



**INSTITUTO DE FLORESTAS
DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA**

**USO DE ZEOLITA NA COMPOSIÇÃO DE SUBSTRATOS PARA
A PRODUÇÃO DE MUDAS DE EUCALIPTO**

MARILIA ALVES GRUGIKI

ORIENTADOR: Prof. Dr. Paulo Sérgio dos Santos Leles

SEROPÉDICA – RJ

AGOSTO – 2007
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA

**USO DE ZEOLITA NA COMPOSIÇÃO DE SUBSTRATOS PARA A PRODUÇÃO DE
MUDAS DE EUCALIPTO**

MARILIA ALVES GRUGIKI

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 15 de agosto de 2007

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Paulo Sérgio dos Santos Leles – UFRRJ
Orientador

Prof. Dr. Sílvio Nolasco de Oliveira Neto – UFRRJ

Pesquisador Dr. José Carlos Polidoro – Embrapa Solos

DEDICO

Aos meus pais pela dedicação, ensinamentos e amor incondicional.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me escolher e amar ainda no ventre da minha mãe, sendo a razão do meu viver. Toda a honra, glória e louvor a Ti!

Ao Professor Paulo Sérgio dos Santos Leles pela oportunidade em realizar este trabalho, pelos momentos divertidos, pela atenção, amizade e principalmente pelos ensinamentos.

À minha amada mãe, Lucinéia da Penha Alves Grugiki, mulher valorosa, sábia e guerreira. Exemplo de vida! Quando eu crescer quero ser igual a você!

Ao meu querido pai, Sebastião Arildo Grugiki, homem íntegro e justo que me incentivou e apoiou na conclusão do meu curso e em todas as adversidades em minha vida. Simplesmente amo você!

Aos meus irmãos João Antonio e Mirela, por fazerem parte da minha vida.

À minha querida amiga Isabel Matos Fraga, por ser instrumento de Deus na minha vida e por estar presente em todos os momentos. 'Miga' muito obrigada!

Ao meu namorado, Khalil de Menezes Rodrigues, um presente de Deus, que apenas por estar ao meu lado me faz mais feliz.

Aos meus tios, tias, primos e primas que torcem por mim, em especial a minha amada e inesquecível Tia Antônia, que sempre esteve na arquibancada da minha vida e no momento mais importante do jogo, mesmo sem saber e de um jeito tão singular, se fez presente através do seu amor e carinho.

Aos meus vizinhos e amigos de Aracruz pelo apoio e incentivo, além da torcida.

À família Mol de Menezes, em especial à Dona Aparecida, Maria Eugênia, Carine e Marcus Vinícius, por ter me adotado e ser a minha segunda família.

Ao Professor e amigo Edmir Dan, pela amizade e oportunidade.

À minhas amigas Ranusa Coffler e Elisabeth Uchoas, pela eterna amizade e cumplicidade, dando aquela forcinha em todos os momentos.

Às amigas do quarto 302, pelo grande aprendizado e amizade.

Às Igrejas Batista Filadélfia e Batista Independente Betel pelas orações, em especial ao Pastor Gérson e irmã Maria pelo carinho, apoio e orações.

Às minhas queridas e verdadeiras amigas Leia e Carla, pela intensa amizade.

Aos meus amigos do curso de Engenharia Florestal e Agronomia, pela grande amizade.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro pela acolhida e por ter me transformado em uma profissional, além de ter me ensinado grandes lições da vida.

Ao Prof. Sílvio Nolasco de Oliveira Neto pela oportunidade e amizade.

À Embrapa Solos, em especial ao Pesquisador José Carlos Polidoro.

Ao Prof. Ricardo da Silva Pereira e ao Servidor Sebastião Corrêa da Costa por terem possibilitado a realização deste experimento no viveiro Luiz Fernando Oliveira Capellão na UFRRJ.

Aos estagiários do LAPER – Laboratório de Pesquisa e Estudos em Reflorestamento, pela ajuda na realização do experimento, amizade e companheirismo.

Aos colegas de turma pelo companheirismo e a convivência do dia a dia.

