



**MARILENA DE MELO BRAGA**

**CRESCIMENTO E QUALIDADE DE MUDAS DE  
CEDRO AUSTRALIANO  
(*Toona ciliata* M. Roem var. *australis*)  
EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE  
CALCÁRIO E ENXOFRE**

**LAVRAS - MG**

**2011**

**MARILENA DE MELO BRAGA**

**CRESCIMENTO E QUALIDADE DE MUDAS DE CEDRO  
AUSTRALIANO (*Toona ciliata* M. Roem var. *australis*)  
EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE CALCÁRIO E ENXOFRE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, área de concentração em Fertilidade do Solo e Nutrição Mineral de Plantas, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Antonio Eduardo Furtini Neto

**LAVRAS - MG**

**2011**

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca da UFLA**

Braga, Marilena de Melo.

Crescimento e qualidade de mudas de cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roem var. *australis*) em função da aplicação de calcário e enxofre / Marilena de Melo Braga. – Lavras : UFLA, 2011.

81 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2011.

Orientador: Antonio Eduardo Furtini Neto.

Bibliografia.

1. Produção de mudas. 2. Nível crítico. 3. Índice de qualidade de Dickson. 4. Calagem. 5. Adubação sulfatada. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 631.8

**MARILENA DE MELO BRAGA**

**CRESCIMENTO E QUALIDADE DE MUDAS DE CEDRO  
AUSTRALIANO (*Toona ciliata* M. Roem var. *australis*)  
EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE CALCÁRIO E ENXOFRE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, área de concentração em Fertilidade do Solo e Nutrição Mineral de Plantas, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 21 de fevereiro de 2011.

Dr. Francisco Dias Nogueira                      EPAMIG

Dra. Ana Rosa Ribeiro Bastos                      PNPd/CAPES/UFLA

Dr. Antonio Eduardo Furtini Neto  
Orientador

**LAVRAS - MG**

**2011**

*Aos meus pais Francisco Crisóstomo e Maria Helena, pelo amor, ensinamentos  
e conselhos durante toda a minha vida  
Aos meus irmãos Fernando e Januza e as minhas sobrinhas Suzanny e Marilya,  
pela amizade, compreensão e incentivo.*

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por seu amor incondicional, por iluminar meus caminhos e por abençoar a minha vida.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Ciência do Solo, pela oportunidade de realização do Mestrado.

Ao CNPq pela concessão da bolsa e à UFLA pela infraestrutura.

À APFLOR, Bela Vista Florestal e IEF, nas pessoas do Dr. Ricardo Steinmetz Vilela, Erika Steinmetz Vilela e Eduardo de Castro Stehling, pelo aporte financeiro para a realização do presente trabalho.

Ao meu orientador Prof. Dr. Antonio Eduardo Furtini Neto pelo apoio e compreensão constantes e pelo exemplo.

Aos professores do Departamento de Ciência do Solo, pelos exemplos de caráter e profissionalismo, em especial a Prof.<sup>a</sup> Janice Guedes de Carvalho.

Ao professor emérito da Universidade Federal de Lavras Alfredo Scheid Lopes, pelo exemplo de vida, amizade, carinho, paciência, constante disponibilidade e a contribuição em minha formação profissional e pessoal.

Aos membros da banca examinadora Dr. Francisco Dias Nogueira e a Dra. Ana Rosa Ribeiro Bastos, pelas críticas e propostas apresentadas na defesa desta dissertação.

Aos funcionários e técnicos do DCS, em especial Roberto e Wilton.

Aos orientados do Prof. Furtini (em especial Sheila, Bruno Moretti, e Bruno Benatti) pelo grande apoio no experimento.

Aos meus pais, Francisco Crisóstomo e Maria Helena, por me apoiarem sempre e por me amarem tanto.

Aos meus irmãos (Januza e Fernando), as sobrinhas (Suzanny e Marylia), as minhas tias (Cleide e Cleoneide) e a minha avó (Joana) pelo companheirismo, amor, força e incentivo.

Aos meus amigos da UFLA, pelos bons momentos e pelas disciplinas compartilhadas.

A todos os outros amigos queridos da UFC, em especial Maria Leonília (*In memorian*), Franciely, Rosilene e Roseana, pelo apoio, paciência e amizade generosa.

Aos amigos de todas as horas, Adriano, Daniela, Francisco Jacinto, Julian, Geila, Daniela Aparecida e Nilma, pela paciência, amizade, carinho e companheirismo em todos os momentos.

A todos que contribuíram direta e indiretamente para a realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADA!

*Fácil é sonhar todas as noites. Difícil é lutar por um sonho. Eterno, é tudo aquilo que dura uma fração de segundo, mas com tamanha intensidade, que se petrifica, e nenhuma força jamais o resgata.*

***Carlos Drummond de Andrade***

## RESUMO

Objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito de níveis de saturação por bases e doses de enxofre sobre o crescimento inicial, qualidade de mudas e também estimar o nível crítico do enxofre na parte aérea das mudas de cedro australiano. As parcelas experimentais foram constituídas de vasos com capacidade de 3,5 dm<sup>3</sup> de um Latossolo Vermelho Distroférico típico (LVdf) e quatro mudas de cedro australiano, sob condições de casa de vegetação. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados com dez repetições. Utilizou-se seis níveis de saturação por bases (natural, 21,3; 33,2; 47,9; 60,4 e 70,0%) e cinco doses de enxofre (0, 15, 30, 60 e 120 mg dm<sup>-3</sup>). Aos 120 dias após o transplântio foram obtidos a altura, o diâmetro do coleto, a matéria seca das raízes e da parte aérea. Determinou-se, ainda, as relações altura/diâmetro do coleto, altura/matéria seca de parte aérea, matéria seca da parte aérea/matéria seca das raízes, índice de qualidade de Dickson e o nível crítico de S da parte aérea das mudas. As mudas de cedro australiano respondem positivamente à elevação da saturação por bases e às doses de enxofre, recomendando-se o uso de uma saturação por base de 50% e uma dose de S em torno de 39,7 mg dm<sup>-3</sup>. O nível crítico de S na matéria seca da parte aérea em função das doses de enxofre foi de 1,19 g kg<sup>-1</sup>.

Palavras-chave: Produção de mudas. Nível crítico de enxofre. Saturação por bases. Adubação sulfatada.

## ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the saturation levels effect and sulfur doses on initial growth, seedlings quality and also estimate the sulphur (S) critical level in aerial parts of Australian cedar seedlings. The experimental plots were composed of vessels with capacity of 3.5 dm<sup>3</sup> of a typical dystrophic Red Latosol (Oxisol) and four Australian cedar seedlings, under green-house conditions. The design was in randomized block with ten replicates. It were used six levels of base saturation (natural, 21.3; 33.2; 47.9; 60.4 and 70.0%) and five sulphur doses (0, 15, 30, 60 and 120 mg dm<sup>-3</sup>). At 120 days after transplanting were obtained height, stem diameter, root and aerial dry matter. It was determined, though, the relationships height /stem diameter, height /aerial parts dry matter, aerial parts dry matter /root dry matter, Dickson quality index and the critical S level in seedlings aerial parts. Australian cedar seedlings respond positively to base saturation increase and to sulfur doses, it is recommended the use of 50% base saturation and around 39.7 mg dm<sup>-3</sup> S dose. The S critical level in aerial parts dry matter due to the sulphur doses amounts was 1.19 g kg<sup>-1</sup>.

Keywords: Seedlings production. Critical sulphur level. Base saturation. Sulfated fertilization.

## SUMÁRIO

<b>PRIMEIRA PARTE</b> .....	11
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	14
<b>2.1 Características da Espécie</b> .....	14
<b>2.2 Necessidade de calagem</b> .....	16
<b>2.3 Resposta de espécies florestais à calagem</b> .....	17
<b>2.4 O enxofre na planta e no solo</b> .....	18
<b>2.5 Resposta de espécies florestais à aplicação de enxofre</b> .....	19
<b>2.6 Características morfológicas como indicadoras de qualidade de mudas</b> .....	21
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	24
<b>SEGUNDA PARTE – ARTIGOS</b> .....	31
<b>ARTIGO 1</b> Influência da saturação por bases na qualidade e crescimento de mudas de cedro australiano ( <i>Toona ciliata</i> M. Roem var. <i>australis</i> ) .....	31
<b>ARTIGO 2</b> Resposta de mudas de cedro australiano ( <i>Toona ciliata</i> m. roem var. <i>australis</i> ) à aplicação de enxofre .....	55
<b>APÊNDICES</b> .....	80

## PRIMEIRA PARTE

### 1 INTRODUÇÃO

A indústria de móveis, geralmente, utiliza espécies nobres, muitas vezes exóticas, com características, qualidades e aptidão semelhantes às árvores brasileiras, o que gera uma crescente demanda mundial por madeira e conseqüentemente a necessidade em aumentar a sua produção. Neste contexto, se encontra o cedro australiano (*Toona Ciliata* M. Roem var. *australis*), uma espécie pertencente à família Meliaceae e originária das regiões tropicais da Austrália, que se adaptou as condições edafoclimáticas do Brasil.

O cedro australiano possui similaridade botânica com os cedros nativos (*Cedrela spp.*) da Mata Atlântica e o mogno (*Swietenia macrophylla* King) da Floresta Amazônica, espécies pertencentes à mesma família (PINHEIRO; LANI; COUTO, 2003). Adicionalmente, apresenta resistência à broca do ponteiro (*Hypsipyla grandella* Zeller), que é comumente encontrada na América e ataca outras espécies de Meliaceae (MANGIALAVORI et al., 2003). Além disso, apresenta um crescimento rápido, o que a torna promissora para plantios comerciais, destinada à produção e comercialização de madeira.

A introdução do cedro australiano no país ocorreu de maneira especial no bioma do cerrado, o qual apresenta extensas áreas de solos ácidos e de baixa fertilidade. É reconhecido que a acidez do solo constitui um dos principais fatores que limita a produtividade dos cultivos no país. Isso se deve, principalmente, aos elevados teores de alumínio e, em alguns casos, de manganês, ou aos baixos teores de cálcio e magnésio trocáveis, além da absorção da maioria dos nutrientes ser dificultada, dessa forma ocorre uma limitação no desenvolvimento das plantas (RAIJ, 1991).

A calagem constitui uma das práticas menos dispendiosa e mais efetiva na correção da acidez do solo (FAGEIRA, 2001). Os benefícios de uma correta prática da calagem são a diminuição da toxidez por  $H^+$ ,  $Al^{+3}$  e  $Mn^{+2}$ ; mineralização da matéria orgânica do solo, aumento da disponibilidade de N, S, P, B, Ca e Mg e estímulo à atividade microbiana (VALE; CARVALHO; GUILHERME, 1995). Essa prática contribui para uma menor necessidade de abertura de novas áreas pois proporciona do aumento na produtividade das culturas.

A resposta à calagem depende das características de cada espécie vegetal, especialmente da tolerância à acidez do solo (VALE et al., 1996). Baseados nisso, Reis et al. (1997) avaliaram as exigências nutricionais de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex Benth.) e observaram que o crescimento em altura e diâmetro do coleto da espécie apresentou resposta negativa à calagem. Enquanto que Furtini Neto et al. (1999) ao trabalharem com cássia-verrugosa (*Senna multijuga* (Rich.) Irwin et Barn.), ipê-mirim (*Stenolobium stans* (L.) Juss. ex Kunth), angico-do-cerado (*Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg.) e cedro (*Cedrela fissilis* Vell.) verificaram resposta do crescimento em função da correção da acidez do solo. De acordo com os autores, esta resposta foi sensivelmente maior para as espécies florestais de crescimento mais rápido, independentemente do seu grupo sucessional.

De maneira geral, há carência de informações sobre os requerimentos nutricionais do cedro australiano, destacando-se a necessidade de conduzir estudos no estado de Minas Gerais, em especial para a obtenção de mudas vigorosas, garantindo o sucesso dos programas de formação, implantação ou revitalização de sistemas florestais de alta produção. Esse foco na produção de mudas tem como prioridade a obtenção de plantas de qualidade na fase de viveiro, uma vez que estas deverão resistir às condições adversas encontradas no campo e produzir árvores com crescimento volumétrico economicamente

desejável (GOMES et al., 1991). Com o intuito de otimizar o uso de insumos e alcançar o potencial máximo de crescimento das plantas, têm sido conduzido alguns estudos com outras espécies florestais para se determinar as necessidades nutricionais na fase de mudas.

Por outro lado, as exigências nutricionais das plantas são variáveis e existem diferenças em relação à eficiência na absorção e, ou utilização dos nutrientes. Desta forma, há necessidade de determinar os níveis críticos dos nutrientes para cada espécie vegetal ou grupos de espécies afins (ABICHEQUER; BOHNER, 1998; BARROS; NOVAIS, 1990). Em um estudo preliminar com a cultura do cedro australiano em fase de muda, realizado no Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, foi verificado que a espécie apresenta elevada exigência nutricional. Constatou-se que o enxofre está dentre os nutrientes mais limitantes ao crescimento da mesma. Observou-se também que a aplicação de calcário é essencial ao desenvolvimento do cedro australiano (dados não publicados). Entretanto, ainda não foram obtidas informações a respeito da saturação por bases ideal para a cultura bem como sobre as doses adequadas de enxofre para a mesma.

O enxofre (S) é um elemento essencial para plantas e a sua deficiência pode causar clorose das folhas novas e inibir a síntese de proteínas. Como consequência há um decréscimo nos teores de clorofila e ribulose-1,5 bisfosfato carboxilase/oxigenase (RuBisCo), e com isso há redução da fotossíntese e do crescimento das plantas (RESURRECCION et al., 2001).

A importância da adubação com enxofre para o crescimento de mudas florestais foi ressaltada por Braga et al. (1995), visto que a omissão deste nutriente no substrato comprometeu o crescimento em diâmetro de plantas de quaresmeira (*Tibouchina granulosa* (Desr.) Cogn.) e pau-pereira (*Platycyamus regnellii* Benth.). Maffeis, Silveira e Brito (2000) também observaram que mudas de *Eucalyptus citriodora* cultivadas na ausência de S apresentaram menor

crescimento em altura e diâmetro do coleto, bem como menor biomassa de folhas, quando comparadas às mudas produzidas em solução nutritiva completa. No entanto, diante da importância do S, há necessidade de mais informações sobre a disponibilidade do S no solo, o efeito da adubação sulfatada para espécies florestais, e as interações desse nutriente com os demais, sobretudo com o N e P (BARROS; NOVAIS, 1990).

