

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

IVANIELE NAHAS DUARTE

**ABSORÇÃO DE SILÍCIO POR UM CLONE DE *Eucalyptus* CULTIVADO EM
HIDROPONIA**

**Uberlândia
Outubro – 2009**

IVANIELE NAHAS DUARTE

**ABSORÇÃO DE SILÍCIO POR UM CLONE DE *Eucalyptus* CULTIVADO EM
HIDROPONIA**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao curso de Agronomia, da
Universidade Federal de Uberlândia,
para obtenção de grau de Engenheiro
Agrônomo.

Orientador: Lísias Coelho

**Uberlândia
Outubro– 2009**

IVANIELE NAHAS DUARTE

**ABSORÇÃO DE SILÍCIO POR UM CLONE DE *Eucalyptus* CULTIVADO EM
HIDROPONIA**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao curso de Agronomia, da
Universidade Federal de Uberlândia,
para obtenção de grau de Engenheiro
Agrônomo.

Aprovado pela Banca Examinadora em 14 de Outubro de 2009.

Prof. Dr. Jonas Jager Fernandes
Membro da Banca

Eng. Agrônomo Robson Thiago Xavier de Sousa
Membro da Banca

Prof. Dr. Lísias Coelho
Orientador

RESUMO

O silício é considerado um micronutriente benéfico no desenvolvimento das plantas proporcionando melhoria no estado nutricional, sendo observada uma redução na toxidez de ferro, manganês, alumínio e sódio, uma redução na taxa de transpiração, além de controlar doenças na planta. Com o objetivo de avaliar o efeito da absorção do silício no desenvolvimento em mudas de um clone de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*, realizou-se um experimento na casa de vegetação da Universidade Federal de Uberlândia. O delineamento estatístico utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), com cinco tratamentos (0, 25, 50, 75 e 100 mg L⁻¹ de silício na solução nutritiva de Hoagland) e quatro repetições. A parcela foi constituída de uma planta. Após cinco meses foram feitas análises foliares de silício e, posteriormente, avaliação da absorção de silício, altura e diâmetro das mudas. Em relação à absorção e acumulação de silício o clone de *Eucalyptus* foi considerado intermediário, pois absorveu mais que 0,23 dag kg⁻¹ de silício. As doses de silício aplicadas na solução nutritiva não interferiram nas variáveis altura e diâmetro, apesar do clone comercial de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* testado ser capaz de absorver e acumular silício.

Palavras chave: efeito, mudas, crescimento.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	05
2	REVISÃO DE LITERATURA	07
2.1	O híbrido <i>Eucalyptus grandis</i> X <i>Eucalyptus urophylla</i>	07
2.2	Silício no solo	07
2.3	Silício na planta	08
2.4	Benefícios do silício	09
3	MATERIAL E MÉTODOS	11
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	13
5	CONCLUSÕES.....	16
	REFERÊNCIAS	17
	ANEXO	21

1 INTRODUÇÃO

Em 2009, a área do Brasil plantada com eucalipto é de 4.258.704 ha, sendo que 29% da produção está no estado de Minas Gerais, 22% em São Paulo, 14% na Bahia e 35% nos outros estados (BLOG DA SUSTENTABILIDADE, 2009).

A produção primária florestal do País somou R\$ 8,5 bilhões, dos quais 62% vieram da silvicultura (florestas plantadas) e 38% do extrativismo vegetal (produtos coletados em vegetações nativas espontâneas (IBGE, 2004). A essência florestal mais cultivada é o *Eucalyptus* spp., originário da Austrália e das ilhas vizinhas. No mundo, plantam-se 17,8 milhões de hectares com eucalipto, sendo o Brasil o segundo país em área plantada (cerca de três milhões de hectares), ultrapassado apenas pela Índia, cujos plantios totalizam oito milhões de hectares aproximadamente (FAO, 2000). A atividade de produção de madeiras de florestas plantadas concentra-se nas Regiões Sudeste e Sul.

A expansão dos plantios de eucalipto nos últimos anos tem suprido a crescente demanda de biomassa lenhosa com propriedades tecnológicas para a produção de celulose e papel, carvão vegetal, óleos essenciais, madeira sólida para serraria, postes de eletricidade, mourões de cerca, dentre outras. Mais recentemente o setor privado tem despertado o interesse para o plantio de florestas de eucalipto para fixação de carbono, visando reduzir a concentração de CO₂ na atmosfera (ALFENAS; MAFIA, 2003).

Junto com o *Pinus*, o *Eucalyptus* é o gênero mais utilizado neste setor e de maior abundância em termos de florestas plantadas. A busca de uso múltiplo das florestas e de melhor remuneração para a madeira tem incentivado o estabelecimento de estratégias por parte das empresas para a oferta de madeira serrada deste gênero. Num futuro próximo, quer seja pelas pressões ecológicas ou pela elevação do custo da madeira de origem de florestas naturais, ou ainda pelo constante aumento da consciência para a utilização de recursos florestais renováveis poderão ocorrer dificuldades para suprimento do setor moveleiro; deste modo, é cada vez mais premente a necessidade de se buscar novas alternativas de madeira para abastecimento das indústrias do setor (COSTA, 1996).

