

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DOSES DE POTÁSSIO E UMIDADES DE SOLO PARA O
CRESCIMENTO DE PLANTAS DE MOGNO-AFRICANO**

Bruna Aparecida Pereira Perez

Bióloga

2014

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DOSES DE POTÁSSIO E UMIDADES DE SOLO PARA O
CRESCIMENTO DE PLANTAS DE MOGNO-AFRICANO**

Bruna Aparecida Pereira Perez

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Valiengo Valeri

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

2014

P438d Perez, Bruna Aparecida Pereira
Doses de potássio e umidades de solo para o crescimento de plantas de mogno-africano / Bruna Aparecida Pereira Perez. -- Jaboticabal, 2014
vii, 33 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2014
Orientador: Sérgio Valiengo Valeri
Banca examinadora: Rinaldo César de Paula, Carlos Henrique Britto de Assis Prado
Bibliografia

1. *Khaya senegalensis*. 2. Restrição hídrica. 3. Fotossíntese. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 634.0.2:631.83

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CAMPUS DE JABOTICABAL

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: DOSES DE POTÁSSIO E UMIDADES DE SOLO PARA O CRESCIMENTO DE PLANTAS DE MOGNO-AFRICANO

AUTORA: BRUNA APARECIDA PEREIRA PEREZ

ORIENTADOR: Prof. Dr. SERGIO VALIENGO VALERI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. SERGIO VALIENGO VALERI

Departamento de Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Prof. Dr. CARLOS HENRIQUE BRITTO DE ASSIS PRADO

Universidade Federal de São Carlos / São Carlos/SP

Prof. Dr. RINALDO CESAR DE PAULA

Departamento de Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Data da realização: 15 de dezembro de 2014.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

BRUNA APARECIDA PEREIRA PEREZ - nascida no município de Sertãozinho, SP, em 07 de julho de 1989. Licenciada e Bacharel em Ciências Biológicas pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” (Unesp), Câmpus de Jaboticabal, SP, em 29 de novembro de 2012. No período de março de 2009 a dezembro de 2010, foi bolsista da Pró-reitoria de Extensão da Unesp no projeto “Pau-brasil em São Paulo: um exemplo de cidadania e amor à vida”. Foi bolsista de iniciação científica da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) no período de dezembro de 2010 a junho de 2012, em que desenvolveu a pesquisa relacionada ao enraizamento de estacas de pau-brasil e, posteriormente de mogno-africano. Em agosto de 2012, ingressou no programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal), da FCAV - Unesp, Câmpus de Jaboticabal, onde desenvolveu a pesquisa da dissertação sobre doses de potássio e umidades de solo para o crescimento de plantas de mogno-africano.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ter me dado força e sabedoria necessárias para enfrentar todos os obstáculos encontrados durante minha trajetória e por ter colocado pessoas maravilhosas em meu caminho.

Aos meus pais, Izabel e Ailton, por todo amor, apoio, dedicação e confiança que foram imprescindíveis para o meu desenvolvimento pessoal e profissional.

Ao meu marido Dênis, por todo o apoio. Por acreditar em mim, estar ao meu lado nas horas mais difíceis e me encorajar a sempre seguir em frente.

Ao Prof. Dr. Sérgio Valiengo Valeri, pela orientação, ensinamentos, paciência, confiança e amizade que foram fundamentais para a realização do meu curso de mestrado.

Aos Professores Doutores: Rinaldo César de Paula, Mara Cristina Pessoa da Cruz, José Carlos Barbosa e Nádia Figueiredo de Paula pela ajuda no desenvolvimento do trabalho, atenção e sugestões que contribuíram de forma significativa com o meu trabalho.

Aos professores da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Câmpus de Jaboticabal, por todo o conhecimento que me proporcionaram, contribuindo para minha formação pessoal e profissional.

Aos funcionários da FCAV – UNESP, principalmente ao Mauro e ao Wagner, pela grande ajuda, dedicação, confiança e conversas durante toda a condução do experimento.

A todos os meus amigos que contribuíram de forma direta ou indireta com meu trabalho, principalmente ao Rodrigo Vasconcelos, pelo fornecimento das sementes, amizade, apoio e sugestões, a Lays, por me mostrar que viver em Jaboticabal não era ruim, pelo apoio, conversas e risadas. A Elisa, Paula, Ciça e Milena, por todo o carinho e palavras que me deram força e me tranquilizaram.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	ii
ABSTRACT.....	iii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. <i>Khaya senegalensis</i> A.Juss. (mogno-africano).....	3
2.2. Restrição hídrica.....	6
2.3. Potássio.....	9
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	11
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
5. CONCLUSÃO.....	27
6. REFERÊNCIAS.....	28

DOSES DE POTÁSSIO E UMIDADES DE SOLO PARA O CRESCIMENTO DE PLANTAS DE MOGNO-AFRICANO

RESUMO - Objetivou-se avaliar os efeitos de doses de potássio no crescimento de plantas jovens de mogno-africano (*Khaya senegalensis*) submetidas a duas condições hídricas. Foram aplicados 0, 50, 100, 150 e 200 mg dm⁻³ de K₂O combinados com duas condições hídricas: 30 e 70% da capacidade máxima de retenção de água do solo em vaso, no delineamento inteiramente casualizado e esquema fatorial 5 x 2, com cinco repetições. Aos 180 dias, as plantas apresentaram maior eficiência do uso do potássio, condutância estomática, transpiração, fotossíntese, altura, diâmetro, área foliar, matéria seca de raiz, caule e folhas, a 70% de umidade do que a 30%. A 30% de umidade, doses crescentes de K aumentaram a área foliar e matéria seca de folhas. Com restrição hídrica, a máxima eficiência de uso da água foi obtida com a dose 71 mg dm⁻³ de K₂O. A 70% de umidade, doses crescentes de K diminuíram a concentração foliar de nitrogênio e aumentou as concentrações de fósforo e potássio. Plantas de mogno-africano são pouco exigentes em potássio na fase inicial de crescimento desde que as demais necessidades nutricionais sejam atendidas. Nos tratamentos de restrição hídrica, o potássio aumenta a eficiência do uso da água e a biomassa de folhas.

Palavras-chave: *Khaya senegalensis*, Argissolo, restrição hídrica, adubação potássica, fotossíntese.

SOIL MOISTURE AND POTASSIUM DOSES FOR BIG-LEAFY AFRICAN MAHOGANY PLANT GROWTH

ABSTRACT - The objective this work was the evaluation of effects caused by potassium doses and soil moisture levels on growth of young african mahogany (*Khaya senegalensis*) plants growing in pots. Doses of 0, 50, 100, 150, and 200 mg dm⁻³ of K₂O, combined with two soil moisture levels, i.e., 30 and 70% of the soil maximum water retention capacity, were the treatments applied to the plants. The treatments were replicated five times and distributed in the greenhouse according to a completely random design in the factorial scheme. When the plants growing in the 70% moisture soil were 180 days of age, they showed values of potassium efficiency use, stomata conductance, transpiration, photosynthesis, height, diameter, leaf area, root and stem and leaves dry matter content larger than those observed when soil moisture was of 30%. When soil moisture was of 30%, increasing doses of K determined increments in leaf area and leaves dry matter. Under conditions of moisture restriction, water use maximum efficiency was attained with a dose of 71 mg dm⁻³ of K₂O. When soil moisture content was of 70%, increasing doses of K reduced the foliar concentration of N whereas P and K had their concentrations increased. Young african mahogany plants demand low amounts of K at their initial stage of growth provided that the other nutritional needs are met. In water restriction treatments, potassium increases the water use efficiency and leaves biomass.

Keywords: *Khaya senegalensis*, Argisol, water restriction, potassium fertilization, photosynthesis.

1. INTRODUÇÃO

O setor florestal brasileiro tem grande importância econômica, social e ambiental para o país, contribuindo significativamente para a geração de tributos, empregos, produtos e bem-estar, além de favorecer diretamente a conservação e preservação dos recursos naturais (ABRAF, 2013). Com o aumento da demanda por produtos florestais e o aperfeiçoamento das indústrias madeireiras, os estudos de espécies de potencial econômico, incluindo espécies exóticas, tem se intensificado. O mogno-africano é uma boa opção para atender a demanda crescente de produtos florestais nobres para a indústria moveleira (PINHEIRO et al., 2011).

O gênero *Khaya*, pertencente à família Meliaceae, compreende quatro espécies: *Khaya ivorensis*, *Khaya grandifolia*, *Khaya anthotheca* e *Khaya senegalensis*, todas conhecidas como mognos-africanos (LAMPRECHT, 1990).

Khaya senegalensis ocorre naturalmente na África entre as latitudes 15 e 18° N, em uma faixa paralela à linha do Equador (LAMPRECHT, 1990), preferencialmente em florestas ciliares e savanas florestadas de alta precipitação (ORWA et al., 2009). Possui madeira nobre que se assemelha a madeira do mogno-brasileiro (*Swietenia macrophylla*) quanto às propriedades físicas e mecânicas (PINHEIRO, et al., 2011). Trata-se da espécie mais tolerante à seca dentro do gênero *Khaya*, no entanto ambientes úmidos são mais favoráveis ao seu crescimento (JOKER; GAMÉNÉ, 2013).

Atualmente, o estudo do crescimento e desenvolvimento de plantas em ambientes com baixa disponibilidade hídrica é importante, visto que diversas pesquisas referentes às alterações climáticas sugerem o aumento da intensidade, frequência e duração de períodos secos (MISSON et al., 2010). Nessas condições, a escolha de espécies, variedades e procedências, bem como os estudos de fisiologia e nutrição de plantas são fundamentais.

A deficiência hídrica influencia diversos processos na planta de forma a reduzir o crescimento de folhas, causar o fechamento estomático e diminuir a condutância estomática, a fotossíntese e o acúmulo de matéria seca (PORTES; ALVES; SOUZA, 2006).

