

## Omissão de macronutrientes no crescimento e deficiência nutricional de mudas do vinhático (*Plathymenia reticulata*)

*Macronutrients omission on growth and nutritional deficiency of vinhatico (Plathymenia reticulata) seedlings*

Cristiane Ramos Vieira<sup>1,3</sup>; Douglas Póvoas de Oliveira<sup>1</sup>; Oscarlina Lúcia dos Santos Weber<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Cuiabá (UNIC), Departamento de Agronomia

<sup>2</sup> Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Departamento de Solos e Engenharia Rural

<sup>3</sup> Autor para correspondência (*Author for correspondence*): cris00986@hotmail.com

### Resumo

Conhecer as necessidades nutricionais de uma espécie permite produzir mudas de melhor qualidade, bem como plantas que se adaptam com maior facilidade ao campo e índice de sobrevivência. Diante disso, o trabalho teve por objetivo conhecer o efeito da omissão de macronutrientes no crescimento, na nutrição e descrever os sintomas de deficiências de mudas de vinhático. As mudas foram produzidas em tubetes de 240 cm<sup>3</sup> contendo areia, sendo uma semente por tubo e, transplantadas no 20º dia, após atingirem 15 cm de altura, para tubos de PVC com 40 cm de comprimento e 1,35 cm de diâmetro, contendo areia. Após período de aclimação de 15 dias, as mudas foram submetidas por 90 dias a sete tratamentos de soluções nutritivas e seis repetições em delineamento inteiramente casualizado (nutrição completa e com omissão de N, P, K, Ca, Mg, S), renovadas a cada cinco dias. As análises dos sintomas de deficiências foram realizadas a cada 15 dias. Ao término do experimento, as características morfológicas avaliadas foram altura, com régua graduada; diâmetro de colo, com paquímetro digital e; análise dos teores de nutrientes a partir do material vegetal seco em estufa, pesado, e pulverizado. Os nutrientes mais requeridos pelo vinhático foram N e S, sendo as suas deficiências, as que mais limitaram o crescimento das mudas. O macronutriente mais absorvido foi N (12,92 g kg<sup>-1</sup>), porém, o teor de N não foi suficiente para o crescimento do vinhático.

**Palavras-chave:** *Plathymenia reticulata*, nutrição de mudas, macronutrientes, produção de mudas.

### Abstract

To know the nutritional requirements of a species allows to produce seedlings from better quality and plants that adapt more easily to the field and survival rate. For this, the study aimed to verify the effect of macronutrient omission in growth, nutrition and describe the symptoms of deficiencies of vinhatico seedlings. The seedlings were grown in tubetes of 240 cm<sup>3</sup>, one seed for tubete, containing sand and transplanted after 20 days when they reach 15 cm in height, for PVC tubes, from 40 cm length and 1.35 cm in diameter, with sand. After adaptation period of 15 days, the seedlings were submitted for 90 days to seven treatments with nutrient solution and six replications in a completely randomized design (complete nutrition and with omission of N, P, K, Ca, Mg, S), renewed every five days. To the end of the study, the seedlings were evaluated in height and diameter. The deficiency symptoms analyses were realized every 15 days. At the end of the experiment, the morphological characteristics evaluated were high, with graduated rule; stem diameter, with a digital caliper rule and; performed the analysis of the nutrient content from the plant material dried in an oven, weighty and ground. The nutrients most required by vinhatico were N and S, and that were the macronutrient deficiency that more limited the growth of seedlings. The nutrient most absorbed was N (12,92 g kg<sup>-1</sup>), but, this content was not enough to vinhatico growth.

**Keywords:** *Plathymenia reticulata*, seedlings nutrition, macronutrients, seedlings production.

## INTRODUÇÃO

Devido à exploração não sustentável e/ou diminuição dos remanescentes florestais, consequência do desmatamento recorrente no Cerrado, muitas espécies nativas foram enquadradas na lista de vulneráveis à extinção. Esse interesse nas espécies nativas do Cerrado se baseia no fato de que, muitas delas possuem potencial para a exploração com fins comerciais, seja na extração da madeira, dos frutos ou de substâncias químicas utilizadas na indústria farmacêutica como remédios ou na fabricação de perfumes.

O vinhático (*Plathymenia reticulata* Benth., Mimosoidae) é uma espécie arbórea nativa, conhecida como vinhático-do-campo ou vinhático-do-cerrado, ocorre em formações abertas do cerrado brasileiro, desde o Amapá até São Paulo, sendo encontrada em todos os estados da região Centro Oeste (Almeida et al., 1998). Segundo Braga et al. (2007), é característica de formações abertas de cerrado e de transição para as florestas. Possui importância econômica, pois sua madeira é de alta qualidade, com uso potencial em recuperação de áreas degradadas. Além de possuir propriedades medicinais, anti-inflamatórias e antimicrobiana (Fernandes et al., 2005).

A produção em larga escala em viveiro, bem como o plantio das espécies nativas como o vinhático encontra barreiras, principalmente quando se busca informações sobre suas exigências nutricionais. Segundo Cruz et al. (2012) o sucesso na utilização de espécies florestais nativas, principalmente em projetos de recuperação de áreas degradadas, depende do conhecimento dos seus requerimentos nutricionais, visando aperfeiçoar o sistema de produção de mudas e, conseqüentemente, aumentar o seu potencial de sobrevivência e crescimento após o plantio no campo.