Híbridos de alta produtividade foram obtidos após anos de pesquisa e hoje os plantios são feitos normalmente pelo processo de clonagem (ARAÚJO, 2001). Para o gênero *Eucalyptus*, a propagação vegetativa é uma realidade que, em maior ou menor grau de sofisticação, está presente na maioria das empresas florestais que optaram pela silvicultura clonal (SOUZA JÚNIOR et al., 2003). No Brasil, a eucaliptocultura é intensiva e baseada

principalmente em florestas clonais formadas com materiais-elite e de elevada produtividade média, chegando a atingir valores da ordem de 45-60 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ (MORA; GARCIA, 2000).

O êxito de um reflorestamento depende de muitos fatores, entre eles a qualidade das mudas levadas ao campo, que, além de resistirem às condições adversas, devem ser capazes de desenvolver produzindo árvores com crescimento satisfatório (PAIVA; GOMES, 1995). Um dos aspectos da qualidade de mudas é o estado nutricional e o balanceamento de macro e micronutrientes tem papel fundamental. Dentro deste contexto, surge a necessidade de adoção de práticas culturais que possibilitem melhorias no sistema de produção e que resultem em maiores rendimentos de mudas sem necessariamente aumentar os custos de produção como, por exemplo, manejando corretamente o do uso de fertilizantes.

O silício é considerado um micronutriente benéfico no desenvolvimento das plantas. O mesmo proporciona melhoria no estado nutricional das plantas, sendo observada uma redução na toxidez de ferro, manganês, alumínio e sódio, uma redução na taxa de transpiração, além de controlar doenças na planta (LIMA FILHO et al., 1999). Com isso, o silício é responsável pelo melhor crescimento em diversas espécies, tanto em mono como em dicotiledôneas e, de acordo com Epstein (1994), este elemento mesmo não sendo essencial do ponto de vista fisiológico para o crescimento desenvolvimento das plantas, traz inúmeros benefícios. Este micronutriente ocorre na natureza nas formas de sílica e silicatos, não sendo encontrado puro (KORNDORFER et al., 2002). Um número grande de materiais tem sido utilizado como fonte de Si para as plantas: escórias de siderurgia, wollastonita, subprodutos da produção de fósforo elementar, silicato de cálcio, silicato de sódio, cimento, termofosfato, silicato de magnésio (serpentinó), silicato de potássio (KORNDORFER et al., 2002) e a sílica coloidal.

Existem muitas informações disponíveis sobre o comportamento do Si em plantas, com maior ênfase no crescimento e produtividade de gramíneas, o mesmo valendo para legumes e cereais de maior importância econômica. Contudo, poucos esforços têm sido dedicados às espécies arbóreas, como é o caso do eucalipto, amplamente difundido nos reflorestamentos pelo Brasil (CARVALHO et al., 2003) .Por isso o presente trabalho objetivou avaliar o efeito de diferentes doses de silício aplicado via solução nutritiva sobre o desenvolvimento de mudas de um clone de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*

A hibridação utilizada como técnica de desenvolvimento de novos materiais genéticos traz a vantagem de gerar indivíduos parcial ou inteiramente diferentes. Isto possibilita que através de programas de clonagem, se obtenham plantios a partir de árvores testadas tecnologicamente e cujas características se adaptem ao local de cultivo e ao processo industrial (BERTOLUCCI et al., 1993). Tanto as espécies *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*, como o híbrido resultante de seu cruzamento, adquiriram grande importância na indústria nacional de celulose e papel. Estudos com vários cruzamentos entre espécies de eucalipto mostram que o *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* foi o híbrido que mais se destacou, devido suas características desejáveis para a produção de celulose, sua boa produtividade e adaptação ecológica às condições do local (estado do Espírito Santo), mostrando inclusive resistência ao cancro (MARTINS; IKEMORI 1987).

A utilização do *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* como madeira serrada ainda não apresenta dados substanciais na literatura. Alguns trabalhos vêm sendo desenvolvidos em razão da grande disponibilidade de plantios deste material, principalmente na região Sudeste. Nielsen (1998) trabalhou com o *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* na produção de vigas laminadas coladas, com função estrutural e uso na construção civil.

2.2 Silício no solo

Segundo Tisdale et al. (1985), o silício é o segundo elemento mais abundante na crosta terrestre, sendo sua concentração média na litosfera é de 27%, variando entre 23 e 35% nos solos onde ocorre principalmente no mineral inerte das areias, o quartzo (SiO_2), bem como na caulinita e outros elementos de argila (RAIJ, 1991).

As principais formas de silício presentes no solo são: a) silício solúvel (H_4SiO_4 - ácido monossilícico) prontamente absorvido pelas plantas, que é desprovido de carga elétrica; b) silício adsorvido ou precipitado com óxidos de ferro e alumínio, c) os minerais silicatados (cristalinos e amorfos), d) silício polimerizado, e) silício orgânico e f) silício na forma de fitólitos (FOY, 1992).

Dentre as fontes de ácido silícico para a solução do solo as principais são a decomposição de resíduos vegetais, a dissociação do ácido silícico polimérico, a liberação de silício dos óxidos e hidróxidos de Fe e Al, a dissolução de minerais cristalinos e não cristalinos, a adição de fertilizantes silicatados e a água de irrigação. E, dentre os principais drenos de Si, encontram-se, a precipitação do mesmo em solução formando minerais, a polimerização do ácido silícico, a lixiviação, a adsorção em óxidos e hidróxidos de Fe e Al e a absorção pelas plantas (VILLARINHO, 2002).

