

PARÂMETROS DE CRESCIMENTO E CURVA DE ABSORÇÃO DE NUTRIENTES DE MUDAS DE MOGNO AFRICANO COM E SEM SOLUÇÃO NUTRITIVA

Oscar José Smiderle¹, Aline das Graças Souza², Edvan Alves Chagas¹, Marcia Souza Alves², Paulo Roberto O. Fagundes²

RESUMO – O objetivo deste trabalho foi determinar parâmetros de crescimento e a curva de absorção de nutrientes de mudas *Khaya senegalensis* com e sem solução nutritiva. O delineamento experimental utilizado foi de parcelas subdivididas no tempo, dispostas em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Dois tratamentos dispostos nas parcelas foram representados com e sem solução nutritiva e, nas subparcelas, os tratamentos foram representados por seis épocas de avaliação (0, 60, 80, 100, 120 e 140 dias após o transplante). Foram avaliados os parâmetros: altura das mudas, diâmetro de caule, massa seca da parte aérea, radicular e total, relação massa seca da parte aérea/massa seca de raiz e índice de Dickson bem como a curva de absorção de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea e radicular. Mudas de *Khaya senegalensis* cultivadas com adição de solução nutritiva expressaram maior crescimento em altura e bem como o diâmetro de caule e índice de qualidade de Dickson, resultando em maior vigor das mudas.

Palavras chave: *Khaya senegalensis*, nutrição mineral, produção de mudas.

PARAMETERS OF GROWTH AND NUTRIENT ABSORPTION CURVE OF AFRICAN MAHOGANY SEEDLINGS WITH AND WITHOUT NUTRIENT SOLUTION

ABSTRACT - The objective of this work was to determine growth parameters and the nutrient uptake curve of *Khaya senegalensis* seedlings with and without nutrient solution. The experimental design was of subdivided plots in time, arranged in a completely randomized design, with four replications. The treatments were represented by six evaluation periods (0, 60, 80, 100, 120 and 140 days after transplanting). The treatments were represented with and without nutrient solution and in the subplots. The parameters were: seedlings height, stem diameter, shoot dry weight, root and total mass, root dry mass/root dry mass ratio and Dickson index as well as the uptake curve of N, P, K, Ca, Mg and S in the aerial part and root. Seedlings of *Khaya senegalensis* grown with added nutrient solution expressed higher growth in height as well as stem diameter and Dickson quality index, resulting in greater vigor of seedlings.

Keywords: *Khaya senegalensis*, mineral nutrition, seedling production.

¹ Pesquisador Embrapa, contato: oscar.smiderle@embrapa.br

² Pesquisador da Universidade Federal de Roraima



INTRODUÇÃO

O gênero *Khaya*, pertencente à família Meliaceae, compreende quatro importantes espécies de madeiras comerciais, *Khaya ivorensis*, *Khaya grandifolia*, *Khaya anthotheca* e *Khaya senegalensis*, todas conhecidas como mogno-africanos. Nenhuma delas distingue-se substancialmente do mogno-brasileiro (*Swietenia macrophylla*), nem sob o aspecto fisionômico, nem quanto à qualidade da madeira (Dionisio *et al.*, 2017). *Khaya senegalensis* A. Juss. pode atingir até 35 m de altura em solos férteis, diâmetro de até 1,5 m e de 8 a 16 m de fuste sem ramificações laterais (Alves *et al.*, 2016). A madeira de *Khaya senegalensis* é dura, pesada, durável e possui desenhos de grande beleza, o que justifica seu uso na fabricação de mobiliário, bem como na decoração de interiores (Smiderle *et al.*, 2016).

No Brasil, na maioria dos casos, os projetos de florestamento e reflorestamento fazem uso de mudas produzidas em viveiros florestais, o estado de Roraima possui extensa área cultivável, mas que atualmente é subexplorada por falta de investimentos em pesquisa, pessoal capacitado, infraestrutura e conhecimento técnico, principalmente no que se refere ao conhecimento da qualidade fisiológica de sementes e produção de mudas. Mudanças de espécies florestais devem apresentar alto padrão de qualidade para que possam se estabelecer com êxito no local definitivo de plantio (Smiderle *et al.*, 2017).

Características morfológicas e/ou fisiológicas podem ser usadas como medidas do padrão de qualidade de mudas e são de fundamental importância na avaliação do potencial da muda para sobrevivência e crescimento após o plantio em campo (Souza *et al.*, 2018).

