



**INSTITUTO DE FLORESTAS
DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA**

**PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Eucalyptus urograndis* EM SUBSTRATO COM
DIFERENTES PROPORÇÕES DE ARENITO ZEOLÍTICO E NÍVEIS DE N E K**

Ciro Sorrentino Azevedo

ORIENTADOR: Prof. Dr. Paulo Sérgio dos Santos Leles

**SEROPÉDICA – RJ
JULHO – 2008**



**INSTITUTO DE FLORESTAS
DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA**

**PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Eucalyptus urograndis* EM SUBSTRATO COM
DIFERENTES PROPORÇÕES DE ARENITO ZEOLÍTICO E NÍVEIS DE N E K**

Ciro Sorrentino Azevedo

Monografia apresentada ao Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Aprovada em 17 de julho de 2008

Banca Examinadora:

Prof. Paulo Sérgio dos Santos Leles – UFRRJ
Orientador

Prof. José Carlos Polidoro- Embrapa Solos

Prof. Everaldo Zonta - UFRRJ

DEDICO

Aos meus pais, por serem meus pilares.

AGRADECIMENTOS

À DEUS, por tudo alcançado.

Aos meus amados pais e irmão.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, pelo suporte acadêmico.

Ao professor Paulo Sérgio dos Santos Leles pelos ensinamentos, orientação e amizade.

A Embrapa Solos, especialmente ao Pesquisador José Carlos Polidoro, Laboratorista Rojane Chapetta e a Estagiária Érika.

Aos companheiros do quarto 234 (Abel, Rômulo, Eleno, Rodrigo, Igor, Caio, Victo, Tiago e Rodrigo), compartilhando momentos bons e ruins.

À equipe do Laboratório de Estudos e Pesquisas em Reflorestamento – LAPER, do Departamento de Silvicultura, pela ajuda na condução do experimento e amizade acima de tudo.

Ao Prof. Ricardo Pereira e Sr. Sebastião, funcionário do viveiro, pela ajuda, conhecimentos compartilhados e amizade.

Agradeço à todos que estiveram ao meu lado e que me apoiaram nos momentos em que precisei.

À todos que aqui não foram citados, mas que de alguma forma contribuíram para o meu crescimento.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi verificar o crescimento de mudas do híbrido *Eucalyptus urograndis* produzidas em substrato com diferentes percentagens de arenito zeolítico e níveis de nitrogênio (N) e de potássio (K), aplicados como adubação de cobertura. Os tratamentos foram compostos das seguintes proporções volumétricas de zeolita 25% e 50% incorporado ao substrato industrial. Os tratamentos de adubação consistiram da aplicação de N e K₂O, na dosagem de 0,02625; 0,05250; 0,1050 e 0,1570 grama por muda, dividido em duas épocas: 75 e 100 dias após semeadura. Aos 120 dias após a semeadura avaliou-se a altura e o diâmetro de colo das mudas. Nesta mesma época, foram selecionadas mudas com valores próximos da média de cada tratamento, sendo feita a coleta e pesagem do sistema radicular e da parte aérea para obtenção de peso seco e conteúdo de nutrientes. Constatou-se que as mudas produzidas em substrato com 50% de zeolita apresentaram valores de biomassa do sistema radicular e relação sistema radicular : parte aérea, significativamente superiores as advindas dos outros substratos. A altura, o diâmetro do coleto, peso de matéria seca do sistema radicular, conteúdo de K da biomassa parte aérea e do sistema radicular e conteúdo de P da parte aérea, apresentaram respostas quadráticas com as doses de adubação com o ponto de máximo respectivamente de 0,113; 0,104; 0,085; 0,128; 0,0998 e 0,107 gramas de adubação por muda. O conteúdo de Mn da biomassa da parte aérea decresceu com a adubação apresentando ponto de mínimo na dosagem de 0,129 gramas de N e K₂O por muda. Pode-se concluir que a proporção de zeolita de 50% e a faixa entre 0,085 a 0,129 g/muda de N e K₂O favoreceu mudas de *Eucalyptus urograndis* de melhor qualidade.

Palavras-chave: zeolita, adubação e qualidade de mudas

ABSTRACT

This research aimed to check *Eucalyptus urograndis* hybrid seedlings growth in different substrates, with various proportions of zeolitic sandstone and levels of nitrogen (N) and potassium (K), applied as fertilizer coverage. The treatments were composed by 25% and 50% volume proportions of zeolite, that were mixed in industrial substrate. Fertilization treatments consisted on N and K₂O applications, in 0.02625; 0.05250; 0.1050 and 0.1570 grams/seedling, at 75 and 100 days after sowing. At 120 days after sowing, height and diameter were valuated. At same time, medium treatment values seedlings were selected. Then root system and aerial part were manipulated in order to obtaining dry weight and nutrients content. The treatments with 50% zeolita showed, biomass root system values and root system/aerial part relationship, significantly higher. Height, diameter, dry weight root system, content of K at biomass of the aerial part and root system and P content of the aerial part, had quadratic answers (maximum point) respectively for 0.113; 0.104; 0.085; 0.128; 0.0998 and 0.107 fertilizer grams/seedling. Mn biomass contents at aerial part decreased with fertilization, showing minimum strength at 0.129 grams of N and K₂O /seedling. It was concluded that the best proportion of zeolitic sandstone were 50% and the fertilizer dose the enter 0.085 of 0.129 grams/seedling of N and K₂O, because improved *Eucalyptus urograndis* seedlings quality.

Key words: zeolitic, fertilizer coverage and seedlings quality.

SUMÁRIO

	Pág.
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	ix
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	2
3 MATERIAL E MÉTODOS	3
4 RESULTADO E DISCUSSÃO	5
5 CONCLUSÕES	12
6 CONSIDERAÇÕES	12
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	12
8 ANEXOS	15

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Estrutura básica de uma zeolita	2
Figura 2: Altura das mudas de <i>Eucalyptus urograndis</i> , aos 120 dias após a semeadura, em diferentes doses de N e K	7
Figura 3: Diâmetro das mudas de <i>Eucalyptus urograndis</i> , aos 120 dias após a semeadura, em diferentes doses de N e K	7
Figura 4: Peso seco do sistema radicular das mudas de <i>Eucalyptus urograndis</i> , aos 120 dias após a semeadura, em diferentes doses de N e K	8
Figura 5: Conteúdo de K de biomassa da parte aérea das mudas de <i>Eucalyptus urograndis</i> , aos 120 dias após a semeadura, em diferentes doses de N e K	10
Figura 6: Conteúdo de K de biomassa do sistema radicular das mudas de <i>Eucalyptus urograndis</i> , aos 120 dias após a semeadura, em diferentes doses de N e K	10
Figura 7: Conteúdo de P de biomassa da parte aérea das mudas de <i>Eucalyptus urograndis</i> , aos 120 dias após a semeadura, em diferentes doses de N e K	11
Figura 8: Conteúdo de Mn de biomassa da parte aérea das mudas de <i>Eucalyptus urograndis</i> , aos 120 dias após a semeadura, em diferentes doses de N e K	11
Figura 9: Conteúdo de Zn de biomassa da parte aérea das mudas de <i>Eucalyptus urograndis</i> , aos 120 dias após a semeadura, em diferentes doses de N e K	12

LISTA DE TABELAS

	Pág.
Tabela 1: Doses de adubação com percentagem de zeolita no substrato para produção de mudas de <i>Eucalyptus urograndis</i>	4
Tabela 2: Peso de matéria seca do sistema radicular (PSR) e razão peso de matéria seca do sistema radicular e peso seco de matéria seca da parte aérea (PSR/PSA) de mudas de <i>Eucalyptus urograndis</i> , produzidas em diferentes proporções de zeolita, aos 120 dias após a semeadura	6
Tabela 3: Conteúdo na biomassa de potássio da parte aérea, cálcio do sistema radicular, magnésio do sistema radicular e de manganês parte aérea e sistema radicular de <i>Eucalyptus urograndis</i> , aos 120 dias após a semeadura, produzidas em três substratos	9

1. INTRODUÇÃO

As espécies do gênero *Eucalyptus* no Brasil são utilizadas em larga escala no estabelecimento de florestas industriais e em pequenos povoamentos em propriedades rurais. Suas características de rápido crescimento, boa adaptação às condições climáticas e edáficas existentes em diferentes áreas do país, explicam a importante participação desse gênero nos povoamentos implantados para fins de reflorestamento.