A todos aqueles que não foram citados, mas com certeza também estiveram ao meu lado durante todo o curso.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	2
	2.1. Substratos.....	2
	2.2. Zeólita.....	3
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	4
	3.1 Experimento I.....	4
	3.2 Experimento II.....	5
	3.3 Análise dos dados.....	5
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	6
	4.1 Experimento I.....	6
	4.1.1 Caracterização dos substratos.....	6
	4.1.2 Crescimento das mudas de <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	9
	4.1.3 Crescimento das mudas de <i>E. urograndis</i>	13
	4.2 Experimento II.....	14
	4.2.1 Caracterização dos substratos utilizados.....	14
	4.2.2 Crescimento das mudas de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> e <i>E. urograndis</i>	16
5	CONCLUSÕES.....	18
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	18
7	ANEXOS.....	21

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade técnica do uso de zeólita, como condicionador de solo, para produção de mudas de eucalipto. Foram conduzidos dois experimentos com *Eucalyptus camaldulensis* e *E. urograndis*, sendo que no primeiro estudou-se a produção de mudas, usando zeólita e um substrato orgânico e no segundo a zeólita e um substrato industrial. Foram feitas análises químicas e físicas dos substratos utilizados nos experimentos. As mudas foram avaliadas quanto a altura e o diâmetro de colo, e no final dos experimentos o peso de matéria seca da parte aérea e do sistema radicular. Verificou-se que à medida que aumenta a percentagem de zeólita no substrato, o pH deste aumenta e a CTC, o P assimilável e a condutividade elétrica diminuem, bem como a capacidade de retenção de umidade. Usando o composto orgânico, constatou-se que o crescimento das mudas diminuiu à medida que aumenta a proporção de zeólita e para o substrato industrial a concentração de zeólita, no substrato, não teve influência no crescimento das mudas. Para as condições que foi realizado o estudo, não recomenda-se o uso da zeólita para a produção de mudas de eucalipto.

Palavras chaves: qualidade de mudas, retenção de umidade e aluminossilicatos.

ABSTRACT

This paper had as objective to evaluate the viability technique of the use of zeolita, as conditioning of ground, for production of changes of eucalipto. Two camaldulensis experiments with urograndis Eucalyptus and E had been lead., being that in the first one it was studied according to production of changes, using zeolite and a organic substratum and in the zeolite and an industrial substratum. Chemical and physical analyses of substrata used in the experiments had been made. The dumbs had been evaluated how much the height and the diameter of col, and in the end of the experiments the weight of dry substance of the aerial part and the system to radicular. It was verified that to the measure that increases the percentage of zeolita in the substratum, pH of this increases and the CTC, the assimilable P and the electric condutividade diminishes, as well as the capacity of humidity retention. Using the organic composition, one evidenced that the growth of the changes diminished to the measure that increases the ratio of zeolita and parra the industrial substratum the zeolita concentration, in the substratum, did not have influence in the growth of the changes. For the conditions that were carried through the study, the use of the zeolita for the production of changes of eucalipto does not send regards.

Words keys: quality of changes, retention of humidity and aluminossilicatos.

USO DE ZEOLITA NA COMPOSIÇÃO DE SUBSTRATOS PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE EUCALIPTO

1. INTRODUÇÃO

O eucalipto, devido ao vasto emprego de sua madeira, adaptações às diversas regiões do país e o seu rápido crescimento, quando comparado as outras espécies, principalmente as nativas, vêm sendo amplamente cultivado em diversas regiões do Brasil.

As regiões que mais se destacam, em áreas de plantio de eucalipto, são a Região Sudeste, representada pelos estados de Minas Gerais, São Paulo e Espírito Santo, a Região Nordeste representada pela Bahia, e a Região Sul representada pelo Rio Grande do Sul. Nos estados do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Maranhão e Pará, as áreas de plantios têm aumentado significativamente nos últimos anos.

A produção de mudas é um dos fatores importantes para o êxito de um povoamento com eucalipto. Estas, além de resistirem às condições adversas, devem ser capazes de se desenvolver produzindo árvores com crescimento satisfatório.

Entre os fatores que influenciam diretamente na qualidade das mudas está o substrato, que segundo CARNEIRO (1995) deve ser o meio adequado para a sustentação das mudas e retenção de quantidades necessárias de água, oxigênio e nutrientes, além de exercer outras funções. Na escolha do substrato, deve-se observar principalmente as características físicas, as químicas e a relação custo/disponibilidade. As características físicas mais importantes são a macro e a microporosidade, que exercem influência direta na quantidade de água e de ar retidos pelas partículas do solo; a densidade, que influencia no crescimento do sistema radicular e a retenção de umidade. As características químicas estão relacionadas, principalmente, com a nutrição das mudas. Além das características citadas acima, os materiais a serem utilizados na composição de um substrato, devem ter qualidade, e serem disponíveis na região o que favorece um mais baixo custo de obtenção.