A análise de parâmetros de crescimento é um método de grande importância na avaliação das diferentes respostas das plantas (Souza *et al.*, 2018) que sofrem influência na composição do substrato, o qual tem o papel de prover suporte às plantas e propiciar condições químicas e estruturais adequadas para o desenvolvimento inicial das raízes e da parte aérea (Gonçalves *et al.*, 2012). Para tanto, deve-se quantificar o acúmulo de massa seca em diferentes partes da planta, assim como também descrever eventos fisiológicos tais como, partição da massa seca sobre a composição mineral em raízes, caules e folhas das plantas. Concomitantemente, é importante fazer o estudo sobre

a curva de acúmulo de nutrientes, pois o seu conhecimento em cada estágio de desenvolvimento fornece informações importantes ao programa de adubação da cultura, seja pela informação da quantidade total acumulada pela planta, seja pela identificação de período(s) de maior demanda nutricional (Almeida *et al.*, 2015).

Estudos relacionados à marcha de absorção de nutrientes em *Khaya senegalensis* são de grande importância, pois faltam resultados de pesquisa sobre adubação e nutrição mineral, que auxiliem na recomendação de fertilização da cultura. Em periódicos científicos, nos últimos 20 anos, não foram encontrados trabalhos sobre a curva de absorção de nutrientes para esta espécie.

O objetivo deste trabalho foi determinar parâmetros de crescimento e a curva de absorção de nutrientes de mudas *Khaya senegalensis* com e sem solução nutritiva.

MATERIALE MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida na Embrapa Roraima, no viveiro de mudas, localizado em Boa Vista (02°45'28"N e 60°43'54"W, e 90 m de altitude). Boa Vista encontra-se na Zona Climática Tropical (Smiderle *et al.*, 2018). O clima na região é, segundo Köppen, do tipo Av (tropical chuvoso com pequeno período de seca) com precipitação pluviométrica média anual entre 1700-2000 mm (Smiderle *et al.*, 2018). A temperatura média anual é de 25,5 °C.

As mudas de *Khaya senegalensis* foram oriundas de sementes obtidas de plantas matrizes do Instituto Brasileiro de Florestas (IBF). Após germinação, as plântulas foram produzidas em canteiros contendo areia média lavada e, quando apresentavam altura de cinco centímetros ou dois pares de folhas definitivas foram transplantadas para vasos de polipropileno, com 14 L de capacidade, contendo como substrato uma fina camada de aproximados cinco cm de seixo para melhor drenagem e, completados com substrato ORG: Organoamazon® (Tabela 1) composto orgânico comercial (Adubo orgânico 100% natural e regional, composto por esterco de gado, cavalo, galinha e carneiro, palha de arroz envelhecida e carbonizada, turfa, bagaço de cana, aparas de grama, galhas e folhagens).

Tabela 1 - Caracterização química do substrato utilizado para a produção de mudas de *Khaya senegalensis*

Complexo sortivo ⁽²⁾														
Sub ⁽¹⁾	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al ³⁺	H+Al	S	t	T	V	M	P	MO	
		----- cmol _c dm ⁻³ -----									-- % --		Mg dm ⁻³	g kg ⁻¹
ORG	5,8	10,5	7,9	1,6	-	2,08	20	20	22	90,6	-	176,77	69,2	
Micronutrientes ⁽³⁾										Granulometria				
Sub	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S				Argila	Silte	Areia		
	----- mg dm ⁻³ -----									-----g kg ⁻¹ -----				
ORG	19,5	27,08	124	0,3	0,33	19,0				170	290	540		

Em que: ⁽¹⁾ Substrato ORG: Organoamazon®. ⁽²⁾pH em água (1:2,5); Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺: extrator KCl 1 mol L⁻¹; K⁺ e P: extrator mehlich-1; H+Al: extrator SMP; M.O.: matéria orgânica – oxidação Na₂Cr₂O₇ 4N + H₂SO₄ 10N; S: soma de bases trocáveis; t: capacidade de troca catiônica (CTC) efetiva; T: CTC a pH 7,0; V: índice de saturação por bases; m: índice de saturação por alumínio. ⁽³⁾Zn, Fe, Mn e Cu: extrator mehlich-1; B: extrator água quente; S: extrator fosfato monocálcio em ácido acético.

O delineamento experimental utilizado foi de parcelas subdivididas no tempo, dispostas em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições de 10 plantas por parcela. Dois tratamentos dispostos nas parcelas foram representados com e sem solução nutritiva e, nas subparcelas, os tratamentos foram representados por seis épocas de avaliação (0, 60, 80, 100, 120 e 140) dias após o transplântio.

Os fatores quantitativos relativos à altura e o diâmetro foram analisados estatisticamente por regressão com auxílio do programa computacional Sisvar, com quatro repetições de 10 plantas por parcela.

As plantas foram convenientemente espaçadas e mantidas em viveiro com 50% de sombreamento, com irrigação por aspersão programada a cada cinco horas durante o dia, com duração de cinco minutos cada. As plantas do tratamento com solução nutritiva receberam semanalmente duas regas de 200 mL da solução nutritiva proposta por Souza *et al.* (2015), ao final da última irrigação do dia para evitar lixiviação dos nutrientes.