Um dos sucessos para a formação de povoamentos de eucalipto com boa produtividade é a qualidade das mudas. Estas devem estar adaptadas às condições de campo e crescimento inicial satisfatórios. Entre os fatores que influenciam na qualidade das mudas destacam-se a composição do substrato, bem como a adubação aplicada.

Segundo CARNEIRO (1995), o substrato é o meio onde se desenvolve as raízes, fornecem sustentação a parte aérea das mudas, quantidades necessárias de água, oxigênio e nutrientes. O substrato quando adubado de forma inadequada pode proporcionar condições para qualidade inferior das mudas, sendo mais favoráveis ao aparecimento de doenças (HAHN et al., 2006).

Além das características físico-químicas, do substrato deve-se levar em consideração, o custo do produto final, utilizando na mistura materiais que irão compor o substrato, procurando sempre encontrar a melhor relação custo benefício. Para produzir muda de qualidade, é necessário uma mistura de substrato que apresente as características favoráveis ao crescimento das mudas, aliado a uma adubação correta. Existem vários produtos que podem ser testados para diminuir os custos de produção do substrato e adubação minimizando, assim os custos com mão de obra e fertilizantes. Nesse contexto, destacam-se as rochas e minerais que podem ser utilizados na misturas de substratos na agricultura, como condicionadores de solos, alterando as condições físico-químicas dos solos a favor da produção vegetal, ou como carreador de nutrientes, produzido mudas de qualidade favoráveis às condições pós- plantio. (www.inovaçãotecnologica.com.br, acessado em 16 junho de 2007).

Dentre as rochas com disponibilidade e potencial de uso para a produção de substratos para a agricultura encontram-se zeolitas (PAIVA et al., 2004). Segundo estes autores, as rochas zeolitas por possuírem características como a alta porosidade e a capacidade de troca catiônica, podem ser usadas na agricultura como condicionador de solos ou carreador de nutrientes. Existem variedades de zeolitas, sendo uma das mais testadas para a agricultura a de origem cubana. No Brasil, segundo PAIVA et al. (2004), as principais jazidas de zeolita encontram-se na Bacia do Paranaíba, Estado do Maranhão, e alguns trabalhos têm utilizado este produto na agricultura (BERNARDI et al., 2005; BERNARDI et al., 2007).

Na área florestal existem alguns trabalhos utilizando arenito zeolítico proveniente do Estado do Maranhão como substrato para produção de mudas de *Eucalyptus urograndis* e *E. camaldulensis* (GRUGIKI, 2007) e para a produção de mudas de *Anandenanthera macrocarpa* e *Toona ciliata* (CUNHA NETO, 2008). Estes trabalhos mostraram que o arenito zeolítico na composição de substratos para a produção das mudas não melhorou a qualidade das mudas das espécies estudadas, mas sugeriram que novos trabalhos devem ser desenvolvidos envolvendo estudos sobre o uso de zeolita aliado a adubação de cobertura.

O objetivo deste trabalho foi verificar o crescimento de mudas do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*, chamado de *Eucalyptus urograndis*, produzidas em substrato com diferentes percentagem de arenito zeolítico e níveis de nitrogênio e potássio, aplicados como adubação de cobertura.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Zeólitas são aluminossilicatos hidratados altamente cristalinos constituídos de elementos do grupo dos metais alcalinos e alcalinos terrosos, cujo arranjo estrutural apresenta cavidades e canais interconectados, nos quais estão presentes íons de compensação, como por exemplo, Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e H_2O . São compostas de uma rede tridimensional de tetraedros AlO_4 e SiO_4 , ligados entre si pelos átomos de oxigênio, cada um deles comum a dois tetraedros vizinhos, originando assim uma estrutura microporosa. As cargas negativas dos tetraedros AlO_4 são compensadas por cátions alcalinos, que podem ser substituídos por outros cátions por troca iônica. Os átomos de Al ou Si ocupam o centro do tetraedro e os átomos de oxigênio ocupam os vértices. O fato dos átomos de oxigênio serem compartilhados com os átomos de Al ou Si vizinhos, faz com que, na estrutura da zeólita, existam duas vezes mais átomos de oxigênio do que átomos de Al ou Si, como mostra a Figura 1. As mesmas apresentam, ainda, propriedades de troca catiônica, adsorção/dessorção e elevada seletividade pelo íon NH_4^+ (DUMITRU, 1976).

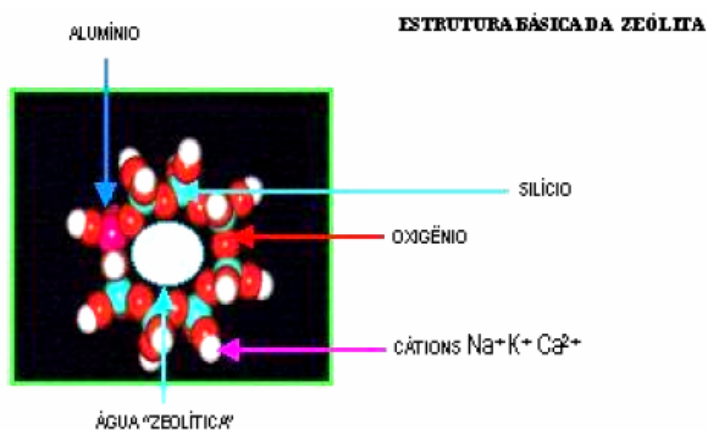


Figura 1- Estrutura básica de uma zeólita (PAIVA et al., 2004).

As principais propriedades, das zeólitas como capacidade de troca de cátions, capacidade de retenção de água livre nos canais e a habilidade na adsorção, conferem-lhes grande interesse para uso na agricultura (MARQUEZ, 2000). Segundo este autor, a zeólita pode atuar na melhoria da eficiência do uso de nutrientes através do aumento da disponibilidade de fósforo da rocha fosfática e redução das perdas por lixiviação dos cátions trocáveis (especialmente K^+). A zeólita tem sido utilizada, também no cultivo zeopônico de plantas em substrato artificial composto por minerais zeolíticos misturados a rochas fosfáticas, o qual funciona como um sistema de liberação controlada e renovável de nutrientes para as plantas.

Sendo a zeólita formada por vários cátions de compensação, segundo COONEY (1990) e AGUIAR (2002), para tornar viável sua utilização na agricultura, está deve passar por um tratamento, cuja finalidade é remover íons específicos de sua estrutura e adicionar uma certa quantidade de um único íon, para que o material se torne homoiônico, ou próximo a essa forma, objetivando a minimização da competição entre os cátions.