Diante dessas considerações e do potencial da espécie em questão, para plantios comerciais que visem à produção de madeira, objetivou-se com o presente estudo, avaliar o efeito de diferentes níveis de saturação por bases e de diferentes doses de enxofre sobre o desenvolvimento e qualidade de mudas de cedro australiano.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Características da espécie**

O cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roem var. *australis*), pertencente à família Meliaceae, é uma espécie de grande porte que pode atingir cerca de 50 m de altura e 2 m de diâmetro. Também apresenta boa adaptabilidade às condições edafoclimáticas do Brasil, principalmente no sul da Bahia e na Região Sudeste (PINHEIRO; LANI; COUTO, 2003). A espécie ocorre naturalmente no leste da Austrália, desde Ulladulla, ao sul de Sidney, no Estado de New South Wales, até Atherton, no norte do Estado de Queensland (GRIJPMAN; RAMALHO, 1969). De acordo com Lamprecht (1990), o cedro australiano apresenta bom crescimento em regiões de 500 a 1.500 m de altitude, regime pluviométrico de 800 a 1.800 mm ano<sup>-1</sup> com estiagem de 2 a 6 meses, temperatura média ideal em torno de 20 a 26° C e tolera geadas leves de curta duração.

Em relação às propriedades físico-mecânicas e ao comportamento em processos industriais, a madeira do cedro australiano pode ser considerada leve, com densidade de  $0,337 \text{ g cm}^{-3}$  e valores médios de módulo de elasticidade e de ruptura de  $65.118 \text{ kgf cm}^{-2}$  e  $468 \text{ kgf cm}^{-2}$ , respectivamente (PEREYRA et al., 2006). Segundo Moreira (1999), o módulo de ruptura e o módulo de elasticidade são duas variáveis, normalmente, determinadas nos testes de flexão estática e são de grande importância na caracterização tecnológica da madeira; ambos dão uma boa aproximação da resistência do material e constituem na prática parâmetros de grande aplicação na classificação dos materiais. Os seus valores expressam a combinação de diversos fatores, como a constituição morfológica, anatômica e química da madeira. A durabilidade da madeira de *Toona ciliata* foi confirmada em estudo de resistência ao ataque de cupins quando foi constatado um desgaste moderado da madeira em função da alta mortalidade dos insetos, classificado como dano ligeiramente superficial (GONÇALVES; OLIVEIRA, 2006).

A espécie é promissora para plantios comerciais em função da qualidade da sua madeira, de sua ampla utilização e por apresentar resistência ao ataque da broca-da-gema-apical (*Hypsipyla grandella*) que causa grandes danos ao cedro e ao mogno brasileiro (MANGIALAVORI et al., 2003). A espécie é suscetível à *H. robusta* que causa danos semelhantes ao do ataque de *H. grandella*, porém não há relatos de ocorrência de *H. robusta* no Brasil (CUNNINGHAM et al., 2005).

A madeira do cedro australiano possui alburno de coloração clara e cerne marrom-avermelhado, exala um agradável odor logo após ser serrada (BYGRAVE; BYGRAVE, 2005). Atualmente, a espécie se destaca no segmento de madeira, na indústria de laminados, compensados e móveis, produção de caixas de charutos, instrumentos musicais e outras finalidades especiais (LAMPRECHT, 1990).

Por apresentar características específicas, a madeira do cedro australiano atinge altas cotações no mercado interno e externo e desperta grande interesse pela implantação de novas áreas de cultivo que visem a sua comercialização. No entanto, as informações sobre a espécie ainda são escassas, principalmente no que diz respeito aos requerimentos nutricionais e à capacidade de adaptação às condições ambientais distintas. Sendo assim, destaca-se a necessidade da condução de estudos mais abrangentes, para a obtenção destas informações.

## **2.2 Necessidade de calagem**

Os solos brasileiros, notadamente na região do cerrado, apresentam reação ácida e baixa disponibilidade de nutrientes. A acidez do solo é um dos principais fatores que conduzem a baixa produtividade dos cultivos no país. Isso se deve, principalmente, aos elevados teores de alumínio, bem como aos baixos teores de cálcio e magnésio. Em solos ácidos, a absorção de nutrientes é dificultada, portanto, são necessárias correções para que as plantas se desenvolvam (RAIJ, 1991).

A acidificação do solo pode ocorrer naturalmente devido à própria pobreza em bases do material de origem, ou a processos de formação que favorecem a remoção de elementos básicos como K, Ca, Mg, Na, etc. Além disso, os solos podem ter sua acidez aumentada por adição de alguns fertilizantes, sobretudo os amoniacais (LOPES; SILVA; GUILHERME, 1991). Contudo, a correção do solo é uma prática que visa, principalmente, reduzir a acidez, neutralizar os efeitos tóxicos de elementos como o alumínio e o manganês e fornecer cálcio e magnésio para plantas.

A maneira mais fácil, correta e economicamente viável para se corrigir a acidez do solo, principalmente na camada arável, é através da prática da calagem (FURTINI NETO et al., 2001). A calagem também tem por finalidades corrigir a

toxicidade do  $\text{Al}^{3+}$  e  $\text{Mn}^{2+}$  por reações de precipitação desses elementos, na forma de oxihidróxidos, aumentar a atividade biológica do solo, promover maior mineralização da matéria orgânica, fornecer Ca e Mg e aumentar a retenção de cátions (SOUSA; MIRANDA; OLIVEIRA, 2007). Passos (1994) acrescenta que a calagem promove a formação de sistemas radiculares mais extensos, portanto, favorece o melhor aproveitamento da água e dos nutrientes existentes no solo, constitui, dessa forma, uma prática fundamental para a melhoria do sistema radicular das plantas.

Diversos métodos podem ser utilizados para estimar a necessidade de calagem com destaque para o método da saturação por bases, devido sua flexibilidade de adaptação para diferentes culturas (RAIJ, 1991). Esse método baseia-se na relação existente entre o pH e a saturação por bases de saturação por bases do solo (CATANI; GALLO, 1955).

### **2.3 Resposta de espécies florestais à calagem**

O alumínio é um elemento químico que limita o crescimento das plantas, devido seu caráter tóxico, com interferência na divisão celular das raízes, na fixação do fósforo em formas menos disponíveis no solo para as raízes das plantas (KOCHIAN, 1995). Diferentes espécies vegetais e genótipos dentro de uma mesma espécie podem apresentar mecanismos fisiológicos variados, que determinam o comportamento diferenciado em relação ao alumínio. Efeitos danosos do excesso de Al foram verificados por Furtini Neto et al. (1999) que relataram a redução na absorção de nutrientes de espécies florestais.

Diversos trabalhos mostram que as espécies florestais apresentam respostas diferenciadas no crescimento e na qualidade das mudas, em relação à aplicação de calcário. Cruz et al. (2004) realizaram estudos para avaliar as exigências nutricionais de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa*), em Latossolo

Vermelho-Amarelo distrófico e concluíram que deve-se elevar a saturação por bases para 50%, no intuito de obter mudas de melhor qualidade. No caso do angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*), Bernardino et al. (2005) também observaram que houve efeito positivo da calagem sobre características avaliadas, sendo os maiores crescimentos e qualidade observados quando a saturação por bases estava próxima de 50%.

Em outro estudo, Bernardino et al. (2007) concluíram que quando a saturação original do solo for igual ou superior a 14,0% no Latossolo distrófico e 4% no Latossolo álico, não há necessidade de se proceder à correção do solo, em mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra*), enquanto no Argissolo as mudas de melhor qualidade são obtidas quando a saturação está em torno de 60,0%. Para mudas de fedegoso (*Senna macranthera*) as saturações por bases que forneceram as melhores mudas foram 70% para o Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico e de 65% para Latossolo Vermelho-Amarelo álico (SOUZA et al., 2010).

#### **2.4 O enxofre na planta e no solo**

O enxofre (S) é absorvido na forma aniônica  $S-SO_4^{-2}$ , e participa na formação de diversas moléculas orgânicas, como aminoácidos e proteínas (LARBIER; LECLERCQ, 1992). Esse nutriente se encontra no solo, principalmente em formas não disponíveis aos cultivos em curto prazo, o que torna indispensável o conhecimento de suas formas e sua dinâmica no solo. Nos solos tropicais e subtropicais, o S está presente nas formas orgânica e inorgânica, com predomínio da forma orgânica.

O conteúdo de S total na litosfera terrestre varia de 0,06 a 0,10% (HAVLIN et al., 2005). Durante os processos de intemperismo, muito do S presente em piritas e outros sulfetos metálicos pode ser transformado em  $SO_4^{-2}$  e

este pode ser adsorvido pelos colóides do solo, perdido por lixiviação (JORDAN; ENSMINGER, 1958) ou transformado em formas orgânicas pelos microrganismos e plantas (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Na planta, o suprimento de  $S-SO_4^{-2}$  para as raízes ocorre, principalmente, por fluxo de massa, transportado através do xilema para as folhas, onde sofre, nos cloroplastos, redução e incorporação à formas orgânicas, que são redistribuídas pelo floema (THOMPSON; SMITH; MADISON, 1986). A maior parte do S orgânico das plantas está presente nos peptídeos e proteínas sendo que os aminoácidos cisteína e metionina assumem papel fundamental neste contexto (DUKE; REISENAUER, 1986).

O acúmulo de enxofre nos tecidos, na forma de sulfato, varia de acordo com o desenvolvimento da planta, tanto em situações de baixo aporte desse nutriente quanto sob pleno suprimento, com tendência de aumentar o desenvolvimento da cultura. O contrário ocorre com o enxofre orgânico, que tende a ter seu acúmulo diminuído com o desenvolvimento das plantas (EATON, 1966). Em situações de deficiência ou quando o enxofre é aportado em pequenas quantidades, a maior parte do que é absorvido é convertido em aminoácidos essenciais e posteriormente em proteínas, o que resulta em uma pequena fração de sulfato detectável nos tecidos. Assim, o estágio de desenvolvimento da cultura deve também ser levado em conta na diagnose dos níveis de sulfato na planta (ENSMINGER; FRENEY, 1966).

## **2.5 Resposta de espécies florestais à aplicação de enxofre**

Teores adequados de matéria orgânica no solo garantem, através da mineralização, o suprimento gradual de S às plantas. Desse modo, as perdas de matéria orgânica, associadas ao uso de fertilizantes em fórmulas que não contém o elemento em sua composição e a exportação pelas culturas através da colheita

reduzem a disponibilidade deste nutriente no solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

A importância da adubação com enxofre para o crescimento de espécies florestais tem sido relatada por diversos autores. Braga et al. (1995) observaram que a omissão de S no substrato comprometeu o crescimento em diâmetro de plantas de *Tibouchina granulosa* e de *Platycyamus regnellii*. Gonçalves et al. (2008) afirmaram que mudas de *Anadenanthera macrocarpa* são consideradas bastante exigentes em S visto que os maiores benefícios foram obtidos com a aplicação de doses elevadas do nutriente (80 mg dm<sup>-3</sup>).

Mudas de *Mimosa tenuiflora* em um Latossolo Vermelho-Amarelo apresentaram aumento na produção de matéria seca, altura e diâmetro como consequência das diferentes doses de S utilizadas (PAREDES et al., 1995). Fernández et al. (1996), trabalhando com mudas da mesma espécie, porém cultivadas em um Latossolo variação Una álico, verificaram que a aplicação de diferentes doses de enxofre ao substrato de plantio também proporcionou aumento da produção de matéria seca das plantas. Furtini Neto et al. (1988) evidenciaram a importância da adubação sulfatada para diferentes espécies de *Eucalyptus* cultivadas em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, com a obtenção da máxima produção entre os níveis de 12 a 16 mg kg<sup>-1</sup> de S-SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>.

Os baixos teores de S no solo são limitantes para o crescimento de mudas de cedro brasileiro (*Cedrela fissilis*), jacaré (*Piptadenia gonoacantha*), pau-ferro (*Caesalpinia ferrea*) e canafístula (*Senna multijuga*) (RENÓ et al., 1997). A ausência de S também provocou menor crescimento em altura e diâmetro, bem como menor produção da biomassa de folhas em mudas de *Eucalyptus citriodora* cultivadas em solução nutritiva (MAFFEIS; SILVEIRA; BRITO 2000). Por outro lado, Dias et al. (1992) não observaram diferenças significativas sobre o crescimento de mudas de *Sclerolobium paniculatum* cultivadas em substratos com doses de S.

Dentro do mesmo gênero diferentes espécies têm comportamentos distintos à adubação sulfatada, o que pode ser confirmado pelo trabalho desenvolvido por Baliero, Oliveira e Dias (2001) que mostra que as espécies *Acacia holosericea* e *A. auriculiformis* não responderam positivamente à adubação com S, por sua vez, *Acacia holosericea* respondeu positivamente.

## **2.6 Características morfológicas como indicadores de qualidade de mudas**

Os programas de implantação, revitalização e formação de florestas de alta produção somente alcançarão sucesso quando os métodos e sistemas empregados pelos viveiristas priorizarem a qualidade das mudas utilizadas. Mudas de boa qualidade apresentam maior potencial de sobrevivência e crescimento após o plantio, muitas vezes dispensam o replantio e ainda reduzem a demanda por tratos culturais de manutenção (GOMES et al., 1991).

O padrão de qualidade de mudas varia entre as espécies e tem como objetivo alcançar mudas que apresentem resistência às condições adversas, como: estresse hídrico, ataque de pragas, competição com outras plantas, que podem ocorrer após o plantio (CARNEIRO, 1995). Esse mesmo autor afirma que mudas de baixo padrão de qualidade apresentam menores taxas de incremento  $\text{ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$  e, ainda, que o atraso no desenvolvimento implica em redução de ganhos de volume de madeira.

A determinação da qualidade das mudas se baseia nos aspectos fenotípicos, morfológicos ou fisiológicos das plantas, que dependem da carga genética, qualidade da semente, tipo de recipiente, substrato, adubação e manejo das mudas em geral (PARVIAINEN, 1981; GOMES et al., 2002)

Os parâmetros morfológicos são os mais utilizados na determinação do padrão de qualidade das mudas, devido à simplicidade da escolha das plantas (GOMES et al., 2002). Esses parâmetros são determinados física ou visualmente

e são importantes para aumentar o sucesso do desempenho das mudas após o plantio no campo (FONSECA, 2000). Parâmetros morfológicos como altura da parte aérea, diâmetro do coleto, área foliar, matéria seca da parte aérea, das raízes e total, são os mais utilizados na determinação do padrão de qualidade das mudas, juntamente com suas relações e o índice de qualidade de Dickson.

A altura é considerada como um dos parâmetros mais antigos na classificação e seleção de mudas (PARVIAINEN, 1981). Ela também é considerada uma das mais importantes variáveis para estimar o crescimento das mudas no campo (REIS et al., 1991), pois sua medição não acarreta a destruição das mesmas e é aceita como uma boa medida do potencial de desempenho das plantas (MEXAL; LANDS, 1990).

O diâmetro do coleto é facilmente mensurável, não se trata de um método destrutivo e é considerado por muitos pesquisadores como uma importante variável para estimar a sobrevivência, logo após o plantio de mudas de diferentes espécies florestais (GOMES, 2001).