As espécies florestais apresentam exigências nutricionais distintas e, como inexistente uma recomendação específica para cada espécie, a maioria das recomendações são baseadas em

pesquisas com eucalipto (Caione et al., 2012). Outro agravante refere-se à utilização de substratos comerciais, que, nem sempre fornecem quantidades satisfatórias de nutrientes, precisando ser enriquecidos com fertilizantes (Scheer et al., 2010) ou outros componentes.

Uma maneira de identificar as exigências nutricionais das espécies é a diagnose nutricional. A avaliação do estado nutricional da planta consiste na comparação entre a planta que se deseja avaliar e outra planta considerada padrão. Essa planta padrão deve ter em seus tecidos todos os nutrientes em quantidades e proporções adequadas, para que seja capaz de alcançar alta produtividade, tendo um bom aspecto visual (Malavolta et al., 1997).

Dentre as técnicas de omissão de nutrientes várias são as metodologias propostas para a preparação das soluções nutritivas, completa e para os elementos faltantes. As mais utilizadas, quando se trata de pesquisas com espécies florestais são a de Bolle-Jones (1954), a de Hoagland e Arnon (1950) e a de Sarruge (1975).

Marques et al. (2004), Matheus et al. (2011), Vieira et al. (2011), Valeri et al. (2014) também realizaram estudos com omissões de nutrientes em *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke, *Hymenaea courbaril* var. *stilbocarpa*, *Amburana acreana* Ducke, e *Caesalpinia echinata* Lam., respectivamente, e verificaram que as deficiências em macronutrientes limitam o crescimento das plantas e, conseqüentemente, a produção de massa seca. Entretanto, para a espécie em estudo são escassas as informações supracitadas.

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi verificar o efeito das omissões de macronutrientes no crescimento e na nutrição de mudas de vinhático, bem como descrever os sintomas visuais de deficiências nas mudas da espécie.

## MATERIAL E MÉTODOS

A produção das mudas de *P. reticulata* foi realizada no viveiro da Faculdade de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá-MT, Brasil, a pleno sol, com sementes coletadas de dez diferentes árvores do *campus* da Universidade, equidistantes 100 m entre si e, semeadas em tubetes com capacidade para 240 cm<sup>3</sup>, contendo areia previamente lavada e tratada com hipoclorito, sendo uma semente por tubete.

As primeiras germinações ocorreram 20 dias após a semeadura e, transcorridos mais 20 dias, as mudas atingiram 15 cm de altura e transportadas para a casa de vegetação da Faculdade de Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia (FAMEVZ) da UFMT, construída de material telado tipo sombrite branco e coberta com telha de amianto, sem controle de temperatura e de umidade. Em seguida, foram transplantadas para tubos de PVC de 40 cm de comprimento e 1,35 cm de diâmetro, contendo areia previamente lavada e tratada com hipoclorito. Os tubos foram vedados, na parte inferior, com tela permanecendo sobre recipiente plástico para evitar perda de soluções e, identificados de acordo com o tratamento e elemento testado.

As mudas permaneceram por 15 dias em período de adaptação, sendo irrigadas nos períodos da manhã e da tarde, considerando-se adaptadas as mudas que apresentaram novas brotações. Após a adaptação ao transplante iniciou-se a aplicação da solução nutritiva completa nas mudas adaptadas com a finalidade de padronizar o estado nutricional das mesmas. Para isso, utilizou-se 50mL de solução completa (com proporção de 25% da solução), preparada um dia antes da aplicação, conforme recomendado por Sarruge (1975), por 15 dias, com renovação de solução a cada cinco dias. O pH da solução foi mantido a  $5,9 \pm 0,1$  e quando necessário foram feitas as correções com HCl 1,0 M ou NaOH 1,0 M. Nesse período, a irrigação se deu uma vez por dia com 50 mL de água,

exceto no dia de aplicação das soluções nutritivas, em que se omitiu a irrigação.

Encerrado o período de adaptação de 15 dias, à solução nutritiva completa, as mudas foram submetidas, por 90 dias, às soluções completa e sem elemento mineral, preparadas no dia anterior, aplicando-se 50 mL de solução com 100% de força (proporção de 100% da solução), as quais foram renovadas a cada cinco dias. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com sete tratamentos e seis repetições, uma planta por tubo, totalizando 42 unidades amostrais: C (solução completa), -N (omissão de nitrogênio), -P (omissão de fósforo), -K (omissão de potássio), -Ca (omissão de cálcio), -Mg (omissão de magnésio) e -S (omissão de enxofre). As soluções foram preparadas com reagentes puros (P.A.). A solução completa, segundo Sarruge (1975) teve a seguinte composição: N – 210 mg L<sup>-1</sup>; P – 31 mg L<sup>-1</sup>; K – 234 mg L<sup>-1</sup>; Ca – 200 mg L<sup>-1</sup>; Mg – 48 mg L<sup>-1</sup>; S – 64 mg L<sup>-1</sup>.

Durante o período de aplicação das soluções nutritivas: completa e com elemento faltante (90 dias), a irrigação foi realizada uma vez por dia com 50 mL de água, exceto no dia de aplicação das soluções nutritivas, em que se omitiu a irrigação.

As sintomatologias visuais foram verificadas e descritas a cada 15 dias durante todo o experimento.

A biometria foi realizada após 90 dias do transplante, com medição de altura (H), com régua graduada, a 5 cm da superfície do solo até a inflexão da folha mais alta totalmente expandida e; de diâmetro de colo (DC), com paquímetro digital. As mudas foram seccionadas em parte aérea e radicular, lavadas e, secas em estufa de circulação forçada de ar a 65°C, por 48 horas, até massa constante. O material seco foi pesado em balança analítica com precisão de 0,0005 g, para verificação da biomassa seca da parte aérea (MSPa) e da parte radicular (MSPr).