As zeólitas, por serem porosas e possuírem alta capacidade de troca catiônica, podem auxiliar no controle da liberação lenta de fósforo. Dentro desta linha de raciocínio, PAIVA et. al. (2004) realizaram trabalho de enriquecimento da zeólita (estibilta), proveniente da Bacia do Parnaíba, com nutrientes para uso na agricultura.

Observaram que com este tratamento conseguiu-se uma incorporação significativa de Na, que proporcionou a zeólita um aumento na capacidade de troca catiônica, que passou de 2,55 (zeólita natural concentrada) para 3,28 $\text{cmol}_c / \text{dm}^3$ na modificada, permitindo uma melhora na adsorção de fosfato. Os autores concluem que é possível a aplicação da zeólita na agricultura, como carreador e liberação lenta de nutrientes para crescimento de plantas e como agente de condicionamento.

BERNARDI et al. (2005) avaliaram e relacionaram a produção e a aparência de alface cultivada em substrato com zeólita enriquecida com N, P e K. Os autores concluíram que a alface cultivada em meio com zeólita enriquecido com fontes de fósforo, apresentou maior produção e qualidade visual equivalente à alface testemunha, cultivada em solução nutritiva. Em trabalho semelhante, com tomate, BERNARDI et al. (2007) constataram que a produção de frutos foi de 11 a 17% maior em relação à testemunha e que houve efeitos positivos das zeólitas enriquecidas com fontes de fósforo sobre a firmeza dos frutos de tomate.

Outro possível uso de Zeólita na agricultura é na área de alimentação de aves. SAZZAD e REZENDE (1996) estudaram a utilização de zeólita, juntamente com o termofosfato sobre o desempenho de galinhas poedeiras. Constataram que a zeólita melhorou a taxa de postura e a massa dos ovos produzidos. A utilização de aluminossilicato de sódio e cálcio hidratados, um tipo de zeólita comercial, em dietas de aves domésticas tem mostrado resultados satisfatórios, pela sua capacidade em adsorver toxinas, tornando-as menos disponíveis para adsorção ao trato gastro – intestinal (KUBENA et al., 1990).

Trabalhos científicos do uso de arenitos zeolíticos (estibilta) na área florestal, ainda são escassos, destacando-se os trabalhos de GRUGIKI (2007) para produção de mudas de eucalipto e de CUNHA NETO (2007) para produção de angico vermelho e cedro australiano. Estes trabalhos mostraram que a zeólita não apresentou resultados satisfatórios para produção das mudas das espécies testadas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no Viveiro Luiz Fernando Oliveira Capellão, do Departamento de Silvicultura do Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. A espécie utilizada foi o híbrido *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*, conhecido como *Eucalyptus urograndis*. Os tratamentos consistiram da combinação de duas proporções de zeólita (e uma com ausência de zeólita), e respectivamente 100, 75 e 50% de substrato industrial em volume, na composição do substrato e quatro níveis de de N e K_2O além de testemunha absoluta formando, assim 15 tratamentos.

Cada tratamento foi constituído por quatro repetições, sendo cada repetição formada por quatro mudas. O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado.

O arenito zeolítico utilizado foi proveniente da Bacia do Parnaíba, no Maranhão, onde segundo PAIVA et al. (2004), localiza-se o principal depósito de zeólita natural do país. As fontes de nitrogênio e potássio foram sais p.a, respectivamente, uréia e cloreto de potássio.

O experimento foi conduzido entre os meses de junho a outubro de 2007. A semeadura foi realizada diretamente em tubetes de 56 cm^3 contendo apenas substrato industrial, para evitar efeito da zeólita sobre germinação, em casa de sombra, onde permaneceram por 30 dias. Após este período, foi realizado a repicagem, para tubetes de 56 cm^3 contendo as diferentes percentagem, em volume, de zeólita e substrato industrial. Sessenta dias após a semeadura, as mudas foram colocadas a pleno sol.

Os tratamentos com diferentes doses de N e K foram na forma de duas aplicações, sendo a primeira aos 75 dias e a segunda aos 100 dias após a semeadura. A descrição detalhada das doses aplicadas por mudas, nas duas adubações encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1: Doses de adubação com percentagem de zeolita no substrato para produção de mudas de *Eucalyptus urograndis*

Adubação (dias após a semeadura)	N ----- g / muda -----	K ₂ O -----	Tratamentos (% zeolita)
1 ^a (75 dias)	0,0045	0,006	T2, T7 e T12
2 ^a (100 dias)	0,00675	0,009	(0, 25 e 50)
1 ^a (75 dias)	0,009	0,012	T3, T8 e T13
2 ^a (100 dias)	0,0135	0,018	(0, 25 e 50)
1 ^a (75 dias)	0,018	0,024	T4, T9 e T14
2 ^a (100 dias)	0,027	0,036	(0, 25 e 50)
1 ^a (75 dias)	0,027	0,036	T5, T10 e T15
2 ^a (100 dias)	0,040	0,054	(0, 25 e 50)
Testemunha absoluta	0,000	0,000	T1, T6 e T11 (0, 25 e 50)

Aos 80 dias após a semeadura, todas as mudas receberam uma adubação base, na dosagem de 0,10 gramas por muda, sendo 70% de superfosfato simples e 30% de sulfato de amônia. Em todas as adubações, os adubos foram diluídos em água destilada, conforme a dosagem, e aplicados, com auxílio de uma seringa, 3 ml de solução / muda. Logo após a adubação de base, ocorreu a alternagem dos tubetes nas bandejas, deixando-se 50% das células da bandeja sem tubetes, para diminuir competição por luz e possíveis problemas fitossanitários.

Durante todo o experimento, a irrigação foi realizada de acordo com as observações visuais de necessidade da planta, normalmente duas vezes ao dia e nos dias mais quentes três vezes ao dia.

As avaliações consistiram da medição da altura e do diâmetro de colo, aos 120 dias após a semeadura (época de expedição das mudas para o plantio no campo). Logo após esta medição de cada tratamento, para cada repetição, foi selecionada uma muda com dimensões próximas da média de altura e diâmetro, para a quantificação do peso de matéria seca da parte aérea, do sistema radicular e conseqüentemente do total da muda. Todas as mudas selecionadas tiveram a parte aérea e o sistema radicular separados. A parte aérea (folhas e galhos) foi colocada em saco de papel. O sistema radicular foi separado do substrato, também colocados em sacos de papel e juntamente com o material da parte aérea levados para estufa de circulação de ar interna a 65°C, por 48 horas e pesados. Após a pesagem, este material foi moído e enviado ao Laboratório de Água, Solo e Plantas (LASP) da Embrapa Solos, para realizarem análise de tecido de K, P, Ca, Mg e Mn de acordo com metodologia descrita por TEDESCO (1995).

De posse dos dados da concentração de nutrientes e de biomassa da parte aérea e do sistema radicular, calculou-se o conteúdo de potássio (K), de fósforo (P), de cálcio (Ca), de magnésio (Mg) e de manganês (Mn).

Os dados das variáveis de crescimento e análise nutricional foram submetidos às pré-condições de análise de variância (normalidade dos dados e homogeneidade de variância dos tratamentos), para verificar se havia necessidade de transformação. Apenas os dados do conteúdo de Ca da parte aérea do sistema radicular foram

transformados em raiz quadrada. Em seguida, realizou-se a análise de variância, tendo como fonte de variação substrato, adubação e a interação substrato e adubação.