O potássio pode influenciar as respostas dos vegetais à deficiência hídrica. Esse nutriente está relacionado ao potencial osmótico da planta, influenciando a expansão celular e transporte de íons, além de ser fundamental no controle estomático. Plantas bem supridas de potássio apresentam maior eficiência do uso da água, enquanto que plantas deficientes em potássio possuem menor desempenho fotossintético, devido à abertura estomática não acontecer de forma regular, reduzindo a entrada de CO₂ (PRADO, 2008).

Assim, devido à crescente demandas por madeira nobre e, em face das previsões ambientais sobre o aumento do aquecimento global e, conseqüentemente, dos períodos de seca (NEPUMOCENO et al., 2001; MISSON et al., 2010), o entendimento das respostas de espécies madeireiras à deficiência hídrica no solo é importante para a melhoria das práticas de manejo e aumento da produção sustentável dessas espécies.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de doses de potássio e umidades do solo no crescimento de plantas jovens de mogno-africano.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. *Khaya senegalensis* A.Juss. (mogno-africano)

Khaya senegalensis é nativo da África e ocorre em uma faixa paralela à linha do Equador entre 15 e 18° N (LAMPRECHT, 1990), que se estende do oceano Atlântico ao Índico, compreendida entre o Senegal, sul do Sudão, norte dos Camarões e norte da Uganda (FAO, 1986; JOKER; GAMÉNÉ, 2012). A espécie tem sua ocorrência natural registrada nos seguintes países: Camarões, República Centro-Africana, Chade, Costa do Marfim, Guiné Equatorial, Gâmbia, Gana, Guiné, Guiné-Bissau, Mali, Nigéria, Níger, Senegal, Sudão, Serra Leoa, Togo e Uganda. Foram encontradas espécimes de *K. senegalensis*, de forma exótica na Austrália, Cuba, Índia, Indonésia, Porto Rico, Singapura, África do Sul e Vietnã (ORWA et al., 2009).

Está presente em florestas ciliares e disperso nas savanas florestadas de alta precipitação (ORWA et al., 2009), ocorrendo de 0 a 1.800 m de altitude com precipitação entre 700 e 1750 mm por ano, onde a estação seca dura de 4 a 7 meses (JOKER; GAMÉNÉ, 2012).

De acordo com Joker e Gaméné (2012), *K. senegalensis* é a espécie mais tolerante à seca dentro do gênero *Khaya*. Entretanto, ambientes úmidos são mais favoráveis ao seu crescimento.

K. senegalensis é uma árvore decídua de médio porte atingindo de 15 a 20 m de altura, que em boas condições de crescimento pode chegar até 35 m e diâmetro a altura do peito (DAP) de até 100 cm, com fuste sem ramificações (LAMPRECHT, 1990; JOKER; GAMÉNÉ, 2012).

Possui casca cinzenta ou marrom avermelhada e uma copa ampla, arredondada e densa. As 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, de cor verde brilhante na face superior e cinzenta na inferior. As flores são pequenas e brancas, unissexuais, numerosas, dispostas em panículas longopedunculadas. O período de floração ocorre pouco antes da estação seca, de

dezembro a abril e as flores são polinizadas por insetos (LAMPRECHT, 1990; NIKIEMA; PASTERNAK, 2008).

Os frutos são acinzentados, constituídos por cápsulas lenhosas e globulares, geralmente com 5 ou 6 cm de diâmetro. Abre-se em quatro valvas na maturação, a qual ocorre em épocas distintas de acordo com o local, em Guiné ocorre de fevereiro a julho, Costa do Marfim de janeiro a abril e Tanzânia de janeiro a março. A produção de sementes ocorre a partir de 15-25 anos de idade e a dispersão é pelo vento (JOKER; GAMÉNÉ, 2012). As sementes são ortodoxas e devem ser armazenadas em locais de baixa umidade (NIKIEMA; PASTERNAK, 2008).

Segundo FAO (1986), *K. senegalensis* possui o maior porte dentre as árvores da savana, assim como madeira nobre de maior utilidade. Dessa forma, há grande exploração madeireira da espécie, a qual é de difícil monitoramento e controle.

Durante a exploração, são cortados os indivíduos que apresentam as melhores características para a indústria madeireira, o que leva a redução da variabilidade genética da espécie através de uma seleção negativa (FAO, 1986; JOKER; GAMÉNÉ, 2012). Está descrita como espécie vulnerável na lista vermelha de espécies ameaçadas, elaborada pela União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN, 2012).

A madeira do mogno-africano é dura, densa e durável (LAMPRECHT, 1990). Ao estudar o crescimento de *K. senegalensis* na Austrália, Armstrong et al. (2012) observaram que o fuste da espécie possui maior durabilidade no topo que na parte inferior, ao contrário de várias outras espécies.

Segundo Joker e Gaméné (2014), a madeira de *K. senegalensis* possui média densidade, que varia de 0,6 a 0,85 g cm⁻³, com um alborno cor de canela e cerne vermelho-acastanhado escuro. É moderadamente resistente ao ataque de fungos, insetos e cupins (ORWA et al., 2009). Entretanto, de acordo com FAO (1986), o alborno é susceptível ao ataque de besouros dos gêneros *Lyctus* e *Longhorn*.

Sua madeira é muito valorizada para usos na marcenaria e carpintaria para a construção de móveis, decoração, vagões, pisos, laminados, brinquedos, utensílios domésticos, entre outras utilidades (FAO, 1986; LAMPRECHT, 1990; NIKIEMA; PASTERNAK, 2008; ORWA et al., 2009).

Além da madeira, a espécie também é valorizada pelo uso de suas outras partes, como, por exemplo, o uso de suas folhas para a forragem de animais (JOKER; GAMÉNÉ, 2012). No entanto, o valor nutritivo das folhas é baixo, portanto é apenas usada nos períodos mais secos em que uma forragem de melhor qualidade não está disponível, ou associada com folhas de outras espécies de valor nutritivo mais elevado (JOKER; GAMÉNÉ, 2012; NIKIEMA; PASTERNAK, 2008).

Segundo Joker e Gaméné (2012), a espécie também é usada para fins medicinais. O extrato de sua casca é usado para a prevenção e tratamento de diversas doenças como problemas de estômago, febre, diarreia, desintéria, sífilis, lepra (OFORI et al., 2011), anemia, dor de cabeça e anti-helmíntico. Além disso, o extrato da casca pode ser aplicado externamente no tratamento de doenças de pele como sarnas, feridas, úlceras e furúnculos (NIKIEMA; PASTERNAK, 2008). Em animais tem função anti-helmíntica e usada no tratamento de úlcera e determinadas doenças que atingem cavalos, camelos e jumentos (OFORI et al., 2011).

A raiz também apresenta propriedades medicinais, sendo usada no tratamento de icterícia, dor de estômago e edemas (NIKIEMA; PASTERNAK, 2008). Em estudos desenvolvidos sobre a atividade antimicrobiana e fitoquímica das raízes de *Khaya senegalensis*, Idu e Igeleke (2012) verificaram que essa espécie possui substâncias fitoquímicas essenciais à indústria farmacêutica e alimentícia, além de apresentar propriedades antimicrobianas para todas as bactérias testadas (*Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Candida albicans*, *Penicillium notatum* e *Aspergillus niger*).

O óleo da semente é usado para o tratamento de gripe e reumatismo (OFORI et al., 2011), além de ser usado na culinária na África Ocidental (JOKER; GAMÉNÉ, 2012).

O estabelecimento de plantios comerciais de mogno brasileiro no Brasil é inviabilizado pela presença da broca-de-ponteiros, *Hypsipyla grandella*, que causa sérios danos à planta. O mogno-africano é resistente ao ataque dessa espécie, o que torna viável seu plantio comercial no Brasil (PINHEIRO et al., 2011).

2.2. Restrição hídrica

As plantas, por se tratarem de seres vivos sésseis, nem sempre encontram condições favoráveis ao seu crescimento e desenvolvimento durante todo seu ciclo de vida (SOUZA et al., 2006).

O estresse vegetal, geralmente, é usado para descrever a influência desvantajosa exercida por fatores externos bióticos ou abióticos sobre determinado vegetal, gerando uma resposta fisiológica no indivíduo (PAIVA; OLIVEIRA, 2006; TAIZ; ZEIGER, 2013). Na maioria dos casos, o estresse é medido em relação à sobrevivência, produtividade, crescimento, acúmulo de biomassa, ou aos processos primários de assimilação (absorção de CO₂ e minerais), que estão relacionados ao crescimento vegetal (TAIZ; ZEIGER, 2013).

De acordo com Souza et al. (2006), há diversos fatores ambientais que influenciam negativamente o crescimento e desenvolvimento vegetal, afetando de forma desvantajosa a produção, como a temperatura, radiação solar e disponibilidade hídrica. Assim, diversos autores têm desenvolvido pesquisas a fim de estudar a influência desses fatores no crescimento e desenvolvimento de árvores.

Dentre os fatores climáticos causadores de estresse, é importante ressaltar o excesso e a deficiência de água, pois a água é fundamental a todos os processos fisiológicos e bioquímicos, sendo limitante para o crescimento vegetal (SOUZA et al., 2006; TAIZ; ZEIGER, 2013). A água pode ser encontrada nas células nas seguintes formas: água intersticial usada como meio de transporte entre as células e nos elementos condutores; constituindo o protoplasma; estocada como reserva nos vacúolos ou como água de hidratação associada a íons, macromoléculas e substâncias orgânicas dissolvidas (PAIVA; OLIVEIRA, 2006).

Embora a saturação hídrica seja prejudicial ao crescimento e desenvolvimento vegetal, Pimentel (2004) destaca a deficiência hídrica como o principal agente determinante de perdas de produtividade agrícola e florestal.

Coopman et al. (2008), ao estudarem o estresse hídrico durante a fase de crescimento de mudas de *Eucalyptus globulus*, verificaram que tanto o estresse hídrico moderado quanto o severo em relação ao controle causou redução significativa na biomassa e área foliar das plantas.