A matéria seca é uma das melhores variáveis para caracterizar a qualidade de mudas, pois está diretamente relacionada com vigor e capacidade fotossintética das plantas (GOMES, 2001). Apresenta, porém o inconveniente de constituir um método destrutivo das mudas (AZEVEDO, 2003). Segundo Gomes e Paiva (2004), a matéria seca da parte aérea indica a rusticidade e correlaciona-se diretamente com a sobrevivência e desempenho inicial das mudas após o plantio em campo.

A relação entre a altura da parte aérea e o diâmetro do coleto estima o crescimento das mudas após o plantio definitivo em campo. Essa relação, considerada uma das mais precisas, avalia o equilíbrio de crescimento, pois relaciona duas importantes variáveis morfológicas em apenas um índice (CARNEIRO, 1995), também denominado de quociente de robustez (JOHNSON; CLINE, 1991). Outra relação importante na avaliação da qualidade

de mudas é a matéria seca da parte aérea/matéria seca das raízes, pois o maior crescimento do sistema radicular pode levar à exploração de um maior volume de solo, o que favorece a absorção de água e nutrientes, principalmente em solos que apresentam limitada capacidade de fornecimento (MARSCHNER, 1995).

Segundo Gomes (2001), o quociente obtido pela divisão da altura da parte aérea pela matéria seca da parte aérea é utilizado, principalmente, para prever o potencial de sobrevivência da muda no campo. De acordo com o autor, quanto menor for este índice, mais lignificada será a muda e maior deverá ser a sua capacidade de sobrevivência no campo.

Quanto ao índice de qualidade de Dickson (IQD), o qual constitui uma fórmula balanceada que inclui as relações dos parâmetros morfológicos como matéria seca total, da parte aérea, das raízes, altura da parte aérea e diâmetro do coleto, quanto maior o valor encontrado para o mesmo a partir desta fórmula, melhor será o padrão de qualidade das mudas (DICKSON; LEAF; HOSNER, 1960).

Os parâmetros morfológicos e suas relações não devem ser utilizados isoladamente para classificação do padrão da qualidade de mudas, exceto o índice de qualidade de Dickson (IDQ). O IDQ é um bom indicador da qualidade das mudas, pois considera no seu cálculo a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa na muda, ponderando os resultados de vários parâmetros importantes empregados na avaliação da qualidade das mesmas (FONSECA et al., 2002).

## REFERÊNCIAS

ABICHEQUER, A. D.; BOHNER, H. Eficiência de absorção, translocação e utilização de fósforo por variedades de trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.22, n.1, p. 21-26, 1998.

AZEVEDO, M. I. R. **Qualidade de mudas de cedro-rosa (*Cedrela fissilis* Vell.) e de ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nich.) produzidas em diferentes substratos e tubetes**. 2003. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2003.

BALIERO, F. C.; OLIVEIRA, I. G.; DIAS, L. E. Formação de mudas de *Acacia holosericea* e *Acacia auriculiformis*: resposta a calagem, fósforo, potássio e enxofre. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 25, n. 2, p. 183-191, 2001.

BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. de. **Relação solo-eucalipto**. Viçosa, MG: Folha de Viçosa, 1990. 330 p.

BERNARDINO, D. C. S. et al. Crescimento e qualidade de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan em resposta à saturação por bases do substrato. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 6, p. 863-870, 2005.

BERNARDINO, D. C. S. 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**, Viçosa, MG, v. 31, n. 4, p. 567-573, 2007.

BRAGA, F. de A. et al. Exigências nutricionais de quatro espécies florestais. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 19, n. 1, p. 18-31, 1995.

BYGRAVE, F. L.; BYGRAVE, P. L. **Growin Australian red cedar**. Sydney: RIRDC/Land & Water Australia, 2005. 84 p.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba – PR: UFPR/FUPEF, 1995. 451p.

CATANI, R. A.; GALLO, J. R. Avaliação da exigência de calcário dos solos do estado de São Paulo mediante a correlação em bases. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 30, n. 1, p. 49-60, 1955.

CRUZ, C. A. F. et al. Efeito de diferentes níveis de saturação por bases no desenvolvimento e qualidade de mudas de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standley). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 66, p. 100-107, dez. 2004.

CUNNINGHAM, S. A. et al. Patterns of host use by the shoot-borer *Hypsipyla robusta* (Pyralidae: Lepidoptera) comparing five Meliaceae tree species in Asia and Australia. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 205, p. 351-357, fev. 2005.

DIAS, L. E. et al. Formação de mudas de táxi branco (*Sclerolobium paniculatum* Voguel): II: resposta a nitrogênio, potássio e enxofre. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 16, n. 2, p. 135-143, 1992.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, Ontário, v. 36, n.1, p. 10-13, 1960.

DUKE, S. H.; REISENAUER, H. M. Roles and requirements of sulfur in plant nutrition. In: **Sulfur in agriculture, Agronomy monograph n° 27**. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, 1986. p. 123-168.

EATON, F. M. Sulfur. In: **Diagnostic criteria for plants & soils**. Riverside: University of California, 1966. p. 444-475.

ELKINS, D. M.; ENSMINGER, L. E. Effect of soil pH on the availability of adsorbed sulfate. **Soil Science Society American Proceeding**, Madison, v. 35, n.1, p. 931-934, 1971.

ENSMINGER, L. E.; FRENEY, J. R. Diagnostic techniques for determining sulfúfur deficiencies in crops and soils. **Soil Science**, Baltimore, v. 101, n. 4, p. 283-290, 1966.

FAGEIRA, N. K. Efeito da calagem na produção de arroz, feijão, milho e soja em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 11, p. 1419-1424, 2001.

FERNÁNDEZ, J. Q. P. et al. Crescimento de mudas de *Mimosa tenuiflora* submetidas a diferentes níveis de calagem e doses de fósforo, potássio e enxofre. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 20, n. 4, p. 425-431, 1996.

FONSECA, E. P. et al. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 26, n. 4, p. 515-523, 2002.

FONSECA, E. P. **Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume., *Cedrela fissilis* Vell. E *Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg. produzidas sob diferentes períodos de sombreamento.** 2000. 113 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2000.

FURTINI NETO, A. E. et al. Acidez do solo, crescimento e nutrição mineral de algumas espécies arbóreas na fase de mudas. **Cerne**, Lavras, v. 5, n. 2, p. 1-12, 1999.

FURTINI NETO, A. E. et al. Efeito do enxofre no crescimento de cinco espécies de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 12, n. 1, p. 1-11, 1988.

FURTINI NETO, A. E. et al. **Fertilidade do solo.** Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 252 p.

GOMES, J. M. et al. Efeito de diferentes substratos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, em "Win-Strip". **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 15, n. 1, p. 35-42, 1991.

GOMES, J. M. et al. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 26, n. 6, p. 655-664, 2002.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. P. **Viveiros florestais (propagação sexuada).** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2004. 116 p. (Caderno Didático, 72).

GOMES, J. M. **Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubete e dosagens de N, P e K.** 2001. 166 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal)– Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

GONÇALVES, E. O. et al. Crescimento de mudas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) sob diferentes doses de macronutrientes. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 32, n. 6, p. 1029-1040, 2008.

GONÇALVES, F. G.; OLIVEIRA, J. T. S. Resistência ao ataque de cupim-de-madeira seca (*Cryptotermes brevis*) em seis espécies florestais. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 1, p. 80-83, jan./jun. 2006.

GRIJPMAN, P.; RAMALHO, R. S. *Toona* spp., posibles alternativas para el problema del barrenador *Hypsipyla grandella* de las Meliaceae em America Latina. **Turrialba**, Costa Rica, v. 19, n. 4, p. 531-547, 1969.

HAVLIN, J. L. et al. **Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management.** 7. ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2005. 512p.

JOHNSON, J. D.; CLINE, P. M. Seedling quality of southern pines. In: DUREYA, M. L.; DOUGHERTY, P. M. (Ed.). **Forest regeneration manual.** Dordrecht: Kluwer Academic, 1991. p. 143-162.

JORDAN, H. V.; ENSMINGER, L. E. The role of sulphur in soil fertility. **Advance in Agronomy**, Madison, v. 10, p. 407-434, mar. 1958.

KOCHIAN, L. V. Cellular mechanisms of aluminium toxicity and resistance in plant. **Plant Physiology Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 46, n.1. p. 237-260, 1995.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas - possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado.** Dt. Ges. Für Techn. Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Eschborn. (Tradução de Guilherme de Almeida Sedas e Gilberto Calcagnotto). Rossdorf: TZ- Verl.-Ges., 1990. 343 p.

LARBIER, M.; LECLERCQ, B. **Nutrition and feeding of poultry**. Nottingham: Nottingham University, 1992. 305 p.

LOPES, A. S.; SILVA, M. C. de; GUILHERME, L. R. G. Acidez do solo e calagem, 1991. Disponível em :  
<[http://www.anda.org.br/boletins/Boletim\\_01.pdf](http://www.anda.org.br/boletins/Boletim_01.pdf)>. Acesso em: 20 jan. 2001.

MAFFEIS, A. R.; SILVEIRA, R. L. V. A.; BRITO, J. O. Reflexos das deficiências de macronutrientes e boro no crescimento de plantas, produção e qualidade de óleo essencial em *Eucalyptus citriodora*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 57, p. 87-98, jun. 2000.

MANGIALAVORI, A. et al. Dasometria en plantaciones comerciales de toona (*Toona ciliate* var. *australis*) em la Província de Salta. In: JORNADAS TÉCNICAS FORESTALES Y AMBIENTALES, 10., 2003, Eldorado. **Anais...** Eldorado: Faculdade de Ciências Florestais, 2003. 1 CD-ROM.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. London: London Academic Press, 1995. 899 p.

MEXAL, J. L.; LANDIS, T. D. Target seedling concepts: height and diameter. In: TARGET SEEDLING SYMPOSIUM, MEETING OF THE WESTERN FOREST NURSERY ASSOCIATIONS, GENERAL TECHNICAL REPORT RM-200, 1990, Roseburg. **Proceedings...** Fort. Collins: United States Department of Agriculture, Forest Service, 1990. p. 17-35.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Editora UFLA, 2006. 729 p.

MOREIRA, W. S. **Relações entre propriedades físico-mecânicas e características anatômicas e químicas da madeira**. 1999. 107 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1999.

PAREDES, J. Q. et al. Formação de mudas de *Mimosa tenuiflora*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: SBCS, 1995. p. 813-815.

PARVIAINEN, J. V. Qualidade e avaliação da qualidade de mudas florestais. In: SEMINÁRIO DE SEMENTES E VIVEIROS FLORESTAIS, 1., 1981, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1981. p. 59-90.

PASSOS, M. A. A. **Efeito da calagem e de fósforo no crescimento inicial da algaroba** (*Prosopis juliflora* (SW) DC). 1994. 57 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1994.

PEREYRA, O. et al. Estúdio de las propiedades físico-mecánicas y comportamiento em procesos industriales de la madera de Kiri, Gravillea, Paraíso y Toona. **Floresta**, Curitiba, v. 36, n. 2, p. 213-223, dez. 2006.

PINHEIRO, A. L.; LANI, L. L.; COUTO, L. **Cultura do cedro australiano para produção de madeira serrada**. Viçosa, MG: UFV, 2003. 42 p.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres; Piracicaba: POTAFOS, 1991. 343 p.

REIS, M. G. F. et al. Crescimento e forma de fuste de mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* Fr. Allem.) sob diferentes níveis de sombreamento e tempo de cobertura. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 15, n. 1, p. 23-34, 1991.

REIS, M. G. F. et al. Exigências nutricionais de mudas de *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. Allem (jacarandá-da-Bahia) produzidas em dois níveis de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 21, n. 4, p. 463-471, 1997.

RENÓ, N. B. et al. Limitações nutricionais ao crescimento inicial de quatro espécies arbóreas nativas em Latossolo Vermelho-Amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 1, p. 17-25, 1997.

RESURRECCION, A. et al. Effects of sulphur nutrition on the growth and photosynthesis of rice. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokio, v. 47, p. 611-620, agos. 2001.

SOUSA, D. M. G. de; MIRANDA, L. N. de; OLIVEIRA, S.A. de. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa, MG, SBCS, 2007. p. 206-274.

SOUZA, P. H. et al. Crescimento e qualidade de mudas de *Senna macranthera* (COLLAD.) Irwin et Barn. em resposta à calagem. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 34, n. 2, p. 233-240, 2010.

THOMPSON, J. F.; SMITH, I. K.; MADISON, J. T. Sulfur metabolism in plants. In: **Sulfur in agriculture, Agronomy monograph n° 27**. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, 1986. p. 57-116.

VALE, F. R.; CARVALHO, J. G.; GUILHERME, L. R. G. **Manejo de fertilidade do solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1995. 206 p.

VALE, F. R. et al. Crescimento radicular de espécies florestais em solo ácido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, n. 9, p. 609-616, 1996.

**SEGUNDA PARTE – ARTIGOS**

**ARTIGO 1 SATURAÇÃO POR BASES NA QUALIDADE E  
CRESCIMENTO DE MUDAS DE CEDRO AUSTRALIANO**

Marilena de Melo Braga<sup>1</sup>, Antonio Eduardo Furtini Neto<sup>2</sup>

**Normas da Revista Cerne (versão preliminar)**

---

<sup>1</sup> Engenheira Agrônoma, Mestranda em Ciência do Solo - Departamento de Ciência do Solo/DCS - Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx.: 3037 – CEP: 37200-000 – Lavras, MG - marilenabraga@hotmail.com

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, Professor Dr. em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas) - Departamento de Ciência do Solo/DCS - - Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx.: 3037 – CEP: 37200-000 – Lavras, MG - afurtini@dcs.ufla.br

**RESUMO** – O cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roem var. *australis*) é uma espécie promissora para plantios comerciais em função da qualidade e ampla utilização da sua madeira e de seu alto retorno financeiro em um pequeno espaço de tempo. No entanto, são escassas as informações sobre o comportamento desta espécie em relação à acidez do solo. Nesse sentido, objetivou-se avaliar a influência de diferentes níveis de saturação por bases sobre o crescimento e a qualidade de mudas de cedro australiano. A saturação por bases do substrato foi elevada para 21,3; 33,2; 47,9; 60,4 e 70,0 %, através da adição de diferentes doses de calcário com teor de 12% MgO e 50% CaO (PRNT 95%) em vasos com capacidade para 3,5 dm<sup>3</sup> que continham Latossolo Vermelho Distroférico típico. Aos 120 dias após o transplântio foram obtidos a altura, diâmetro do coleto, matéria seca das raízes, parte aérea e total. Determinou-se, também as relações altura/diâmetro do coleto, altura/matéria seca da parte aérea, matéria seca da parte aérea/matéria seca de raiz e o índice de qualidade de Dickson. As mudas de cedro australiano respondem positivamente à elevação da saturação por bases.

Palavras-chave: Índice de Qualidade de Dickson. Calagem. Produção de mudas.