A cada 20 dias as mudas de *Khaya senegalensis* eram submetidas à coleta de dados referentes à altura e o diâmetro. Os valores de altura das mudas foram obtidos medindo-se com régua milimétrica do nível do solo ao meristema apical enquanto que para o diâmetro do colo, as medidas foram tomadas, com paquímetro digital, no nível do solo em intervalos de 20 dias.

Para a obtenção da massa seca, aos 140 DAT, cada muda foi dividida em raiz e parte aérea, as raízes foram lavadas em água corrente, para a eliminação do substrato. Parte aérea e raízes foram pesadas e acondicionadas em saco de papel separadamente, permanecendo em estufa de secagem a 70°C, com circulação de ar forçada até a massa constante (72 horas). Depois de secas, foram pesadas em balança de precisão de 0,01 g para determinação da massa seca da parte aérea (MSPA), massa matéria seca do sistema radicular (MSSR), e pelo somatório destas, calculou-se a massa seca total da planta (MST) e após foram moídas em moinho tipo Willey e amostradas para quantificação dos teores de macro (N, P, K, Ca, Mg e S), conforme metodologias descritas em Malavolta *et al.* (1997). O acúmulo de nutrientes em cada parte foi calculado pela multiplicação da respectiva massa seca pela concentração de cada nutriente.

Para se mensurar a qualidade das mudas e estimar sua posterior sobrevida no campo, utilizou-se o índice de qualidade de Dickson (IQD) por meio da fórmula proposta por Dickson *et al.* (1960).

$$IQD = \frac{MST (g)}{\frac{H(cm)}{DC(mm)} + \frac{MSPA(g)}{MSSR(g)}}$$

As variáveis avaliadas foram submetidas à análise estatística pelo programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2011), realizando-se a análise de variância e análise



de regressão para o fator tempo (épocas) e o teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os maiores valores médios para a altura e o diâmetro do caule utilizados para a produção de mudas de *Khaya senegalensis* foram obtidos por meio da aplicação nutritiva (Tabela 2). A altura e o diâmetro das mudas de *Khaya senegalensis* foi relacionada com crescimento, apresentando a maior altura (91,00 cm) e o maior diâmetro (16,99 mm) aos 140 DAT, nas mudas com adição de solução nutritiva (Tabela 2), enquanto que, com os tratamentos sem adição de solução nutritiva em todas as épocas, observou-se menores valores das características de crescimento avaliadas (Tabela 2), comparadas com os tratamentos que receberam solução nutritiva.

Respostas positivas à aplicação de nutrientes têm sido registradas para outras espécies florestais nativas, como jacarandá-da-bahia (Bernardino *et al.*, 2007); garapa (Gomes *et al.*, 2008); angico-vermelho (Gonçalves *et al.*, 2008); sanção-do-campo (Gonçalves *et al.*, 2010) e fedegoso (Souza *et al.*, 2010; Cruz *et al.*, 2011).

Souza *et al.* (2018) observaram que a adição de solução nutritiva aos substratos usados para a produção de mudas, pode contribuir para o desenvolvimento uniforme e a rapidez no crescimento das mudas, reduzindo assim, o tempo de permanência destas no viveiro.

Trabalhos realizados por Paiva *et al.* (2009), estudando o crescimento das mudas de quatro espécies arbóreas nativas adubadas com diferentes doses de lodo de esgoto seco (granulado) e com fertilizante mineral, observaram-se aos 100 dias de idade o maior crescimento das plantas. Resultados semelhantes foram obtidos por aqueles encontrados por Nóbrega *et al.* (2007), que constataram tendência de aumento nos valores desse parâmetro para a espécie *Schinus terebynthifolius*, a partir da primeira dose de lodo de esgoto (20%) adicionada ao substrato de subsolo. Para o crescimento (altura), foi com o fertilizante mineral em pau-de-viola (*Cytarexylum myrianthum* Cham) e unha-de-vaca (*Bauhinia forficata* Link).

Determinando a melhor dose de diferentes macronutrientes para o maior crescimento das mudas de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth em diferentes classes de solos, Gonçalves *et al.* (2010) obtiveram o maior

Tabela 2 - Parâmetros de crescimento de mudas de *Khaya senegalensis* sem e com solução nutritiva (SN) em função das diferentes épocas avaliadas