As amostras secas foram pulverizadas em moinho tipo Wiley e, em seguida, submetidas às digestões nitro-perclórica e sulfúrica, seguindo metodologias de Malavolta et al. (1997), determinando-se, posteriormente, os teores de N por semi-micro Kjeldahl; P por colorimetria do metavanadato; S por turbidimetria do sulfato de bário; K fotometria de chama de emissão; Ca e Mg por quelatometria com EDTA, sendo que os teores de Ca e de Mg foram obtidos por diferença. Por titulometria obteve-se os teores de (Ca+Mg) e de (Ca), nesse caso, os teores de Ca e de Mg são obtidos da seguinte forma: Ca+Mg, utilizando a quelatometria com EDTA, tendo o coquetel de Buffer como reagente e o negro de eriocromo como indicador e; o teor de Ca por quelatometria com EDTA, tendo o KOH 10% como reagente e a murexida como indicadora.

Para o processamento e análise dos dados utilizou-se o software Assistat 7.6 beta (Silva e Azevedo, 2002) e, após a constatação da normalidade dos dados, realizou-se a análise de variância, e quando significativas pelo teste F, foram efetuadas comparações de médias pelo teste Tukey considerando significância de 5% de probabilidade de erro.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### *Crescimento inicial de mudas de P. reticulata*

Os resultados observados para as mudas submetidas à solução nutritiva completa (Tabela 1) podem indicar que as concentrações de macro e/ou de micronutrientes utilizadas para o preparo da solução completa, não foram suficientes para manter o crescimento da *P. reticulata* até os 90 dias. O que ocorrer devido as espécies florestais possuírem exigências nutricionais distintas, podendo ocorrer diferenças entre e dentre espécies, como citado por Caione et al. (2012) e Carlos et al. (2013).

Dentre as técnicas de omissão de nutrientes várias são as metodologias propostas para a preparação das soluções nutritivas, completa e para os elementos faltantes. Sendo que, as

mais utilizadas, quando se trata de pesquisas com espécies florestais são a de Bolle-Jones (1954), a de Hoagland e Arnon (1950) e a de Sarruge (1975). Essas metodologias utilizam diferentes concentrações de macro e de micronutrientes para a preparação das soluções nutritivas. O que pode promover diferenças nos resultados, já que levam em consideração as demandas nutricionais das espécies em âmbito geral. É sabido que as espécies florestais possuem requerimentos nutricionais distintos e que, podem mudar até mesmo quando se trata da mesma espécie, porém, em ambientes diferentes. Dessa forma, as concentrações de nutrientes podem ficar além ou aquém daquelas demandadas pela planta.

Carlos et al. (2013) observaram menor crescimento em altura, em diâmetro e menor produção de massa em mudas de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville quando submetido à aplicação de solução completa, em comparação com as mudas submetidas às omissões de K, de S e de Ca e, atribuiu o resultado ao fato da espécie estar adaptada a ambientes de baixa fertilidade. Enquanto que, Matheus et al. (2011) verificaram que a solução completa proporcionou crescimento consideravelmente baixo, sugerindo que as concentrações utilizadas não foram adequadas para o desenvolvimento normal das plantas.

**Tabela 1.** Altura (H), diâmetro de colo (DC) e massas secas das partes aérea (MSPa) e radicular (MSPr) de mudas de *Plathymenia reticulata* submetidas às omissões de nutrientes, UFMT, Cuiabá - MT.

**Table 1.** Height (H), diameter (DC) and dry mass in aerial (MSPa) and roots (MSPr) parts of *Plathymenia reticulata* seedlings submitted to the omissions of nutrients, UFMT, Cuiabá - MT.

TRAT	H (cm)	DC (mm)	MSPa (g planta <sup>-1</sup> )	MSPr (g planta <sup>-1</sup> )
Completa	28,67 c	5,83 ab	1,71 bc	4,34 abc
-N	28,67 c	4,88 b	1,05 c	5,47 ab
-P	43,00 ab	7,57 a	4,42 a	2,36 c
-K	38,67 abc	7,00 ab	3,83 a	4,38 abc
-Ca	41,00 abc	5,37 ab	3,16 ab	6,00 a
-Mg	49,50 a	6,25 ab	4,08 a	3,42 bc
-S	33,33 bc	4,93 b	2,04 bc	3,54 bc
CV (%)	20,24	22,12	32,00	29,66

Médias seguidas de mesma letra nas colunas, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

O crescimento em altura das mudas na omissão de N atingiu média de 28,67 cm, semelhante ao que ocorreu no tratamento completo (Tabela 1), porém, menor que as médias observadas na omissão de Mg. Indicando a baixa demanda pelo Mg nessa fase de crescimento. O crescimento em diâmetro (4,88 mm) foi 35% menor em relação ao tratamento com omissão de P e; 16% menor em relação ao tratamento completo. Enquanto, a produção de massa seca da parte aérea (1,05 g) foi 76%, 72% e 74% menor em relação aos tratamentos -P, -K e -Mg, respectivamente. Demonstrando o alto requerimento em N pelas mudas de *P. reticulata* na fase inicial de crescimento em viveiro. Guedes et al. (2011), Carlos et al. (2013), Valeri et al. (2014) também observaram considerado requerimento por N pelas mudas de *Copaifera langsdorffii* Desf., *Stryphnodendron adstringens*, *Caesalpinia echinata* Lam., respectivamente. Essa limitação ocorre porque o N é o nutriente exigido em maior quantidade pelas plantas (Souza et al., 2006), por isso, em teores abaixo do adequado o crescimento das mudas é reduzido. A limitação no crescimento acontece porque N participa dos processos de absorção iônica, fotossíntese, respiração, sínteses, multiplicação e diferenciação celulares e herança (Malavolta et al., 1989).