## BASE SATURATION IN QUALITY AND GORWTH OF AUSTRALIAN CEDAR SEEDLINGS

**ABSTRACT** - The Australian cedar (*Toona ciliata* M. Roem var. *Australis*) is a promising species for commercial plantations based on the quality and wide use of it wood and high financial returns in short time. However, there are few informations about the behavior of this specie in relation to soil acidity. In this sense, the objective of this study was to evaluate the influence of different base saturation levels on growth and quality of Australian cedar seedlings. The substrate saturation was raised to 21.3; 33.2; 47.9; 60.4 and 70.0%, by adding different doses of limestone content of 12% MgO and 50% CaO in vessels with capacity of 3.5 dm<sup>3</sup> of a typic dystrophic Red Latosol (Oxisol). At 120 days after transplanting were obtained height, stem diameter, root dry matter, aerial parts and total. It was also determined the relationship height/stem diameter, height/aerial parts dry matter, aerial parts dry matter/root dry matter and Dickson quality index. Australian cedar seedlings respond positively to the base saturation increase.

**Keywords:** Dickson's Quality Index. Liming. Seedlings production.

## 1 INTRODUÇÃO

O cedro australiano (*Toona Ciliata* M. Roem var. *australis*) pertencente à família Meliaceae, é uma espécie originária das regiões tropicais da Austrália que se adaptou as condições do Brasil, principalmente no sul da Bahia e na região Sudeste (PINHEIRO et al., 2003).

A espécie é promissora para plantios comerciais em função da qualidade e ampla utilização da sua madeira que possui alburno de coloração clara e cerne marrom-avermelhado, exala um agradável odor logo após ser serrada (BYGRAVE; BYGRAVE, 2005). Atualmente, se destaca no segmento de madeira serrada, na indústria de laminados, compensados e móveis, e de modo particular, para a produção de caixas de charutos, instrumentos musicais e outras finalidades (LAMPRECHT, 1990). O cedro australiano também é resistente ao ataque da broca-da-gema-apical (*Hypsipyla grandella*) que causa grandes danos a outras espécies, como o cedro e o mogno brasileiro (MANGIALAVORI et al., 2003). Apresenta rápido crescimento, podendo atingir até oito metros de altura e 15 cm de diâmetro em três anos (PINHEIRO et al., 1994), o que permite retorno financeiro em menor espaço de tempo.

A introdução do cedro australiano no Brasil aconteceu no bioma cerrado, o qual apresenta extensas áreas de solos ácidos e de baixa fertilidade. A acidez do solo dificulta o aumento da produtividade das culturas devido principalmente aos altos teores de alumínio trocável e aos baixos teores de cálcio e magnésio (RAIJ, 1991), que prejudicam o desenvolvimento da maioria das espécies.

Nesse contexto, a calagem constitui uma das práticas menos onerosas e mais efetivas na correção da acidez do solo (FAGERIA, 2001) porque promove a alteração de pH, da disponibilidade e absorção dos nutrientes do solo, influencia o crescimento e a qualidade das plantas (BARBOSA et al., 1995). No

entanto, a magnitude de resposta à calagem depende de características da espécie (VALE et al., 1996).

Quanto aos requerimentos nutricionais do cedro australiano, as informações são escassas. Destaca-se a necessidade da condução de estudos com a espécie, principalmente na fase de muda, visto que para garantir o sucesso dos programas de formação, implantação e revitalização de sistemas florestais de alta produção, é notória a necessidade de priorizar a produção de mudas de boa qualidade (GOMES et al., 1991).

Diante destas considerações, o presente estudo teve como objetivo avaliar a influência da saturação por bases do substrato sobre o crescimento inicial e a qualidade de mudas de cedro australiano (*Toona Ciliata* M. Roem var. *australis*).

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras - UFLA, localizado no município de Lavras, com coordenadas 21°13'35'' S, 44°58'43'' W e 918 m de altitude, durante o período de junho a novembro de 2009. As mudas de cedro australiano utilizadas neste estudo foram provenientes do Viveiro Bela Vista, situado no município de Campo Belo, no sul de Minas Gerais.

Utilizou-se um solo retirado da camada 0-20 cm de profundidade de um Latossolo Vermelho Distroférico típico (LVdf), textura muito argilosa (Tabela 1). Após secagem ao ar, o material de solo foi passado em peneira com malha de 4 mm de diâmetro e separado em porções de 3,5 dm<sup>3</sup>, destinadas ao preenchimento dos vasos.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, constituído por seis tratamentos e dez repetições, em cada parcela experimental constituída por um vaso de polietileno rígido, com quatro plantas. O solo recebeu corretivo de forma a atingir cinco novos níveis de saturação por bases (20, 40, 60, 80 e 100%), de acordo com a metodologia descrita por Raij (1981).

O corretivo utilizado foi calcário com teor de 12% MgO e 50% CaO (PRNT 95%). Após a aplicação do corretivo, seguiu-se um período de incubação de 30 dias, com a umidade mantida próximo a 70% da capacidade de retenção de água no solo, inclusive para os tratamentos que não receberam calcário. Após a incubação, foram coletadas novas amostras de solo para a determinação dos novos valores de V% (Tabela 2), os quais foram utilizados nas equações de regressão.

**Tabela 1** – Atributos do solo antes da aplicação dos tratamentos.*Table 1 - Soil attributes before treatments application.*

pH (H <sub>2</sub> O)	5,0
M.O. (dag kg <sup>-1</sup> )	1,1
P (mg dm <sup>-3</sup> )	0,4
K <sup>+</sup> (MG dm <sup>-3</sup> )	6,0
S-SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	6,2
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,3
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,1
H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,5
SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,6
t (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,6
T (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	5,1
V (%)	11,8
P – REM (mg L <sup>-1</sup> )	7,5
Areia (g kg <sup>-1</sup> )	210
Silte (g kg <sup>-1</sup> )	160
Argila (g kg <sup>-1</sup> )	630

pH em H<sub>2</sub>O – Relação 1: 2,5  
 Mat. Org. (MO) – Oxidação Na<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 4N +  
 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 10N  
 P e K<sup>+</sup> - Extrator Mehlich 1  
 S-SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> – Extrator: Fosfato monocálcico em  
 ácido acético  
 Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup> – Extrator: KCl 1 mol/L  
 H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup> – Extrator: SMP

SB = Soma de Bases Trocáveis  
 CTC (t) - Capacidade de Troca Catiônica  
 efetiva  
 CTC (T) - Capacidade de Troca Catiônica a pH  
 7,0  
 V (%) = Índice de saturação por bases  
 P-rem = Fósforo Remanescente

**Tabela 2** – Atributos do solo após a aplicação dos tratamentos.*Table 2 - Soil attributes after treatments application.*

Características	Tratamentos (V% calculado)					
	0	20	40	60	80	100
pH (H <sub>2</sub> O)	5,0	5,3	5,5	6,1	6,2	6,5
M.O. (dag kg <sup>-1</sup> )	1,1	1,3	1,3	1,4	1,4	1,5
P (mg dm <sup>-3</sup> )	10,3	8,5	15,4	14	14,4	13,6
K <sup>+</sup> (MG dm <sup>-3</sup> )	80	75	78	64	90	89
S-SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	44,8	52,9	54,4	59,4	54,5	54,4
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,3	0,6	1,1	1,8	2,4	3,0
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1,1
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,5	4,0	3,6	2,9	2,3	1,9
SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,6	1,1	1,8	2,7	3,5	4,3
t (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,6	1,1	1,8	2,7	3,5	4,3
T (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	5,1	5,1	5,4	5,6	5,9	6,2
V (%)	11,8	21,3	33,2	47,9	60,4	70,0
Zn <sup>2+</sup> (MG dm <sup>-3</sup> )	3,9	5,6	4,4	4,0	4,4	3,2
Fe <sup>2+</sup> (MG dm <sup>-3</sup> )	29,6	30,8	34,3	21,7	32,2	28
Mn <sup>2+</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	2,4	2,4	3,2	3,8	2,5	3,2
Cu <sup>2+</sup> (MG dm <sup>-3</sup> )	1,4	1,8	1,5	1,4	1,5	1,1
B(mg DM <sup>-3</sup> )	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
P – REM (mg L <sup>-1</sup> )	8,3	8,5	9,1	8,5	7,7	7,7

pH em H<sub>2</sub>O – Relação 1: 2,5  
 Mat. Org. (MO) – Oxidação Na<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 4N + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 10N  
 P, K<sup>+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup> e Cu<sup>2+</sup> - Extrator Mehlich 1  
 S-SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> – Extrator: Fosfato monocálcico em ácido acético  
 Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup> – Extrator: KCl 1 mol/L  
 H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup> – Extrator: SMP  
 SB = Soma de Bases Trocáveis

CTC (t) - Capacidade de Troca Catiônica efetiva  
 CTC (T) - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0  
 V (%) = Índice de saturação por bases  
 B – Extrator água quente  
 P-rem = Fósforo Remanescente

Em conjunto com a aplicação do corretivo, o solo recebeu adubação básica em solução nas seguintes doses: 80 mg dm<sup>-3</sup> de N; 300 mg dm<sup>-3</sup> de P; 100 mg dm<sup>-3</sup> de K; 50 mg dm<sup>-3</sup> de S, utilizando-se como fontes K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> e H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> e micronutrientes B=0,5 mg dm<sup>-3</sup> (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>); Cu=1,5 mg dm<sup>-3</sup> (CuCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O) e Zn=5,0 mg dm<sup>-3</sup> (ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O) (MALAVOLTA, 1981).

Aos 75 dias após o transplântio das mudas foi realizada uma adubação de cobertura na dose de 80 mg dm<sup>-3</sup> de N e K (KNO<sub>3</sub> e NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>). Durante o período experimental procurou-se manter o solo à aproximadamente 70% da capacidade máxima de retenção de água por meio de irrigações diárias com água deionizada, cuja quantidade foi determinada com base na evapotranspiração das parcelas experimentais.

Aos 120 dias após o transplântio obteve-se a altura (H), com o uso de uma régua de precisão de 0,1 cm e o diâmetro do coleto (DC), com um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm. Em seguida, as plantas foram divididas em parte aérea e raízes, lavadas em água destilada, acondicionadas em sacos de papel pardo e submetidas à secagem em estufa com circulação de ar forçada a 65°C, até obtenção de massa constante. Após a secagem, o material foi pesado em balança analítica com precisão de 0,01 g, para determinação da matéria seca da parte aérea (MSPA) e das raízes (MSR), a matéria seca total (MST) pela soma das duas massas.

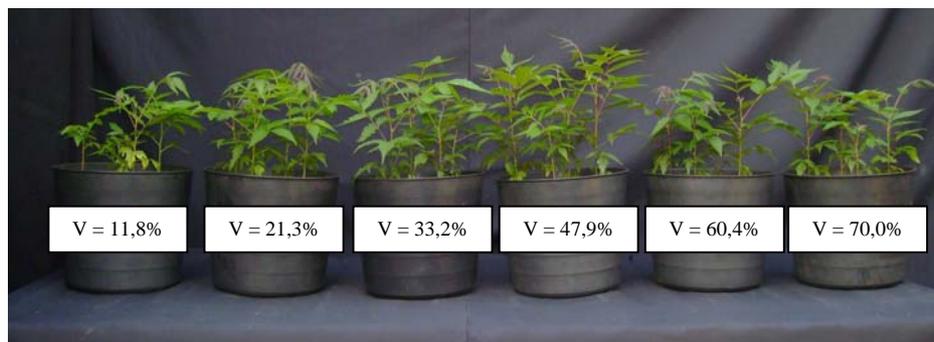
Para determinar a qualidade das mudas foram avaliadas, as relações entre a altura da parte aérea e o diâmetro do coleto (H/DC); entre a altura da parte aérea e a matéria seca da parte aérea (H/MSPA); entre a matéria seca da parte aérea e das raízes (MSPA/MSR) e o índice de qualidade de Dickson (IQD) (DICKSON et al., 1960).

Os resultados obtidos foram avaliados, por meio de análises de variância e regressão. Foram ajustadas equações de regressão em função dos níveis de

saturação por bases, com auxílio do programa de análise estatística Sisvar (FERREIRA, 2000).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A elevação da saturação por bases influenciou o crescimento em altura, o diâmetro do coleto e a matéria seca das raízes, da parte aérea e total das mudas de cedro australiano (Tabela 3). Na ausência de calagem, foram observados sintomas visuais de deficiência de Ca e Mg, limitação no crescimento e na produção de matéria seca das mudas (Figura 1). Isso, provavelmente ocorreu devido aos baixos teores originais de Ca ( $0,1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) e de Mg ( $0,1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) no solo que foram insuficientes para suprir as necessidades das plantas nessa fase (Tabela 2).



**Figura 1** – Comparação visual do efeito dos níveis de saturação por bases em mudas de cedro australiano aos 75 dias após o transplantio.

*Figure 1* – Visual comparison of saturation level effect in Australian cedar seedlings 75 days after transplanting.

**Tabela 3** – Resumo da análise de variância dos dados de altura, diâmetro do coleto (DC), matéria seca da parte aérea (MSPA), das raízes (MSR) e total (MST) das mudas de cedro australiano em função da elevação dos níveis de saturação por bases aos 120 dias após o transplântio.

*Table 3 - Variance analysis summary of height, stem diameter (SD), aerial part dry weight (APDW), roots (RDW) and total (TDW) of australian cedar seedlings in response to different levels of base saturation 120 days after transplanting.*

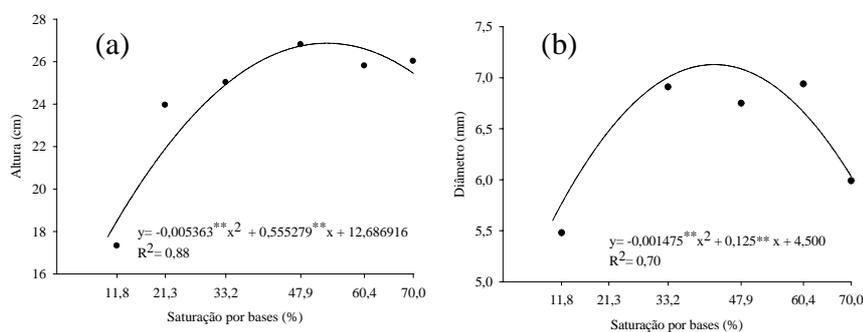
FV	GL	Quadrado médio				
		Altura	DC	MSPA	MSR	MST
Saturação por bases	5	119,12**	4,01**	213,25**	78,97**	505,59**
Bloco	9	9,52 <sup>ns</sup>	0,79 <sup>ns</sup>	18,97 <sup>ns</sup>	10,38 <sup>ns</sup>	38,46 <sup>ns</sup>
Resíduo	45	10,42	0,83	13,01	7,62	35,19
CV (%)		13,4	14,0	21,3	25,9	21,4

\*\* Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

<sup>ns</sup> Não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

As mudas de cedro australiano apresentaram resposta quadrática em relação à altura da parte aérea em função da saturação por base do solo (Figura 2a). O incremento na altura das plantas com aplicação das doses de calcário ocorreu provavelmente devido a baixa percentagem de saturação por bases natural do solo (Tabela 1). O crescimento máximo em altura (27,2 cm) ocorreu com a elevação da saturação por bases estimada para 51,8 %. O efeito positivo da calagem sobre o crescimento em altura também foi observado em *Eucalyptus grandis* (NOVAIS et al., 1979), *Myracrodouon urundeuva* (BARBOSA et al., 1995), *Senna spectabilis*, *Schinus molle*, *Cassia javanica*, *Sapindus saponaria* (MANN et al., 1996), *Senna multijuga*, *Stenolobium stans*, *Anadenanthera falcate* (FURTINI NETO et al., 1999) e *Senna macranthera* (SOUZA et al., 2010). A altura da parte aérea é considerada como uma das mais importantes variáveis para estimar o crescimento no campo, pois se trata de uma medição bem simples, um método não destrutivo e é tecnicamente aceito como uma boa medida do potencial de desempenho das mudas (MEXAL; LANDS,

1990). Porém, não deve ser utilizada como único critério para avaliar a qualidade de mudas, visto que, pode apresentar deficiências quando se espera alto desempenho dessas, principalmente nos primeiros meses após o plantio (GOMES; PAIVA, 2004).