Segundo Lago (2011), a quantidade de água do vegetal é variável de acordo com a disponibilidade hídrica do solo e taxa de transpiração da planta. Em plantas, a água constitui a maior parte do volume celular e é o recurso mais limitante ao funcionamento da célula. Aproximadamente 97% da água absorvida pelos vegetais é perdido para a atmosfera, principalmente pela transpiração; 2% na expansão celular e 1% nos processos metabólicos como a fotossíntese (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A maior parte da água usada pelas plantas é absorvida do solo pelas raízes devido ao gradiente de potencial hídrico entre o solo e a raiz. Em condições de escassez de água, o potencial hídrico do solo diminui, tornando difícil a absorção de água pela planta de forma rápida para balancear as perdas pela transpiração (PAIVA; OLIVEIRA, 2006). O potencial hídrico do solo pode se aproximar de zero quando o mesmo atinge sua capacidade de campo. Quando há escassez de água no solo, seu potencial hídrico pode ficar abaixo de -1,5 Mpa, ocorrendo a murcha permanente da planta. Além disso, a falta de água no solo aumenta a concentração salina da solução do solo ocasionando a queda do potencial hídrico e determinando o estresse osmótico. (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A deficiência hídrica influencia diversos processos na planta tais como, o crescimento de folhas e raízes, fechamento estomático, condutância estomática, fotossíntese e acúmulo de matéria seca (PORTES; ALVES; SOUZA, 2006).

Gonçalves, Silva e Guimarães (2009) avaliaram o desempenho fotossintético de plantas jovens de *Carapa guianensis* em vasos. As plantas foram irrigadas por 15 dias até a capacidade de campo e aclimatadas à temperatura de 30 ± 8 °C. Após a aclimação, metade das plantas continuou sendo irrigada, enquanto as demais plantas tiveram a irrigação suspensa até a taxa fotossintética alcançar valores próximos à zero. Os autores concluíram que as plantas estudadas são tolerantes ao déficit hídrico por 21 dias, período em que houve decréscimo drástico da taxa fotossintética, transpiração, condutância estomática e fluorescência da clorofila *a*, e que esse comportamento ocorre devido à regulação estomática eficiente.

Segundo Marengo e Lopes (2009), a deficiência hídrica no vegetal ocorre quando a taxa de transpiração da planta excede sua taxa de absorção de água do solo. Quando isso ocorre, o potencial hídrico da folha diminui e o ácido abscísico (ABA) é transportado da raiz para as folhas através do xilema sinalizando para a

planta uma condição de deficiência hídrica, sendo que tal sinal pode ser intensificado pela baixa quantidade de citocininas na seiva do xilema, uma vez que a produção desse hormônio diminui em condições de déficit hídrico.

A síntese de ácido abscísico desencadeada pela baixa disponibilidade hídrica no solo promove maior crescimento das raízes e formação de raízes laterais a fim de aumentar a eficiência na absorção de água (SOUZA et al., 2006). Coopaman et al. (2008) estudaram características morfofisiológicas de *Eucalyptus globulus* em condições de viveiro em resposta a três tratamentos de restrição hídrica (potenciais hídricos de -0,2; -1,3 e -2,4 Mpa). Nessas condições, os autores observaram que o potencial de crescimento das raízes aumentou sob estresse hídrico moderado.

Além disso, o ácido abscísico está intimamente relacionado com a regulação do fechamento estomático. Assim, quando a concentração de ácido abscísico na folha aumenta ocorre o fechamento dos estômatos, redução da condutância estomática, expansão celular e, conseqüentemente, da fotossíntese (SANTOS; CARLESSO, 1998; MARENCO; LOPES, 2009).

Quando há uma redução da condutância estomática, ocorre uma maior diminuição da transpiração em relação à assimilação de carbono, aumentando a eficiência do uso da água. Entretanto, se essa condição persiste por longo período, a taxa de assimilação do carbono também decresce e, conseqüentemente, há uma redução do crescimento do vegetal (LIMA; JARVIS; RHIZOPOULOU, 2003).

Albuquerque et al. (2013) avaliaram as características fisiológicas de plantas jovens de *Khaya ivorensis* em vasos sob deficiência hídrica com a suspensão da irrigação até os valores da taxa fotossintética se aproximarem de zero (14º dia). Após esse período as plantas foram reidratadas. Os autores observaram que restrição hídrica ocasionou uma drástica redução nas seguintes características: taxa de assimilação líquida de CO₂ (90%), condutância estomática (95%), transpiração (93%) e razão entre concentração intercelular e ambiental de CO₂ (37%). Além disso, verificaram que após três dias de reidratação as plantas dessa espécie recuperam seu status hídrico, assim como suas trocas gasosas. Esses resultados permitiram aos autores concluir que essa espécie é tolerante a restrição hídrica moderada.

Cordeiro et al. (2009) estudaram as respostas morfológicas e fisiológicas de plantas jovens de *Swietenia macrophylla* em vasos expostas à seca ($-3,52 \pm 0,7$ Mpa) por 20 dias. Os autores verificaram que a espécie apresenta um controle eficiente da transpiração através da regulação da condutância estomática e da condutividade hidráulica. Além disso, foi observado maior acumulação de prolina na folha, indicando que o ajuste osmótico pode ter contribuído para flutuações moderadas do potencial hídrico foliar das plantas expostas à seca.

2.3. Potássio

O potássio é o segundo nutriente mais exigido pelas plantas, não apresenta função estrutural e possui como função principal a ativação de enzimas. Esse nutriente também está relacionado ao potencial osmótico da planta, influenciando a expansão celular e transporte de íons, além de ser fundamental no movimento estomático. Assim, plantas bem supridas de potássio apresentam maior eficiência do uso da água, enquanto que plantas deficientes em potássio possuem menor desempenho fotossintético, devido à abertura estomática não acontecer de forma regular, reduzindo a entrada de CO_2 (PRADO, 2008).

O movimento estomático está relacionado à diferença de turgescência entre as células-guarda e as células subsidiárias. Quando a turgescência das células-guarda é superior às células subsidiárias, ocorre a abertura dos estômatos. Quando a situação é inversa, ocorre o fechamento estomático (LARCHER, 2000).

O ácido abscísico produzido nas raízes em condições de baixa disponibilidade de água no solo é transportado para a parte aérea atuando como um sinalizador dessa condição. Esse hormônio aumenta a concentração citoplasmática de Ca^{2+} , a qual desativa o canal de influxo de K^+ e ativa os canais de ânions voltagem-sensíveis das células-guarda. Com isso, ocorre a elevação do pH citoplasmático ativando os canais de efluxo de K^+ . Esse efluxo resulta na perda de turgor da célula e, conseqüentemente o fechamento estomático (MACROBBIE, 2006; TAIZ; ZEIGER, 2013).

Silva et al. (2004) avaliaram os efeitos do manejo hídrico (0,01 e 1,5 Mpa) e da aplicação de potássio (0, 75, 150 e 300 mg L⁻¹) na qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* em tubetes durante a fase de rustificação. Os autores verificaram que, sob condições de pouca deficiência hídrica, o potássio foi importante na redução da perda de água pela planta.

Para estudar a influência da restrição hídrica e dos níveis de potássio nas relações hídricas de *Eucalyptus* spp., Teixeira et al. (1995) submeteram as mudas à duas condições hídricas (irrigadas até a capacidade de campo e com restrição hídrica) e 0 e 150 mg L⁻¹ de K em tubetes. Os autores verificaram que o conteúdo de potássio em Latossolo foi importante na manutenção do turgor foliar.

A fase sólida do solo atua como um reservatório para o potássio e outros nutrientes minerais. A fase líquida do solo trata-se do meio onde ocorre o movimento do cátion, K⁺, até a superfície das raízes. Dessa forma, o conteúdo de água no solo afeta o contato do potássio com a raiz, assim como sua absorção. Geralmente a absorção de potássio ocorre por difusão, entretanto, em baixas concentrações extracelulares, a absorção de potássio ocorre com gasto de ATP (TAIZ; ZEIGER, 2013). Assim, o teor de umidade do solo é determinante na taxa de absorção de potássio pelo vegetal (KANT; KAFKAFI, 2002; PRADO, 2008).

Contudo, é recomendado o cultivo de espécies que apresentem alta eficiência de absorção e uso de nutrientes em solos com deficiência hídrica e baixa fertilidade (SANTANA et al., 2002).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado entre agosto de 2013 e março de 2014, no Viveiro Experimental de Plantas Ornamentais e Florestais da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Câmpus de Jaboticabal-SP, em casa de vegetação coberta com filme de plástico, de 30 m x 5 m, e pé direito de 4,5 m de altura e laterais revestidas com tela com capacidade de retenção de luz solar em 30%.

Foram usadas sementes de *K. senegalensis* fornecidas pela empresa Vasconcelos Florestal, localizada no município de Monte Alto- SP. As sementes foram importadas de Honduras, cidade de Siguatepe, cuja procedência é a Aldeia de Tiakane, Burkina Faso (África), situada a 11° 11' 10" de latitude norte e 1° 12' 14" de longitude oeste. O clima de Burkina Faso é tropical semi-árido, com altas temperaturas, apresentando valor médio anual de 30 °C, e evapotranspiração potencial anual de aproximadamente 2.000 mm. Apresenta uma longa estação seca, de outubro a maio, e curto período chuvoso compreendido entre os meses de julho e setembro (COUTERON; KOKOU, 1997).

As plantas foram cultivadas em vasos de polietileno preto com capacidade para 6,5 dm³, revestidos externamente com papel jornal, a fim de reduzir aquecimento pela radiação solar, e providos de tela de 0,05 mm de malha no fundo para evitar a perda de solo.

Foram usados 5,5 dm³ de Argissolo por vaso, coletado à profundidade de 0 a 20 cm na Fazenda São Gabriel, município de Monte Alto – SP (21°17'16 sul e 48°28'33 oeste), em uma área de pastagem. Os resultados da análise granulométrica do solo foram: textura arenosa, com 8,6% de argila, 4,9% de silte, 30% de areia fina e 56,5% de areia grossa. As análises de fertilidade do solo, de acordo com os métodos descritos por Raij et al. (2001) foram: P resina, 2 mg dm⁻³; MO, 10 g dm⁻³; pH em CaCl₂, 4,7; K⁺, 1,0 mmol_c dm⁻³; Ca²⁺, 9 mmol_c dm⁻³; Mg²⁺, 5 mmol_c dm⁻³; H+Al, 28 mmol_c dm⁻³, CTC a pH 7, 43 mmol_c dm⁻³ e saturação por bases (V), 35%.