A omissão de P limitou a produção de massa na parte radicular das mudas (Tabela 1), com produção de 54% de biomassa radicular em

comparação com as mudas da solução completa (4,34 g). Esse resultado ocorreu porque um adequado suprimento em P é importante porque este desempenha papel na fotossíntese, na respiração, na divisão e crescimento celular e, na transferência de energia (Dechen & Nachtigall, 2007). Além disso, a geometria das raízes influencia o crescimento da planta e a aquisição de nutrientes, especialmente os com baixa mobilidade no solo, a exemplo do P (Stahl et al., 2013). Portanto, se o crescimento radicular não ocorre adequadamente, a planta pode apresentar sintomas de deficiência, pois os nutrientes dependem desse crescimento para que sejam absorvidos com maior facilidade. Na omissão de P, o crescimento observado para as mudas de *P. reticulata* foi de 43 cm em altura, 7,57 mm em diâmetro e 4,42 g na biomassa das folhas, atingidos, provavelmente, em decorrência do estágio de crescimento da espécie na qual o elemento pode ser pouco exigido. E, do seu efetivo aproveitamento de P em condições de baixa disponibilidade. O período de adaptação das mudas, em solução completa, pode ter fornecido concentrações suficientes de P para as mudas de *P. reticulata*. Além disso, Wallau et al. (2008) explicaram que, as sementes contêm uma reserva de P (P-fitina) que pode fornecer quantidade suficiente desse nutriente, na fase inicial de desenvolvimento das plantas.

As omissões de K e Ca não limitaram o crescimento das mudas de *P. reticulata*, quando comparado com as mudas submetidas à solução completa (Tabela 1). Observando-se ainda a maior produção de massa na parte radicular ao omitir Ca (6,00 g). E, uma das maiores médias para produção de massa na parte aérea, na omissão de K (3,83 g), semelhante aos valores observados para as omissões de P (4,42 g) e de Mg (4,08 g). O que indica a baixa exigência da espécie pelo elemento nessa fase de crescimento.

Observa-se na Tabela 1 que, a omissão de Mg limitou a produção de massa na parte radicular (3,42 g), 21% menor em relação ao tratamento completo (4,34 g). Entretanto, propiciou as maiores médias para o crescimento em altura (49,50 g), 42% superior à do tratamento completo e; as maiores médias para a produção de massa seca na parte aérea (4,08 g), que foi 58% maior que as do tratamento completo. Não limitando, também o crescimento em diâmetro. Sendo assim, as mudas de *P. reticulata* parecem não terem sido exigentes em Mg até os 90 dias de crescimento.

De acordo com a Tabela 1, a omissão de N, seguida da omissão de S foram as que mais limitaram o crescimento das mudas de *P. reticulata*. O crescimento em altura nesses tratamentos foi 33% menor em relação ao tratamento com omissão de Mg (49,50 cm); o crescimento em diâmetro (4,93 mm) foi 34% e 15% menor em relação aos tratamentos -P e completo, respectivamente. A produção de massa também foi limitada pela omissão de S. A produção de massa da parte aérea foi 54%, 47% e 50% menor em comparação com os tratamentos: -P, -K e -Mg, respectivamente. Enquanto, a produção de massa da parte radicular foi 41% e 18% menor em comparação com os tratamentos: -Ca e completo, respectivamente. Dessa forma, constatou-se que, na prática da adubação, esses seriam os macronutrientes prioritários para a espécie estudada.

Os resultados obtidos com relação ao crescimento das mudas de *P. reticulata* podem

estar associado à metodologia para a preparação das soluções nutritivas, uma vez que a mesma não é específica e, portanto, pode conter teores de nutrientes além daqueles requeridos pela espécie. Pode ter ocorrido devido à alguma interação negativa entre os nutrientes em decorrência das concentrações utilizadas. Ou ainda, devido às exigências da espécie até o estágio de crescimento analisado.

#### *Sintomas visuais de deficiências*

**Solução completa** – Após 90 dias de aplicação da solução nutritiva completa, as mudas apresentaram folhas novas com verde característico das espécies florestais, porém, algumas das folhas mais velhas ficaram com coloração amarelada. Não se observaram necrose, pontos cloróticos ou deformações no limbo foliar, como nos demais tratamentos. Nesse caso, o porte das plantas foi mais afetado que o seu aspecto visual.

**Deficiências de N** – Os primeiros sintomas foram observados 30 dias após a primeira aplicação da solução com omissão em N, com o aparecimento de folhas velhas amareladas, iniciando-se pelas bordas, que, posteriormente se tornaram totalmente amareladas e sofreram abscisão, ou ainda, folhas com clorose total. As folhas que sofreram abscisão não foram contabilizadas na determinação da biomassa das plantas. Essa clorose em mudas submetidas à omissão de N também foi observada por Marques et al. (2004), Vieira et al. (2011) e Valeri et al. (2014) em *Schizolobium amazonicum*, *Amburana acreana* e *Caesalpinia echinata*, respectivamente. A coloração amarelada está relacionada com a função do N na síntese e constituição da clorofila, dessa forma, reduz-se a produção de pigmentação esverdeada (Malavolta, 2006), o que, de acordo com Sorreano et al. (2011) é resultado da proteólise e redistribuição. As mudas também apresentaram folhas com pontos cloróticos começando pela ponta e progredindo para toda a folha, provocando sua curvatura. Porém, não houve morte devido à restrição nutricional.