Parâmetros	Dias após transplante							CV%
	SN	0	60	80	100	120	140	
Altura (cm)	Com	8,2 a	19,0 b	33,0 a	45,25 a	65,75 a	91,00 a	3,34
	Sem	8,2 a	26,0 a	32,5 a	44,75 a	48,75 b	74,25 b	
DC (mm)	Com	3,50 a	5,95 a	8,26 a	12,94 a	13,71 a	16,99 a	1,14
	Sem	3,50 a	5,11 a	8,27 a	10,16 b	11,87 b	13,35 b	
MSR (g)	Com	0,27 a	1,48 a	1,94 b	4,27 a	8,59 a	12,47 a	0,67
	Sem	0,28 a	0,87 b	2,81 a	4,85 a	5,76 b	5,81 b	
MSPA (g)	Com	0,26 a	3,88 a	9,91 a	15,40 a	35,47 a	52,30 a	2,11
	Sem	0,26 a	3,88 a	9,24 a	13,90 b	21,74 b	33,65 b	
MST	Com	0,55 a	4,68 b	12,72 a	20,24 a	44,05 a	64,77 a	1,22
	Sem	0,54 a	5,36 a	11,18 b	18,17 b	27,50 b	33,65 b	
H/DC	Com	2,34 a	3,19 a	3,45 a	3,99 a	4,79 a	5,35 a	0,92
	Sem	2,34 a	3,65 a	3,99 a	4,10 a	4,45 a	5,56 a	
MSPA/MSR	Com	0,95 a	4,45 a	3,17 b	3,52 a	4,12 a	4,19 a	0,81
	Sem	0,96 a	2,62 b	4,75 a	3,25 a	3,77 a	4,79 a	
IQD	Com	0,17 a	0,62 a	1,71 a	3,05 a	5,01 a	6,78 a	1,02
	Sem	0,16 a	0,85 a	1,28 a	2,36 a	3,49 b	3,25 b	

Em que: Na coluna, médias seguidas de letras distintas, minúsculas entre tratamentos e maiúsculas entre aplicação de solução nutritiva, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Solução nutritiva (SN), Altura (H, cm), diâmetro do colo (DC, mm), massa seca da parte aérea (MSPA, g), massa seca da raiz (MSR, g), massa seca total (MST, g), relação altura/diâmetro (H/DC), relação massa seca da parte aérea/raiz (MSPA/MSR) e índice de qualidade de Dickson (IQD).

crescimento (38,86 cm) aos 120 dias das mudas de sãdo-campo com a adição de nutrientes foi significativamente inferior aos dos demais tratamentos em que não se fez a adição, demonstrando que a fertilização favoreceu o maior crescimento das plantas.

Conseqüentemente, quanto maiores às taxas de crescimento, maiores as demandas por nutrientes, principalmente na fase inicial do crescimento (Smiderle *et al.*, 2018). Isto é corroborado pelos resultados encontrados nesta pesquisa.

O diâmetro do colo da planta é facilmente mensurável, não sendo um método destrutivo, é considerado por muitos pesquisadores como uma das mais importantes características para estimar a sobrevivência após o plantio de mudas de diferentes espécies florestais (Smiderle & Souza 2016; Smiderle *et al.*, 2016, Alves *et al.*, 2016); tal característica é utilizada para auxiliar na definição das doses de fertilizantes a serem aplicados na produção de mudas e para avaliação da capacidade de sobrevivência em campo, já que mudas de maior incremento em diâmetro possuem maior capacidade de formação e de crescimento de novas raízes (Alves *et al.*, 2016).

Neste trabalho, verificou-se que, o diâmetro máximo de 16,99 mm foi obtido aos 140 dias (Tabela 2) com adição da solução nutritiva. Pode-se inferir que o suprimento de potássio (K) (Figura 1 A e B) nos tratamentos com melhores médias de diâmetro aliado aos nutrientes que a solução nutritiva proporciona ao substrato, pode ter contribuído para o crescimento do diâmetro das mudas, já que o K, além de regular a abertura estomática, promove o engrossamento do caule das mudas, na fase de produção (Almeida *et al.*, 2015).

A matéria seca da parte aérea, apesar de ser um método destrutivo, deve ser considerada, pois indica a rusticidade das mudas (Gomes & Paiva, 2006). No experimento em estudo, a produção de massa seca da parte aérea das mudas dos tratamentos com adição da solução nutritiva após aos 100 DAT apresentaram valores superiores comparados com os tratamentos sem adição de solução nutritiva, conforme se pode verificar na Tabela 2.

Os resultados obtidos nos tratamentos que receberam solução nutritiva correlacionam com as médias superiores encontradas para altura nos mesmos

tratamentos, mostrando a relação existente entre a altura e a produção de massa seca da parte aérea. A análise realizada por Gomes & Paiva (2006) evidencia que há relação entre os fatores que influenciam no crescimento em altura e o ganho de massa de matéria seca, sendo assim, pode estar também relacionado com a maior disponibilidade de macronutrientes: N, P, Ca, Mg e K e micronutrientes, nos substratos que proporcionaram melhores crescimentos das características avaliadas (Figuras 1, A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L).