Para as variáveis onde houve diferença significativa dos tratamentos no substrato, os dados foram submetidos ao teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Para determinar o efeito das doses de N e K, os dados foram submetidos a análise de regressão. Com base no valor de F significativo, os modelos foram testados, e com base no valor t dos coeficientes das equações e na diferença entre valor grau de ajustamento (R^2) e R^2 ajustado foi feita escolha das equações, que explicam o comportamento dos valores dependentes, em função das doses de N e K aplicadas às mudas.

Em todas as análises estatísticas, utilizou-se o Software SAEG – Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas, de acordo com RIBEIRO JUNIOR (2001).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Anexo 1A é apresentado o resumo da análise de variância de altura, diâmetro, peso seco raiz, peso seco parte aérea e relação peso seco do sistema radicular : parte aérea, das mudas de *Eucalyptus urograndis*, aos 120 dias após a semeadura.

Constata-se que em relação às diferentes proporções de zeolita no substrato houve diferenças significativas para peso de matéria seca do sistema radicular (PSR) e a relação peso de matéria seca do sistema radicular e peso seco de matéria seca da parte aérea (PSR/PSA) das mudas. Esta influência da zeolita na formação do sistema radicular das mudas é importante, pois conforme LELES (1998) existe uma correlação direta entre mudas com maior biomassa radicular e o maior crescimento inicial das plantas no campo. CUNHA NETO (2008) não constatou diferenças significativas dos parâmetros do crescimento de mudas de *Anandenanthera macrocarpa* (angico vermelho) e de *Toona ciliata* (cedro australiano) produzidas em substratos com diferentes proporções de zeolita, aos 210 dias após a semeadura.

Em relação às doses de N e K_2O , verifica-se diferenças significativas para altura, diâmetro de colo e PSR, o que é de grande importância, pois mudas de maior altura e diâmetro, conforme mencionado por HAHN et al. (2006), têm maiores chances de sobrevivência no campo, principalmente se o plantio ocorrer em época de menor quantidade de água no solo, desde que não apresentem enovelamento do sistema radicular. O peso de matéria seca do sistema radicular foi que apresentou diferenças significativas em resposta tanto a proporção de zeolita como a doses de adubação, provavelmente, devido este parâmetro ser bastante sensível quando as mudas são produzidas em recipientes de pequeno volume (CARNEIRO, 1995), como é o caso dos tubetes de 56 cm³ usados neste trabalho. Observa-se, também, que a interação proporção de zeolita no substrato com as doses de adubação não influenciou significativamente o crescimento das mudas de *Eucalyptus urograndis*.

Verifica-se que as mudas produzidas com a proporção de 50% do substrato com zeolita foram as que apresentaram maior peso de matéria seca do sistema radicular e razão PSR/PSA (Tabela 2).

Tabela 2: Peso de matéria seca do sistema radicular (PSR) e razão peso de matéria seca do sistema radicular e peso seco de matéria seca da parte aérea (PSR/PSA) de mudas de *Eucalyptus urograndis*, produzidas em diferentes proporções de zeolita, aos 120 dias após a semeadura

Proporção de zeolita	PSR (g/ planta)	PSR/PSA
50	0,5345 a	0,5369 a
25	0,4100 b	0,4087 b
0	0,3785 b	0,4568 ab

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Este comportamento de ausência de resposta significativa para três parâmetros de crescimento avaliados (Anexo 1A) e maior crescimento do sistema radicular com aumento da dose de zeolita não era esperado. Segundo GRUGIKI (2007), que trabalhou com diferentes proporções de zeolita misturado com composto orgânico, à medida que aumenta proporção de zeolita, a retenção de umidade do substrato diminui, como também a sua capacidade de troca catiônica e disponibilidade de fósforo, ocorrendo o contrário para o pH. Este autor observou que o maior crescimento da muda e produção de matéria seca de raiz ocorreu em proporções de 20% de zeolita ao substrato, pelo fato de quanto maior proporções de zeolita maior densidade do substrato e menor sua porosidade. Segundo DE BOODT e VERDONCK (1972), quanto maior a densidade aparente, maior a compactação, menor estrutura e menor porosidade total, sendo maiores as restrições para o crescimento das plantas.

BERNARDI et al. (2005) mostraram que o uso das zeólita pode ser uma fonte eficiente de nutrientes N, P e K, influenciando no crescimento e na qualidade das folhas de alface, assim o maior crescimento de raízes em maiores proporções de zeolita no substrato, pode ser devido ao maior acréscimo de nutrientes pela zeolita. BERNARDI et al. (2007) verificaram que a maior produção de frutos de tomate foram com as maiores doses de zeolita (80 e 160 g / vaso) em comparação com a testemunha absoluta.

Nas Figuras 2, 3 e 4 são apresentados o comportamento de crescimento das mudas de *Eucalyptus urograndis*, respectivamente em altura, diâmetro e peso de matéria seca do sistema radicular, aos 120 dias após a semeadura, produzidas em substratos com diferentes proporções de zeolita, em respostas as doses de N e K. Para todos estes parâmetros o modelo que apresentou o melhor ajuste foi o quadrático, sendo que os níveis para atingir valores máximos de altura, diâmetro e peso seco sistema radicular foram respectivamente com aplicação de doses de 0,113; 0,104 a 0,085 gramas de de N e K₂O por muda. Este comportamento quadrático das mudas em relação a adubação é bastante comum em espécies florestais (PEZZUTI et al., 1999; SCHUMACHER et al., 2004). Segundo CARNEIRO (1995), a concentração de K no substrato além do nível crítico, pode ocasionar deficiências de Ca e Mg e, com isso menor crescimento das plantas, provavelmente, devido ao antagonismo por inibição competitiva entre os cátions K : Ca ou K : Mg, pois estes, normalmente, competem pelo mesmo sítio ativo de absorção da planta (MALAVOLTA, 1980). MEURER (2006) comenta que o excesso de K pode interferir, positiva ou negativamente, na absorção de outros cátions pelas plantas, considerando que “a taxa de absorção de um íon pode ser afetada por outro, desde que esteja competindo diretamente pelo mesmo sítio no carregador”.

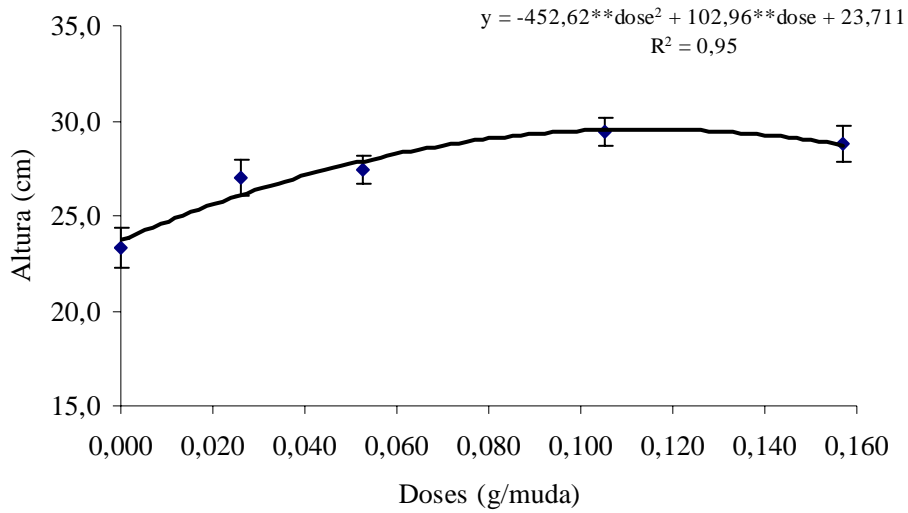


Figura 2: Altura das mudas de *Eucalyptus urograndis*, aos 120 dias após a semeadura, em diferentes níveis de N (uréia) e K₂O (cloreto de potássio). **significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste t.