No solo, os íons SiO_4^{4-} reagem com H^+ , formando ácido monossilícico, que é a forma assimilada pela planta. Na solução do solo, o H_4SiO_4 comporta-se como um ácido muito fraco, de forma que em pH 7,0, apenas 0,2% ioniza-se na forma carregada negativamente $\text{SiO}(\text{OH})_3^-$ (BRAGA, 2004).

Alguns fatores do solo que influenciam a concentração de Si na solução do solo podem ser: a composição mineralógica e textural, o processo de ciclagem do nutriente, acidez do solo e predominância de íons na solução (MCKEAGUE; CLINE, 1963).

2.3 Silício na planta

O silício é absorvido pela planta na forma de ácido monossilícico (H_4SiO_4) juntamente com a água (fluxo de massa) que, quando é perdida através da transpiração, faz com que o Si seja depositado nos tecidos das plantas. Quando a concentração de Si aumenta na planta, o ácido monossilícico se polimeriza (YOSHIDA, 1965).

O silício aparece naturalmente em altas concentrações nas folhas de certas culturas. Na cana-de-açúcar, por exemplo, as concentrações podem variar desde valores muito baixos em folhas jovens ($0,14 \text{ dag kg}^{-1}$ de Si) até valores muito altos em folhas velhas ($6,7 \text{ dag kg}^{-1}$ de Si) (KORNDÖRFER; DATNOFF, 1995). A deposição de Si junto à cutícula das folhas confere proteção às plantas e ameniza os efeitos de estresses de natureza biótica e abiótica (EPSTEIN, 1999).

A distribuição dos depósitos de Si nas plantas depende da espécie vegetal e das condições climáticas do ambiente onde ela cresce (WRANG et al., 1998). Segundo Raij (1991) as gramíneas, a absorção do silício da solução do solo dá-se de forma passiva, com o elemento acompanhando o fluxo de massa da água que penetra nas raízes das plantas, enquanto que nas dicotiledôneas a sua absorção ocorre por meio de mecanismos que evitam a

absorção de quantidades elevadas desse nutriente. Conseqüentemente, nas gramíneas os teores de silício chegam a ser de 10 a 20 vezes maiores do que nas dicotiledôneas.

As diferentes espécies vegetais variam grandemente em sua capacidade de absorver e acumular Si nos tecidos, podendo, em função dos percentuais de SiO₂ na matéria seca da parte aérea, serem classificadas como: a) plantas acumuladoras, que incluem muitas gramíneas como o arroz, contendo de 10 a 15 dag kg⁻¹ de SiO₂ (4,66 a 7 dag kg⁻¹ de Si); b) intermediárias, com teores de SiO₂ variando de 1 a 5 dag kg⁻¹ (0,46 a 2,33 dag kg⁻¹ de Si) (cereais, cana-de-açúcar e poucas dicotiledôneas); c) plantas não acumuladoras, incluindo a maioria das dicotiledôneas, apresentando < 0,5 dag kg⁻¹ de SiO₂ (<0,23 dag kg⁻¹ de Si) (MARSCHNER, 1995).

Segundo Ma et al. (2001), são definidas como acumuladoras as plantas com teor de Si superior a 1 dag kg⁻¹ e com relação Si/Ca maior do que 1. Plantas da família Poaceae, como o arroz e o trigo, são exemplos deste grupo. Plantas como a soja e as da família Curcubitaceae, com 0,5 a 1 dag kg⁻¹ de Si na matéria seca, porém, com relação Si/Ca inferior a 1, são classificadas como de exigência intermediária. Já plantas não acumuladoras apresentam como característica concentração de Si na matéria seca inferior a 0,5 dag kg⁻¹.

2.4 Benefícios do silício

O silício (Si) não é considerado elemento essencial às plantas (MENGEL; KIRKBY, 2001) porque não atende aos critérios diretos e indiretos de essencialidade. De acordo com o critério direto de essencialidade, um elemento é considerado essencial quando faz parte de um composto ou participa de uma reação necessária para a sobrevivência da planta. No critério indireto, um elemento é essencial quando, na sua ausência, a planta não completa seu ciclo de vida, não pode ser substituído por nenhum outro elemento, tem efeito direto no crescimento e desenvolvimento das plantas e não exerce nenhum papel neutralizador de efeitos físicos, químicos ou biológicos desfavoráveis para a planta (MALAVOLTA, 1980). Porém, mesmo não sendo essencial do ponto de vista fisiológico para o crescimento e desenvolvimento das plantas, a sua absorção e seu acúmulo pelas plantas trazem inúmeros benefícios (MARSCHNER, 1995). Os efeitos benéficos do silício sobre o crescimento das plantas pode ser de caráter físico e fisiológico. Os benefícios físicos estão relacionados ao acúmulo do Si na parede celular das plantas, reduzindo a perda d'água, melhorando a arquitetura das plantas e constituindo barreira física à penetração de insetos e de fitopatógenos (SANTOS et al.,

2005). O Si depositado nos tecidos da epiderme interfere no crescimento das hifas dos fungos, dificultando, assim, a penetração do tubo germinativo do fungo (DATNOFF et al., 1997; BELANGER et al., 1995). Sobre os benefícios fisiológicos alguns autores relatam que plantas adubadas com Si apresentam maior atividade fotossintética e resistência ao ataque de fitopatógenos e pragas, devido ao fato de o Si induzir uma série de reações metabólicas nas plantas, resultando na formação de compostos com atividade antimicrobiana (MENZIES et al., 1991).

