

## Massa seca e taxa fotossintética de eucalipto sob doses crescentes de zinco<sup>(1)</sup>.

**Renato Alves Teixeira<sup>(2)</sup>; Deyvison Andrey Medrado Gonçalves<sup>(3)</sup>; Antonio Rodrigues Fernandes<sup>(4)</sup>.**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos do CNPQ.

<sup>(2)</sup> Estudante; Universidade Federal Rural da Amazônia; Belém, Pará; alves.agro@gmail.com; <sup>(3)</sup> Estudante; Universidade Federal Rural da Amazônia; <sup>(4)</sup> Professor Adjunto; Universidade Federal Rural da Amazônia.

**RESUMO:** A contaminação dos solos por metais pesados é um problema atual, atividades antrópicas como a mineração, a adubação fosfatada e o uso de lodo de esgoto na agricultura são algumas das principais causas. O objetivo foi avaliar a fotossíntese líquida e a produção de biomassa da parte aérea e das raízes de um híbrido comercial de eucalipto (*Eucalyptus urograndis*) sob doses crescentes de zinco. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos e três repetições, as unidades experimentais foram contaminadas com soluções preparadas a base de sal puro para análise de cloreto de zinco. A massa seca da parte aérea, das raízes e a fotossíntese líquida se mostraram sensíveis ao aumento dos teores de zinco no solo, sendo que a dose de 900 mg kg<sup>-1</sup> foi letal para as plantas.

**Termos de indexação:** Fitorremediação, fotossíntese líquida, metais pesados.

### INTRODUÇÃO

A intensificação de atividades industriais e agrícolas e o aumento da urbanização são as principais causas da poluição do solo com metais pesados. Este é um problema crescente e responsável por impactos ao meio ambiente (Pinto et al., 2009) principalmente em função da alta reatividade dos metais pesados e da capacidade de serem bioacumuláveis.

A fitorremediação é uma alternativa para a recuperação de áreas contaminadas por metais pesados, em que as plantas utilizadas devem apresentar capacidade de translocar e acumular os metais contaminantes (Marques et al., 2011).

O Zn é o 23º elemento mais abundante na terra, nos solos sua entrada se dá a partir do intemperismo químico ou físico da rocha matriz (Broadley., 2007). É essencial para o desenvolvimento vegetal, sendo componente estrutural e ativador de diversas proteínas (Li et al., 2011), no entanto, em altas concentrações esse micronutriente pode se tornar tóxico levando a diminuição da matéria seca da parte aérea, necrose da radícula, inibição do crescimento vegetal e morte da plântula.

O eucalipto possui características desejáveis para uso na fitorremediação, como crescimento rápido, sistema radicular bastante desenvolvido e facilidade de adaptação a condições de estresse (Dell et al., 1999), além disso, espécies arbóreas tem capacidade de acumular mais metais nos tecidos em comparação a espécies herbáceas (Marques et al., 2000).

O objetivo foi avaliar a fotossíntese líquida e a produção de biomassa de um híbrido comercial de eucalipto sob doses excessivas de zinco.

### MATERIAL E MÉTODOS

Foi utilizado o híbrido comercial de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* para a condução do experimento em casa de vegetação, na Universidade Federal Rural Amazônia, Belém – PA.

Como substrato utilizou-se um Latossolo Amarelo distrófico textura muito argilosa, coletado em área adjacente a rodovia PA - 256 (2°58'49" S e 47°24'32" W), no município de Paragominas, região nordeste do estado do Pará.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso. Os tratamentos consistiram no controle, sem aplicação, e três doses de Zn 300 mg kg<sup>-1</sup>, 450 mg kg<sup>-1</sup> e 900 mg kg<sup>-1</sup>, definidas de acordo com a resolução nº 420 do CONAMA (2009), que dispõe sobre valores orientadores de qualidade do solo.

O solo coletado foi seco ao ar e tamisado em peneira com 4 mm de malha, em seguida foi dividido em vasos de polietileno revestidos com sacos plásticos, com capacidade de 4 kg. Baseado na análise preliminar da fertilidade do solo (**Tabela 1**), fez-se a correção da acidez pelo método de saturação por bases utilizando calcário dolomítico (PRNT 90%), com objetivo de atingir 60% de saturação por bases (V). O solo foi umedecido para que fossem preenchidos 70% do volume total de poros. A capacidade de campo foi calculada de acordo com metodologia descrita por Salvador et al. (2011). Após a calagem os vasos permaneceram fechados por 60 dias, sendo o solo homogeneizado a cada dois dias.

As unidades experimentais foram contaminadas com metais pela adição de soluções preparadas à base de sal puro para análise (P.A) de cloreto de

zinco. Após a contaminação o solo permaneceu 60 dias e, repouso e após este período foi realizada a adubação de plantio com NPK na formulação 6-30-6.