**Figura 2** - Altura da parte aérea (a) e diâmetro do coleto (b) das mudas de cedro australiano produzidas em Latossolo Vermelho distroférico típico (LVdf) em função da elevação da saturação por bases aos 120 dias após o transplante.

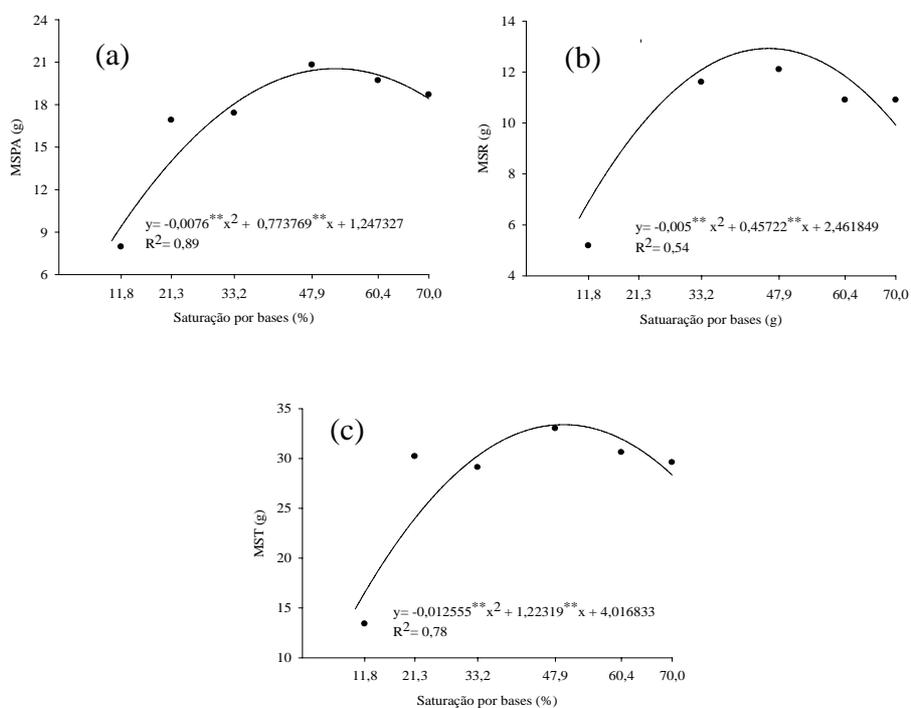
*Figure 2 - Aerial part height (a) and stem diameter (b) of australian cedar seedlings produced in dystrophic Red Latosol due to the elevation of base saturation 120 days after transplanting.*

O aumento em diâmetro do coleto das mudas em relação à elevação da saturação por bases também se enquadrou em um modelo quadrático (Figura 2b), com diâmetro máximo de 7,1 mm na saturação por bases estimada de 42,4%. Respostas positivas para diâmetro também foram encontradas para mudas estimada de *Myracroduon urundeuva* (BARBOSA et al., 1995), *Senna spectabilis*, *Schinus molle*, *Joannesia princeps*, *Tabebuia chysotricha*, *Platypodium elegans* e *Sapindus saponaria* (MANN et al., 1996), *Senna multijuga* e *Stenolobium stans* (FURTINI NETO et al., 1999) e *Tabebuia impetiginosa* (CRUZ et al., 2004). O diâmetro do caule é um importante atributo morfológico para se verificar a qualidade das mudas de espécies florestais, visto

que este possui estreita correlação com a sobrevivência dessas mudas em campo e, sobretudo, com o ritmo de crescimento (GOMES, 2001).

A produção da matéria seca tem sido considerada uma das melhores variáveis para caracterizar a qualidade de mudas (AZEVEDO, 2003). A relação entre a calagem e a produção de matéria seca da parte aérea, das raízes e total apresentou comportamento quadrático (Figura 3a, b e c). A produção máxima de cada variável foi alcançada quando se elevou a saturação por bases para 50,9%, 45,7% e 48,7%, respectivamente. O decréscimo da MS com elevação das V% acima dos valores que permitem a máxima produção, pode ser atribuído ao aumento do pH do solo, o que pode acarretar menor disponibilidade de micronutrientes como Zn e Mn para as plantas (Tabela 1A), comprometer o estado nutricional e impedir o crescimento das plantas. Segundo Marschner (1995), com o aumento do pH do solo ocorre um decréscimo da disponibilidade de zinco e manganês, com alto risco das plantas apresentarem deficiência nutricional desses nutrientes depois da calagem.

Resultados semelhantes aos encontrados nesse trabalho para produção de matéria seca das plantas foram relatados por Cruz et al. (2004) que verificaram a máxima produção de matéria seca das raízes de *Tabebuia impetiginosa* quando houve elevação da saturação por bases para 45,9% e por Bernardino et al. (2005) que observaram o ponto de máxima produção de matéria seca da parte aérea de *Anadenanthera macrocarpa* quando a saturação por bases foi elevada para 47,0%. No entanto, Souza et al. (2010) ao trabalharem com mudas de *Senna macranthera* observaram máxima produção de matéria seca total em valores superiores aos relatados no presente trabalho, com saturação por bases em torno de 70,0%.



**Figura 3** – Produção de matéria seca da parte aérea (a), das raízes (b) e total (c) das mudas de cedro australiano produzidas em Latossolo Vermelho Distroférico típico (LVdf) em função da elevação da saturação por bases aos 120 dias após o tansplântio.

*Figure 3 - Aerial part dry matter production (a), root (b) and total (c) of australian cedar seedlings produced in dystrophic Red Latosol due to the elevation of base saturation 120 days after transplanting.*

As relações entre os atributos morfológicos e o índice de qualidade Dickson foram afetadas significativamente pela elevação da saturação por bases de substratos (Tabela 4).

**Tabela 4** - Resumo da análise de variância dos dados das relações entre altura e diâmetro do coleto (H/DC), altura e a matéria seca da parte aérea (H/MSPA), matéria seca da parte aérea e a matéria seca das raízes (MSPA/MSR) e do índice de qualidade de Dickson (IDQ) das mudas de cedro australiano em função da elevação dos níveis de saturação por bases aos 120 dias após o transplante.

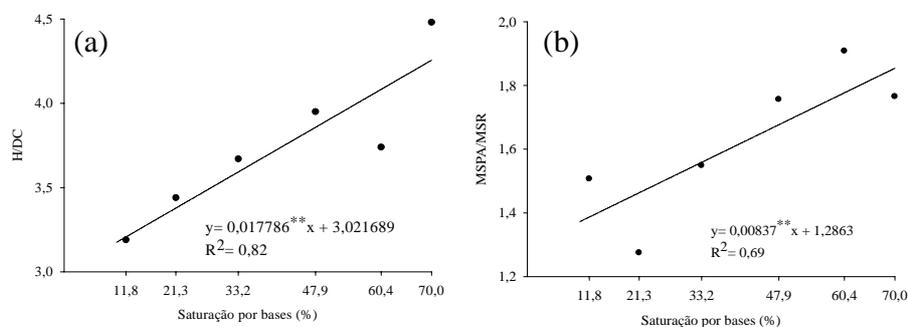
*Table 4 - Variance analysis synopsis of aerial part height/stem diameter (APH/SD) relation; aerial part height/ aerial part dry weight (APH/APDW); aerial part dry weight / roots dry weight (APDW/RDW) and Dickson's quality index (DQI) of australian cedar seedlings due to the elevation of base saturation 120 days after transplanting.*

FV	GL	Quadrado médio			
		H/DC	H/MSPA	MSPA/MSR	IDQ
Saturação por bases	5	1,98**	1,25**	0,52**	15,62**
Bloco	9	0,14 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>	1,47 <sup>ns</sup>
Resíduo	45	0,32	0,10	0,81	1,81
CV (%)		15,0	20,5	17,5	25,9

\*\* Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

<sup>ns</sup> Não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

A relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto (H/DC) das mudas aumentou linearmente com o incremento da saturação por bases do substrato (Figura 4a). Pode-se inferir que o crescimento em altura da parte aérea e do diâmetro do coleto não ocorreu de forma equilibrada, indicando que houve um maior desenvolvimento da primeira variável em relação à segunda. Entretanto, outros autores não encontraram diferença significativa na relação H/DC, quando variaram doses de calcário aplicadas. Bernardino et al. (2005) trabalhando com mudas de *Anadenanthera macrocarpa* não observaram efeito significativo na relação H/DC; Cruz et al. (2004) também não encontraram efeito significativo para essa variável devido a elevação dos valores de V% para mudas de ipê-roxo.



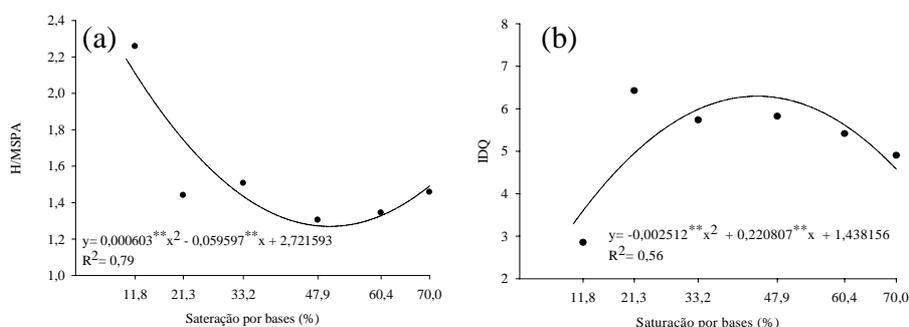
**Figura 4** – Relações entre altura da parte aérea e o diâmetro do coleto (H/D) (a) e matéria seca da parte aérea e a matéria seca de parte aérea (MSPA/MSR) (b) das mudas de cedro australiano produzidas em Latossolo Vermelho Distroférico típico (LVdf) em função da elevação da saturação por bases do substrato aos 120 dias após o tansplântio.

*Figure 4 - Aerial part height/stem diameter (APH/SD) (a) relations and aerial part dry weight/root dry weight (APDW/RDW) (b) of australian cedar seedlings produced in dystrophic Red Latosol due to the elevation of base saturation 120 days after transplanting.*

Para a relação matéria seca parte aérea/matéria seca das raízes (MSPA/MSR), foi observado um efeito linear crescente (Figura 4b). Os valores desta relação variaram entre 1,3 e 1,9. Brissete (1984) propôs que 2,0 seria o valor mais adequado para a relação entre esses atributos sem definir a espécie. Por exemplo, para *Pinus taeda* transplantados para terrenos secos, foi recomendado um valor inferior a 2,5, combinado com uma altura da parte aérea menor que 30 cm (BOYER; SOUTH, 1987). De qualquer maneira, este parâmetro é considerado eficiente e seguro para expressar o padrão de qualidade de mudas (PARVIAINEN, 1981).

O quociente obtido pela relação entre a altura da parte aérea e a matéria seca da parte aérea das mudas de cedro australiano apresentou resposta quadrática em função dos níveis de saturação por bases (Figura 5a), alcançando o ponto mínimo sob saturação por bases de 49,4%. Esta relação pode prever o

potencial de sobrevivência de mudas no campo, visto que quanto menor o seu valor, mais lignificada será a muda e maior deverá ser sua capacidade de resistir às condições adversas do campo (GOMES, 2001). Observa-se também que o valor de saturação por bases que permite alcançar o valor mínimo desta variável é próximo aos encontrados para o melhor crescimento morfológico, o que confirma que a percentagem de saturação por bases ideal para produção de plantas de cedro australiano em fase de mudas é próxima de 50%.



**Figura 5** – Relação entre altura da parte aérea e a matéria seca da parte aérea (H/MSPA) (a) e o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) (b) de mudas de cedro australiano produzidas em Latossolo Vermelho Distroférico típico (LVdf) em função da elevação da saturação por bases do substrato aos 120 dias após o transplante.

*Figure 5 – Aerial part height/aerial part dry weight (APH/APDW) (a) relation and Dickson's quality index (DQI) (b) of Australian cedar seedlings produced in dystrophic Red Latosol due to the elevation of base saturation 120 days after transplanting.*

Em relação ao índice de qualidade de Dickson (IQD), os resultados demonstraram um comportamento quadrático, com ponto de máxima (6,3) na saturação por bases de 44% (Figura 5b). Quanto maior o valor do IQD, maiores também são o diâmetro do coleto, a massa seca da parte aérea, das raízes e total, e menores serão os valores das relações parte aérea/sistema radicular e altura da parte aérea/diâmetro do coleto (DICKSON et al., 1960), o que indica melhor

qualidade das mudas. Outros autores encontraram valores próximos aos obtidos nesse trabalho para mudas de ipê-roxo, com IDQ máximo de 7,1 na saturação por bases estimada em 50% (CRUZ et al., 2004).

De maneira geral, as variáveis morfológicas e as relações obtidas neste estudo não devem ser utilizadas isoladamente para a determinação da qualidade de mudas de cedro australiano, exceto o IQD, pois esse índice considera as principais variáveis morfológicas utilizadas na avaliação da qualidade das mudas. Diante dos resultados obtidos nesse trabalho o cedro australiano é uma espécie pouco tolerante a acidez do solo. As respostas positivas das variáveis morfológicas analisadas apontam para a necessidade de se fazer a correção da acidez do solo elevando o nível de saturação por bases para 50%, no intuito de maximizar a produtividade da cultura.

#### **4 CONCLUSÕES**

O desenvolvimento do cedro australiano é dependente da saturação por bases do solo.