Deficiências de P – As mudas apresentaram amarelecimento começando pelas bordas de algumas folhas velhas após 45 dias do início da aplicação da solução faltante e, após 60 dias, essas folhas tornaram-se totalmente amareladas e sofreram abscisão. Outras folhas, velhas ou novas, apresentaram necrose, inicialmente em determinados pontos no limbo foliar, progredindo para toda a folha, provocando a queda da mesma. Porém, os sintomas não afetaram todas as folhas das mudas.

Deficiências de K – Após 30 dias da aplicação da solução faltante em K, observaram-se folhas velhas com manchas amareladas começando pelas bordas, além de pontos cloróticos arredondados e aspecto retorcido das folhas. De acordo com Fernandes et al. (2013), isso ocorre devido o acúmulo de putrescina. Sintoma semelhante ao observado por Marques et al. (2004) em *Schizolobium amazonicum*. Algumas folhas, novas ou velhas, se tornaram esbranquiçadas com nervura com coloração normal. Sintomas semelhantes aos observados por Valeri et al. (2014), em *Caesalpinia echinata* Lam.

Deficiências de Ca – Após 30 dias do começo da aplicação da solução faltante em Ca, as mudas de *P. reticulata* apresentaram folhas novas amareladas ou com aspecto necrótico uniforme por todo o limbo foliar e, às vezes, o encarquilhamento para baixo do ápice da folha. Sintoma semelhante ao observado por Marques et al. (2004) em *Schizolobium amazonicum*. De acordo com Valeri et al. (2014) o Ca está ligado à rigidez da parede celular, o que pode explicar as deformações observadas, como o encarquilhamento nos órgãos vegetativos em crescimento.

Deficiências de Mg – Após 40 dias do início da aplicação da solução faltante em Mg observou-se folhas velhas com pontos amarelados começando pelas bordas ou com pontos cloróticos por todo o limbo foliar. E, algumas folhas novas esbranquiçadas com aspecto queimado na ponta. Além disso, o tamanho das folhas novas foi limitado. Segundo Malavolta et al. (1997) a clorose

ocorre devido à redução do teor de clorofila. Enquanto a despigmentação é característica determinante dos efeitos da deficiência de Mg, pois esse elemento é parte da estrutura da molécula de clorofila (Taiz & Zeiger, 2004).

Deficiências de S – Os primeiros sintomas foram verificados 20 dias após o começo da aplicação da solução faltante em S, com o aparecimento de folhas novas necrosadas, semelhante ao ocorrido na deficiência de Mg, porém, com aspecto retorcido e ápice voltado para cima. O ápice das mudas apresentou-se queimado, provocando bifurcações, com brotações necrosadas ou atrofiadas. Após 60 dias todas as folhas caíram. Outros sintomas observados foram o aparecimento de folhas amareladas que, posteriormente, tornaram-se esbranquiçadas e com deformações pelo limbo foliar.

#### *Concentração de macronutrientes*

Concentração de N - As maiores concentrações de N foram observadas na parte aérea das mudas de *P. reticulata* (Tabela 2), provavelmente devido sua mobilidade na planta, pois, como é um elemento móvel no floema, tendem a permanecer em maiores concentrações na parte aérea das plantas. Esse resultado foi observado, principalmente nas mudas submetidas à solução completa (12,92 g kg<sup>-1</sup>), para a qual se observou concentração dentro da faixa adequada segundo recomendação de Malavolta et al. (1997), entre 12 e 35 g kg<sup>-1</sup>, para espécies florestais. Essa faixa de adequação foi utilizada para comparar os teores observados nas plantas e os considerados ideais porque não existem trabalhos que determinam essa faixa para a *P. reticulata*. As concentrações devem estar na faixa adequada porque, a restrição de N leva à redução de crescimento, pois o N é um dos elementos mais requeridos pelas plantas (Gonçalves et al., 2012). O que já foi observado ao analisar o crescimento das mudas. No entanto, o requerimento em N pela espécie nessa fase de crescimento pode ser maior, pois, essas concentrações não foram suficientes para manter o seu crescimento. Isso pode ser explicado pelo fato da espécie pertencer à família das leguminosas, podendo

demandar maiores teores de N em menor tempo. Nos demais tratamentos as concentrações de N não atingiram a faixa ideal, caso dos tratamentos -N e -Ca, que apresentaram as menores concentrações de N nas mudas de *P. reticulata*, 6,72 g kg<sup>-1</sup> e 6,95

g kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Resultados semelhantes aos observados na parte radicular das mudas (Tabela 3). O que contribuiu para os resultados verificados nas medições das características morfológicas da espécie, limitando seu crescimento.

**Tabela 2.** Concentração de macronutrientes, em g kg<sup>-1</sup>, na parte aérea de mudas de *Plathymenia reticulata* submetidas às omissões de nutrientes, UFMT, Cuiabá - MT.

**Table 2.** Concentration of macronutrients, in g kg<sup>-1</sup>, in aerial parts of *Plathymenia reticulata* seedlings submitted to the omissions of nutrients, UFMT, Cuiabá - MT.