Com base nos resultados da análise química do solo, foi feita a aplicação de carbonato de cálcio e carbonato de magnésio, na proporção Ca:Mg de 3:1, para elevar a porcentagem de saturação por bases (V%) do solo para 50%.

Foi aplicado 80 mg dm^{-3} de P usando o superfosfato simples em pó e, em seguida, o solo foi umedecido até atingir 70% da capacidade máxima de retenção de água do solo, condição que foi mantida durante o período de 30 dias de incubação. Aos 15 dias de incubação, todos vasos receberam a seguinte adubação: 25 mg dm^{-3} de N (sulfato de amônio), $0,25 \text{ mg dm}^{-3}$ de B (ácido bórico), $0,5 \text{ mg dm}^{-3}$ de Zn (sulfato de zinco) e $0,5 \text{ mg dm}^{-3}$ de Cu (sulfato de cobre). Foram aplicadas as seguintes doses de N em cobertura, intercalando as fontes ureia e sulfato de amônio: 25 mg dm^{-3} aos 45 dias após a semeadura, 25 mg dm^{-3} aos 75 dias, 50 mg dm^{-3} aos 90 dias, 50 mg dm^{-3} aos 110 dias e 50 mg dm^{-3} aos 130 dias, totalizando a aplicação de 225 mg dm^{-3} de N.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com cinco doses de potássio (0, 50, 100, 150 e 200 mg dm^{-3} de K_2O) e duas condições de disponibilidade hídrica (30 e 70% da capacidade de retenção de água do solo), combinadas no esquema fatorial 5×2 , com cinco repetições. Cada parcela foi constituída por um vaso contendo duas plantas.

As doses de potássio foram fornecidas via cloreto de potássio (60% de K_2O). A aplicação das doses de potássio foi parcelada em três vezes, sendo a primeira aos 30 dias de incubação do solo (20% da concentração de potássio do tratamento), a segunda aos 60 dias (40% da concentração de potássio do tratamento) e a terceira aos 120 dias de condução do experimento (40% da concentração de potássio do tratamento). Com relação à disponibilidade hídrica foram promovidas duas condições de umidade: 30% e 70% da capacidade máxima de retenção de água do solo em vaso.

A capacidade máxima de retenção de água foi determinada através da pesagem de 10 vasos com pratos na base contendo $5,5 \text{ dm}^3$ de solo cada um. Foram pesados os vasos contendo solo seco, e em seguida foi adicionada água em excesso a fim de encharcar o solo. Após a drenagem do solo por 48 horas os vasos foram novamente pesados. A capacidade máxima de retenção foi dada pela diferença da massa após a drenagem e a massa do solo seco.

Foi feita a semeadura de quatro sementes por vaso, que foram protegidos com tela de 50% de redução de luz solar durante a germinação e mantidos a capacidade de retenção de água no vaso de 70% por 35 dias, quando foi realizado o raleio, deixando-se apenas duas plantas por vaso. A partir do 40º dia, iniciaram os procedimentos para promover a variação da umidade do solo.

Para garantir o fornecimento de água de 30% e 70% de água ao longo do experimento, de acordo com o tratamento, foram realizadas pesagens diárias dos vasos, que indicaram a quantidade necessária de água a ser adicionada individualmente em cada vaso.

Aos 180 dias após a germinação, foram feitas avaliações da concentração de nitrogênio, fósforo e potássio e eficiência de uso de potássio nas folhas das plantas de *Khaya senegalensis*. Os teores de nitrogênio, fósforo e potássio foram determinados conforme os métodos descritos por Sarruge e Haag (1974), no Laboratório do Departamento de Produção Vegetal e Laboratório Central da FCAV/UNESP.

O nitrogênio foi determinado pelo método analítico semi-micro Kjeldahl, após digestão sulfúrica, enquanto a digestão nítrico-perclórica foi realizada para determinar os teores de fósforo e potássio. As determinações de fósforo e potássio foram feitas por colorimetria de metavanadato e fotometria de chama respectivamente (SARRUGE; HAAG, 1974).

Os conteúdos dos macronutrientes nas folhas foram obtidos pela multiplicação dos valores de matéria seca foliar pelas respectivas concentrações dos nutrientes. Estes valores foram usados no cálculo da eficiência de uso de potássio (EUK) nas folhas, conforme a equação proposta por Siddiqi e Glass (1981):

$$\text{EUK} = (\text{matéria seca total de folhas})^2 / \text{quantidade de potássio nas folhas (g}^2 \text{ g}^{-1}\text{)}.$$

Foram feitas avaliações de processos fisiológicos como condutância estomática, transpiração e fotossíntese aos 135, 142, 152 e 180 dias após a germinação. As avaliações foram realizadas entre 8h e 11h da manhã em folhas totalmente expandidas, em média do folíolo de terceiro lançamento da folha composta de um ramo de terceiro lançamento, com o uso do IRGA (Infra-Red Gas Analyser – modelo LCpro-SD da ADC BioScientific), usando temperatura e umidade ambiente, concentração de CO₂ fixada em 380 ± 10 μmol m⁻² s⁻¹), FFFA (fluxo de

fótons fotossinteticamente ativo) de $800 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ correspondente ao máximo valor de fotossíntese obtido em teste preliminar realizado com 6 plantas.

Com base nos dados obtidos, foi calculada a média das quatro avaliações para cada um desses parâmetros.

A partir dos resultados médios de fotossíntese e condutância estomática foi estimada a eficiência do uso da água, com o uso da seguinte equação:

$$\text{EUA} = \text{fotossíntese}/\text{condutância estomática}.$$

Aos 180 dias após a germinação, foi avaliado o índice de conteúdo de clorofila com o uso do clorofilômetro portátil (CCM 200, Opti Science) e feita avaliações de sobrevivência, altura, diâmetro, área foliar, massa de matéria seca de raiz, caule e folha, relação raiz/parte aérea.

Considerou-se como altura da parte aérea o comprimento entre a base do caule em contato com o solo e o ápice do par de folhas mais jovem. O diâmetro foi obtido a cinco centímetros do solo.

A área foliar foi mensurada pelo medidor de área foliar Li-Cor 3100. As folhas, o conjunto de caule e ramo e as raízes foram acondicionados separadamente e secos em estufa de circulação forçada de ar entre 65 e 70 °C até atingir massa constante.

A análise estatística dos resultados foi feita com o programa AgroEstat (BARBOSA; MALDONADO JUNIOR, 2011). Foram feitas análises de variância e análise de regressão polinomial para o estudo dos efeitos do potássio.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A sobrevivência das plantas de mogno-africano foi de 100% para todos os tratamentos aplicados.

As plantas apresentaram maiores concentrações de nitrogênio (41,67%) e potássio (21,17%) e menor concentração de fósforo (6,7%) nas folhas quando mantidas a 30% de umidade, quando comparados às plantas a 70% de umidade (Tabela 1). É provável que as menores concentrações de nitrogênio e potássio nas folhas das plantas mantidas a 70% de umidade se devam ao efeito de diluição, pois nessa condição as características fisiológicas relacionadas com a condutância estomática, transpiração e fotossíntese foram maiores (Tabela 2), com consequente aumento das características biométricas (Tabela 3) do que das plantas mantidas a 30%.

Houve tendência das concentrações de nitrogênio nas folhas diminuir com o aumento das doses de potássio nas plantas a 70% de umidade, e essa variação foi ajustada por uma equação de terceiro grau (Figura 1). Esse resultado corrobora os dados obtidos em estudos de interação entre nitrogênio, fósforo e potássio com outras espécies, quando as maiores doses de potássio resultaram em maior produção e as maiores concentrações de nitrogênio foram encontradas nas plantas que receberam menores doses de potássio (MARTIM; MONTEIRO; CARMELLO, 1997).

A concentração foliar de fósforo foi afetada pelo potássio apenas a 30% de umidade, sendo que o maior suprimento de potássio resultou num aumento linear da concentração de fósforo nas folhas (Figura 1).

Doses crescentes de potássio aumentaram linearmente a concentração foliar de potássio a 30% e a 70% de umidade (Figura 1).

Tabela 1. Médias, valores de F da análise de variância e coeficientes de variação (CV%) da concentração de nitrogênio, fósforo e potássio nas folhas e eficiência do uso de potássio das plantas de mogno-africano, aos 180 dias de idade, submetidas a dois níveis de umidade (30 e 70% da capacidade máxima de retenção de água no solo em vaso) e cinco doses de potássio (0, 50, 100, 150, 200 mg dm⁻³).

Causas de Variação	Características			
	N	P	K	EUK
Médias				
Umidade				
30%	22,78a	1,66a	10,93a	1829b
70%	16,08b	1,78a	9,02b	2990a
K (mg dm ⁻³)				
0	21,26	1,71	8,05	2596
50	20,63	1,69	10,09	2354
100	18,88	1,62	9,37	2528
150	18,26	1,87	10,21	2527
200	18,10	1,73	12,17	2041
Valores de F				
Umidade	335,11**	2,69 ^{ns}	19,24**	51,70**
K	12,31**	1,27 ^{ns}	9,39**	1,54 ^{ns}
Umidade x K	17,12**	3,20*	0,43 ^{ns}	1,73 ^{ns}
CV%	6,66	14,56	15,47	23,7

N – concentração foliar de nitrogênio (g kg⁻¹); P – concentração foliar de fósforo (g kg⁻¹); K – concentração foliar de potássio (g kg⁻¹); EUK – eficiência no uso de potássio (g g⁻¹).

^{ns} - Não significativo (p > 0,05), * e ** - Significativos, respectivamente, p ≤ 0,05 e p ≤ 0,01, pelo teste F.

Tabela 2. Médias, valores de F da análise de variância e coeficientes de variação (CV%) da condutância estomática, transpiração, taxa fotossintética, eficiência do uso da água instantânea e índice de conteúdo de clorofila das plantas de mogno-africano, aos 180 dias de idade, submetidas a dois níveis de umidade (30 e 70% da capacidade máxima de retenção de água no solo em vaso) e cinco doses de potássio (0, 50, 100, 150, 200 mg dm⁻³).