Segundo dados apresentados por Oliveira e Castro (2002), a acumulação de Si nas folhas de duas espécies típicas do cerrado, pode ser semelhante à formação de uma dupla camada de sílica, o que causa redução da transpiração por diminuir a abertura dos estômatos limitando a perda de água, descrita por Takahashi (1995). Além do efeito na transpiração, a deposição de sílica na parede das células torna a planta mais resistente à ação de fungos e insetos (DAYANANDAM et al., 1983).

Portanto, os benefícios do Si para as plantas estão envolvidos na adaptação dessas às condições de estresses bióticos, como ataque de fitopatógenos, e abióticos, como estresse hídrico, toxidez de metais (Mn, Cu, Cd, etc.) e salinidade (EPSTEIN, 1999; ROGALLA; RÖMHELD, 2002; HECKMAN et al., 2003; ZHU et al., 2004).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento de cultivo de um clone de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*, em hidroponia, foi realizado de março a agosto de 2008, na casa de vegetação da Universidade Federal de Uberlândia, localizada no Campus Umuarama, em Uberlândia, MG, para avaliar a absorção de silício por esta espécie florestal.

Foram selecionadas 30 mudas de um clone comercial, removendo-se o substrato das raízes com água corrente e colocando-as em uma bandeja com capacidade para 10 litros contendo solução básica de Hoagland (HOAGLAND; ARNON, 1950), a 25% da força iônica e sob aeração contínua, realizada com o auxílio de um compressor. Para adaptação dessas mudas à solução nutritiva, a força iônica da solução foi aumentada semanalmente e gradativamente de 25%, para 50%, 75%, e, por último 100% (Tabela 1A).

A transferência de 20 mudas de mesmo tamanho para vasos individuais de PVC foi feita após a adaptação das mesmas na solução nutritiva de Hoagland a 100%, ou seja, após 4 semanas. Essas mudas foram fixadas nos vasos de PVC, de 10 cm de diâmetro, forrados com um saco plástico contendo a solução nutritiva com diferentes doses de silício, com placas de isopor de 15 cm de lado. Cada vaso foi protegido com papel alumínio. Uma tela aluminizada foi colocada a 1 m acima das mudas para amenizar os efeitos da temperatura ambiente, e reduzir a insolação direta nas mudas. As mudas foram arejadas constantemente com a ajuda de um compressor, sendo que as mangueiras que saíam de cada vaso PVC foram conectadas à mangueira do compressor por agulhas.

O delineamento estatístico utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), com cinco tratamentos e 4 repetições, totalizando 20 parcelas. Os cinco tratamentos foram as concentrações de silício: 0, 25, 50, 75 e 100 ml L⁻¹ na solução nutritiva. A solução básica de Hoagland foi trocada semanalmente a fim de manter o suprimento adequado de nutrientes e silício (Tabela 2A).

Como o eucalipto, durante o experimento, apresentou problemas de oídio (temperatura amena e alta umidade relativa) foi necessário seu controle com solução de bicarbonato de sódio (2g/L) e óleo (5ml/L de veget oil), pulverizado sobre a folhagem das mudas 2 vezes por semana ao final do dia, durante 2 semanas.

Foi feita análise foliar de Silício após 5 meses de cultivo, utilizando-se a metodologia proposta por Korndorfer et al. (2004). Com auxílio de uma régua graduada de 60 cm e um paquímetro foram medidos respectivamente, altura da base do colo da planta até a parte aérea e o diâmetro na região do colo das mudas.

As variáveis foram avaliadas pelo teste F a 5% de probabilidade e, para comparações das médias de acúmulo de silício, altura e diâmetro das mudas, utilizou-se a análise de regressão para ajuste dos modelos, com o programa SISVAR (FERREIRA, 2000).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o teste de F a 5% de significância, as doses de silício na solução nutritiva, não interferiram estatisticamente nas variáveis altura e diâmetro, influenciando apenas na absorção de silício pelas mudas de eucalipto, conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Resumo da Análise de variância do silício foliar (dag kg^{-1}), altura (cm) e diâmetro (cm) de um clone comercial de eucalipto.

Fator	Quadrado Médio	Significância	CV (%)
Silício Foliar (dag kg^{-1})	0.637233	0.00001	24.97
Altura (cm)	138.322833	0.2369	20,60
Diâmetro (cm)	0.016208	0.4045	0.40

O clone comercial de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* foi capaz de absorver e acumular silício nas suas folhas (Figura 1). O acúmulo de silício foliar foi significativo, ajustando uma equação quadrática $Y = 0,643429 - 0,005654X + 0,00125X^2$ ($R^2=89,39$). A partir dessa equação pode se definir, entre o intervalo de dose de 0 a 100mg L^{-1} , qual a porcentagem de silício foliar, obtida em função das doses de silício aplicadas na solução nutritiva. O tratamento 1 (testemunha), com 0mg L^{-1} de silício, apresentou em suas folhas $0,6\text{dag kg}^{-1}$ de silício, sendo que nas outras concentrações (25, 50, 75 e 100mg L^{-1}) o teor de silício aumentou para 0,62, 0,76, 0,75 e $1,39\text{dag kg}^{-1}$, respectivamente. A presença de silício no tratamento testemunha pode ser explicada pela dificuldade de remoção deste elemento, pois, mesmo na água deionizada há uma pequena concentração de Si. Além disto, o silício, que é o segundo elemento mais abundante na crosta terrestre, está presente na poeira, que se deposita sobre as folhas. Como as mudas deste clone comercial de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* foram capazes de absorver mais de $0,23\text{dag kg}^{-1}$ de silício são consideradas plantas intermediárias na acumulação deste micronutriente, ou, com base na maior concentração ($1,39\text{dag kg}^{-1}$) esta entre $0,46$ a $2,33\text{dag kg}^{-1}$ de Si foi classificada como acumuladora, segundo Marschner (1995).