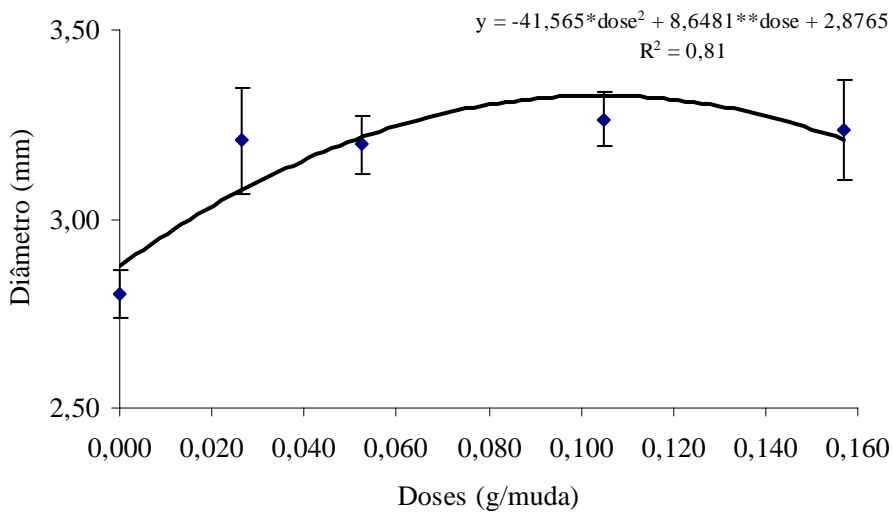


Figura 3: Diâmetro das mudas de *Eucalyptus urograndis*, aos 120 dias após a semeadura, em diferentes níveis de N (uréia) e K₂O (cloreto de potássio). *significativo ao nível de 5%, **significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste t.

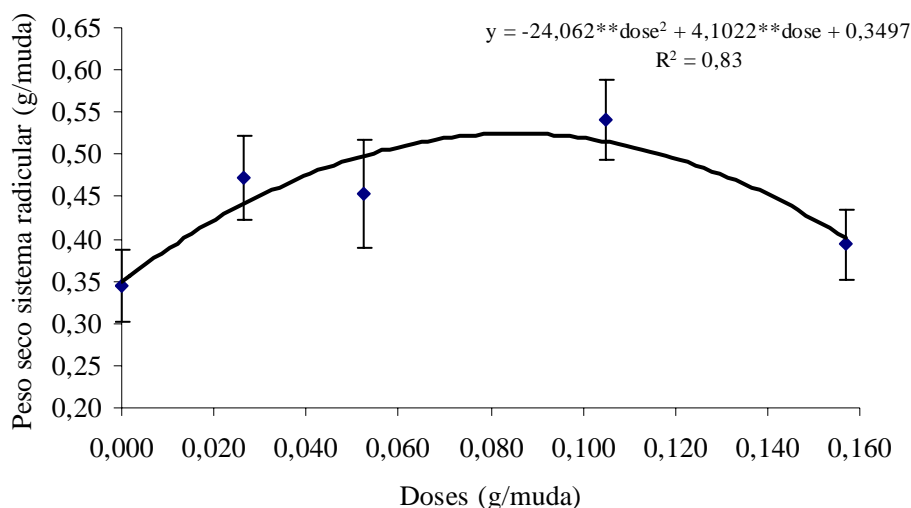


Figura 4: Peso seco do sistema radicular das mudas de *Eucalyptus urograndis*, aos 120 dias após a semeadura, em diferentes níveis de N (uréia) e K₂O (cloreto de potássio). **significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste t.

Nos Anexos 2A a 4A são apresentados os resumos da análise de variância dos conteúdos de potássio, fósforo, cálcio, magnésio, manganês e de zinco da biomassa do sistema radicular e da parte aérea das mudas de *Eucalyptus urograndis*, aos 120 dias após a semeadura. Constata-se que em relação as diferentes proporções de zeolita no substrato, houve diferenças significativas para o conteúdo de K da biomassa da parte aérea, conteúdo de Ca e de Mg da biomassa do sistema radicular e o conteúdo de Mn da biomassa da parte aérea e do sistema radicular. Em relação às doses de adubação com N e K, verifica-se diferenças significativas para conteúdo de K tanto da biomassa do sistema radicular como da parte aérea; conteúdo de P, de Mn e Zn da biomassa da parte aérea. Verifica-se, também, que a interação proporção de zeolita no substrato com as doses de adubação não influenciou significativamente o crescimento das mudas de *Eucalyptus urograndis*.

Constata-se pela Tabela 3, que as mudas produzidas no substrato com maior percentagem de zeolita apresentaram significativamente maior conteúdo de K e Mn na parte aérea e de Ca, de Mg e de Mn no sistema radicular, e as produzidas sem zeolita foram as que acumularam o menor conteúdo de nutrientes. Segundo CARNEIRO (1995), mudas com bom estado nutricional apresentam maior resistência às condições adversas e melhor crescimento após o plantio no campo. Estas diferenças de conteúdo da parte aérea são devido, provavelmente, a maior concentração destes nutrientes neste componente da biomassa, pois conforme apresentado no Anexo 1A, não houve diferenças significativas na produção de biomassa da parte aérea das mudas, mostrando maior conteúdo destes elementos.

Tabela 3: Conteúdo na biomassa de potássio da parte aérea, cálcio do sistema radicular, magnésio do sistema radicular e de manganês parte aérea e sistema radicular de *Eucalyptus urograndis*, aos 120 dias após a semeadura, produzidas em três substratos

Proporção de zeolita (%)	K parte aérea	Ca sist. radicular	Mg sist. radicular	Mn parte aérea	Mn sist. radicular
	-----	g/planta	-----	-----	mg/planta
50	0,0118 a	0,0019 a	0,0019 a	0,5826 a	0,0767 a
25	0,0115 a	0,0013 b	0,0014 b	0,5417 ab	0,0510 b
0	0,0089 b	0,0008 c	0,0011 b	0,4469 b	0,0335 c

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Este maior conteúdo de cálcio e de magnésio das mudas nos substratos com maior percentagem de zeolitas, provavelmente, é devido a zeolita apresentar Ca e Mg em sua composição e com isso disponibilizando-os para a muda. Segundo DUMITRU (1976), as zeolitas apresentam cavidades e canais interconectados em seu arranjo estrutural, nos quais estão presentes íons de compensação, como por exemplo, Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e H_2O .

Era esperado maior conteúdo dos nutrientes com aumento da percentagem de zeolita, pois segundo MARQUEZ (2000), está rocha melhora a eficiência do uso de nutrientes e redução das perdas por lixiviação dos cátions trocáveis (especialmente K^+).

O comportamento dos conteúdos de nutrientes que apresentaram respostas significativas em função das doses de adubação com N e K são mostradas nas Figuras 5, 6, 7, 8 e 9. Verifica-se, que exceto o conteúdo Zn da biomassa da parte aérea que apresenta comportamento linear, para todas as outras figuras o conteúdo de nutrientes das mudas apresentou comportamento quadrático em função das doses de N e K, aos 120 dias após a semeadura.