TRAT	N	P	K	Ca	Mg	S
Completa	12,92 a	1,28 b	3,90 b	2,34 c	1,63 ab	1,92 a
-N	6,72 d	2,13 a	7,53 a	3,36 bc	0,80 cd	2,07 a
-P	7,51 cd	0,95 b	0,69 e	3,09 bc	0,48 d	1,91 a
-K	10,26 b	1,23 b	0,52 e	5,33 a	1,95 a	1,59 a
-Ca	6,95 d	2,07 a	1,20 de	4,05 b	1,24 bc	1,36 a
-Mg	9,98 bc	1,40 ab	2,42 cd	3,84 b	1,05 bcd	2,16 a
-S	10,40 ab	1,51 ab	3,00 bc	2,98 bc	0,77 cd	1,51 a
CV (%)	15,90	27,41	28,32	18,05	30,82	29,53

Médias seguidas de mesma letra nas colunas, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

**Tabela 3.** Concentração de macronutrientes em g kg<sup>-1</sup>, na parte radicular de mudas de *Plathymenia reticulata* submetidas às omissões de nutrientes, UFMT, Cuiabá - MT.

**Table 3.** Concentration of macronutrients, in g kg<sup>-1</sup>, in root of *Plathymenia reticulata* seedlings submitted to the omission of nutrients, UFMT, Cuiabá - MT.

TRAT	N	P	K	Ca	Mg	S
Completa	7,84 a	1,55 abcd	1,62 ab	3,14 a	1,53 a	1,50 a
-N	4,06 b	1,95 ab	2,09 a	2,50 ab	1,05 b	1,93 a
-P	7,46 a	0,84 d	0,97 bc	2,18 ab	0,86 bc	1,78 a
-K	6,81 ab	1,56 abc	0,69 c	1,92 ab	0,70 cd	1,49 a
-Ca	4,20 b	2,14 a	1,60 ab	2,50 ab	1,08 b	1,52 a
-Mg	7,00 ab	1,22 cd	1,76 ab	1,81 b	0,44 d	1,89 a
-S	8,12 a	1,26 bcd	1,31 abc	2,08 ab	0,67 cd	2,02 a
CV (%)	27,19	26,39	30,65	29,47	18,05	28,20

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Concentração de P - As maiores concentrações de P foram verificadas nas omissões de N (2,13 g kg<sup>-1</sup>) e de Ca (2,07 g kg<sup>-1</sup>), na parte aérea das mudas (Tabela 2). Porém, observou-se concentrações foliares menores que as recomendadas por Malavolta et al. (1997), entre 1,0 e 2,3 g kg<sup>-1</sup> para espécies florestais, somente no tratamento com omissão de P. O tratamento com solução completa apresentou teores de P menores que nas omissões de Ca e de N. Isso pode se relacionar também com a eficiência de cada planta, mesmo que se tratando da mesma espécie; com a absorção de nutrientes durante a fase de aplicação da solução completa e; a

inexistência de desequilíbrios nutricionais que favoreceram a absorção de P. No entanto, a omissão de P não limitou o crescimento das mudas de *P. reticulata*. No entanto, a omissão de P não influenciou negativamente no crescimento das mudas de *P. reticulata*. Isso pode estar relacionado à baixa exigência das mudas pelo elemento na fase inicial de crescimento. De acordo com Wallau et al. (2008) isso pode ocorrer devido o período inicial de fornecimento de solução completa que, possivelmente, permitiu o acúmulo do nutriente e a formação de um estoque que passou a ser utilizado eficientemente pela planta quando houve a supressão do nutriente.

Na parte radicular (Tabela 3), a maior concentração de P foi observada ao omitir Ca ( $2,14 \text{ g kg}^{-1}$ ).

**Concentração de K** – As maiores concentrações de K na parte aérea das mudas (Tabela 2) foram observadas nas plantas submetidas à omissão de N ( $7,53 \text{ g kg}^{-1}$ ) e as menores nas mudas em omissão de P ( $0,69 \text{ g kg}^{-1}$ ) e em omissão de K ( $0,52 \text{ g kg}^{-1}$ ). Porém, nenhum tratamento proporcionou concentrações foliares de K dentro da faixa adequada, entre  $10$  a  $15 \text{ g kg}^{-1}$  para espécies florestais, de acordo com recomendação de Malavolta et al. (1997), pois permaneceram entre  $0,52 \text{ g kg}^{-1}$  na omissão de K e  $7,53 \text{ g kg}^{-1}$  na omissão de N. Assim como ocorreu para as análises de P, não houve limitação no crescimento das mudas de *P. reticulata* com a omissão de K. Sugerindo a baixa exigência da espécie pelo elemento nessa fase de crescimento. Na parte radicular (Tabela 3), as omissões de N e de K também foram as que mais limitaram as concentrações de K nas mudas de *P. reticulata*. Segundo Souza et al. (2010) devido a competição entre N e K. Isso porque, K na solução do solo encontra-se na forma iônica  $\text{K}^+$ , sendo assim, concentrações elevadas de  $\text{NH}_4^+$  reduzem a absorção do K por inibição competitiva (Malavolta, 1980). Para a preparação das soluções nutritivas com omissão de K utilizam-se os reagentes  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  e  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ . De acordo com Zhang et al. (2010) o antagonismo entre eles pode ser atribuído como simples efeito competitivo, no mesmo sítio de absorção.