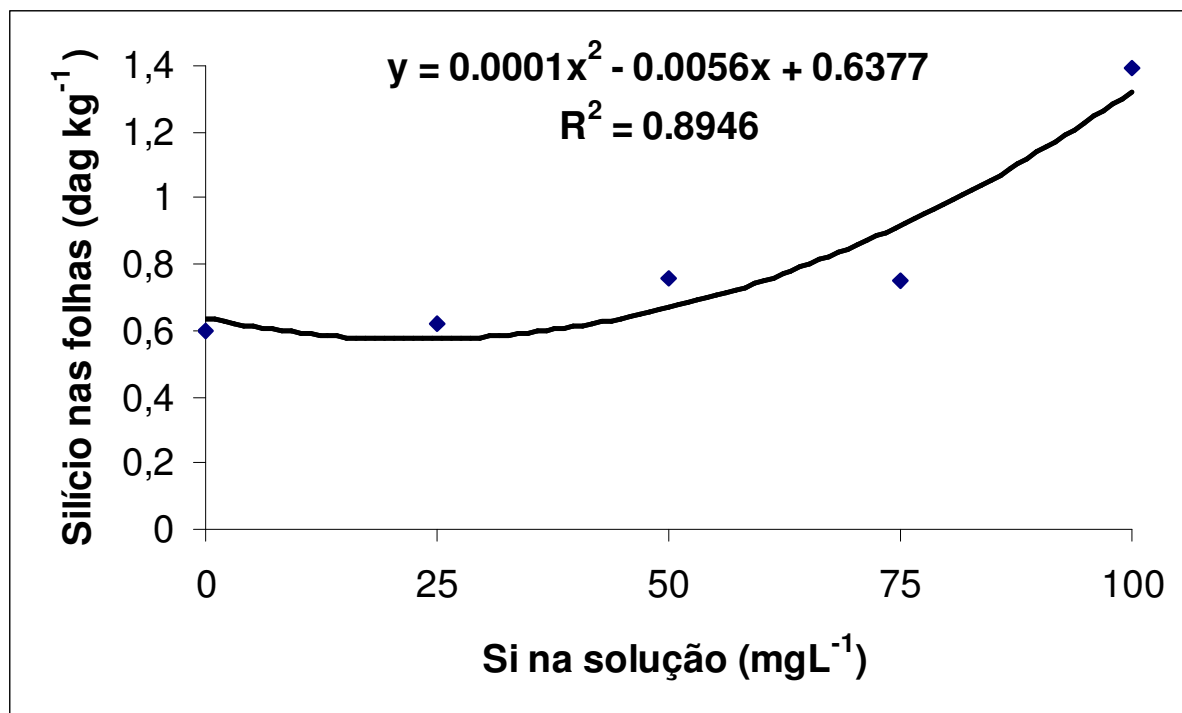


Figura 1. Acúmulo de silício nas folhas de um clone comercial de *E. grandis* x *E. urophylla* em função das doses de silício coloidal aplicadas na solução nutritiva.

De acordo com Menzies et al. (1991), o silício atua na fisiologia das plantas apresentando alguns benefícios, dentre eles maior atividade fotossintética e, conseqüentemente, maior crescimento da planta, já que a planta é capaz de produzir mais fotoassimilados. Neste experimento verifica-se que não houve efeito significativo do silício na altura das mudas de eucalipto, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (Figura 2). De maneira semelhante, as médias dos diâmetros que também não diferiram estatisticamente (Figura 3).