Para o conteúdo de K da parte aérea e do sistema radicular e de P da parte aérea o ponto de máximo do conteúdo são respectivamente as doses de 0,128; 0,0998 e 0,107 g / muda de N e de K_2O , evidenciando que doses a estas começaram a inibir a acumulação de K e P nas mudas, diminuindo a sua qualidade nutricional.

O conteúdo de Mn das parte aérea das mudas respondeu de forma quadrática com ponto de mínimo em torno de 0,129 g de N e K_2O por planta (Figura 8), indicando que a adubação não foi interessante para o acúmulo de Mn na parte aérea das mudas. Segundo MALAVOLTA (1980), a quantidade absorvida pela planta diminui, até certo nível por altas concentrações de K, Ca, Mg e Zn. Provavelmente, como não diferenças significativas da produção de biomassa da parte aérea, com diferentes níveis de adubação, com o aumento dos níveis de K na planta, propiciou um decréscimo da concentração de Mn e conseqüentemente no conteúdo de Mn nas mudas.

A Figura 9 mostra que o conteúdo de Zn na parte aérea das mudas de eucalipto aumentou a medida que aumentou as doses de N e K. Constata-se erro padrão da média relativamente grande para as observações.

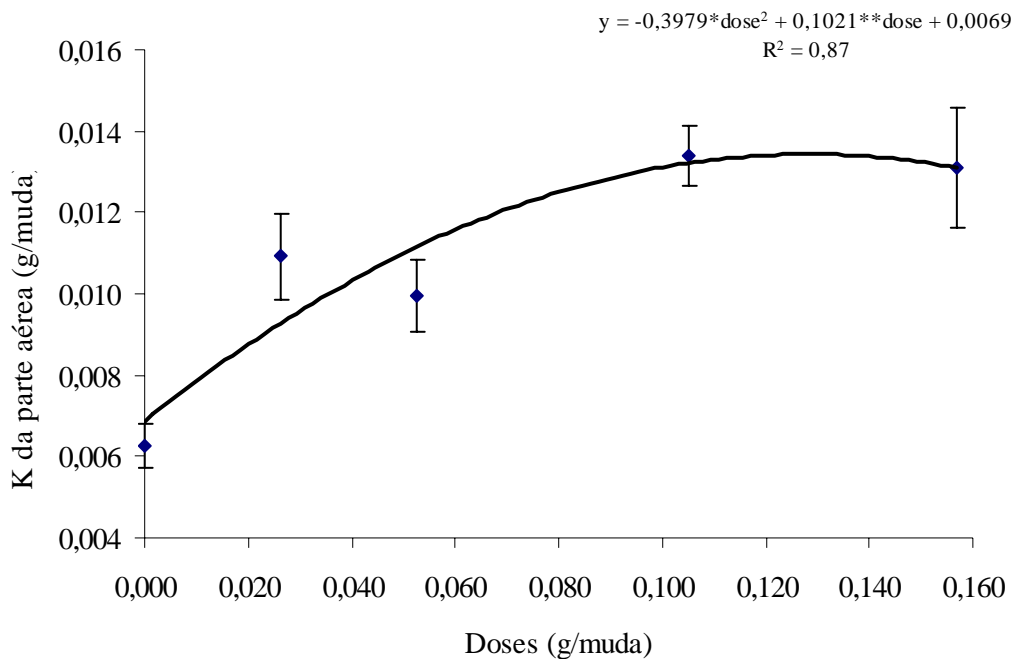


Figura 5: Conteúdo de K de biomassa da parte aérea das mudas de *Eucalyptus urograndis*, aos 120 dias após a semeadura, em diferentes níveis de N (uréia) e K₂O (cloreto de potássio). *significativo ao nível de 5%, **significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste t.

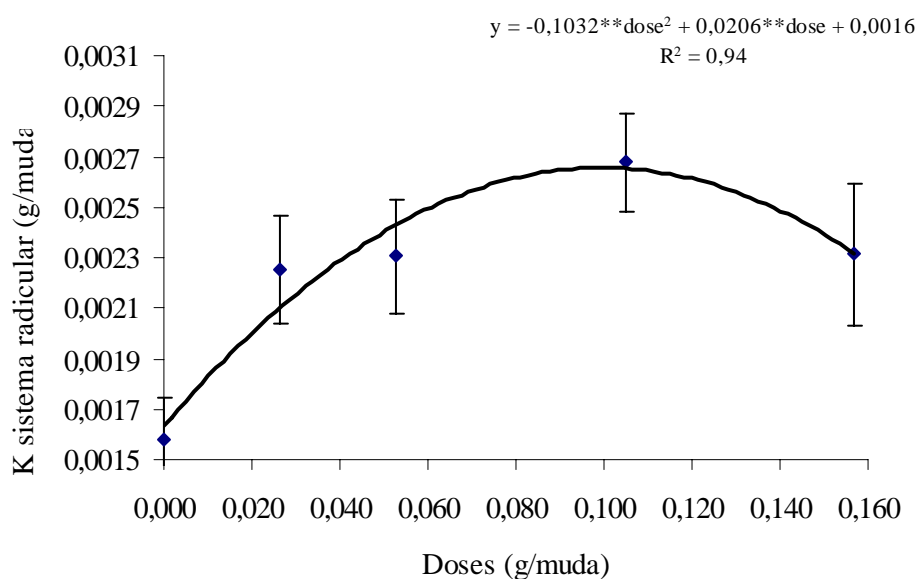


Figura 6: Conteúdo de K de biomassa do sistema radicular das mudas de *Eucalyptus urograndis*, aos 120 dias após a semeadura, em diferentes níveis de N (uréia) e K₂O (cloreto de potássio). **significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste t.

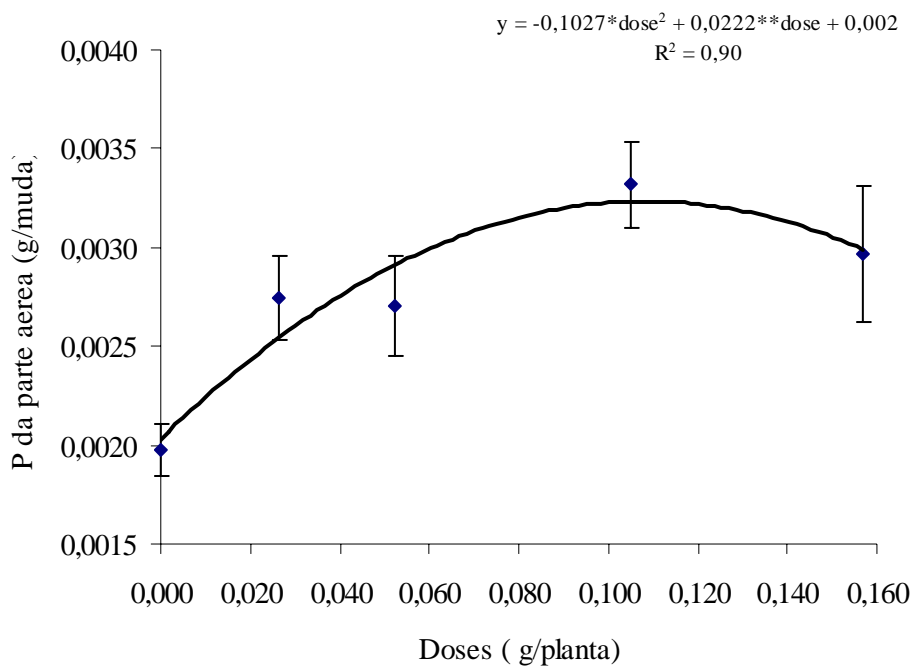


Figura 7: Conteúdo de P de biomassa da parte aérea das mudas de *Eucalyptus urograndis*, aos 120 dias após a semeadura, em diferentes níveis de N (uréia) e K₂O (cloreto de potássio). *significativo ao nível de 5%, **significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste t.

