orgs.) **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2. ed. Revista. Documento, 132. Embrapa Solos, Rio de Janeiro RJ. 2011. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/990374/1/ManualdeMtodosdeAnilisedeSolo.pdf>. Acesso em 23/02/2019.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Nutrição mineral de plantas**. 2. ed. Editora Planta, 2006. 416p.

FALESI, I.C.; BAENA, A.R.C. Mogno-africano *Khaya ivorensis* A.Chev. em sistema silvipastoril com leguminosa e revestimento natural do solo. Belém, PA: **Embrapa Amazônia Oriental**, 1999. Disponível em: [/www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/388796](http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/388796). Acesso em 23/02/2019.

FAO. Some medicinal plants of Africa and Latin America - FAO **Forestry Paper**, n.67. Rome. Disponível em: [www.fao.org/forestry/62269/en](http://www.fao.org/forestry/62269/en). Acesso em: 23/02/2019.

FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. Lavras: UFLA / FAEPE, 2005. 186p.: il. Disponível em: <http://www.dcs.ufla.br/site/pdf>. Acesso em 24/02/2019.

FARIAS, P.R.S.; MAIA, P.S.P.; SILVA, A.G.; MONTEIRO, B.S. Ocorrência de *Aleurocanthus woglumi* em área de reflorestamento com mogno africano na Amazônia Oriental. **Revista de Ciências Agrárias**, v.54, p.87-90, 2011.

FIGUEIREDO, E.O. **Teca (*Tectona grandis* L. f.): principais plantas do futuro empreendedor florestal**. Rio Branco, AC, Brasil, 2005. 87p. il. Disponível em: <http://iquiri.cpaface.embrapa.br/pdf/doc97.pdf>. Acesso em: 22/02/2019.

GOMES D. M. **Análise de viabilidade técnica, econômico-financeiro para implantação da cultura do Mogno-Africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.) na região oeste de Minas Gerais**. 2010. (Trabalho de Conclusão de Curso). Especialização em Gestão Florestal no curso de Pós-graduação em Gestão Florestal, Departamento de Economia Rural e Extensão, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná Disponível em: [http://www.pecca.com.br/pos/florestal/tccs/daniel\\_gomes.pdf](http://www.pecca.com.br/pos/florestal/tccs/daniel_gomes.pdf), Acesso em: 22/02/2019.

GONÇALVES, J.L.M. Recomendações de Adubação para *Eucalyptus*, *Pinus* e Espécies Típicas da Mata Atlântica. **Documentos Florestais**. Piracicaba v.15, p.1 –23, 1995 <https://www.ipef.br/publicacoes/docflorestais/cap15.pdf>. Acesso em: 20/02/2019

GONÇALVES, C.R.; OLIVEIRA, L.C. (Eds.) Embrapa Acre: Ciência e Tecnologia para o desenvolvimento sustentável do sudoeste da Amazônia. Rio Branco, AC. Embrapa Acre, 2009. 444p. (versão on line). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/.../1/LivroEmbrapa.pdf>. Acesso em 24/02/2019.

GROGAN, J.E. **Big leaf mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in southeast Pará, Brasil: a life history study with management guidelines for sustained production from natural forests**. 2001. 422f. Tese de Ph.D. Yale University School of Forestry & Environmental Studies. New Haven, CT, USA, 2001. Disponível em: [http://www.academia.edu/23090377/Survival\\_growth\\_and\\_reproduction\\_by\\_big-leaf\\_mahogany\\_Swietenia\\_macrophylla\\_in\\_open\\_clearing\\_vs.\\_forested\\_conditions\\_in\\_Brazil](http://www.academia.edu/23090377/Survival_growth_and_reproduction_by_big-leaf_mahogany_Swietenia_macrophylla_in_open_clearing_vs._forested_conditions_in_Brazil) Acesso em: 06/12/2018.

HODECKER, B.E.R.; NAIRAM, B.; IVO, S.; VALDIR, D.; JORGE, S.; MARCELO, L. Boron delays dehydration and stimulates root growth in *Eucalyptus urophylla* (Blake, S.T.) under osmotic stress. **Plant and Soil**, v.384, p.185- 199, 2014. Disponível em: [https://www.researchgate.net/.../271951981\\_Boron\\_delays\\_dehyd..](https://www.researchgate.net/.../271951981_Boron_delays_dehyd..) Acesso em: 02/02/2019

JOKER, D.; GAMÉNÉ, S. *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss. Humlebaek: **Seed Leaflet**, n.66. 2003. Disponível em: <https://sl.ku.dk/rapporter/seed-leaflets/filer/khaya-senegalensis-66-int.pdf>. Acesso em: 07/12/2018.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace Elements in Soils and Plants**. 3. ed. CRC Press. Boca Raton London New York Washington, D.C. 2001. 331p. Disponível em: <http://base.dnsgb.com.ua/files/book/Agriculture/Soil/Trace-Elements-in-Soils-and-Plants.pdf>. Acesso em: 07/12/2018.

KIRKBY, E.A.; RÖMHELD, V. **Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade**. Piracicaba: IPNI, 2007. (Informações Agronômicas n.118).