No que se refere à produção de matéria seca total (MSPA + MSR), mudas desenvolvidas no tratamento com solução nutritiva após aos 100 DAT foram superiores em relação aos demais tratamentos. Neste trabalho, foi obtido um valor máximo de massa seca total de 64,77 g com adição de solução nutritiva associado com o substrato comercial e o menor valor de incremento para a variável analisada, foi o tratamento sem adição de solução nutritiva, com uma produção de massa seca de 0,54 g (Tabela 2). Estudo realizado por Souza *et al.* (2015) com mudas de *Pyrus* spp. observaram que deve-se considerar, quanto maior for o valor da massa seca total, melhor será a qualidade das mudas produzidas, portanto, pode-se inferir que o tratamentos com solução nutritiva proporcionam a produção de mudas de melhor qualidade e, portanto, com maior probabilidade de sobrevivência em campo.

O valor resultante da divisão da altura da parte aérea pelo seu respectivo diâmetro do caule exprime o equilíbrio de crescimento, relacionando essas duas importantes características morfológicas em um índice (Saraiva *et al.*, 2014), também denominado de quociente de robustez.

Em trabalhos de pesquisa com espécies florestais, constatou-se que mudas com maior altura e maior diâmetro do caule apresentaram maior potencial de crescimento inicial no campo. Nesse sentido, os melhores resultados foram obtidos com mudas do tratamento com adição de solução nutritiva, estatisticamente superior aos demais tratamentos.

No que se refere ao IQD, o mesmo é apontado como bom indicador de qualidade de mudas, porque são utilizados para seu cálculo a robustez (relação H/DC) e o equilíbrio da distribuição da biomassa (relação MSPA/MSR) (Smidele & Souza, 2016), ponderando os resultados de várias características morfológicas importantes empregadas para avaliação da qualidade.