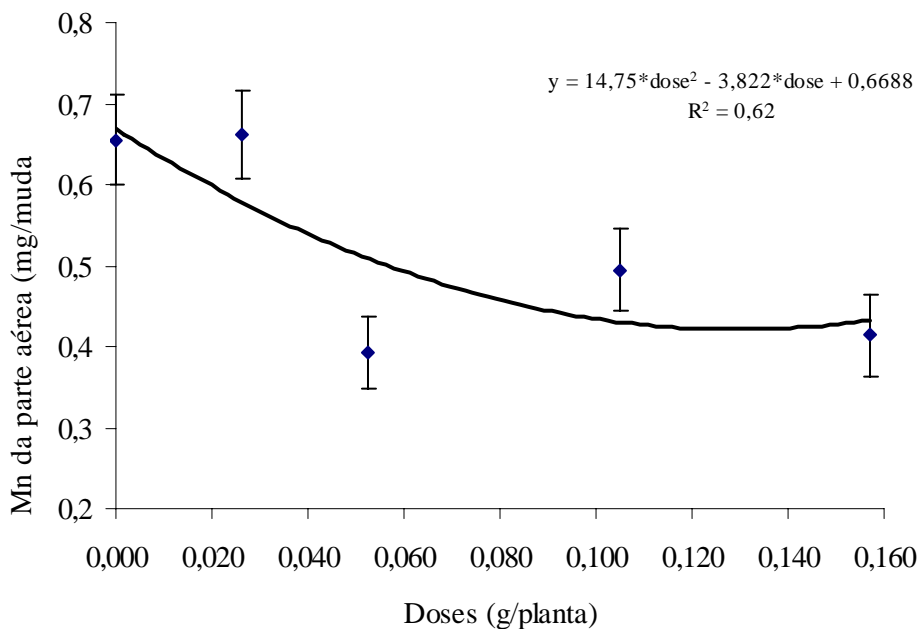


Figura 8: Conteúdo de Mn de biomassa da parte aérea das mudas de *Eucalyptus urograndis*, aos 120 dias após a semeadura, em diferentes níveis de N (uréia) e K₂O (cloreto de potássio). *significativo ao nível de 5%, pelo teste t.

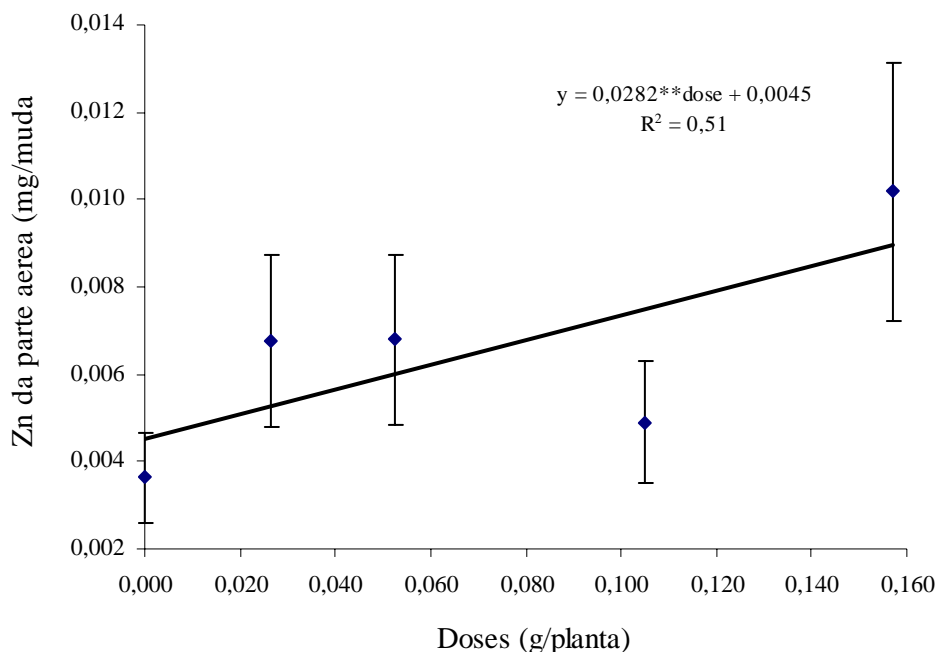


Figura 9: Conteúdo de Zn de biomassa da parte aérea das mudas de *Eucalyptus urograndis*, aos 120 dias após a semeadura, em diferentes níveis de N (uréia) e K₂O (cloreto de potássio). **significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste t.

5. CONCLUSÕES

As maiores percentagem de arenito zeolítico no substrato produz mudas de *Eucalyptus urograndis* de melhor qualidade.

As mudas de eucalipto responderam aos níveis de N e K₂O, sendo o maior crescimento atingido na faixa de 0,085 a 0,129 gramas de N e K₂O por muda.

Não houve dependência do crescimento e do conteúdo dos nutrientes analisados entre adição de arenito zeolítico e os níveis de N e K₂O.

6. CONSIDERAÇÕES

Apesar dos melhores resultados apresentados por algumas das características das mudas produzidas no substrato com 50% de arenito zeolítico, é importante avaliar o custo de aquisição do produto. Além disso, usando 50% do arenito zeolítico, observou-se maior densidade do substrato, além do aparecimento de maior quantidade de musgos na superfície do substrato, ao longo do processo de produção das mudas.

É necessário testar de campo, para verificar se as mudas produzidas com maiores percentagem de arenito zeolítico têm maior capacidade de resistir a períodos de seca, logo após o plantio.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR. M.R.M.P.; et al. Remoção de metais pesados de efluentes industriais por aluminossilicatos. **Química Nova**, v. 125, n. 6, p.1145-1154, 2002.

BERNARDI A.C.C.; et al. Produção, aparência e teores de nitrogênio, fósforo e potássio em alface cultivada em substrato com zeólita. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n.4, p.322-330, 2005.

BERNARDI A.C.C.; et al. Produção e qualidade de frutos de tomateiro cultivado em substrato com zeólita. **Horticultura Brasileira** v. 25, n.2, p.306-311, 2007.

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

CELTA BRASIL. **Derivado da família Zeocel, FORCECEL 3080 é um mineral 100% natural do tipo aluminossilicato hidratado**. Disponível em <http://celtabrasil.com.br> Acesso em 16 junho de 2008.

COONEY, E.L. et. al. Ammonia removal from wastewaters using natural Australian zeolite. I. Characterization of the zeolite. **Separation Science and Technology**, v.34, n.12, p.2307-2327, 1990.

CUNHA NETO, F.V. **Uso de zeólita na composição de substratos para produção de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan e *Toona ciliata* M. Roem.** Monografia. (Conclusão de Curso em Engenharia Florestal): Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 21 p., 2008.

DE BOOTD, M.; VERDONCK, O. Physical properties of the substrates in horticulture. **Acta Horticulture**, v. 26, p.37-44, 1972.

DUMITRU, T. Thermal Analysis of Minerals. **ABACUS PRESS**, Romênia, 1976.