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos**: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas: possibilidade e métodos de aproveitamento sustentado. Eschborn: DtGes. fürTechn. Zusammenarbeit, 1990.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo, Ceres, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E.; KLIEMANN, H.J. **Desordens nutricionais no cerrado**. Piracicaba: Potafos, 1985. 136p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.

MATTIELLO, E.M.; RUIZ, H.A.; SILVA, I.V.; SARKIS, J.E.S.; NEVES, J.C.L.; PUCCI, M.M. Phloem mobility of boron in two eucalypt clones. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n.06, p.1695-1704, 2009.

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition Of Higher Plants**. San Diego: Academic Press, 1995. 889p.

MELO, MA.; ARAÚJO, M.S.; LIMA, I.B.; CALIXTO JÚNIOR, J.E.D.; OLIVEIRA, C.S.; BARRETTO, V.C.M. Incremento de fitomassa no desenvolvimento de mogno-africano adubado com boro. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO**, 35. Natal, 2015. p.1-4.

MENGEL, K.; KIRBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. Bern: International Potash Institute, 2001. 687p.

MORAES NETO, S.P.; GONÇALVES, J.L.M.; ARTHUR Jr., J.C.; DUCATTI, F.; AGUIRRE Jr., J.H. Fertilização de mudas de espécies arbóreas nativas e exóticas. **Revista Árvore**, v.27, n.2, p.129-137, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rarv/v27n2/15931.pdf>. Acesso em: 06/12/2018.

NIKIEMA, A.; PASTERNAK, D. *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss. **Plant Resources Tropical (PROTA)**, n.4. Wageningen, Netherlands, 2008. Disponível em: <http://www.prota4u.org/search.asp>. Acesso em: 24/02/2018.

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**, v.71, n.1, p.33–47, 2008. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/29660174>. Acesso em: 06/12/2018.

ORWA C.; MUTUA, A.; KINDT, R.; SIMONS, A.J. **Agroforestry Database**: a tree reference and selection guide version 4.0, 2009. Disponível em: <http://www.worldagroforestry.org/output/agroforestree-database>. Acesso em: 17/11/2018.

SMIDERLE, O.; 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. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/305694074>. Acesso em 06/12/2018.

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

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

REIS, B.E.; PAIVA, H.N.; BARROS, T.C.; FERREIRA, A.L.; CARDOSO, W.C. **Crescimento e qualidade de mudas de jacarandá-da-bahia** (*Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex Benth.) em resposta à adubação com potássio e enxofre. **Ciência Florestal**, v.22, n.2, p.389-396, 2012.

RIBEIRO, C.A.D. **Delimitação de zonas agroclimáticas para a cultura do Eucalipto no norte do Espírito Santo e sul da Bahia**. 2009. 102f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2009.

RIBEIRO, A.; FERRAZ FILHO, A.C.; SCOLFORO, J.R.S. O Cultivo do Mogno Africano (*Khaya* spp.) e o Crescimento da Atividade no Brasil. **Floresta e Ambiente** 2017; v.24: e0007681. *Online*. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/floram/v24/2179-8087-floram-24-e00076814.pdf>. Acesso em 10/12/2018.

ROSA, F.O. **Zoneamento edafoclimático e respostas do mogno africano às condições do Cerrado**. 2014. 77f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Solo e Água) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/5972/5/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20-%20Fl%C3%A1vio%20de%20Oliveira%20Rosa%20-%202014.pdf>. Acesso em 02/02/2018.

SIEBENEICHLER, S.C.; MONNERAT, P.H.; CARVALHO, A.J.C.; SILVA, J.A.; MARTINS, A.O. Mobilidade do boro em plantas de abacaxi. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.27, n.2, p.292-294, 2005.

SIQUEIRA, J.D.P. et al. Estudo ambiental para os programas de fomento florestal da Aracruz Celulose S. A. e extensão florestal do Governo do Estado do Espírito Santo. **Floresta**, Curitiba, n. esp., p.3-67, 2004.

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. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/305694074>. Acesso em 22/02/2019.

SOUZA, G.G.; NOVELINO, J.O.; SCALON, S.Q.P.; MARCHETTI, M.E. Crescimento de mudas de maracujazeiro em função de adubação à base de boro e material de cupinzeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.41, n.2, p.170-178, 2011. Disponível em: [www.scielo.br/scielo.php?pid=S1983-40632011000200011&script=sci...tlnng...](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1983-40632011000200011&script=sci...tlnng...)

STATSOFT, INC., **Statistica 5.0 for windows: Computer program manual**. Tulsa: Statsoft Inc., 1999.

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.641-651, dez. 2017. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr116/cap05.pdf>. Acesso em: 06/12/2018.

WALLAU, R.L.R.; BORGES, A.R.; ALMEIDA, D.R.A.; 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. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/744/74411119003.pdf>. Acesso em 23/02/2019.

WINK, C.; MONTEIRO, J.S.; REINERT, D.J.; LIBERALESSO, E. Parâmetros da copa e a sua relação com o diâmetro e altura das árvores de eucalipto em diferentes idades. **Scientia Forestalis**, v. 40, n. 93, p. 057-067, 2012.