O manejo adotado para o cedro australiano atualmente necessita de mudanças que atendam a especificidade dessa espécie.

## **5 AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao CNPq, pela concessão de bolsa de estudos e bolsas de produtividade em pesquisa; e à APFLOR, Bela Vista Florestal e IEF pelo aporte financeiro para a realização do presente trabalho.

## REFERÊNCIAS

AZEVEDO, M. I. R. **Qualidade de mudas de cedro-rosa (*Cedrela fissilis* Vell.) e de ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nich.) produzidas em diferentes substratos e tubetes**. 2003. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2003.

BARBOSA, Z. et al. Crescimento e composição química foliar de mudas de aroeira (*Myracrodon urudeuva* Fr.All. Eng) sob diferentes saturações por bases: II. teor foliar de micronutrientes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: SBCS/UFV, 1995. v. 2, p. 809-810.

BERNARDINO, D. C. S. et al. Crescimento e qualidade de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan em resposta à saturação por bases do substrato. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 6, p. 863-870, 2005.

BOYER, J. N.; SOUTH, D. B. Excessive seedling height, high shoot-to-root ratio and benomyl root dip reduce survival of stored loblolly pine seedlings. **Tree Planter's Notes**, Washington, v. 38, n. 4, p. 19-22, 1987.

BRISSETTE, J. C. Summary of discussions about seedling quality. In: SOUTHERN NURSERY CONFERENCES, 1984, Alexandria. **Proceedings...** New Orleans: USDA. Forest Service. Southern Forest Experiment Station, 1984. p. 127-128.

BYGRAVE, F. L.; BYGRAVE, P. L. **Growin Australian red cedar**. Sydney: RIRDC/Land & Water Australia, 2005. 84 p.

CRUZ, C. A. F. et al. Efeito de diferentes níveis de saturação por bases no desenvolvimento e qualidade de mudas de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standley). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 66, p. 100-107, dez. 2004.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, Ontário, v. 36, n.1, p. 10-13, 1960.

FAGERIA, N. K. Efeito da calagem na produção de arroz, milho e soja em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 11, p. 1419-1424, 2001.

FERREIRA, D. F. **Manual do sistema Sisvar para análises estatísticas**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2000. 66 p.

FURTINI NETO, A. E. et al. Acidez do solo, crescimento e nutrição mineral de algumas espécies arbóreas na fase de mudas. **Revista Cerne**, Lavras, MG, v. 5, n. 2, p. 1-12, 1999.

GOMES, J. M. et al. Efeito de diferentes substratos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, em "Win-Strip". **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 15, n. 1, p. 35-42, 1991.

GOMES, J. M. **Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubete e dosagens de N, P e K**. 2001. 166 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais: propagação sexuada**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2004. 116 p.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas - possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado**. Dt. Ges. Für Techn. Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Eschborn. (Tradução de Guilherme de Almeida Sedas e Gilberto Calcagnotto). Rossdorf: TZ- Verl.-Ges., 1990. 343p.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 594 p.

MANGIALAVORI, A. et al. Dasometria en plantaciones comerciales de toona (*Toona ciliate* var. *australis*) em la Provincia de Salta. In: JORNADAS TÉCNICAS FORESTALES Y AMBIENTALES, 10., 2003, Eldorado. **Anais...** Eldorado: Faculdade de Ciências Florestais, 2003. 1 CD-ROM.

MANN, E. N. et al. Calagem e crescimento de espécies florestais. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., 1996, Manaus. **Anais...** Manaus: SBCS, 1996. p. 240-241.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. London: London Academic Press, 1995. 899p.

MEXAL, J. L.; LANDIS, T. D. Target seedling concepts: height and diameter. In: TARGET SEEDLING SYMPOSIUM, MEETING OF THE WESTERN FOREST NURSERY ASSOCIATIONS, GENERAL TECHNICAL REPORT RM-200, 1990, Roseburg. **Proceedings...** Fort. Collins: United States Department of Agriculture, Forest Service, 1990. p. 17-35.

NOVAIS, R. F. et al. Calagem e adubação mineral na produção de mudas de eucalipto (*Eucalyptus grandis* W.Hiil ex. Maiden): 1. efeito da calagem e dos nutrientes N, P e K. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 3, n. 2, p. 121-134, 1979.

PARVIAINEN, J. V. Qualidade e avaliação da qualidade de mudas florestais. In: SEMINÁRIO DE SEMENTES E VIVEIROS FLORESTAIS, 1., 1981, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1981. p. 59-90.

PINHEIRO, A. L.; LANI, L. L.; COUTO, L. **Cultura do cedro australiano para produção de madeira serrada**. Viçosa. MG: UFV, 2003. 42 p.

PINHEIRO, A. L.; RAMALHO, R. S.; BARREIROS, H. S. Árvores exóticas em Viçosa: II. *Toona ciliata* M. Roem. var. *australis* (F. V. M.) C. DC. (MELIACEAE). **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 41, n. 234, p. 103-112, 1994.

RAIJ, B. van. **Avaliação da fertilidade do solo**. São Paulo: Agronômica Ceres; Piracicaba: POTAFOS, 1991. 343 p.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres; Piracicaba: POTAFOS, 1981. 142 p.

SOUZA, P. H. et al. Crescimento e qualidade de mudas de *Senna macranthera* (COLLAD.) IRWIN ET BARN. em resposta à calagem. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 34, n. 2, p. 233-240, 2010.

VALE, F. R. et al. Crescimento radicular de espécies florestais em solo ácido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 9, p. 609-616, 1996.

**ARTIGO 2 Biomassa e qualidade de mudas de cedro australiano devido à aplicação de enxofre<sup>1</sup>**

Marilena de Melo Braga<sup>2</sup>, Antonio Eduardo Furtini Neto<sup>3</sup>, Ana Rosa Ribeiro Bastos<sup>4</sup>, Francisco Dias Nogueira<sup>5</sup>

**Normas da Revista *Árvore* (versão preliminar)**

---

<sup>1</sup> Parte da Dissertação de Mestrado do 1º autor, apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo e nutrição da Universidade Federal de Lavras (UFLA) – Lavras-MG.

<sup>2</sup> Mestre em Ciência do Solo pela Universidade Federal de Lavras (UFLA) – Lavras-MG. E-mail: <marilenabraga@hotmail.com>.

<sup>3</sup> Professor no Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA) – Lavras-MG. E-mail: <afurtini@dcs.ufla.br>.

<sup>4</sup> Bolsista Pós-doutorado PNPd/CAPES no Departamento de Química da Universidade Federal de Lavras (UFLA) – Lavras-MG. E-mail: <carosa@ufla.br>.

<sup>5</sup> Engenheiro Agrônomo Pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais – Centro Tecnológico do Sul de Minas – Lavras-MG. E-mail: <engetech@navinet.com.br>.

Resumo – Neste estudo, objetivou-se avaliar o efeito de doses de enxofre no crescimento inicial e na qualidade das mudas de cedro australiano, além de estimar o nível crítico de enxofre na parte aérea das plantas. As parcelas experimentais foram constituídas de vasos com capacidade de 3,5 dm<sup>3</sup> com Latossolo Vermelho Distroférico típico, e quatro mudas, sob condições de casa de vegetação. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com dez repetições e cinco doses de enxofre (0, 15, 30, 60 e 120 mg dm<sup>-3</sup>). Aos 120 dias após o transplante determinou-se a altura, o diâmetro do coleto, a matéria seca das raízes, parte aérea e total. Avaliou-se, ainda, as relações altura/diâmetro do coleto, altura/matéria seca da parte aérea, matéria seca da parte aérea/matéria seca das raízes, índice de qualidade de Dickson e o nível crítico de enxofre na parte aérea das mudas. As características das mudas de cedro australiano foram influenciadas pela aplicação de enxofre.

Palavras-chave: Nível crítico de enxofre. Índice de Qualidade de Dickson. Adubação de espécies florestais.

**BIOMASS AND QUALITY OF AUSTRALIAN CEDAR SEEDLINGS IN  
FUNCTION OF SULPHUR APPLICATIONS**

*Abstract - This study was aimed to evaluate the effect of sulphur doses in the initial growth and quality of Australian cedar seedlings, and estimate the sulphur critical level in aerial parts. The experimental plots were composed of vessels with capacity of 3.5 dm<sup>3</sup> with a typic dystrophic Red Latosol (Oxisol), and four seedlings under green-house conditions. The experimental design was in randomized blocks with ten replications and five sulphur doses (0, 15, 30, 60 and 120 mg dm<sup>-3</sup>). At 120 days after transplanting were determined height, stem diameter, root, aerial parts and total dry weight. It were evaluated also the relationships height/stem diameter, height/aerial parts dry matter, aerial parts dry matter/root dry matter, Dickson's quality index and the sulphur critical level in seedlings. The characteristics of Australian cedar seedlings were influenced by sulphur application.*

*Kew words: Sulphur critical level. Dickson's quality index. Forest species fertilization.*

## 1 INTRODUÇÃO

Os programas de implantação, revitalização e formação de florestas de alta produção somente obterão êxito quando os métodos e sistemas empregados pelos viveiristas priorizarem a qualidade das mudas a serem plantadas (GOMES et al., 1991). Estas deverão apresentar resistência às condições adversas que podem ocorrer após o plantio.

Vários fatores afetam a qualidade das mudas, como a qualidade das sementes, tipo de recipiente, substrato e adubação. O bom entendimento da nutrição mineral das mudas e o uso de substratos de cultivo apropriados são fatores essenciais para uma adequada recomendação de adubação (GONÇALVES et al., 2000).

O aspecto nutricional na produção de mudas deve ser considerado criteriosamente para que o crescimento das mudas não seja prejudicado pelo desequilíbrio nutricional (GONÇALVES et al., 2000). De modo geral, os estudos sobre o efeito da adubação de enxofre (S) em espécies florestais são relativamente escassos. Dessa forma, há necessidade de realizar ensaios para melhorar a definição dos níveis críticos e das respostas das plantas à adubação sulfatada.

O S é constituinte de diversas moléculas orgânicas, como os aminoácidos, cisteína, cistina e metionina, que compõem a maioria das proteínas e as vitaminas biotina e tiamina e a coenzima A (LARBIER; LECLERCQ, 1992). A sua deficiência causa clorose das folhas novas e inibe a síntese de proteínas, decréscimo nos conteúdos de clorofila e ribulose-1,5 bisfosfato carboxilase/oxigenase (RuBisCo), redução da fotossíntese e do crescimento das plantas (RESURRECCION et al., 2001).

O cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roem var. *australis*), espécie pertencente à família Meliaceae, é originário das regiões tropicais da Austrália e

desenvolve-se em sua região de origem, preferencialmente em Neossolos Flúvicos, profundos e eutróficos, próximos de rios e nas áreas inferiores das encostas, com boa drenagem (PINHEIRO et al., 2003). Apresenta crescimento rápido e pode atingir, sob condições ambientais adequadas, oito metros de altura e quinze centímetros de diâmetro com três anos de idade (PINHEIRO et al., 1994). A espécie tem potencial no segmento de madeira serrada, na indústria de laminados, compensados e móveis, para produção de caixas de charutos, instrumentos musicais e outras finalidades especiais (LAMPRECHT, 1990).

O presente trabalho objetivou avaliar o efeito de diferentes doses de enxofre sobre o crescimento e qualidade de mudas de cedro australiano e estimar o nível crítico de S na parte aérea das plantas.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras-UFLA, localizada no município de Lavras, com coordenadas 21°13'35'' S, 44°58'43'' W e 918 m de altitude, no período de junho a novembro de 2009.

Foram avaliados cinco tratamentos, representados por cinco doses de S (0, 15, 30, 60 e 120 mg dm<sup>-3</sup> ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com dez repetições. Cada parcela experimental foi constituída por um vaso de polietileno rígido, com o substrato e quatro plantas.

Como substrato utilizou-se solo da camada 0-20 cm de profundidade de um Latossolo Vermelho Distroférico típico (LVdf), textura muito argilosa (Tabela 1). Após a secagem ao ar, o material foi passado em peneira com malha de 4 mm de diâmetro e separados em porções de 3,5 dm<sup>3</sup>, destinadas ao preenchimento dos vasos. Posteriormente o solo foi corrigido com calcário com teor de 12% MgO e 50% CaO (PRNT 95%), para atingir 50% da saturação por bases. Após a aplicação do corretivo, seguiu-se um período de incubação de 30 dias, com a umidade mantida próxima a 70% da capacidade de retenção de água no solo.

Após a correção, o solo recebeu os tratamentos, em conjunto com a adubação básica, em solução nutritiva nas seguintes doses: 80 mg dm<sup>-3</sup> de N; 300 mg dm<sup>-3</sup> de P e 100 mg dm<sup>-3</sup> de K, utilizando-se como fontes KNO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> e H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> e micronutrientes B=0,5 mg dm<sup>-3</sup> (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>), Cu=1,5 mg dm<sup>-3</sup> (CuCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O) e Zn=5,0 mg dm<sup>-3</sup> (ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O) (MALAVOLTA 1981). Após a aplicação dos tratamentos e adubação retirou-se uma amostra de cada parcela experimental para nova análise química (Tabela 2).