Difícilmente encontra-se um substrato que apresente todas as características favoráveis ao crescimento e desenvolvimento das mudas. Neste sentido surgem as misturas de substratos.

Várias rochas e minerais podem ser utilizados em 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, promovendo a geração de condições favoráveis ao plantio, em termos de quantidade de nutrientes e umidade, e também como substrato para produção de mudas. Nesse contexto, destacam-se os minerais industriais.

Entre as rochas com disponibilidade de uso para a produção de substratos encontra-se a zeolita. O Brasil possui grandes depósitos de zeólitas e sua extração pode se transformar numa alternativa econômica e social na geração de emprego. A grande variedade de aplicações tecnológicas tem sido responsável pelo crescente interesse nas zeólitas em diversos setores, destacando-se a indústria de petróleo, agricultura, tratamento de solos contaminados, purificação de águas e de rejeitos da indústria mineiro-metalúrgica. As zeólitas englobam um grande número de minerais naturais que apresentam características comuns. São aluminossilicatos hidratados de metais alcalinos, ou alcalinos terrosos, principalmente sódio, potássio, magnésio e cálcio. 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 (Disponível em: <http://www.inovaçãotecnologica.com.br>, acessado em 16 julho de 2007).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade técnica do uso de zeólita na composição de substratos na produção de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. urograndis*.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Substratos para a produção de mudas

A produção de mudas em viveiros constitui uma das fases mais importantes do processo de implantação de povoamentos florestais, pois mudas de baixa qualidade podem comprometer todas as operações seguintes (GALLO et al., 1978).

Os substratos para a produção de mudas podem ser definidos como sendo o meio adequado para sua sustentação e retenção de quantidades suficientes e necessárias de água, oxigênio e nutrientes, além de oferecer pH compatível, ausência de elementos químicos em níveis tóxicos e condutividade elétrica adequada. A fase sólida do substrato deve ser constituída por uma mistura de partículas minerais e orgânicas. O estudo do arranjo percentual desses componentes é importante, já que eles poderão ser fonte de nutrientes e atuarão diretamente sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas. Portanto, em decorrência do arranjo quantitativo e qualitativo dos materiais minerais e orgânicos empregados, as mudas serão influenciadas pelo suprimento de nutrientes, água disponível e oxigênio (ROSA JUNIOR. et al., 1998).

A nutrição das plantas é afetada diretamente pela composição do substrato utilizado, pelos níveis de nutrientes disponíveis e conforme a quantidade de adubo adicionado. Matérias primas usadas na formulação de um substrato podem disponibilizar nutrientes, à medida que vão se decompondo ou se transformando. Outra influência do substrato na nutrição é a sua capacidade de retenção de água (MINAMI, 2000).

Inúmeros substratos, em sua constituição original ou combinada, são usados atualmente para propagação de espécies florestais via sementes ou vegetativamente. Na escolha de um substrato, devem-se observar, principalmente, suas características físicas e químicas, a espécie a ser plantada, além dos aspectos econômicos, quais sejam: baixo custo e disponibilidade (FONSECA, 2001).

Difícilmente se encontra um material com todas as características adequadas para atender às condições para o ótimo crescimento e desenvolvimento das plantas (SOUZA, 1995). Nesse sentido, o substrato poderá ser formado de solo mineral ou pode ser orgânico, de um ou diversos materiais ou misturas, como a casca de arroz (in natura, carbonizada ou queimada), poliextrileno expandido (isopor), espuma fenólica, areia, produtos da madeira, como serragem e maravalha, composto de lixo domiciliar urbano, compostos de restos de podas, vermicomposto, fibra de coco semidecomposta e lâ-de-rocha (VERDONCK, 1984; PUCHALSKI, 1999).

Na escolha do material para o substrato deve ser levado em consideração o tamanho da semente, sua exigência com relação à umidade, sensibilidade ou não à luz e, ainda, a facilidade que este oferece para o desenvolvimento e avaliação de plântulas (FIGLIOLIA et al., 1993; FANTI e PEREZ, 1999).

Para atender às necessidades das plantas um substrato padrão, independente de sua composição, deve apresentar baixa densidade, teor adequado de nutrientes, elevada capacidade de troca catiônica, boa capacidade de retenção de água, aeração e drenagem, boa

coesão entre as partículas e ser isento de fungos do gênero *Phytophthora* e nematóides (TOLEDO, 1992).