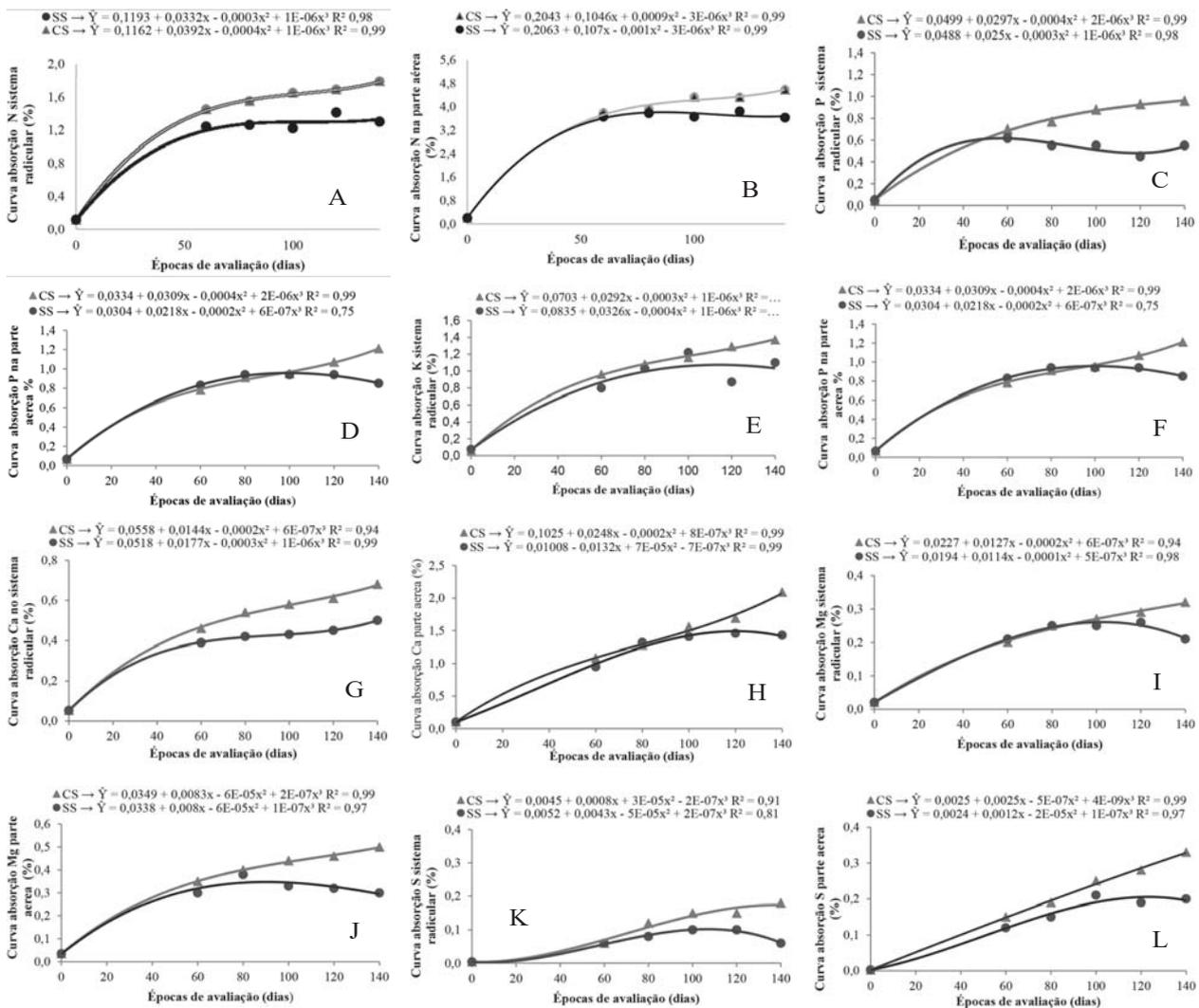


Figura 1 - Curva de absorção de macronutrientes no sistema radicular e parte aérea das mudas de *Khaya senegalensis* em função da idade. (A e B: Nitrogênio; C e D: Fósforo; E e F: Potássio; G e H: Cálcio; I e J: Magnésio K e L Enxofre, respectivamente).

Quanto maior o IQD, melhor é a qualidade da muda produzida (Souza *et al.*, 2018).

Os resultados do IQD do presente estudo foram semelhantes aos encontrados em *Tabebuia impetiginosa*, cujos valores médios variaram de 6,21 a 7,25 (Cunha *et al.*, 2005), entretanto, valores acima do proposto por Gomes & Paiva (2006), que recomendam o IQD maior que 0,2 para mudas de *Pseudotsuga menziesii* e *Picea abies*. Mudas do tratamento sem solução nutritiva o valor médio de IQD apresentou menor índice, mas

não o suficiente para classificá-lo como mudas de baixa qualidade, uma vez que seu resultado está na faixa ideal recomendado por Gomes & Paiva (2006). A associação do substrato com adição de solução nutritiva proporcionou maiores acúmulos de macronutrientes nas mudas de *Khaya senegalensis*, indicando a alta redistribuição destes nutrientes (Figuras 1 A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L) aos 140 DAT.

De forma geral, a parte aérea das mudas apresentaram os maiores acúmulos médios de N, K, Ca e Mg, enquanto

que, para o P e S, esses valores foram semelhantes a raiz (Figuras, 1 A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L). Convém ressaltar que a aplicação de solução nutritiva no substrato foi eficiente para um bom desenvolvimento das mudas.

O nitrogênio (N) foi o nutriente de maior acúmulo (4,58%) nas mudas de *Khaya senegalensis*, sendo o período de maior exigência desse nutriente ocorreu entre 100 a 140 dias (Figura 1 A e B). De maneira geral, essas respostas devem-se ao fato de que grandes quantidades de N são requeridas pelas plantas, principalmente na fase inicial de desenvolvimento (Malavolta *et al.*, 1997). A restrição de N leva à redução de crescimento, pois esse nutriente, além de fazer parte da estrutura de aminoácidos, proteínas, bases nitrogenadas, ácidos nucleicos, enzimas, vitaminas, pigmentos fotossintéticos e produtos secundários, participa de processos como absorção iônica, respiração, multiplicação e diferenciação celular (Vliet *et al.*, 2017).

Em relação ao fósforo (P), observa-se que a partir dos 40 DAT houve decréscimo no acúmulo do P no sistema radicular no tratamento sem adição de solução nutritiva quando comparados com o tratamento com adição de solução nutritiva. Observa-se que o período de maior acúmulo (1,21 %) de P pelas mudas *Khaya senegalensis* ocorreu aos 140 dias (Figura 1 C). Viégas *et al.* (2012) verificaram que plantas jovens de mogno cultivadas em solução nutritiva tem a produção de matéria seca das folhas, caule, pecíolos e raízes acentuadamente reduzida sob na omissão do P. Levando-se em consideração a baixa disponibilidade de P do solo utilizado no presente estudo, a qual é semelhante aos substratos utilizados para a formação de mudas de espécies florestais no estado de Roraima (Alves *et al.*, 2016), fica evidente a necessidade da aplicação deste nutriente para a formação de mudas de mogno africano, tendo em vista que a escassez de P se constitui em um fator limitante à qualidade destas. Tal premissa é comprovada ou suportada pela limitada produção de matéria seca na ausência de P, o que pode influenciar fortemente a sobrevivência e o crescimento das mudas de espécies florestais após o transplântio (Smiderle *et al.*, 2017b).

Por outro lado, o comportamento observado no presente estudo corrobora com aqueles encontrados por Santos *et al.* (2008) e Souza *et al.* (2010), que mostraram acentuada redução nas variáveis biométricas de mudas de mogno cultivadas em Latossolo Amarelo distrófico

em casa de vegetação, na ausência do fornecimento de P.