**Concentração de Ca** – As maiores concentrações de Ca na parte aérea, foram observadas ao aplicar solução com omissão de K ( $5,33 \text{ g kg}^{-1}$ ) e as menores na solução completa ( $2,34 \text{ g kg}^{-1}$ ). Isso porque a absorção de  $\text{Ca}^{2+}$  pode ser diminuída mediante a alta concentração de  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{NH}_4^+$  no meio (Malavolta, 2006). Nesse caso, a omissão de K pode ter proporcionado o aumento nas concentrações de Ca. As menores concentrações de Ca nas mudas em solução completa podem estar relacionadas com a preparação das soluções de acordo com a metodologia utilizada no experimento.

Considerando a faixa proposta por Malavolta et al. (1997), entre  $3,0$  a  $12,0 \text{ g kg}^{-1}$  para espécies florestais, as mudas em solução completa foram as únicas que apresentaram concentrações de Ca abaixo da adequada (Tabela 2). No sistema radicular, foi verificado as maiores concentrações de Ca na solução completa ( $3,14 \text{ g kg}^{-1}$ ), enquanto que, as menores, na omissão de Mg ( $1,81 \text{ g kg}^{-1}$ ) (Tabela 3).

**Concentração de Mg** – As maiores concentrações de Mg, na parte aérea (Tabela 2), foram observadas na omissão de K ( $1,95 \text{ g kg}^{-1}$ ) e as menores na omissão de P ( $0,48 \text{ g kg}^{-1}$ ). Isso ocorre, de acordo com Mendonça et al. (1999), porque existe um antagonismo entre Ca, Mg e K, em que o aumento na concentração de um desses elementos diminui a absorção dos outros. Esses resultados permitem indicar que as concentrações de Mg nas mudas submetidas à solução completa e à omissão de K atingiram a faixa adequada sugerida por Malavolta et al. (1997), entre  $1,5$  a  $5,0 \text{ g kg}^{-1}$  para espécies florestais. Na parte radicular (Tabela 3), as maiores concentrações foram encontradas no tratamento completo ( $1,53 \text{ g kg}^{-1}$ ) e, as menores, ao omitir Mg ( $0,44 \text{ g kg}^{-1}$ ). O adequado crescimento das mudas de *P. reticulata* em omissão de Mg pode ser explicado pela quantidade de Mg nas soluções nutritivas, que pode estar adequada para a espécie estudada, ou ainda, ao baixo requerimento das mudas dessa espécie pelo elemento nessa fase de crescimento.

**Concentração de S** – Não houve diferença na concentração de S entre os tratamentos, nas partes aérea (Tabela 2) e radicular (Tabela 3), das mudas de *P. reticulata*. Na parte aérea, as concentrações de S permaneceram na faixa adequada, de acordo com Malavolta et al. (1997), entre  $1,4$  e  $2,0 \text{ g kg}^{-1}$  para espécies florestais, exceto na omissão de Mg em que se observou concentrações acima das recomendadas. Isso pode indicar excesso na quantidade de S na preparação das soluções nutritivas. Ou, que as mudas foram capazes de absorver e converter o S atmosférico, já que o local em que o experimento foi

instalado está próximo à ambiente de movimentação veicular. Uma vez absorvido, o SO<sub>2</sub> é dissolvido em água, gerando dois compostos, o sulfeto de hidrogênio e o sulfito, estes compostos são então, foto-oxidados em sulfato, um composto menos tóxico para a planta (Pedroso, 2007). No entanto, essas concentrações não foram suficientes para manter o crescimento das mudas de *P. reticulata*, o que indica que esta seja exigente nesse elemento.

Portanto, novos estudos devem ser realizados para testar soluções nutritivas que se enquadram com maior eficiência nas demandas da *P. reticulata*, visto os resultados obtidos no tratamento com solução nutritiva.

## CONCLUSÕES

Os tratamentos com omissão em que se observaram as menores médias de crescimento de mudas de *P. reticulata* foram: -N e -S. Considerando a aplicação completa, as maiores concentrações encontradas foram de N e de Ca, tanto na parte aérea quanto no sistema radicular. No entanto, as concentrações de N permaneceram em níveis inadequados para as plantas em todos os tratamentos com omissões. Enquanto que, a solução completa não disponibilizou concentrações adequadas de Ca.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, S. P.; PROENÇA, C. E. B.; SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F. 1998. **Cerrado: espécies Vegetais Úteis**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC.

BOLLE JONES, E.W. 1954. Nutrition of *Hevea brasiliensis* I. Experimental methods. **Journal of Rubber Research**, 14:183.

BRAGA, L. L.; TOLENTINO, G. S.; SANTOS, M. R.; VELOSO, M. D. M.; NUNES, Y. R. F. 2007. Germinação de sementes de *Plathymenia reticulata* Benth. (Fabaceae-Mimosoideae) sob influência do

tempo de armazenamento. Nota científica. **Revista Brasileira de Biociências**, 5(2): 258-260.

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

CARLOS, L.; VENTURIN, N.; MACEDO, R. L. G.; HIGASHIKAWA, E. M. 2013. Crescimento e nutrição mineral de mudas de barbatimão sob efeito da omissão de nutrientes. **Floresta**, 43(4): 559-568.

CRUZ, C. A. F.; PAIVA, H. N.; CUNHA, A. C. M. C. M.; NEVES, J. C. L. 2012. Produção de mudas de canafístula cultivadas em Latossolo vermelho amarelo álico em resposta a macronutrientes. **Cerne**, 18(1): 87-98.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. 2007. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS. p.91-132.

FERNANDES, T. T.; SANTOS, A. T. F.; PIMENTA, F. C. 2005. Atividade antimicrobiana das plantas *Plathymenia reticulata*, *Hymenaea courbaril* e *Guazuma ulmifolia*. **Revista de Patologia Tropical**, 34(2):113-122.