Causas de Variação	Características				
	<i>gs</i>	<i>E</i>	<i>A</i>	EUA _{inst}	ICC
	Médias				
Umidade					
30%	0,06b	1,43b	5,91b	132,37b	60,16 ^a
70%	0,11a	2,22a	8,79a	93,68a	50,31b
K (mg dm ⁻³)					
0	0,11	2,12	8,02	80,48	58,91
50	0,08	1,78	7,31	123,40	45,03
100	0,07	1,72	7,20	126,94	56,22
150	0,07	1,65	6,63	116,38	56,15
200	0,08	1,85	7,57	117,93	59,85
	Valores de F				
Umidade	223,7**	163,9**	144,8**	110,5**	4,55*
K	17,4**	6,8**	3,7*	20,6**	1,32 ^{ns}
Umidade x K	4,2**	7,2**	3,8*	6,1**	0,54 ^{ns}
CV%	15,0	12,1	11,5	11,5	29,6

gs – condutância estomática (mol m⁻² s⁻¹) *E* - transpiração (mmol m⁻² s⁻¹); *A* - taxa fotossintética (μmol m⁻² s⁻¹); EUA_{inst} -eficiência instantânea (μmol mol⁻¹) no uso da água; ICC – índice de conteúdo de clorofila.

^{ns} - Não significativo (p > 0,05), * e ** - Significativos, respectivamente, p ≤ 0,05 e p ≤ 0,01, pelo teste F.

Tabela 3. Médias, valores de F da análise de variância e coeficientes de variação (CV%) da altura, diâmetro, área foliar, matéria seca de raiz, caule e folhas e relação entre matéria seca de raiz e matéria seca da parte aérea de mogno-africano, aos 180 dias de idade, submetidas a dois níveis de umidade (30 e 70% da capacidade máxima de retenção de água no solo em vaso) e cinco doses de potássio (0, 50, 100, 150, 200 mg dm⁻³).

Causas de Variação	Características						
	Altura (cm)	Diâmetro (mm)	Área foliar (cm ²)	Matéria seca (g)			
				Raiz	Caule	Folhas	Raiz/Parte Aérea
Médias							
Umidade							
30%	49,51b	8,62b	2307b	39,10b	11,71b	19,60b	1,27a
70%	57,57a	11,11a	2757a	62,07a	20,85 a	26,01a	1,31a
K (mg dm ⁻³)							
0	50,46	9,21	2163	52,29	14,58	19,72	1,54
50	57,00	10,16	2641	53,64	17,60	22,76	1,31
100	49,18	9,57	2444	51,21	14,93	22,86	1,33
150	57,28	10,19	2703	47,04	17,81	24,27	1,12
200	53,87	10,21	2707	48,76	16,49	24,43	1,16
Valores de F							
Umidade	14,7**	49,1**	11,2**	19,3**	47,1**	30,0**	0,15 ^{ns}
K	2,5 ^{ns}	1,3 ^{ns}	2,4 ^{ns}	0,2 ^{ns}	1,0 ^{ns}	2,1 ^{ns}	1,82 ^{ns}
Umidade x K	0,2 ^{ns}	0,4 ^{ns}	0,8 ^{ns}	0,2 ^{ns}	0,8 ^{ns}	0,9 ^{ns}	0,56 ^{ns}
CV%	13,9	12,7	18,9	36,5	28,9	18,1	30,0

^{ns} - Não significativo ($p > 0,05$), * e ** - Significativos, respectivamente, $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$, pelo teste F.

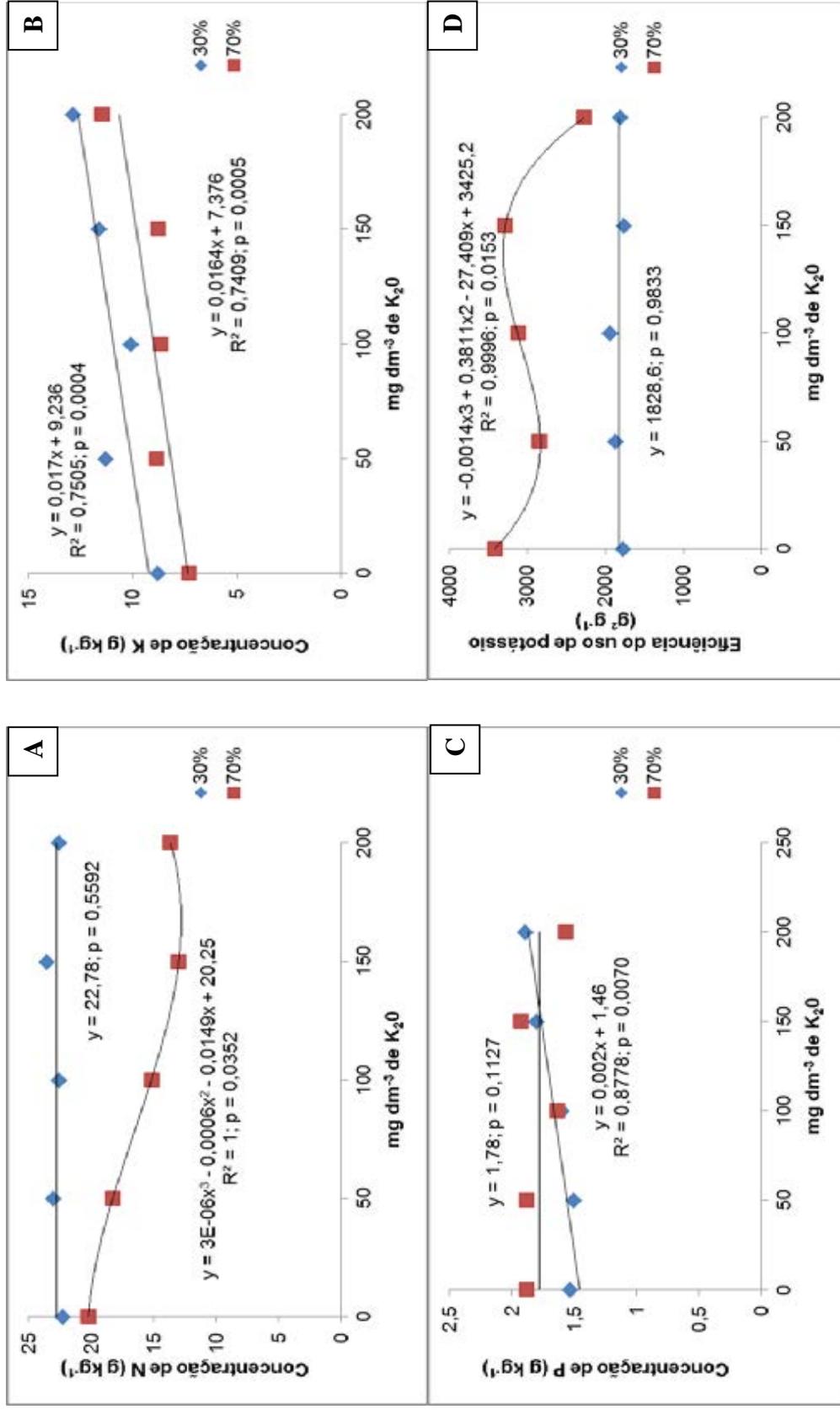


Figura 1. Variações da concentração de nitrogênio (A), potássio (B), fósforo (C) e eficiência do uso de potássio (D) em mudas de mogno-africano em função das doses de potássio e condições de umidade aos 180 dias de idade.

A eficiência do uso de potássio nas folhas foi 38,8% superior nas condições de 70% de umidade quando comparado a 30% de umidade. A aplicação de potássio diminuiu a eficiência do uso de potássio a 70% de umidade, sendo que a variação foi ajustada por uma curva de terceiro grau (Figura 1). Esse resultado corrobora os dados obtidos para a espécie *Corymbia citriodora* sob diferentes doses de potássio e umidades de solo, em que foi observado um efeito linear decrescente da eficiência do uso de potássio nas folhas, o qual foi atribuído ao fato da matéria seca de folhas ter se mantido constante enquanto a concentração de potássio aumentou (SÁ, 2012).

A 30% de umidade, as plantas apresentaram, em porcentagem, menores valores de condutância estomática (45,5%), transpiração (35,6%) e taxa fotossintética (32,8%) em comparação às plantas submetidas a 70% de umidade (Tabela 2).

Clones de eucalipto submetidos a quatro diferentes regimes de irrigação também apresentam redução da condutância estomática e taxa fotossintética em condições de restrição hídrica, provavelmente pelo fechamento parcial dos estômatos logo nas primeiras horas da manhã, devido à baixa umidade encontrada no substrato (TATAGIBA; PEZZOPANE; REIS, 2008). Em situações de baixa disponibilidade hídrica, a planta desenvolve diversos mecanismos a fim de evitar sua desidratação como, por exemplo, a redução da transpiração (LARCHER, 2004). A redução da transpiração ocorre através do fechamento estomático, o qual limita a perda de água na forma de vapor através da redução do poro estomático, porém, também reduz o fornecimento de CO₂ aos cloroplastos (TAIZ; ZEIGER, 2013). Apesar disso, ocorre uma redução mais acentuada da condutância estomática do que a assimilação de carbono, resultando no aumento da eficiência do uso da água pela planta. Se a situação de baixa disponibilidade de água permanece por longo período, a taxa de fotossíntese diminui e, conseqüentemente, o crescimento é reduzido (LIMA; JARVIS; RHIZOPOULOU, 2003).

Assim sendo, é possível inferir que as plantas submetidas a 30% de umidade tenham apresentado queda acentuada da condutância estomática e transpiração como forma de proteção à desidratação e, por terem sido mantidas nessa condição

de baixa disponibilidade de água por um período prolongado, houve queda da taxa fotossintética se comparadas às plantas a 70% de umidade.