**Tabela 1** – Atributos do solo antes da aplicação dos tratamentos.*Table 1 - Soil attributes before treatments application.*

pH (H <sub>2</sub> O)	5,0
M.O. (dag kg <sup>-1</sup> )	1,1
P (mg dm <sup>-3</sup> )	0,4
K <sup>+</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	6,0
S-SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	6,2
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,3
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,1
H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,5
SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,6
t (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,6
T (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	5,1
V (%)	11,8
P – REM (mg L <sup>-1</sup> )	7,5
Areia (g kg <sup>-1</sup> )	210
Silte (g kg <sup>-1</sup> )	160
Argila (g kg <sup>-1</sup> )	630
pH em H <sub>2</sub> O – Relação 1: 2,5	SB = Soma de Bases Trocáveis
Mat. Org. (MO) – Oxidação Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> 4N + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 10N	CTC (t) - Capacidade de Troca Catiônica efetiva
P e K <sup>+</sup> - Extrator Mehlich 1	CTC (T) - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0
S-SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> – Extrator: Fosfato monocálcico em ácido acético	V (%) = Índice de saturação por bases
Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> e Al <sup>3+</sup> – Extrator: KCl 1 mol/L	P-rem = Fósforo Remanescente
H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup> – Extrator: SMP	

**Tabela 2** – Atributos do solo após a aplicação dos tratamentos.*Table 2 - Soil attributes after treatments application.*

Características	Tratamentos (mg dm <sup>-3</sup> )				
	0	15	30	60	120
pH (H <sub>2</sub> O)	5,5	5,9	5,9	5,7	5,4
M.O. (dag kg <sup>-1</sup> )	1,1	1,3	1,2	1,4	1,3
P (mg dm <sup>-3</sup> )	7,5	9,2	8,9	7,5	7,5
K <sup>+</sup> (MG DM <sup>-3</sup> )	101	94	83	76	70
S-SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (MG dm <sup>-3</sup> )	6,2	24,8	41,4	56,0	123,9
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,0	1,1	1,0	1,0	1,5
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,5	0,6	0,5	0,5	0,6
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	3,2	3,2	3,2	3,2	3,6
SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,8	1,9	1,7	1,7	2,3
t (cmol <sub>c</sub> DM <sup>-3</sup> )	1,8	1,9	1,7	1,7	2,3
T (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	5,0	5,2	4,9	4,9	5,9
V (%)	35,2	37,5	34,6	34,4	38,7
Zn <sup>2+</sup> (MG dm <sup>-3</sup> )	3,2	3,0	3,0	3,2	2,9
Fe <sup>2+</sup> (MG dm <sup>-3</sup> )	31,1	32,1	34,4	30,8	32,2
Mn <sup>2+</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	1,8	1,7	2,1	2,0	1,9
Cu <sup>2+</sup> (MG dm <sup>-3</sup> )	1,5	1,3	1,3	1,2	1,2
B(mg DM <sup>-3</sup> )	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
P – REM (mg L <sup>-1</sup> )	7,5	7,7	7,2	6,8	7,7

pH em H<sub>2</sub>O – Relação 1: 2,5  
 Mat. Org. (MO) – Oxidação Na<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 4N + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 10N  
 P, K<sup>+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup> e Cu<sup>2+</sup> - Extrator Mehlich 1  
 S-SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> – Extrator: Fosfato monocálcico em ácido acético  
 Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup> – Extrator: KCl 1 mol/L  
 H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup> – Extrator: SMP

SB = Soma de Bases Trocáveis  
 CTC (t) - Capacidade de Troca Catiônica efetiva  
 CTC (T) - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0  
 V (%) = Índice de saturação por bases  
 B – Extrator água quente  
 P-rem = Fósforo Remanescente

Realizou-se uma adubação de cobertura aos 75 dias após o transplântio das mudas, nas doses de  $80 \text{ mg dm}^{-3}$  de N e  $80 \text{ mg dm}^{-3}$  de K ( $\text{KNO}_3$  e  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ).

Durante todo o período experimental procurou-se manter o solo a aproximadamente 70% da capacidade máxima de retenção de água do solo, por irrigações diárias com água deionizada, cuja quantidade foi determinada com base na evapotranspiração das parcelas experimentais.

As mudas de cedro australiano utilizadas neste estudo foram provenientes do Viveiro Bela Vista, situado no município de Campo Belo, no sul de Minas Gerais. Aos 120 dias após o transplântio foram determinados: a altura (H), com uma régua de precisão de 0,1 cm e o diâmetro do coleto (DC) com um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm. As plantas foram divididas em parte aérea e raízes, lavadas em água destilada e acondicionadas em sacos de papel para secagem em estufa de circulação de ar forçada a  $65 \text{ }^\circ\text{C}$  até obtenção de peso constante. Após a secagem, o material foi mensurado em balança analítica com precisão de 0,01 g, para a determinação das seguintes características: matéria seca da parte aérea (MSPA) e matéria seca das raízes (MSR) e a matéria seca total (MST) pela soma dos dois índices.

Na determinação da qualidade das mudas foram avaliadas as relações entre a altura da parte aérea e o diâmetro do coleto (H/DC), a altura da parte aérea e o peso de matéria seca da parte aérea (H/MSPA), matéria seca da parte aérea e a matéria seca das raízes (MSPA/MSR) e o índice de qualidade de Dickson (IQD), de acordo com a fórmula descrita por Dickson et al. (1960), em que  $\text{IQD} = \text{MST}/(\text{H}/\text{DC} + \text{MSPA}/\text{MSR})$ .

Foram efetuadas análises químicas para determinação do teor total de enxofre na parte aérea das mudas (MALAVOLTA et al., 1997). A fim de estimar o nível crítico (NC) de S na parte aérea das mudas, substituiu-se a dose de S estimada para obtenção de 90% da produção máxima relativa, nas equações

de regressão que relacionaram as doses de S aplicadas, com os teores encontrados na matéria seca da parte aérea e no solo.

Os resultados obtidos foram interpretados por meio de análises de variância e regressão. Foram ajustadas equações de regressão, com base no coeficiente de determinação e na significância dos coeficientes de regressão, ao nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o programa de análise estatística Sisvar (FERREIRA, 2000). Para o cálculo das doses críticas utilizou-se as equações geradas na análise estatística, a fim de obter doses correspondentes a 90% do ponto de máxima das variáveis estudadas.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As mudas de cedro australiano mostraram resposta significativa para altura das plantas, diâmetro do coleto, produção de matéria seca da parte aérea, raiz e total à aplicação de doses de enxofre (Tabela 3 e Figura 1). Isso indica que essa espécie é exigente em S para um bom desenvolvimento, mesmo com o teor original de S ( $6,2 \text{ mg dm}^{-3}$ ) no solo classificado como adequado (ALVAREZ V. et al., 1999).



**Figura 1** – Comparação visual do efeito de doses de enxofre em mudas de cedro australiano aos 75 dias após o transplantio.

*Figure 1 – Visual effect comparison to sulphur doses in Australian cedar seedlings 75 days after transplanting.*

**Tabela 3** – Resumo da análise de variância para altura, diâmetro do coleto (DC), matéria seca da parte aérea (MSPA), das raízes (MSR) e total (MST) das mudas de cedro australiano em função de doses de enxofre aos 120 dias após o transplante.

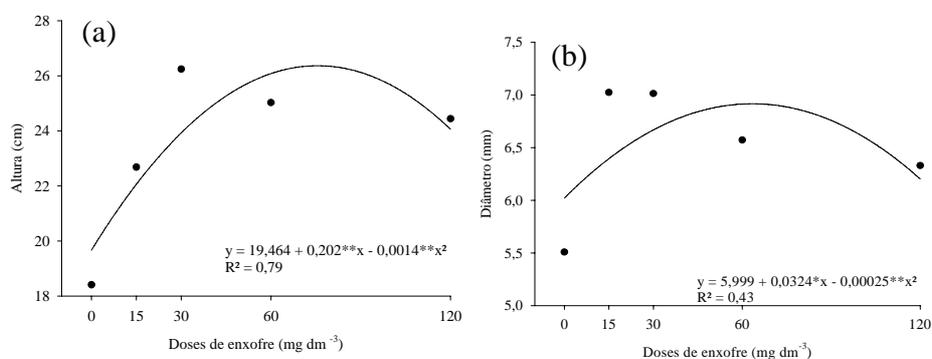
*Table 3 - Variance analysis synopsis of height, stem diameter (DC), aerial part dry weight (APDW), root dry weight (RDW) and total dry matter (TDW) of australian cedar seedlings in response to sulphur doses 120 days after transplanting.*

FV	GL	Quadrado médio				
		Altura	DC	PMSPA	PMSR	PMST
Doses de S	4	92,98**	15,54**	750,01**	272,25**	1873,34**
Bloco	9	12,06 <sup>ns</sup>	2,76 <sup>ns</sup>	152,52 <sup>ns</sup>	81,8 <sup>ns</sup>	422,86 <sup>ns</sup>
Resíduo	36	399,36	15,47	452,66	237,32	1146,39
CV (%)		14,3%	10,1%	19,0%	22,0%	18,6%

\*\* Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

<sup>ns</sup> Não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

A importância da adubação sulfatada para o crescimento em altura da parte aérea de plantas foi ressaltada por Maffeis et al. (2000). Os autores observaram que a omissão de S comprometeu o crescimento em altura de mudas de *Eucalyptus citriodora* quando comparadas às mudas produzidas em solução completa. Neste trabalho, as mudas de cedro australiano mostraram resposta quadrática à aplicação de doses de S, até um ponto de máximo crescimento em altura (26,7cm) obtido com a dose estimada de 72,1 mg dm<sup>-3</sup> (Figura 2a) com dose crítica estimada em 28,4 mg dm<sup>-3</sup>. Quantidades de S maiores que esta dose estimada prejudicaram o desenvolvimento em altura das plantas de cedro australiano. A altura da parte aérea é uma importante variável para estimar o crescimento no campo, sua medição é simples, não é um método destrutivo e é tecnicamente aceita como uma boa medida do potencial de desempenho das mudas (MEXAL; LANDS, 1990).



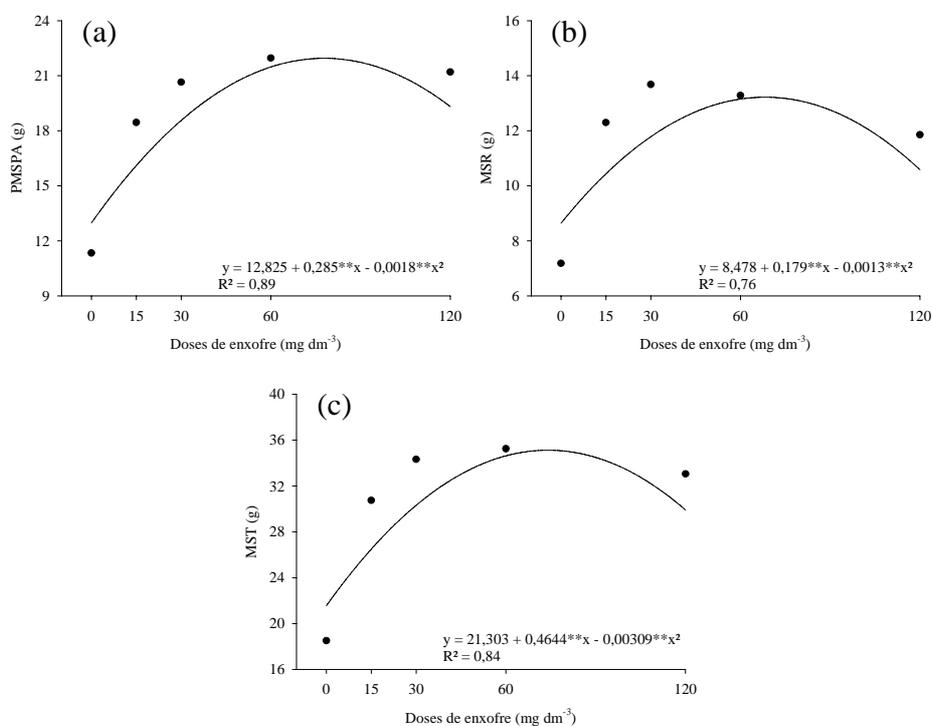
**Figura 2** - Altura da parte aérea (a) e diâmetro do coleto (b) das mudas de *Toona ciliata* (cedro australiano) produzidas em Latossolo Vermelho Distroférico típico (LVdf) em resposta as doses de enxofre aos 120 dias após o transplantio.

*Figure 2 - Aerial part height (a) and stem diameter (b) of Toona ciliata (Australian cedar) seedlings produced in dystrophic Red Latosol due to sulphur doses 120 days after transplanting.*

Em relação ao crescimento em diâmetro do coleto observou-se pela ocasião da aplicação dos tratamentos uma resposta quadrática (Figura 2b) com o maior diâmetro de 7,0 cm para a dose estimado de 64,8 mg dm<sup>-3</sup> e também uma dose crítica estimada em 11,7 mg dm<sup>-3</sup>. Mudas com maiores diâmetros apresentam melhor equilíbrio do crescimento da parte aérea (CARNEIRO, 1995), devido um maior equilíbrio na distribuição da biomassa.

A produção de matéria seca tem sido considerada o melhor parâmetro para se determinar a qualidade de mudas, pois a mesma está diretamente relacionada ao vigor e capacidade fotossintética das plantas (GOMES, 2001). Entretanto, apresenta o inconveniente de não ser viável a sua quantificação, pois se trata de um método destrutivo das mudas (AZEVEDO, 2003). A matéria seca da parte aérea indica a rusticidade e correlaciona-se diretamente com a sobrevivência e desempenho inicial das mudas após o plantio em campo (GOMES; PAIVA, 2004).

As plantas apresentaram resposta para produção de MSPA, MSR e MST em função da aplicação de S. A máxima MSPA (24,1 g) foi obtida com dose de 79,2 mg dm<sup>-3</sup> com dose crítica estimada em 42,6 mg dm<sup>-3</sup> (Figura 3a). Para MSR o ponto de máxima produção (14,6 g) ocorreu na dose de 68,8 mg dm<sup>-3</sup> com dose crítica em 32,8 mg dm<sup>-3</sup> (Figura 3b), enquanto para MST a máxima produção (38,8 g) foi na dose de 75,1 mg dm<sup>-3</sup> com dose crítica em 39,7 mg dm<sup>-3</sup> (Figura 3c). Esses resultados mostram que plantas de cedro australiano em fase de mudas são mais exigentes em S quando comparadas com o eucalipto, como relatado por Furtini Neto et al. (1988) que trabalharam com aplicação de enxofre em mudas de cinco espécies de eucalipto e observaram que os níveis de S-SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> presente no solo entre 12 a 16 mg kg<sup>-1</sup>, ocasionando a máxima produção de matéria seca.



**Figura 3** - Produção de matéria seca da parte aérea (a), raízes (b) e total (c) das mudas de *Toona ciliata* (cedro australiano) produzidas em Latossolo Vermelho Distroférico típico (LVdf) em resposta as doses de enxofre aos 120 dias após o transplântio.

*Figure 3 - Aerial part dry matter production (a), root (b) and total (c) of Toona ciliata (Australian cedar) seedlings produced in dystrophic Red Latosol due to sulphur doses 120 days after transplanting.*

As relações entre os atributos morfológicos que indicam a qualidade das mudas foram afetadas de forma significativa em função das doses de S aplicadas (Tabela 4), o que indica a necessidade de proceder a adubação sulfatada na cultura do cedro australiano em fase de muda. A relação entre a matéria seca da parte aérea e a matéria seca das raízes (MSPA/MSR) e entre a altura da parte

aérea e o diâmetro do coleto (H/DC) foram afetadas significativamente, apresentando resposta linear (Figura 4a e b).

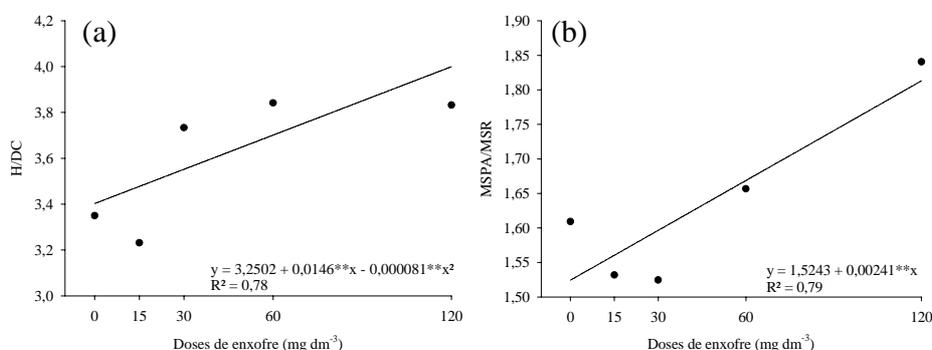
**Tabela 4** - Resumo da análise de variância das relações entre altura e diâmetro do coleto (H/DC), altura e a matéria seca da parte aérea (H/MSPA), matéria seca da parte aérea e a matéria seca das raízes (MSPA/MSR) e do índice de qualidade de Dickson (IDQ) das mudas de cedro australiano em função da elevação dos níveis de saturação por bases aos 120 dias após o transplante.