FERNANDES, A. R.; MATOS, G. S. B.; CARVALHO, J. G. 2013. Deficiências nutricionais de macronutrientes e sódio em mudas de pupunheira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 35(4):1178-1189.

GONÇALVES, E. O.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M. 2012. Nutrição de mudas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) submetidas a doses de N, P, K, Ca e Mg. **Revista Árvore**, 36(2): 219-228.

- GUEDES, M. G. M.; SILVA JÚNIOR, M. L.; SILVA, G. R.; SILVA, A. L. P.; LIMA JÚNIOR, J. A. 2011. Produção de matéria seca em mudas de copaíba cultivadas em Latossolo Amarelo, textura média, sob omissão de nutrientes. **Enciclopédia Biosfera**, 7(12): 1-14.
- HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. 1950. **The water culture method of growing plants without soil**. Berkeley: University of California.
- MALAVOLTA, E. 2006. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Ceres.
- MALAVOLTA, E. 1980. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. 1989. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. 1997. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2ed. Piracicaba: Potafos.
- MARQUES, T. C. L. L. S. M.; CARVALHO, J. G.; LACERDA, M. P. C.; MOTA, P. E. F. 2004. Crescimento inicial do paricá (*Schizolobium amazonicum*) sob omissão de nutrientes e de sódio em solução nutritiva. **Cerne**, 10(2): 184-195.
- MATHEUS, M. T.; AMARAL, J. A. T.; SILVA, D. G.; GARCIA, D. M. N.; PIZZOL, E. C. S.; SOUSA, F. C.; SANTI, G. C.; GUARIZ, H. R.; LIMA, K. A.; HOFFMANN, R. G. 2011. Sintomas de deficiência nutricional em plantas de jatobá. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, 17(1): 89-97.
- MENDONÇA, A. V. R.; NOGUEIRA, F. D.; VENTURIN, N.; SOUZA, J. S. 1999. Exigências nutricionais de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All (aroeira do sertão). **Cerne**, 5(2): 65-75.
- PEDROSO, A. N. V. 2007. **Poluentes atmosféricos e plantas bioindicadoras**. Disponível em: <[http://www.biodiversidade.pgibt.ibot.sp.gov.br/Web/pdf/Poluentes\\_Atmosfericos\\_&\\_Plantas\\_Bioindicadoras\\_Andrea\\_N\\_V\\_Pedroso.pdf](http://www.biodiversidade.pgibt.ibot.sp.gov.br/Web/pdf/Poluentes_Atmosfericos_&_Plantas_Bioindicadoras_Andrea_N_V_Pedroso.pdf)>. Acesso em: 15 dez. 2014.
- SARRUGE, J. R. 1975. Soluções nutritivas. **Summa Phytopatologica**, 1(3):231-233.
- SCHEER, M. B.; CARNEIRO, C.; SANTOS, K. G. 2010. Substratos à base de lodo de esgoto compostado na produção de mudas de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan. **Scientia Forestalis**, 38(88): 637-644.
- SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. 2002. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, 4(1): 71-78.
- SORREANO, M. C. M.; MALAVOLTA, E.; SILVA, D. H.; CABRAL, C. P.; RODRIGUES, R. R. 2011. Deficiência de macronutrientes em mudas de sangra d'água (*Croton urucurana*, Baill.). **Cerne**, 17(3): 347-352.
- SOUZA, P. A.; VENTURIN, N.; MACEDO, R. L. G. 2006. Adubação mineral do ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa*). **Ciência Florestal**, 16(3): 26-270.
- SOUZA, C. A. S.; TUCCI, C. A. F.; SILVA, J. F.; RIBEIRO, W. O. 2010. Exigências nutricionais e crescimento de plantas de mogno (*Swietenia macrophylla* King.). **Acta Amazônica**, 40(3): 515-522.
- STAHL, J.; ERNANI, P. R.; GATIBONI, L. C.; CHAVES, D. M.; NEVES, C. U. 2013. Produção de massa seca e eficiência nutricional de clones de *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus benthamii* em função da adição de doses de fósforo ao solo. **Ciência Florestal**, 23(2): 287-295.

TAIZ, T.; ZEIGER, E. 2004. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed. 719p.

VALERI, S. V.; PIZZAIA, L. G. E.; SÁ, A. F. L.; CRUZ, M. C. P. 2014. Efeitos da omissão de nutrientes em plantas de *Caesalpinia echinata*. **Cerne**, 20(1): 73-80.

VIEIRA, C. R.; WEBER, O. L. S.; SCARAMUZZA, J. F.; COSTA, A. C.; SOUZA, T. R. 2011. Descrição de sintomas visuais em função das deficiências de macronutrientes em mudas de cerejeira (*Amburana acreana*). **Floresta**, 41(4): 789-796.

WALLAU, R.; LUIZ, R.; BORGES, A. R.; REZENDE, A. R.; REZENDE, D. A.; CAMARGOS, S.L. 2008. Sintomas de deficiências nutricionais em mudas de mogno cultivadas em solução nutritiva. **Cerne**, 14(4): 304-310.

ZHANG, F.; NIU, J.; ZHANG, W.; CHEN, X.; LI, C.; YUAN, L.; XIE, J. 2010. Potassium nutrition of crops under varied regimes of nitrogen supply. **Plant and Soil**, 335:21-34.

Recebido em 27 de julho de 2015. Aceito em 28 de setembro de 2015.