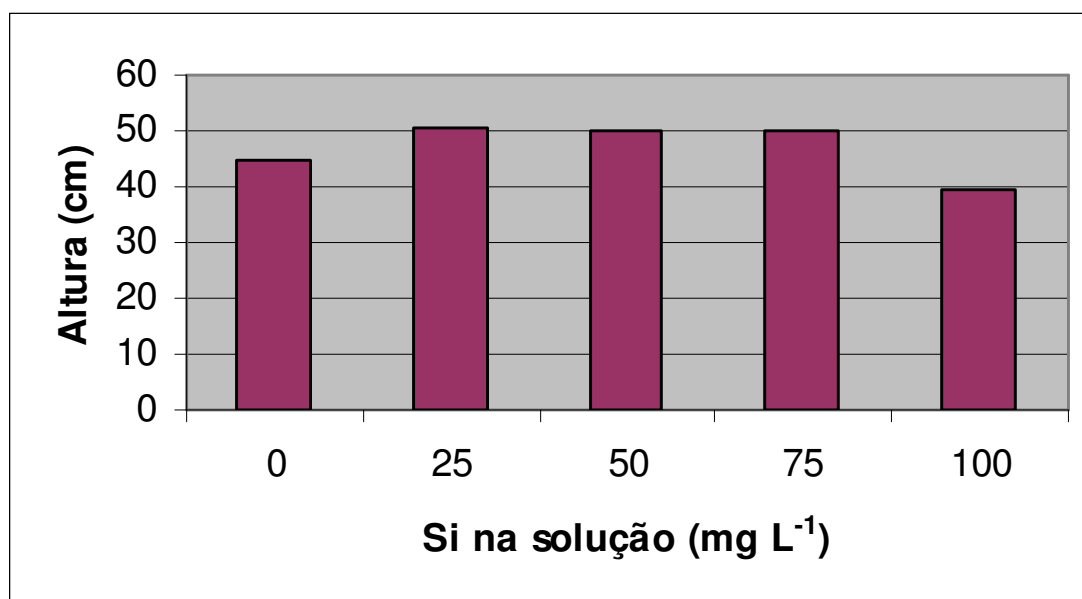


Figura 2. Altura das mudas de um clone comercial de *E. grandis* x *E. urophylla*, em função das doses de silício aplicadas.
Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

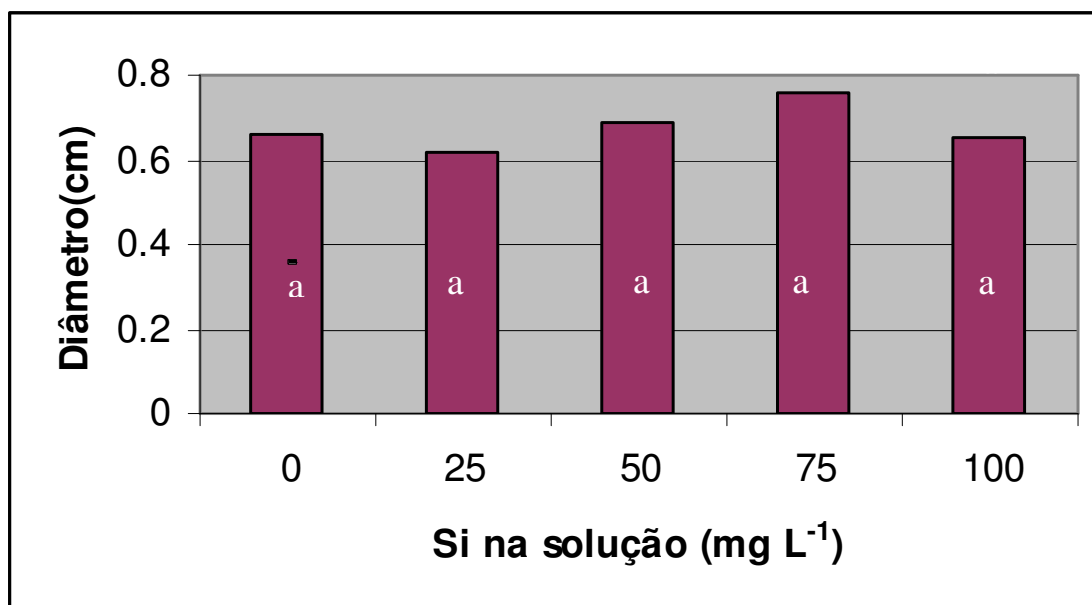


Figura 3. Diâmetro das mudas de um clone comercial de *E. grandis* x *E. urophylla*, em função das doses de silício aplicadas.
Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5 CONCLUSÕES

O clone comercial de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* testado foi considerado como intermediário, pois acumulou mais de 0,23 dag kg⁻¹ de silício.

A absorção desse silício não influenciou no crescimento das mudas em altura e diâmetro.

REFERÊNCIAS

- ALFENAS, A. C.; MAFIA, R. G. Controle integrado de doenças em viveiros clonais e aspectos relativos à ferrugem (*Puccinia psidii*) do eucalipto. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v.28, p.156-163. 2003.
- ARAÚJO, A. **Clonagem de *Eucalyptus* sp.** 2001. Disponível em: www.ufv.br/dbg/bioano01/div17.htm. Acesso em: 20/07/2009.
- BELANGER, R.R.; BOWEN, P.A.; EHRET, D.L.; MENZIES, J.G. Soluble silicon – its role in crop and disease management of greenhouse crops. **Plant Disease**, S^t. Paul, v.79, n.4, 1995.
- BERTOLUCCI, F.; REZENDE, G.; PENCHEL, R. Produção e utilização de híbridos de eucalipto. **Silvicultura**, Brasília, DF, v.13, n.51, p.12-18, 1993.
- Blog da Sustentabilidade. **Produção de eucalipto: rentabilidade e desenvolvimento sustentável.** Disponível em: <http://www.sustentabilidade.blog.br/?p=1946>. Acesso em: 14 de outubro de 2009.
- BRAGA, A.M.C. **Eficiência de fontes e doses de fertilizantes contendo silício na adubação do arroz inundado e do sorgo.** 2004. 123 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- CARVALHO, R.; CURI, N.; NETO, A. E. F.; RESENDE, A. V. Absorção e Translocação de silício em mudas de eucalipto cultivadas em latossolo e cambissolo. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v.27, n.3, p.491-500, 2003.
- COSTA, E.M. A madeira do eucalipto na indústria moveleira. In: SEMINÁRIO SOBRE PROCESSAMENTO E UTILIZAÇÃO DE MADEIRAS DE REFLORESTAMENTO, IV, Curitiba, 1996. **Anais...** Curitiba: ABPM/SBS, 1996. p.75-90.
- DATNOFF, L. E.; DEREN, C. W.; SNYDER, G. H. Silicon fertilization for disease management of rice in Florida. **Crop Protection**, Guildford, v. 16, 1997. p. 525-531.
- DAYANANDAM, P., KAUFMAN, P. B., FRAKIN, C. I. Detection of silica in plants. **American Journal of Botany**, Columbus, v. 70, p.1079-1084. 1983
- EPSTEIN, E. Silicon. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v.50, p.641-664, 1999.
- EPSTEIN, E. The anomaly of silicon in plant biology. **Proceedings of National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, DC., v. 91, p.11- 17. 1994.
- FAO. **Global forest resources assessment 2000 – Main report.** FAO Forestry paper. ISSN 0258-6150, 2000. 479p. Disponível em: www.fao.org/forestry/fo/fra/main/indez.jsp .Acesso em: 15/07/2009.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Paulo. **Anais...**, São Paulo: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FOY, C. D. Soil chemical factors limiting plant root growth. **Advances in Soil Science**, Boca Raton: CRC Press, v.19, p.97-149, 1992.