O acúmulo de K na parte aérea a partir dos 100 dias com adição de solução nutritiva foi superior quando comparado ao sem adição de solução nutritiva (Figura 3 D). Duarte *et al.* (2015), avaliando o efeito de doses de K sobre o crescimento e a qualidade de mudas de *Platymenia foliolosa* Benth. (vinhático), obtiveram o maior crescimento e melhores índices de qualidade de mudas foram obtidos com a aplicação de 175 mg dm⁻³ de K e 45 mg/dm³ em 4 aplicações aos 0, 30, 60, 90 e 150 dias após o transplântio.

Os maiores acúmulos do Ca na parte aérea (2,19%) e raiz (0,68%) foram verificados aos 140 dias com adição de solução nutritiva. Já no tratamento sem adição de solução nutritiva aos 120 DAT apresentou queda no acúmulo do Ca na parte aérea (Figura 1 F). Essa redução possivelmente deve-se ao fato dos nutrientes disponíveis no substrato comercial terem sido esgotados.

Os acúmulos de magnésio (Mg) no sistema radicular das mudas de *Khaya senegalensis* em função da idade com e sem adição de solução nutritiva apresentaram comportamento semelhantes até aos 80 dias (Figura 1 H e I). Aos 140 dias (Figura 1 I) o acúmulo de Mg na parte aérea com adição de solução nutritiva (0,50%) foi superior comparado com o tratamento que não recebeu aplicação de solução nutritiva (0,30%). Segundo Malavolta *et al.* (1997), o magnésio está envolvido com inúmeras enzimas, principalmente as fosforilativas. Além disso, sabe-se da importância significativa do nutriente como átomo central da clorofila, que corresponde a cerca de 10% do total de Mg nas folhas (Malavolta *et al.*, 1997).

Por outro lado, o acúmulo de S a partir dos 120 dias apresentaram quedas bruscas, decrescendo de 10,0% para 6,0% na raiz no tratamento sem adição de solução nutritiva (Figura 1 J). Esse resultado mostra a importância de se realizar aplicação de solução nutritiva nas mudas de *Khaya senegalensis*, isso permitiu a correção dessas deficiências e, conseqüentemente, melhor pegamento e arranque inicial das mudas pós plantio.

Apesar disso, ainda são escassos os trabalhos relacionados à marcha de absorção de nutrientes em Meliaceae. Urge, portanto, estimular pesquisas científicas para as diversas espécies de *Khaya* spp. de interesse econômico em diferentes regiões produtoras a fim de



otimizar o potencial que cada uma apresenta dentro de sua carga genética e nas mais variadas condições edafoclimáticas.

CONCLUSÕES

Mudas de *Khaya senegalensis* cultivadas com adição de solução nutritiva expressam maior crescimento em altura, diâmetro do caule, índice de qualidade de Dickson, resultando em maior vigor.

O período de maior exigência de macronutriente de *Khaya senegalensis* ocorre entre 100 a 140 DAT com adição de solução nutritiva.

LITERATURA CITADA

- ALVES, M.S.; SMIDERLE, O.J.; SOUZA, A.G. et al. Crescimento e marcha de absorção de nutrientes em mudas de *Khaya ivorensis*. **Acta Iguazu**, v. 5, n.4, p. 95-110, 2016.
- ALMEIDA, H.J., PANCELLI, M.A., PRADO, R.M.V.S. et al. Effect of potassium on nutritional status and productivity of peanuts in succession with sugarcane. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 15, n.1, p.1-10, 2015.
- BERNARDINO, D. C. S.; PAIVA, H.N.; NEVES, J.C.L. et al. Influência da saturação por bases e da relação Ca:Mg do substrato sobre o crescimento inicial de jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex Benth.). **Revista Árvore**, v. 31, n.4, p.567-573, 2007.
- CAIONE, G., LANGE, A.; SCHONINGER, E. L. Crescimento de mudas de *Schizolobium amazonicum* (Huber ex Ducke) em substrato fertilizado com nitrogênio, fósforo e potássio. **Scientia Forestalis**, v. 40, n.94, p.213-221, 2012.
- CRUZ, C.A.F.; PAIVA, H.N.; CUNHA, A.C.M.C. et al. Resposta de mudas de *Senna macranthera* cultivadas em Argissolo Vermelho-Amarelo a macronutrientes. **Ciência Florestal**, v. 21, n.1, p.63-76, 2011.
- CUNHA, A.O.; ANDRADE, L.A.; BRUNO, R.L.A. et al. Efeitos de substratos e das dimensões dos recipientes na qualidade das mudas de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex DC) Standl. **Revista Árvore**, v. 29, n.4, p.507-516, 2005.
- DICKSON, A.; LEAD, A.; OSMER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, v. 36, n.1, p.10-13, 1960.
- DUARTE, M. L.; ALVES, M.O.; FREITAS, A.F. et al. Crescimento e qualidade de mudas de vinhático (*Platymenia foliolosa* Benth.) em resposta à adubação com potássio e enxofre. **Ciência Florestal**, v. 25, n.1, p.221-229, 2015.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p.1039-1042, 2011.
- GOMES, D.R.; DELARMELINAL, W.M.; GONÇALVES, E.O. et al. Lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de *Tectona grandis* L. **Cerne**, v.19, n.1, p.123-131, 2013.
- GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais: propagação sexuada**. Viçosa: UFV, 2006, 113p.
- GOMES, J. M.; Paiva, H. N. de. **Viveiros florestais: propagação sexuada**. Viçosa: UFV, 2011. 116p.
- GOMES, J. M.; LEITE, H.G.; XAVIER, A. et al. Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e fertilização N-P-K. **Revista Árvore**, v. 27, n.2, p.113-127, 2003.
- GONÇALVES, J.F.C.; SILVA, C.E.M.; JUSTINO, G.C. et al. Efeito do ambiente de luz no crescimento de plantas jovens de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Scientia Forestalis**, v.40, n.95, p.337-344, 2012.
- GONÇALVES, E.; PAIVA, H.N., NEVES, J.C.L. et al. Crescimento de mudas de sansão-do-campo (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) sob diferentes doses de macronutrientes. **Scientia Forestalis**, v.38, n.88, p.599-609, 2010.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. p. 23-28.
- NÓBREGA, R.S.A.; VILAS BOAS, R.C.; NÓBREGA, J.C.A. et al. Utilização de biossólido no crescimento inicial de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius*/Raddi). **Revista Árvore**, v.31, n.2, p.239-246, 2007.