Observou-se que houve uma diminuição dos valores de condutância estomática, transpiração e taxa fotossintética nas plantas a 30% de umidade e de condutância estomática nas plantas a 70% de umidade com o aumento das doses de potássio, tendo sido explicadas por equações de segundo grau (Figura 2), provavelmente devido à participação do potássio na regulação da abertura e do fechamento estomático, diminuindo a perda excessiva de água pela planta, principalmente em condições de baixa disponibilidade de água no solo (TAIZ; ZEIGER, 2013). Esse efeito favorável do potássio ocorreu em mudas de *Eucalyptus grandis* sob deficiência hídrica moderada, promovendo a redução da perda de água pela planta (SILVA; KLAR; PASSOS et al., 2004).

A 30% de umidade, as plantas apresentaram maior eficiência do uso da água em relação às plantas submetidas a 70% de umidade. Pode-se inferir que esse resultado tenha sido observado devido à redução mais acentuada da condutância estomática do que da assimilação de carbono obtidas nas plantas a 30% de umidade, a qual aumenta a eficiência do uso da água instantâneo (PITA et al., 2005). Esses resultados corroboram os dados obtidos para seis espécies de eucalipto quando submetidos à deficiência hídrica (20% da capacidade máxima de retenção de água no solo) por 10 semanas, em que houve uma redução mais acentuada da condutância estomática que da taxa fotossintética (MERCHANT et al., 2007). Sob deficiência hídrica e adubação potássica, genótipos de eucalipto obtiveram maior eficiência do uso da água em relação aos genótipos que não foram submetidos à baixa disponibilidade de água (MENDES et al., 2013).

A eficiência do uso da água aumentou com a aplicação de potássio, tanto a 70% de umidade, cuja variação é explicada pela equação de segundo grau e a máxima eficiência estimada com a aplicação de 151 mg dm^{-3} de K, como a 30% de umidade, cuja variação foi explicada por uma equação de terceiro grau e a maior eficiência foi estimada com a aplicação de $70,7 \text{ mg dm}^{-3}$ de K (Figura 2).

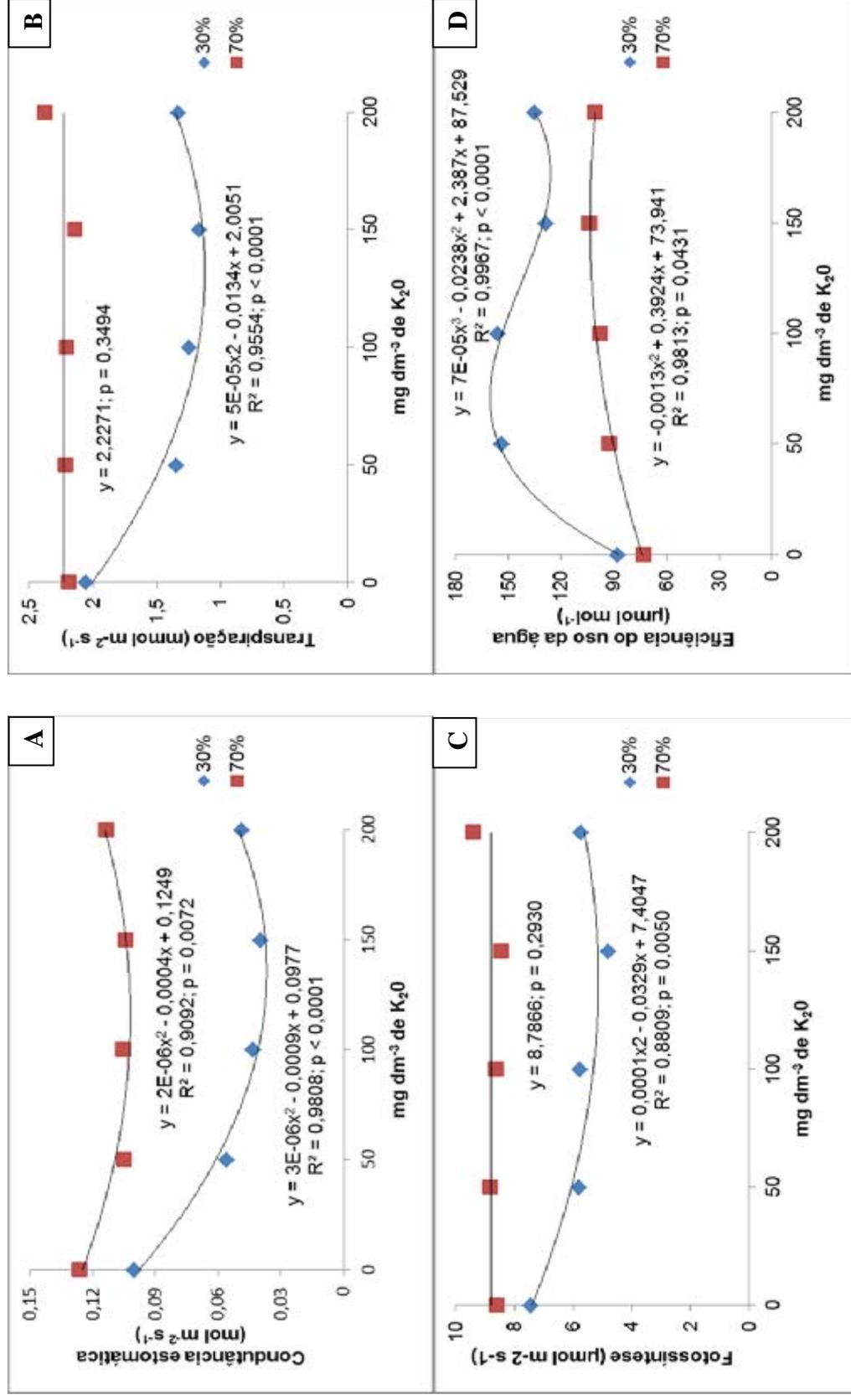


Figura 2. Variações da condutância estomática (A), transpiração (B), fotossíntese (C) e eficiência do uso da água (D) em mudas de mogno-africano em função das doses de potássio e condições de umidade aos 180 dias de idade.

O bom suprimento de potássio é fundamental para que a planta apresente maior eficiência do uso da água, pois esse nutriente está associado às características que interferem na eficiência do uso da água, como a regulação da turgidez, abertura e fechamento estomático e controle da transpiração (NELSON; MOTOVALLI; NATHAN, 2005). Resultados semelhantes foram observados para mudas de *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus camaldulensis* sob estresse hídrico com diferentes doses de potássio, em que maiores doses de potássio levaram ao aumento da eficiência do uso da água, assim como o conteúdo relativo de água nas folhas (TEIXEIRA et al., 1995).

Em relação ao índice de conteúdo de clorofila, foram observados maiores valores nas plantas a 30% de umidade quando comparadas às plantas a 70% de umidade. Doses crescentes de potássio não proporcionaram efeito significativo no índice de conteúdo de clorofila.

O índice de conteúdo de clorofila se relaciona de forma positiva com a concentração foliar de nitrogênio, pois, aproximadamente 70% do nitrogênio presente nas folhas constituem os cloroplastos e, portanto, estão envolvidos na síntese e estrutura das moléculas de clorofila (MARENCO; LOPES, 2005). Dessa forma, é provável que esse resultado seja decorrente do menor crescimento das plantas a 30% de umidade e, portanto, da maior concentração de nitrogênio nas folhas. Resultados semelhantes foram observados em mudas de *Eucalyptus grandis* submetidas a duas condições de umidade de solo (0,01 Mpa e 1,5 MPa) e adubação potássica, onde as plantas submetidas às condições de menor disponibilidade hídrica apresentaram maior índice de conteúdo de clorofila (SILVA; KLAR; PASSOS, 2004).

O aumento das doses de potássio não afetou de forma significativa o crescimento em altura, diâmetro, área foliar e matéria seca de raiz, caule e folhas das plantas a 70% de umidade.

A concentração de potássio nas folhas das plantas que não receberam adubação potássica foi de 8,05 g kg⁻¹ (Tabela 1). Esse valor se aproxima da concentração de 9,0 g kg⁻¹ de K, considerada adequada nas folhas de mogno-africano (BEVEGE et al., 2006), sugerindo que o teor de 1,0 mmol_cdm⁻³ de K

disponível no solo antes da instalação do experimento tenha sido suficiente para o crescimento inicial da espécie.

O crescimento de mudas de *Swietenia macrophylla* (mogno-brasileiro) também não foi afetado pela adubação potássica, indicando que essa espécie possui sua demanda atendida mesmo em condições de baixa disponibilidade desse nutriente no solo ou, ainda, que ela é eficiente na conversão de potássio em biomassa nessas condições (TUCCI et al., 2011). A omissão de potássio na adubação de plantio de *Copaifera langsdorffii* (copaíba) e *Hymenaea courbaril* (jatobá) não interfere no crescimento em altura, diâmetro e matéria seca da parte aérea das mesmas, sendo que, a copaíba apresenta tendência de aumento da produção de biomassa de folhas quando submetidas a tratamento sem adição de potássio (DUBOC, 1994).

É possível que esse comportamento seja comum às espécies climácicas de florestas tropicais, pois copaíba, *Platycianus regnelli* (pau-pereira) e jatobá também não responderam à adubação potássica quanto ao crescimento na fase inicial, provavelmente por se tratarem de plantas de crescimento lento se comparadas às espécies pioneiras, as quais respondem positivamente à adição de potássio (SILVA et al., 1997). Assim, a 70% de umidade, a ausência de resposta significativa de crescimento em altura, diâmetro e matéria seca do mogno-africano às doses crescentes de potássio parece estar relacionada à sua baixa exigência a esse nutriente na fase inicial de crescimento.

Houve maior crescimento das plantas em altura, diâmetro, área foliar e matéria seca dos componentes da planta a 70% de umidade em relação às plantas submetidas a 30% de umidade (Tabela 3). As diferenças, em porcentagem, entre 30% e 70% de umidade em ordem decrescente foram: matéria seca de caule (43,8%), matéria seca de raízes (37%), matéria seca de folhas (24,6%), diâmetro (22,4%), área foliar (16,3%) e altura (14%). Esses resultados apoiam os dados obtidos para plantas jovens de *Khaya ivorensis* irrigadas, as quais apresentam crescimento em altura superior ao de plantas não irrigadas, sugerindo que a restrição hídrica limita o crescimento dessa espécie em seus primeiros seis meses de idade (ROSA et al., 2014).