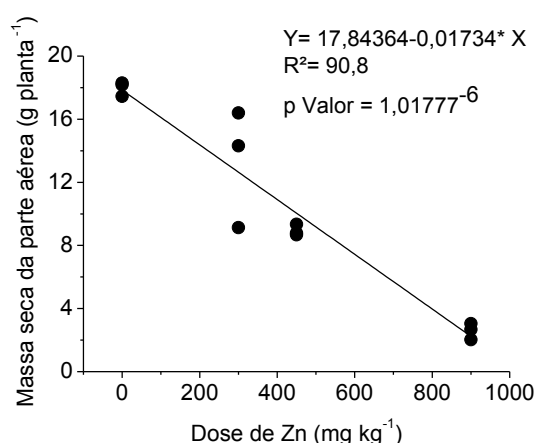
Alcançado 90 dias de cultivo foi medida a fotossíntese líquida com o analisador a gases infravermelho portátil (Irga) modelo Li-6400 da marca LICOR, sendo utilizada a faixa luminosa em  $1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  de irradiação fotossintética ativa. As medições foram efetuadas no período da manhã.

Posteriormente as plantas foram colhidas, separada em parte aérea e raízes, e, então colocadas para secar em estufa a  $70 \text{ }^\circ\text{C}$  até peso constante e então foram moídas e pesadas.

Os resultados foram submetidos a análise de regressão com auxílio do programa estatístico Origin Pro 8.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O aumento das doses de Zn aplicadas no solo provocou a diminuição na massa seca da parte aérea (MSPA) (**Figura 1**). Em comparação com o controle as médias dos tratamentos decaíram em 85,2, 90,8 97,24% para o tratamento com 300, 450 e 900  $\text{mg kg}^{-1}$  respectivamente. A diminuição na biomassa da parte aérea é característica da toxidez de Zn (Chaney., 1993), assim como deficiência de Fe (Fontes et al., 1998), a semelhança entre os raios iônicos destes dois micronutrientes é a principal causa apontada para a inibição competitiva (Soares., 2001).



**Figura 1** – Massa seca da parte aérea de mudas de eucalipto em função de doses de Zn

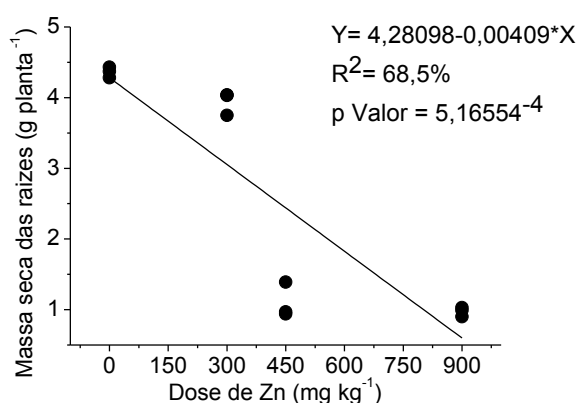
Sintomas semelhantes aos descritos na literatura (Malavolta., 2006), para toxidez de Zn estimulando a deficiência de Fe foram observados, as folhas mais jovens do eucalipto se apresentaram cloróticas enquanto que nas folhas mais velhas foi

observado necrose (**Figura 2**), resultado obtido em trabalho que objetivava avaliar o efeito de doses excessivas de Zn no crescimento e nutrição de eucalipto (*Eucalyptus urophylla*) concluiu que doses excessivas deste elemento diminuem as concentrações de Fe nos tecidos (Soares., 2001) estando em consonância com os sintomas visuais exibidos.



**Figura 2** – Sintomas de toxidez de Zn em eucalipto

O aumento nos teores de Zn no solo foi responsável pela diminuição da massa seca das raízes. Em relação ao controle, a massa seca das raízes diminuiu progressivamente conforme o aumento do teor de Zn nos solos em 6,7, 73 e 75,6% respectivamente. Os resultados encontrados se ajustaram a um modelo de regressão linear (**Figura 3**).

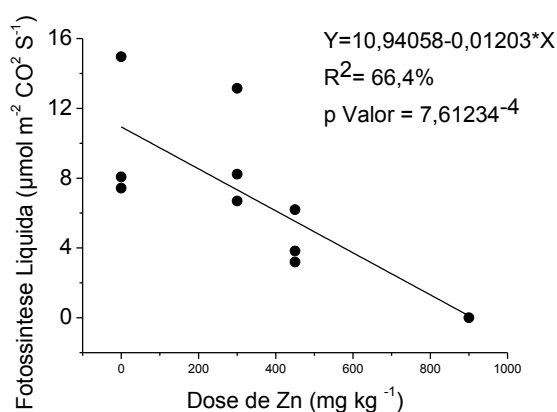


**Figura 3** – Massa seca das raízes de mudas de eucalipto em função de doses de Zn.

Com o aumento no teor de Zn nos solos a fotossíntese líquida diminuiu, progressivamente, de forma a se ajustar a um modelo de regressão linear (**Figura 4**). Em relação ao controle as doses de 300 e 450  $\text{mg kg}^{-1}$  fizeram com que as taxas de fotossíntese líquida diminuíssem em 67,5 e 88,7%. No tratamento de 900  $\text{mg kg}^{-1}$ , as plantas não

sobreviveram até os 90 dias, impossibilitando a obtenção da fotossíntese líquida.