*Table 4 - Variance analysis synopsis of aerial part height/stem diameter (APH/SD) relation; aerial part height/ aerial part dry weight (APH/APDW); aerial part dry weight / root dry weight (APDW/RW) and Dickson's quality index (DQI) of australian cedar seedlings due to sulphur doses 120 days after transplanting.*

FV	GL	Quadrado médio			
		H/DC	H/MSPA	MSPA/MSR	IQD
Doses de S	4	3,29**	1,70**	0,66**	56,33**
Bloco	9	1,20 <sup>ns</sup>	0,27 <sup>ns</sup>	0,39 <sup>ns</sup>	13,20 <sup>ns</sup>
Resíduo	36	5,91	1,48	1,91	50,48
CV (%)		11,3%	15,5%	14,1%	20,3%

\*\* Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

<sup>ns</sup> Não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.



**Figura 4** – Relações entre altura da parte aérea e o diâmetro do coleto (H/D) (a) e matéria seca da parte aérea e a matéria seca das raízes (PMSPA/PMSR) (b) das mudas de cedro australiano produzidas em Latossolo Vermelho Distroférico típico (LVdf) em função da elevação da saturação por bases do substrato aos 120 dias após o transplante.

*Figure 4 - Aerial part height/stem diameter (APH/SD) (a) relations and aerial part dry weight/root dry weight (APDW/RDW) (b) of australian cedar seedlings produced in dystrophic Red Latosol due to the elevation of base saturation of the substratum 120 days after transplanting.*

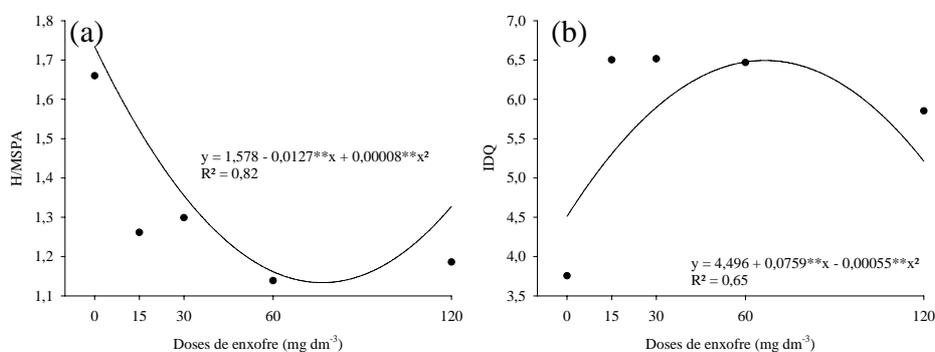
Ao observar os valores de H/DC percebe-se que a aplicação de S ocasionou um maior crescimento em altura da parte aérea. O valor resultante da relação H/DC constitui um dos mais importantes atributos morfológicos para estimar o crescimento das mudas (CARNEIRO, 1995). Quanto menor for o valor desta relação, maior será a capacidade das mudas de sobreviverem e se estabelecerem na área de plantio definitivo (CARNEIRO, 1983), pois mudas com baixos H/DC apresentam menor susceptibilidade ao tombamento.

A razão entre o peso de matéria seca da parte aérea e a matéria seca das raízes é considerada um índice eficiente, pois pode expressar o padrão de qualidade das mudas (LIMSTRON, 1963 citado por GOMES, 2001). Brissette (1984) estabeleceu como 2,0 a melhor relação entre o peso de matéria seca da parte aérea e o respectivo peso de matéria seca das raízes. Nesse estudo,

verificou-se, que os valores obtidos para MSPA/MSR das mudas de cedro australiano variaram de 1,5 a 1,9, portanto próximos ao estabelecido como ideal.

A relação entre a altura da parte aérea e a matéria seca da parte aérea (H/MSPA) apresentou resposta quadrática, com ponto de mínima estimado (1,1) na dose de 79,4 mg dm<sup>-3</sup> (Figura 5a). Quanto menor o valor de H/MSPA, mais lignificada será a muda e maior deverá ser a sua capacidade de sobrevivência no campo. Os resultados encontrados neste trabalho corroboram com aqueles publicados por Cruz et al. (2010) que encontraram uma diminuição de H/MSPA em função das doses de S em mudas de *Senna macranthera*.

O índice de qualidade de Dickson (IQD) é uma fórmula balanceada que inclui as relações entre as variáveis morfológicas. Observa-se que houve resposta quadrática, com ponto de máxima (7,1) estimado na dose de 69 mg dm<sup>-3</sup> e dose crítica estimada de 32,7 mg dm<sup>-3</sup> (Figura 5b). Verificou-se também que valores de IQD observados para mudas de cedro australiano variaram de 3,8 a 6,5 (Figura 3), mostrando-se superiores aos encontrados por Cruz et al. (2010) que observaram valores médios de IDQ entre 0,7 a 1,04.

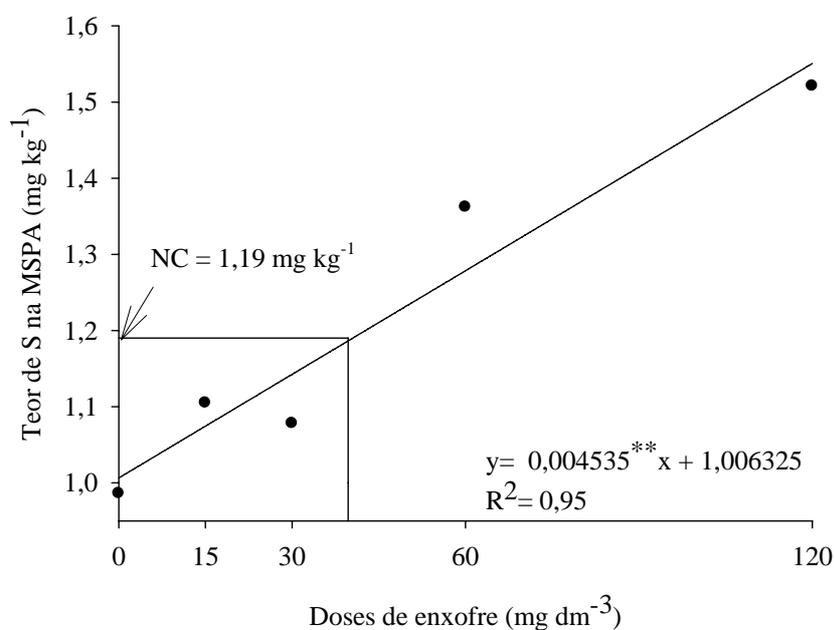


**Figura 5** – Relação entre altura da parte aérea e a matéria seca da parte aérea (H/PMSPA) (a) e o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) (b) de mudas de cedro australiano produzidas em Latossolo Vermelho Distroférico típico (LVdf) em função da elevação da saturação por bases do substrato aos 120 dias após o transplântio.

*Figure 5 – Aerial part height/aerial part dry weight (APH/APDW) relation and Dickson's quality index (DQI) of australian cedar seedlings produced in dystrophic red latosol due to the elevation of base saturation of the substratum 120 days after transplanting.*

Em relação aos teores de S na parte aérea das mudas em função das doses de enxofre aplicadas ao substrato de cultivo, o modelo que se ajustou foi linear crescente. Com a substituição da dose de enxofre ( $39,7 \text{ mg dm}^{-3}$ ) que proporcionou 90% da produção máxima de matéria seca total, nessa equação estimou-se o nível crítico de enxofre na parte aérea das mudas de cedro australiano que foi de  $1,19 \text{ g kg}^{-1}$  (Figura 6).

O nível crítico de um nutriente na planta é definido como 90% da concentração que separa a zona de deficiência da zona de suficiência. Acima dele, a probabilidade de haver aumento na produção pela adição do nutriente é baixa (CANTARUTTI et al., 2007).



**Figura – 6** Nível crítico de enxofre na parte aérea das mudas de *Toona ciliata* (cedro australiano) produzidas em Latossolo Vermelho Distroférrico típico (LVdf) em resposta às doses de enxofre aos 120 dias após o transplantio.

*Figure - 6 Aerial part critic level of sulfur in australian cedar seedlings produced in in dystrophic Red Latosol due to sulphur doses 120 days after transplanting.*

De acordo com os resultados obtidos, pode-se inferir que o cedro australiano é uma espécie que tem alta exigência em S. Para maximizar a produção de cedro australiano em fase de muda é necessário realizar a adubação sulfatada. No entanto, há necessidade da realização de outros estudos para estabelecer as doses ideais.

#### **4 CONCLUSÕES**

O cedro australiano se mostrou como uma planta exigente em S.

As variáveis de crescimento e de qualidade possuem influência da aplicação de S.

## **5 AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao CNPq, pela concessão de bolsa de estudos e bolsas de produtividade em pesquisa, e à APFLOR, Bela Vista Florestal e IEF pelo financiamento do presente trabalho.

## REFERÊNCIAS

ALVAREZ V., V. H. et al. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p. 43-60.

AZEVEDO, M. I. R. **Qualidade de mudas de cedro-rosa (*Cedrela fissilis* Vell.) e de ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nich.) produzidas em diferentes substratos e tubetes**. 2003. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2003.

BRISSETTE, J. C. Summary of discussions about seedling quality. In: SOUTHERN NURSERY CONFERENCES, 1984, Alexandria. **Proceedings...** New Orleans: USDA. Forest Service. Southern Forest Experiment Station, 1984. p. 127-128.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Viçosa - MG: Folha de Viçosa, 1995. p. 63-95.

CARNEIRO, J. G. A. Variações na metodologia de produção de mudas florestais afetam os parâmetros morfofisiológicos que indicam a sua qualidade. **Série Técnica FUPPEF**, Curitiba, n. 12, p. 1-40, 1983.

CATARUTTI, R. B. et al. Avaliação da fertilidade do solo e recomendação de fertilizantes. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa, MG, SBCS, 2007. p. 770-850.

CRUZ, C. A. F. et al. Resposta de mudas de *Senna macranthera* (DC. EX COLLAD.) H.S. Irwin & Barnaby (fedegoso) cultivadas em latossolo vermelhoamarelo distrófico a macronutrientes. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 13-24, 2010.

DICKSON, A. et al. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, Ontário, v. 36, n.1, p. 10-13, 1960.

FERREIRA, D. F. **Manual do sistema Sisvar para análises estatísticas**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2000. 66 p.

FURNTINI NETO, A. E. et al. Efeito do enxofre no crescimento de cinco espécies de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 12, n. 1, p. 1-11, 1988.

GOMES, J. M. et al. Efeito de diferentes substratos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, em “Win-Strip”. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 15, n. 1, p. 35-42, 1991.

GOMES, J. M. **Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubete e dosagens de N, P e K**. 2001. 166 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais: propagação sexuada**. 3. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2004. 116 p.

GONÇALVES, J. L. M. et al. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 309-350.

LARBIER, M.; LECLERCQ, B. **Nutrition and feeding of poultry**. Nottingham: Nottingham University, 1992. 305 p.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas - possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado**. Dt. Ges. Für Techn. Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Eschborn. (Tradução de Guilherme de Almeida Sedas e Gilberto Calcagnotto). Rossdorf: TZ- Verl.-Ges., 1990. 343p.

MAFFEIS, A. R. et al. Reflexos das deficiências de macronutrientes e boro no crescimento de plantas, produção e qualidade de óleo essencial em *Eucalyptus citriodora*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 57, p. 87-98, jun. 2000.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 594 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 201 p.

MEXAL, J. L.; LANDIS, T. D. Target seedling concepts: height and diameter. In: TARGET SEEDLING SYMPOSIUM, MEETING OF THE WESTERN FOREST NURSERY ASSOCIATIONS, GENERAL TECHNICAL REPORT RM-200, 1990, Roseburg. **Proceedings...** Fort. Collins: United States Department of Agriculture, Forest Service, 1990. p. 17-35.

PINHEIRO, A. L. et al. **Cultura do cedro australiano para produção de madeira serrada**. Viçosa, MG: UFV, 2003. 42 p.

PINHEIRO, A. L. et al. Árvores exóticas em Viçosa: II. *Toona ciliata* M. Roem. var. *australis* (F. V. M.) C. DC. (MELIACEAE). **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 41, n. 234, p. 103-112, 1994.

RESURRECCION, A. et al. Effects of sulphur nutrition on the growth and photosynthesis of rice. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokio, v. 47, p. 611-620, Agos. 2001.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A - TABELAS

Tabela 1 Conteúdo de nutrientes na matéria seca da parte aérea de mudas de cedro australiano em função da elevação da saturação por bases aos 120 dias após transplantio.

Saturação por bases (V%)	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg <sup>-1</sup>						mg kg <sup>-1</sup>				
11,8%	35,00	3,64	6,30	9,60	2,07	2,01	60,63	30,55	158,09	52,20	60,66
21,3%	26,11	2,25	5,94	10,20	3,07	1,35	40,80	87,75	175,04	37,72	33,53
33,2%	24,22	2,17	6,20	10,56	3,11	1,56	39,73	97,78	172,34	36,43	31,13
47,9%	26,33	1,93	5,74	10,27	3,20	1,34	33,32	149,21	191,01	34,19	30,00
60,4%	28,33	2,19	5,81	10,84	3,45	1,67	37,30	84,14	192,98	31,65	28,77
70,0%	25,89	1,95	5,88	11,72	3,85	1,59	36,52	2,93	152,60	20,73	23,46

**Tabela 2** Conteúdo de nutrientes na matéria seca da parte aérea de mudas de cedro australiano em função de doses de enxofre aos 120 dias após transplantio.

Doses de S (mg dm <sup>-3</sup> )	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>	<b>B</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>
	g kg <sup>-1</sup>						mg kg <sup>-1</sup>				
0	40,40	3,29	6,06	14,29	4,20	0,99	39,75	49,66	133,17	55,36	40,23
15	32,00	2,50	6,03	10,63	3,43	1,11	34,86	4,05	124,08	35,26	34,76
30	29,50	2,03	6,07	8,80	3,10	1,08	33,09	36,34	130,50	31,72	29,03
60	28,50	1,97	5,89	7,93	2,71	1,36	39,31	50,72	123,57	28,99	29,67
120	26,40	1,75	6,33	9,34	3,23	1,52	37,95	36,46	128,54	28,88	30,23