Em condições de restrição hídrica, as plantas sofrem importantes modificações em seus processos fisiológicos e morfológicos (PIMENTEL, 2004), afetando sua capacidade de tolerância às adversidades do ambiente. Nessas condições, o volume celular diminui e, conseqüentemente a pressão de turgor. Sendo assim, as atividades dependentes do turgor e da expansão celular, como o alongamento de raízes e a expansão foliar são extremamente sensíveis à deficiência hídrica (TAIZ; ZEIGER, 2013). A deficiência hídrica pode levar a paralisação ou apenas redução do crescimento da planta, a qual pode ser observada através de um decréscimo no crescimento em altura e diâmetro, redução do número e crescimento de folhas e ramos e, conseqüentemente, na diminuição da massa de matéria seca total da planta (VELLINI, 2007). Além disso, a redução na área foliar pode ser considerada uma estratégia do vegetal para resistir à seca, uma vez que a redução da área foliar diminui a transpiração, permitindo a conservação do menor suprimento de água no solo por mais tempo (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Semelhante ao que ocorreu com o mogno-africano neste trabalho, plantas de pau-ferro apresentaram maiores valores para diâmetro do colo, área foliar e matéria seca quando submetidas a 70% da capacidade de retenção de água no solo em relação aos tratamentos com apenas 40% e 12,5% de retenção (LENHARD; SCALON; NOVELINO, 2010). Resposta semelhante foi observada em mudas de cinco clones de eucalipto sob diferentes regimes hídricos, onde as plantas irrigadas duas vezes ao dia até a máxima capacidade de retenção de água em tubete apresentaram maior área foliar e matéria seca total do que as plantas mantidas com apenas 30% de umidade (CHAVES, 2001).

Observou-se efeito significativo das doses de potássio sobre a área foliar e matéria seca de folhas somente para as plantas a 30% de umidade, onde houve um aumento dessas características com o aumento das doses de potássio aplicadas, explicado pelas equações lineares (Figura 3). Para matéria seca de folhas, verificou-se a 30% de umidade que doses crescentes de potássio proporcionam aumento da quantidade de matéria seca de folhas, o qual é explicado pela equação linear (Figura 3).

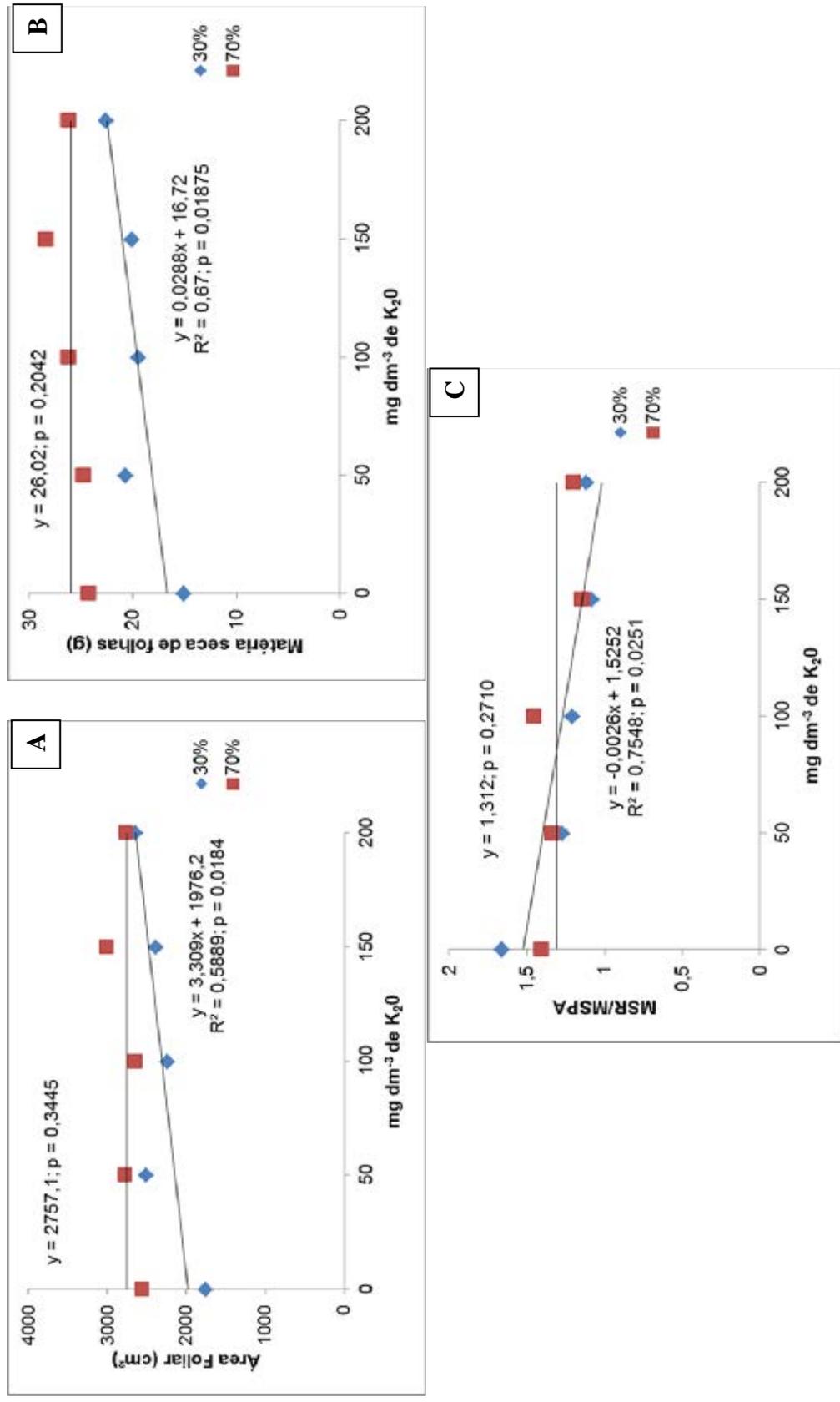


Figura 3. Variações da área foliar (A), matéria seca de folhas (B) e relação matéria seca de raiz/matéria seca da parte aérea (C) em mudas de mogno-africano em função das doses de potássio e condições de umidade aos 180 dias de idade.

Resultados semelhantes foram verificados em clones de eucalipto submetidos a duas condições hídricas e adubação potássica, em que apenas houve efeito significativo do potássio no incremento relativo de área foliar e matéria seca de folhas, sendo que para as demais características biométricas não houve efeito significativo (MENDES, 2011). No entanto, em estudos sobre os efeitos do manejo hídrico e da adubação potássica em eucalipto na fase de rustificação não foi observado efeito de potássio na parte aérea, mas apenas na matéria seca de raízes.

Não houve diferença significativa da relação matéria seca de raiz/matéria seca total da parte aérea entre as plantas a 30% e 70% de umidade (Tabela 3). Entretanto, para *Eucalyptus camaldulensis*, foi verificado que a baixa disponibilidade hídrica resultou em aumento da relação raiz/parte aérea (GONÇALVES; PASSOS, 2000).

O potássio apenas afetou a relação raiz/parte aérea nas plantas a 30% de umidade, em que houve diminuição linear dessa relação com o aumento das doses de potássio (Figura 3). É possível que o potássio, em condições de baixa disponibilidade de água, diminua os efeitos da restrição hídrica, permitindo maior investimento da planta no crescimento da parte aérea do que nas raízes.

5. CONCLUSÃO

Khaya senegalensis é pouco exigente em potássio na fase inicial de crescimento desde que as demais necessidades nutricionais sejam atendidas.

Nas condições de restrição hídrica, o potássio aumenta a eficiência do uso da água e a biomassa de folhas.

6. REFERÊNCIAS

ABRAF. Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário estatístico da ABRAF ano base 2011**. Brasília, 2012. 150 p. Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF12/ABRAF12-BR.pdf>>. Acesso em: 28 abril 2013.

ALBUQUERQUE, M. P. F.; MOARES, 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.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JÚNIOR, W. **AgroEstat**: sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos, versão 1.1.0.626, 2011. Jaboticabal: FCAV - Departamento de Ciências Exatas, 2011.

BEVEGE, D.I.; NIKLES, D.G.; DICKINSON, G.; SKELTON, D.J. (eds) (2006) Where to from here with R&D to Underpin Plantations of High-value Timber Species in the 'Seasonally-dry' Tropics of Northern Australia? In: Workshop, Townsville Queensland. 2006. Private **Forestry North Queensland Association Inc.**, Kairi, Qld. 1 CD ROM.

CAKMAK, I. The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, n. 168, p. 521–530, 2005.

CHAVES, J. H. **Crescimento, fotossíntese e relações hídricas de clones de eucalipto sob diferentes regimes hídricos**. 2001. 106p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2001.

COOPMAN, R.; JARÁ, J. C.; BRAVO, L. A.; SÁEZ, K. L.; MELLA, G. R.; ESCOBAR, R. Changes in morpho-physiological attributes of *Eucalyptus globulus* plants in response to different drought hardening treatments. **Electronic Journal of Biotechnology**, Valparaiso, v. 11, n. 2, p. 30-39, 2008.

CORDEIRO, Y.E.M.; PINHEIRO, H.A.; SANTOS-FILHO, B.G. dos; CORRÊA, S.S.; DIAS-FILHO, M.B. Physiological and morphological responses of Young mahogany (*Swietenia macrophylla* King) plants to drought. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.258, p.1449-1455, 2009.

COUTERON, P.; KOKOU, K. Woody vegetation spatial patterns in a semi-arid savanna of Burkina Faso, West Africa. **Plant Ecology**, v. 132, p. 211-227, 1997.