HECKMAN, J. R.; JOHNSTON, S.; COWGILL, W. Pumpkin yield and disease response to amending soil with silicon. **Hort Science**, Alexandria, v. 38, n. 4, p.552-554, July 2003.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water culture method of growing plants without soil**. Berkeley: University Of California, 1950. 32 p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Florestal Brasileira soma 8,5 bilhões de reais em 2004**. Disponível em:

http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=497

Acesso em 14/08/2009

KORNDORFER, G. H; PERREIRA, H. S; NOLLA, A. **Análise de silício: solo, planta e fertilizante**. Uberlândia: UFU. 2004. 34p. (Boletim técnico2).

KORNDORFER, G.H.; DATNOFF, L.E. Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças da cana-de-açúcar e do arroz. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.70, p. 1-3, 1995.

KORNDORFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; CAMARGO, M.S. **Silicatos de Cálcio e Magnésio na Agricultura**. 2.ed. Uberlândia, GPSi/ICIAG/UFU, 2002. 24 p. (Boletim Técnico, 1).

LIMA FILHO, O.F.; LIMA, M.T.G; TSAI, M. **Silício pode aumentar a resistência de plantas a doenças**. Boletim informativo do Grupo de Estudos “Luiz de Queiroz”, n.87, p.8-12, 1999. (Encarte técnico).

MA, J.F.; MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Silicon as a beneficial element for crop plants. In: DATNOFF, L.E.; SNYDER, G.H.; KORNDORFER, G.H. (ed). **Silicon in Agriculture**. Amsterdam: Elsevier Science. 2001. p. 17 – 39.

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

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2ª ed. Londres: Academic Press, 1995. 889 p.

MARTINS, F.C.G.; IKEMORI, Y.K. Produção de híbridos de eucalipto na Aracruz. **Reunião sobre técnicas para produção de híbridos**. Piracicaba: IPEF, 1987. 75p.

MCKEAGUE, J. A.; CLINE, M. G. Silica in soils. **Advances in Agronomy**. San Diego, v. 15, p. 339-397, 1963.

MENGEL K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 5ª ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001. 849 p.

MENZIES, J. G.; EHRET, D. L.; GLASS, A. D. M.; HELMER, T.; KOCH, C.; SEYWERD, F. The influence of silicon on cytological interactions between *Sphaerotheca fuliginea* and *Cucumis sativus*, **Physiological and Molecular Plant Pathology**, London, v. 39, n. 6, p. 403-414, Dec. 1991.

MORA, A.L.; GARCIA, C.H. **A cultura do eucalipto no Brasil**. São Paulo: SBS, 2000. 112 p.

NIELSEN, I.R. **Utilização da madeira comercial do híbrido de *Eucalyptus grandis* na confecção de vigas laminadas coladas**. Curitiba, 1998. 109 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná.

OLIVEIRA, L. A.; CASTRO, N. M. Ocorrência de Sílica nas Folhas de *Curatella americana* L. e de *Davilla elliptica* St. Hil. **Rev. Horizonte Científico**, Uberlândia, 2002. Disponível em: www.propp.ufu.br/revistaeletronica/B/OCORRENCIA.pdf. Acesso em 11/agosto/2009.

PAIVA, H. N.; GOMES, J. M. **Viveiros florestais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1995. 56 p.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do Solo e Adubação**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda, São Paulo. 1991. 343 p.

ROGALLA, H.; RÖMHELD, V. Role of leaf apoplast in silicon-mediated manganese tolerance of *Cucumis sativus* L. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 25, n. 4, p. 549-555, Apr. 2002.

SANTOS, D. M.; POZZA, E. A.; POZZA, A. A. A.; CARVALHO, J. G.; BOTELHO, C. E.; SOUZA, P. E. Intensidade da cercosporiose em mudas de cafeeiro em função de fontes e doses de silício. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 30, n. 6, p. 582-588, nov./dez. 2005.