GRUGIKI, M. A. **Uso de zeólita na composição de substratos para a produção de mudas de eucalipto**. Monografia. (Conclusão de Curso em Engenharia Florestal): Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 23 p., 2007.

HAHN, C.M.; OLIVEIRA, C.; AMARAL, E.M.; RODRIGUES, M.S.; SOARES, P.V. **Recuperação florestal: da semente à muda**. São Paulo, SP: Secretaria do Meio Ambiente para a Conservação e Produção Florestal do Estado de São Paulo, 142p., 2006.

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA. Zeólita aumenta produtividade da alface. Disponível em <http://inovaçãotecnologica.com.br> Acesso em 16 julho de 2007.

LELES, P. S. S. **Produção de mudas de *Eucalyptus camaldulensis*, *E. grandis* e *E. pellita* em blocos prensados e em tubetes**. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Campos dos Goytacazes - RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF, 71p., 1998.

KUBENA, L.F.; et al.; Efficacy of a hydrated sodium calcium aluminosilicate to reduce the toxicity of aflatoxin. **Poultry Science**, v.69, p. 1078-1086, 1990.

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

MARQUEZ, E. Características físico-químicas de las zeólitas naturales como medio filtrante. **In: XXVII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental-Asociación Brasileira de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Anais...** 2000. CD Room.

MEURER E. J. Potássio. **In: Fernandes M.S. Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: SBCS, 2006. p. 282-293.

PAIVA, P.R.P.; et al. Aplicação de zeolita natural como fertilizante de liberação lenta. **In: XX ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS E METALURGIA EXTRATIVA**, 6., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ENNTMME, 2004. p. 259-266.

PEZZUTI R.V.; SCHUMACHER M.V.; HOPPE J. M. Crescimento de mudas de *Eucalyptus globulus* em resposta à fertilização de NPK. **Ciência Florestal**, v. 9, n. 2, p. 117-125, 1999.

RIBEIRO JÚNIOR, J. I. **Análises estatísticas no SAEG**. Viçosa: UFV, 301p., 2001.

SAZZAD, M.H.; REZENDE, M.J.M. Níveis de fósforo disponível e utilização de zeólita com fosfato natural sobre o desempenho de poedeiras leves. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 48, n. 3, p. 347-52, 1996.

SCHUMACHER M.V.; CECONI, D.E.; SANTANA, C.A. Influência de diferentes doses de fósforo no crescimento de mudas de angico-vermelho (*Parapiptadenia rigida* (Benth) Brenan), **Revista Árvore**, v.28, n.1, p.163-168, 2004.

TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J.; BOHEN, H. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS/Departamento de solos, 1995. 174p. (Boletim técnico).

8. ANEXOS

Anexo 1A: Quadrado médio da análise de variância e coeficiente de variação da altura (ALT), diâmetro de colo (D), peso da matéria seca da parte aérea (PSA), peso de matéria seca do sistema radicular (PSR), a relação peso de matéria seca do sistema radicular e peso seco de matéria seca da parte aérea (PSR/PSA), das mudas de *Eucalyptus urograndis* ao 120 dias após a semeadura

FV	GL	ALT	D	PSA	PSR	PSR/PSA
Zeolita	2	16,67 ^{n.s.}	0,00070 ^{n.s.}	0,17 ^{n.s.}	0,13 *	0,083 *
Adubação	4	68,44 *	0,44 *	0,21 ^{n.s.}	0,067 *	0,017 ^{n.s.}
Ad. x Zeol.	8	7,96 ^{n.s.}	0,98 ^{n.s.}	0,45 ^{n.s.}	0,026 ^{n.s.}	0,047 ^{n.s.}
Resíduo	45	9,84	0,13	0,10	0,025	0,022
CV (%)		11,54	11,50	33,16	36,26	37,92

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

^{n.s.} - não significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

Anexo 2A: Quadrado médio da análise de variância e coeficiente de variação do conteúdo de potássio e de fósforo da biomassa da parte aérea e da biomassa do sistema radicular de mudas de *Eucalyptus urograndis* ao 120 dias após a semeadura

FV	GL	-----Conteúdo de K-----		-----Conteúdo de P-----	
		parte aérea	sist. radicular	parte aérea	sist. radicular
Zeolita	2	0,534.10 ⁻⁴ *	0,115.10 ⁻⁶ ^{n.s.}	0,172.10 ⁻⁵ ^{n. s.}	0,754.10 ⁻⁷ ^{n.s.}
Adubação	4	0,100.10 ⁻³ *	0,191.10 ⁻⁵ *	0,292.10 ⁻⁵ *	0,216.10 ⁻⁷ ^{n.s.}
Ad.x Zeol.	8	0,644.10 ⁻⁵ ^{n.s.}	0,507.10 ⁻⁶ ^{n.s.}	0,460.10 ⁻⁶ ^{n. s.}	0,113.10 ⁻⁶ ^{n.s.}
Resíduo	45	0,107.10 ⁻⁴	0,608.10 ⁻⁶	0,709.10 ⁻⁶	0,839.10 ⁻⁷
CV (%)		30,59	35,06	30,71	41,17

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

^{n.s.} - não significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

Anexo 3A: Quadrado médio da análise de variância e coeficiente de variação do conteúdo de cálcio e de magnésio da biomassa da parte aérea e da biomassa do sistema radicular de mudas de *Eucalyptus urograndis* ao 120 dias após a semeadura

FV	GL	-----Conteúdo de Ca-----		-----Conteúdo de Mg-----	
		parte aérea	sist. radicular	parte aérea	sist. radicular
Zeolita	2	0,588.10 ⁻⁴ ^{n.s.}	0,599.10 ⁻⁵ *	0,134.10 ⁻⁵ ^{n. s.}	0,349.10 ⁻⁵ *
Adubação	4	0,143.10 ⁻³ ^{n.s.}	0,407.10 ⁻⁶ ^{n.s.}	0,667.10 ⁻⁶ ^{n.s.}	0,455.10 ⁻⁶ ^{n.s.}
Ad.x Zeol.	8	0,128.10 ⁻³ ^{n.s.}	0,545.10 ⁻⁶ ^{n.s.}	0,296.10 ⁻⁶ ^{n. s.}	0,720.10 ⁻⁶ ^{n.s.}
Resíduo	45	0,127.10 ⁻³	0,292.10 ⁻⁶	0,769.10 ⁻⁶	0,341.10 ⁻⁶
CV (%)		30,59	39,76	40,31	40,71

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

^{n.s.} - não significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

Anexo 4A: Quadrado médio da análise de variância e coeficiente de variação do conteúdo de manganês e de zinco da biomassa da parte aérea e da biomassa do sistema radicular de mudas de *Eucalyptus urograndis* ao 120 dias após a semeadura

FV	GL	-----Conteúdo de Mn-----		-----Conteúdo de Zn-----	
		parte aérea	sist. radicular	parte aérea	sist. radicular
Zeolita	2	0,0968 *	0,00945 *	$0,664 \cdot 10^{-4}$ n. s.	0,000193 n.s.
Adubação	4	0,200 *	0,000413 n.s.	$0,235 \cdot 10^{-3}$ *	0,00103 n.s.
Ad. x Zeol.	8	0,0329 n.s.	0,000265 n.s.	$0,330 \cdot 10^{-4}$ n. s.	0,00108 n.s.
Resíduo	45	0,0284	0,000361	$0,480 \cdot 10^{-4}$	0,000791
CV (%)		32,17	35,35	34,32	22,30

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

n.s. – não significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.