- PAIVA, A.V.; POGGIANI, F.; GONÇALVES, J. L.M. et al. Crescimento de mudas de espécies arbóreas nativas, adubadas com diferentes doses de lodo de esgoto seco e com fertilização mineral. **Scientia Forestalis**, v. 37, n.84, p.499-511, 2009.
- PIAS, O.H.C.; BERGHETTI, J.; SOMAVILLA, L. et al. Produção de mudas de cedro em função de tipos de recipiente e fontes de fertilizante. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 35, n.82, p.153-158, 2015.
- SANTOS, R. A.; TUCCI, C.A.F.; HARA, F.A. et al. Adubação fosfatada para a produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Acta Amazonica**, v.38, n.3, p.453-458, 2008.
- SARAIVA, G.F.R.; SOUZA, G.M.; RODRIGUES, J.M. Aclimação e fisiologia de mudas de guanandi cultivadas em telas de sombreamento foto-protetoras. **Colloquium Agrarie**, v.10, n.2, p.1-10, 2014.
- SMIDERLE, O. L.; SOUZA, A. G. Production and quality of *Cinnamomum zeylanicum* Blume seedlings cultivated in nutrient solution. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 11, n.2, p.104-110, 2016.
- SMIDERLE, O.L.; SOUZA, A.G.; CHAGAS, E.A. et al. Growth and nutritional status and quality of *Khaya senegalensis* seedlings. **Revista Ciências Agrárias**, v. 59, n.2, p.47-53, 2016.
- SMIDERLE, O.J.; SOUZA, A.G.; PEDROSO, C.A. et al. Nutrient solution and substrates for 'cedro doce' (*Pochota fendleri*) seedling production. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n.4, p.227-231, 2017.
- SOUZA A.G.; SMIDERLE, O.J.; BIANCHI, V.J. Biometric Characterization and morphophysiological quality of Peach rootstock seeds using images of their plantlets vigor. **Recent Patents on Food, Nutrition & Agriculture**, v. 9, n. 2, p.001-009, 2018.
- SOUZA, A.G.; CHALFUN, N.N.J.; FAQUIN, V. et al. Massa seca e acúmulo de nutrientes em mudas enxertadas de pereira em sistema hidropônico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n.1, p.240-246, 2015.
- SOUZA, C.A.S.; TUCCI, C.A.F.; SILVA, J.F. et al. Exigências nutricionais e crescimento de plantas de mogno (*Swietenia macrophylla* King.). **Acta Amazônica**, v.40, n.3, p.515-522, 2010.
- ULIANA, M.B.; FEY, R.; MALAVASI, U.C. Produção de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* em função de substratos alternativos e da frequência de fertirrigação. **Floresta**, v.44, n.2, p.303-312, 2014.
- VIÉGAS, I.J.; SILVA, D.A.S.; NETO, C.F.O. et al. Visual symptoms and growth parameters linked to deficiency of macronutrients in young *Swietenia macrophylla* plants. **International Journal of Food, Agriculture and Environment**. Helsinki, v. 10, n.1, p.937-940, 2012.
- VLIET, J.A.V.; GILLER, K.E. Chapter five - mineral nutrition of cocoa: a review, **Advances in Agronomy**, v.141, n.1, p.185-270, 2017..

Recebido para publicação em 28/9/2018 e aprovado em 30/12/2018.