SOUZA JÚNIOR, L.; WENDLING, I.; ROSA, L. S. Brotações epicórmicas no resgate vegetativo de indivíduos adultos de *Eucalyptus* spp. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL DE NOVA PRATA, 9, 2003, Nova Prata. **Anais...** Nova Prata, 2003. CD-ROM

TAKAHASHI, E. Uptake mode and physiological functions of silica. In: MATSUO, T.; KUMAZAWA, K.; ISHII, R.; ISHIHARA, K.; HIRATA, H. (ed.). **Science of the rice plant: physiology**. Vol 2. Tokyo: Food and Agriculture Policy Research Center, 1995. cap.5, p.420-433.

TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D. **Soil fertility and fertilizers: Micronutrientes and Other Beneficial Elements in Soil and Fertilizers**. 4ª edição. Englewood Cliffs: Prentice Hall. 1985. 754 p.

WRANG, S.S.; KIM, K.; HESS, W.M. Variation of silica bodies in leaf epidermal long cells within and among seventeen species of *Oryza* (Poaceae). **American Journal of Botany**, Columbus, v. 85, n.4, p.461-466. 1998.

YOSHIDA, S. Chemical aspects of the role of silicon in physiology of the rice plant. **Bulletin of the National Institute of Agricultural Sciences**, Tóquio, v.B15, p.1-58. 1965.

ZHU, Z. J.; WEI, G. Q.; LI, J.; QIAN, Q. Q.; YU, J. Q. Silicon alleviates salt stress and increases antioxidant enzymes activity in leaves of salt-stressed cucumber (*Cucumis sativus* L.). **Plant Science**, Limerick, v. 167, n. 3, p. 527-533, Sept. 2004.

ANEXO

Tabela 1A. Volume de solução estoque (mL L⁻¹) necessário para a elaboração da solução de adaptação.

Soluções estoque	Composto	Concentração	Solução de adaptação(mL L ⁻¹)			
			25	50	75	100
Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O	Nitrato de cálcio	[1 mol L ⁻¹]	1,25	2,5	3,75	5
KNO ₃	Nitrato de potássio	[1 mol L ⁻¹]	1,25	2,5	3,75	5
MgSO ₄ .7H ₂ O	Sulfato de magnésio	[1 mol L ⁻¹]	0,5	1	1,5	2
KH ₂ PO ₄	Fosfato de potássio	[1 mol L ⁻¹]	0,25	0,5	0,75	1
Micro ¹	Micronutrientes	[1 mol L ⁻¹]	0,25	0,5	0,75	1
Fe-EDTA ²	Complexo de Ferro	[1 mol L ⁻¹]	0,25	0,5	0,75	1
Sílicio	Sílica coloidal					

¹ Solução coquetel completa de micronutrientes: dissolvidos separadamente 2,86 g H₃BO₃; 1,81 g MnCl₂.4H₂O; 0,22 g ZnSO₄.7H₂O; 0,08 g CuSO₄.5H₂O e 0,02 g Na₂MoO₄.H₂O e, em seguida misturou-se e completou o volume para 1000 mL.

² Solução Fe-EDTA: (a) Solução A - 33,3 g de Na₂-EDTA dissolvida em 500 mL de água destilada a 30°C contendo 100,4 mL de NaOH 1 molc L-1; (b) Solução B - 24,9 g de FeSO₄.7H₂O dissolvido em 300 mL de água destilada a 70°C, contendo 4 mL de HCl 1 molc L-1; misturaram-se as soluções A e B, completou-se o volume para 1000 mL com água destilada e colocou-se sob aeração constante por 12 horas. A solução foi acondicionada em vasilhames âmbar recobertos por papel alumínio para a proteção contra a luz.

Tabela 2 A. Volume de solução estoque (mL L^{-1}) necessário para a elaboração dos tratamentos com as concentrações de Si na solução nutritiva.

Soluções estoque	[]	Solução 100%	Concentrações de Si na solução nutritiva				
			0	25	50	75	100
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1 mol L^{-1}	5 ml/L	30ml	30ml	30ml	30ml	30ml
KNO_3	1 mol L^{-1}	5 ml/L	30ml	30ml	30ml	30ml	30ml
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	1 mol L^{-1}	2 ml/L	12ml	12ml	12ml	12ml	12ml
KH_2PO_4	1 mol L^{-1}	1 ml/L	6ml	6ml	6ml	6ml	6ml
Micro ¹	1 mol L^{-1}	1 ml/L	6ml	6ml	6ml	6ml	6ml
Fe-EDTA ²	1 mol L^{-1}	1 ml/L	6ml	6ml	6ml	6ml	6ml
Silício			0 ml	0,756 ml	1,512 ml	2,268 ml	3,024ml

¹ Solução coquetel completa de micronutrientes: dissolvidos separadamente 2,86 g H_3BO_3 ; 1,81 g $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$; 0,22 g $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 0,08 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ e 0,02 g $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ e, em seguida misturou-se e completou o volume para 1000 mL.

² Solução Fe-EDTA: (a) Solução A - 33,3 g de $\text{Na}_2\text{-EDTA}$ dissolvida em 500 mL de água destilada a 30°C contendo 100,4 mL de NaOH 1 mol/L; (b) Solução B - 24,9 g de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dissolvido em 300 mL de água destilada a 70°C, contendo 4 mL de HCl 1 mol/L; misturaram-se as soluções A e B, completou-se o volume para 1000 mL com água destilada e colocou-se sob aeração constante por 12 horas. A solução foi acondicionada em vasilhames âmbar recobertos por papel alumínio para a proteção contra a luz.