As propriedades físicas de um substrato são teoricamente mais importantes que as propriedades químicas, já que as primeiras são mais difíceis de serem modificadas (MILNER, 2001). As características físicas de maior importância para determinar o manejo dos substratos são granulometria, porosidade e curva de retenção de água. A definição da granulometria do substrato permite sua manipulação e conseqüentemente sua melhor adaptação às situações de cultivo, pois possibilita diferentes proporções entre macro e microporosidade e, conseqüentemente, diferentes relações entre ar e água (FERMINO, 2002).

Entre as principais características de um substrato envolvidas com o potencial de germinação das sementes, pode-se citar a porosidade, retenção da umidade do substrato, densidade e disponibilidade de nutrientes para a planta (MEEROW, 1995). O substrato deve garantir por meio de sua fase sólida a manutenção mecânica do sistema radicular, assegurando um balanço correto de água-ar, estabelecendo na fase líquida o suprimento de água e nutrientes, e na fase gasosa o suprimento de oxigênio e o transporte de dióxido de carbono entre as raízes e o ar externo. Deve, ainda, estar isento de elementos minerais ou qualquer outra substância em concentração fitotóxica, assim como de fitopatógenos, pragas e plantas indesejáveis (VAVRINA et al., 2002).

2.2 ZEÓLITAS

A origem da palavra zeólita deriva do grego *zeo* e *lithos*, que significa “pedra que ferve”. Essa denominação se deu ao verificar que, sob aquecimento, um mineral poroso (hoje conhecido como estilbita) parecia ebulir, com elevada liberação de vapor de água (LUNA e SCHUCHARDT, 2001). As zeólitas ocorrem na natureza em quantidade suficiente para serem consideradas como um recurso mineral viável.

Zeólitas são aluminossilicatos hidratados, altamente cristalinos, 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).

Suas principais propriedades, a 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. 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^+). 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 (MARQUEZ, 2000).

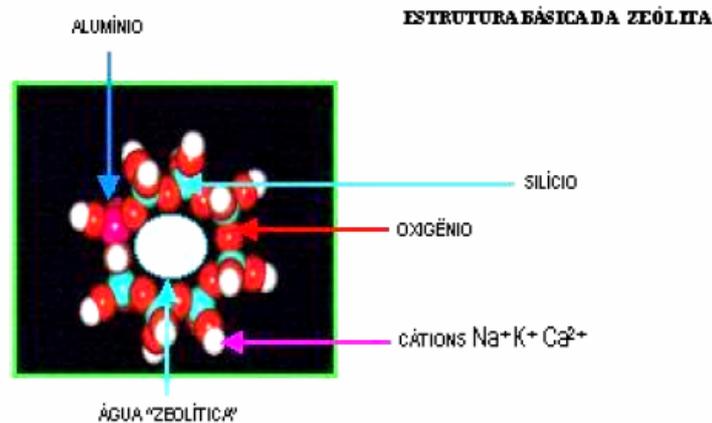


Figura 1- Estrutura básica de uma zeólita [RODRIGUEZ, 2001].

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, sendo desenvolvido na forma de dois experimentos, seqüenciais. As espécies utilizadas foram *Eucalyptus camaldulensis* e o híbrido *Eucalyptus urophylla x E. grandis*, neste trabalho chamado de *Eucalyptus urograndis*.

3.1 Experimento I - Produção de mudas de eucalipto utilizando composto orgânico e Zeólita

Neste experimento foram testados 7 tipos de substratos, utilizando-se diferentes concentrações de zeólita, composto orgânico, moinha de carvão e vermiculita (Tabela 1). O experimento foi conduzido entre os meses de setembro de 2006 a fevereiro de 2007, época quente e com maiores intensidades de chuvas.

Tabela 1: Composição dos componentes (%) para formação dos substratos, utilizados para a produção de mudas de eucalipto do experimento I

Tratamento	Zeólita	Composto orgânico	Vermiculita	Moinha de carvão
1	0	70	10	20
3	5	85	0	10
4	10	80	0	10
5	20	70	0	10
6	40	50	0	10
7	60	30	0	10

O tratamento 2 foi constituído de um substrato industrial, normalmente utilizado para a produção de mudas de eucalipto, que também serviu como testemunha.