DUBOC, E. **Requerimentos nutricionais de espécies florestais nativas: *Hymenaea courbaril* L. var. *silibocarpa* (Haynee) Lee et Lang (Jatobá), *Copaifera tangsdorffii* Desf., (Óleo copaíba) e *Peltoplorum dublum* (Spreng) Taub. (Canafístula)**. 1994. 68p. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura de Lavras – ESAL, Lavras, 1994.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Forestry Department**. Databook on endangered tree and shrub species and their provenances. Rome, 1986. (Forestry Paper, 77).

GONÇALVES, J. F. C.; SILVA, C. E. M.; GUIMARÃES, D. G. Fotossíntese e potencial hídrico foliar de plantas jovens de andiroba submetidas à deficiência hídrica e à reidratação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 1, p.8-14, 2009.

GONÇALVES, M. R.; PASSOS, C. A. M. Crescimento de cinco espécies de eucalipto submetidas a déficit hídrico em dois níveis de fósforo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 145-161, 2000.

IDU, M.; IGELEKE, C. L. Antimicrobial Activity and Phytochemistry of *Khaya senegalensis* Roots. **International Journal Of Ayurvedic And Herbal Medicine Hyderabad**, v. 2, n. 3, p. 416-422, 2012.

IUCN. The International Union for Conservation of Nature. **World Conservation Monitoring Centre**. *Khaya senegalensis*. In: _____. IUCN red list of threatened species: version 2012.2. 1998. Disponível em: <www.iucnredlist.org>. Acesso em: 17 jun. 2012.

JOKER, D.; GAMÉNÉ, S. ***Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss.** Humlebaek: Seed Leaflet, 66). Disponível em: <http://curis.ku.dk/portal-life/files/20648230/khayasenegalensis_int.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2014.

KANT, S; KAFKAFI, U. Potassium and abiotic Stresses in Plants. IN: **Role of potassium in nutrient management for sustainable crop production in India**. Eds. PASRICHA, N. S.; BANSAL, S. K., Potash Research Institute of India: Gurgaon, Haryana, P. 233-251, 2002.

LAGO, I. **Transpiração e crescimento foliar de clones de batata e de mandioca em resposta à fração de água transpirável no solo.** 92 f. 2011. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 92 p., 2011.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas – possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado.** Eschborn: GTZ, 1990. p. 297-300.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal.** São Carlos: RiMa Artes e Textos, 531 p., 2004.

LENHARD, N.R.; SCALON, S. P. Q.; NOVELINO, J. O. crescimento inicial de mudas de pau ferro (*Caesalpinia ferrea* MART. ex Tul. var. *leiostachya* Benth.) sob diferentes regimes hídricos. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 870-877, 2010.

LIMA, W. P.; JARVIS, P.; RHIZOPOULOU, S. Stomatal responses of *Eucalyptus* species to elevated CO₂ concentration and drought stress. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 60, n. 2, p. 231-238, 2003.

MACROBBIE, E. A. C. Control of volume and turgor in stomatal guard cells. **The Journal of Membrane Biology**, New York, v. 210, n. 2, p. 131-142, 2006.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral.** 3. ed., Viçosa: Ed. UFV. 2009. 451p.

MARTIM, A. R., MONTEIRO, F. A., CARMELLO, Q. A. C. Interação entre nitrogênio e potássio nos capins Coastcross 1 e Tifton 85 cultivados num oxissolo. In: Congresso Brasileiro de Ciência do solo, 26. 1997, Rio de Janeiro. **Resumos.** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997.

MENDES, H. S. J. **Comportamento de clones de eucalipto em resposta a disponibilidade hídrica e adubação potássica.** 2011. 43p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal, 2011.

MENDES, H. S. J.; PAULA, N. F. de; SCARPINATTI, E. A.; PAULA, R. C. de. Respostas fisiológicas de genótipos de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* à disponibilidade hídrica e adubação potássica. **Cerne**, Lavras, vol.19, n.4, pp. 603-611, 2013.

MERCHANT, A.; CALLISTER, A.; ARNDT, S.; TAUSZ, M.; ADAMS, M. Constrasting physiological responses of six *Eucalyptus* species to water déficit. **Annals of Botany**, Oxford, p.1507-1515, sep. 2007.

MISSION, L.; LIMOUSIN, J. M.; RODRIGUEZ, R.; LETTS, L. G. Leaf physiological responses to extreme droughts in Mediterranean *Quercus ilex* Forest. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 33, n. 11, p. 1898-1910, Nov. 2010.

NELSON, K. A.; MOTOVALLI, P. P.; NATHAN, M. Response of No-Till Soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] to Timing of Preplant and Foliar Potassium Applications in a Claypan Soil. **Agronomy Journal**, Madison. v. 97, p. 832–838, 2005.

NEPUMOCENO, A. L. et al. Tolerância à seca em plantas: mecanismos fisiológicos e moleculares. **Biotecnologia, ciência e desenvolvimento**, n. 23, 2001.

NIKIEMA, A.; PASTERNAK, D. *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss. In: LOUPPE, D.; OTENG-AMOAKO, A. A.; BRINK, M. (Ed.). **Plant Resources Tropical (PROTA)**. Wageningen, Netherlands, 2008. Disponível em: < http://database.prota.org/dbtw-wpd/exec/dbtwpub.dll?AC=GET_RECORD&XC=/dbtw-wpd/exec/dbtwpub.dll&BU=http%3A%2F%2Fdatabase.prota.org%2Fsearch.htm&TN=Protabase&SN=AUTO17187&SE=1561&RN=0&MR=20&TR=0&TX=1000&ES=0&CS=0&XP=&RF=Webreport&EF=Basic+Record+Form&DF=Webdisplay&RL=0&EL=1&DL=0&NP=3&ID=&MF=&MQ=&TI=0&DT=&ST=0&IR=1385&NR=0&NB=0&SV=0&SS=0&BG=&FG=&QS=Search&OEX=ISO-8859-1&OEH=ISO-8859-1 >. Acesso em: 16 jun. 2014.

OFORI, D. A. et al. Ethnobotany of some selected medicinal plants. Kumasi: **Forestry Reseach Institute of Ghana**, 2011. 34 p. (Technical Note, 4). Disponível em: < <http://www.worldagroforestry.org/downloads/publications/PDFs/B17263.PDF> >. Acesso em: 10 jun. 2014.

ORWA C. et al. **Agroforestry Database: a tree reference and selection guide version 4.0**. 2009. Disponível em:< http://www.worldagroforestry.org/treedb2/AFTPDFS/Khaya_senegalensis.pdf >. Acesso em: 13 out. 2014.

PAIVA, R.; OLIVEIRA, L. M. **Fisiologia e Produção Vegetal**. Lavras: Editora UFLA, 104 p., 2006.

PIMENTEL, C. **A Relação da Planta com a Água**. Seropédica, Rio de Janeiro: Edur, 191 p., 2004.

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.

PITA, P.; CAÑAS, I.; SORIA, F.; RUIZ, F.; TOVAL, G. Use of physiological traits in tree breeding for improved yield in drought-prone environments. The case of *Eucalyptus globulus*. **Investigación Agraria**, Madri, v. 14, p. 383-393, 2005.

PORTES, M. T.; ALVES, T. H.; SOUZA, G. M. Water deficit affects photosynthetic induction in *Bauhinia forficata* Link (Fabaceae) and *Esenbeckia leiocarpa* Engl. (Rutaceae) growing in understorey and gap conditions. **Brazilian Journal Plant Physiology**, v. 18, n. 4, p. 491-502, 2006.

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: Editora UNESP 2008. 407 p.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. (Ed.). **Análises químicas para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 285 p.

ROSA, F. O.; CASAROLI, D.; COSTA, F. R.; BARBOSA, L. H. A.; CIRÍACO, M. C. N.; ALVES JÚNIOR, J. Crescimento e desenvolvimento do mogno-africano cultivado em ambiente protegido e em campo. In: II Inovagri, International Meeting, 7., 2014, Fortaleza, **Resumos...** Fortaleza: INOVAGRI, 2014. p. 2387 – 2393.

SÁ, A. F. L. **Crescimento de plantas de *Corymbia citriodora* (Hook) K. D. Hill & L. A. S> Johnson sob diferentes doses de potássio e níveis de umidade do solo**. 2012. 50p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Universidade estadual paulista. Jaboticabal, 2012.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, n.3, p.287-294, 1998.

SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1974. 56 p.

SIDDIQI, M. Y.; GLASS, A. D. M. Utilization index: a modified approach to estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v. 4, p. 289-302, 1981.

SILVA, I. R.; FURTINI NETO, A. E.; CURI, N.; VALE, F. R. Crescimento inicial de quatorze espécies florestais nativas em resposta à adubação potássica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.32, n.2, p.205-212, 1997.

SILVA, M. R.; KLAR, A. E.; PASSOS, J. R. Efeitos do manejo hídrico e da aplicação de potássio nas características morfofisiológicas de mudas de *Eucalyptus grandis* (Hill ex. Maiden). **Irriga**, Botucatu, v. 9, n. 1, p. 31-40, 2004.

SOUZA, M. J. H., RIBEIRO, A.; LEITE, H. G.; MINUZZI, R. B. Disponibilidade hídrica do solo e produtividade do eucalipto em três regiões da bacia do Rio Doce. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 30, n. 3, p. 399-410, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Piracicaba, Artmed, 2013. 820 p.

TATAGIBA, S. D.; PEZZOPANE, J. E. M.; REIS, E. F. Avaliação do crescimento de clones de *Eucalyptus* submetidos a diferentes manejos de irrigação. **Cerne**, Lavras. n.1, v.13, 1-9 p. 2007.

TEIXEIRA, P. C.; LEAL, P. G. L.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. Nutrición potásica y relaciones em plantas de *Eucalyptus* spp. **Bosque**, Valdivia, v. 16, n.2, p. 61-68, 1995.

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 *Swietenia macrophylla* em resposta a nitrogênio, fósforo e potássio. **Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 3, p. 471-490, 2011.

VELLINI, A. L. T. T. **Desempenho e divergência genética entre clones de *Eucalyptus* spp. em diferentes regimes de irrigação em casa de vegetação**. 2007. 95 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Universidade estadual paulista. Jaboticabal, 2007.