A toxidez de Zn, afeta a fotossíntese líquida por diminuir a atividade da rubisco carboxilase, em virtude da competição com o Mg, além disso, a atividade do fotossistema II é inibida em função da substituição do manganês presente na membrana dos tilacóides pelo Zn ( Van Assche & Clijsters, 1986), ademais a deficiência de Fe provocada a diminuição da síntese de clorofila (Broadley, 2006).



**Figura 4** – Fotossíntese líquida de mudas de eucalipto em função de doses de Zn

O aumento das doses de Zn no solo provocou a diminuição da MSPA, da massa seca das raízes e da fotossíntese líquida, sendo letal para as plantas na dose de 900 mg kg<sup>-1</sup> por volta dos 60 dias.

## CONCLUSÕES

Doses de Zn iguais ou superiores a 300 mg kg<sup>-1</sup> provocaram redução na massa seca da parte aérea e das raízes de mudas de eucalipto.

O aumento dos teores de Zn no solo provocou a diminuição na fotossíntese líquida total.

A dose de 900 mg kg<sup>-1</sup> foi letal para as mudas de eucalipto.

## REFERÊNCIAS

BROADLEY, M.R. WHITE, P.J. HAMMOND, J.P. ZELKO, I. LUX, A. Zinc in plants. *New Phytologist* 173: 677-702, 2007.

CHANEY RL. Zinc phytotoxicity. In: Robson AD, ed. *Zinc in soil and plants*. 1. ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1993. p.135-150.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em

decorrência de atividades antrópicas. Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009.

DELL, B. MALAJCZUK, N. GROVE, T. S. Nutrient disorders in plantation eucalypts. 2. ed. Canberra: BPD Graphic Associates, 1995.104p.

FONTES, R. L. F.; COX, R. Zinc toxicity in soybean grown at high iron concentration in nutrient solution. *Journal of Plant Nutrition*, 21: 1723-1730, 1998.

LI, T. DI, Z. ISLAM, E. JIANG, H. YANG, X. Rhizosphere characteristics of zinc hyperaccumulator *Sedum alfredii* involved in zinc accumulation. *Journal of Hazardous Materials*, 185: 818-823 2011.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. 1ª ed. São Paulo: Editora agronômica ceres, 2006. 638p.

MARQUES, T. C. L. L. S. M. MOREIRA, F. M. S. SIQUEIRA, J. O. Crescimento e teor de metais pesados de mudas de espécies arbóreas cultivadas em solo contaminado com metais pesados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35:121-132, 2000.

MARQUES, T.C.L.L.S.M. SOARES, A.M. GOMES, M.P. MARTINS, G. Respostas fisiológicas e anatômicas de plantas jovens de eucalipto expostas ao cádmio. *Revista Árvore*, 35: 997-1006, 2011.

PINTO, S.I.C. RAMOS, S.J. ARAUJO, J.L. FANQUIN, V. NOVAIS, C.B. SILVA, K. & NETO A.E.F. Silício como amenizador da fitotoxicidade de zinco em plantas jovens de *Eucalyptus urophylla* cultivadas em solução nutritiva. *Revista Árvore* 33: 1005-1014, 2009.

SALVADOR, J.T.; CARVALHO, T. C.; LUCCHESI, L. A. C. Relações cálcio e magnésio presentes no solo e teores foliares de macronutrientes. *Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais*, 9: 27-32, 2011.

SOARES, C.R.F.S.; GRAZZIOTTI, P.H.; SIQUEIRA, J.O.; CARVALHO, J.G.; MOREIRA, F.M.S. Toxidez de zinco no crescimento de *Eucalyptus maculata* e *Eucalyptus urophylla* em solução nutritiva. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 36: 339-348, 2001.

VAN ASSCHE, F.; CLIJSTERS, H. Inhibition of photosynthesis in *Phaseolus vulgaris* by treatment with toxic concentration of zinc: effect on ribulose -1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase. *Journal Plant Physiology*, 125: 355 – 360.



**Tabela 1** - Atributos químicos e granulometria do Latossolo Amarelo distrófico, Paragominas - PA

pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	MO g kg <sup>-1</sup>	P mg kg <sup>-1</sup>	K	Ca mmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	Al	H+ Al	MO	Areia	Silte g kg <sup>-1</sup>	Argila
4,4	4,0	27,3	1,0	0,8	6,7	10,1	46,3	27,3	80	190	730