Todos os substratos antes do cultivo, juntamente com a zeólita, foram submetidos à análise química, condutividade elétrica e a teste de retenção de umidade, a diferentes potenciais hídricos, seguindo metodologia descrita pela EMBRAPA (1997), no Laboratório de Água, Solo e Plantas (LASP), da Embrapa solos.

Para cada espécie foi estabelecido um experimento utilizando o delineamento estatístico Inteiramente Casualizado (DIC), constituído por quatro repetições com quatro mudas por unidade amostral.

A semeadura foi realizada diretamente nos tubetes de 56 cm³ e conduzidas para casa de sombra, onde permaneceram até a germinação das sementes. Trinta dias após a semeadura foi realizado o desbaste, deixando-se a plântula de maior vigor, e cinco dias após esta operação as mudas foram transferidas para a bancada, a pleno sol. A irrigação foi realizada de acordo com as observações visuais de necessidade da planta, normalmente duas vezes ao dia. Quando as mudas dos melhores tratamentos, de cada espécie, estavam com altura da parte aérea em torno de 12 cm, foi realizado a alternagem dos tubetes nas bandejas, deixando-se 50% das células da bandeja sem tubetes, para evitar competição por luz e possíveis problemas sanitários.

As avaliações consistiram de medições mensais da altura a partir de 60 até 120 dias após a semeadura (época de expedição das mudas para o plantio no campo). O diâmetro do colo também foi medido, porém apenas aos 90 e 120 dias após a semeadura. Após a última avaliação, para cada espécie, em cada tratamento, foram selecionadas duas mudas de cada repetição, 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 cortada, e em seguida recolhida. O sistema radicular foi lavado em água corrente e seco ao sol para retirar o excesso de água. Após a coleta, a parte aérea e o sistema radicular, de cada muda, foram acondicionados, separadamente, em sacos de papel. Em seguida, todo o material foi seco em estufa de circulação de ar interna a temperatura de 65°C, por 48 horas, e pesados.

3.2 Experimento II - Produção de mudas de eucalipto utilizando substrato industrial e Zeólita

De posse dos resultados do experimento I, seqüencialmente, foi montado um 2º experimento, onde foram testadas quatro proporções de zeólita (0%, 10%, 20% e 40%) com diferentes combinações (100%, 90%, 80% e 60%) de substrato industrial.

Os substratos produzidos foram analisados pela mesma metodologia do experimento I, bem como a montagem e condução. A avaliação do experimento ocorreu apenas em duas épocas, 60 e 90 dias, quando as plantas foram colhidas sendo obtidos os pesos de matéria seca. O experimento foi conduzido a partir do mês de março até o mês de junho, época com temperaturas mais amenas e com baixa precipitação.

3.3 Análise dos dados

Para cada experimento, os dados de pH, fósforo assimilável, capacidade de troca catiônica e condutividade elétrica, em função das diferentes proporções de zeólita no substrato, foram submetidos à 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 no valor grau de ajustamento (R^2) foi feita escolha das equações, que explicam o comportamento valores dependentes, em função das proporções de zeólita no substrato. Para as análises de regressão seguiu-se as orientações de RIBEIRO JÚNIOR (2001).

Em ambos os experimentos, para cada espécie, os dados 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. Constatou-se não haver

necessidade de transformação dos dados. Em seguida realizou-se a análise de variância e análise de regressão, conforme mencionado ao estudar as características dos substratos. Em todas as análises estatísticas, utilizou-se o Software SAEG – Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (JUNIOR, R. e IVO, J, 2001).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento I – Produção de mudas de eucalipto utilizando composto orgânico e Zeólita

4.1.1 Caracterização dos substratos utilizados

A análise química completa dos substratos utilizados no experimento encontra-se no Anexo 1A.

Na Figura 1 são apresentadas as curvas de retenção de umidade dos três substratos puros. Constata-se que, a zeólita apresenta uma baixa retenção de umidade e o substrato industrial a maior capacidade de retenção de umidade. Na Figura 2 são apresentadas as curvas de retenção de umidade dos substratos com diferentes proporções de zeólita e de composto orgânico, onde verifica-se que quanto maior a proporção de zeólita menor retenção de água. O substrato com a menor dose de zeólita foi o que apresentou os maiores teores de umidade. Este comportamento não era esperado, pois segundo MARQUEZ (2000), a zeólita possui alta retenção de umidade, sendo utilizada como condicionador de solo.

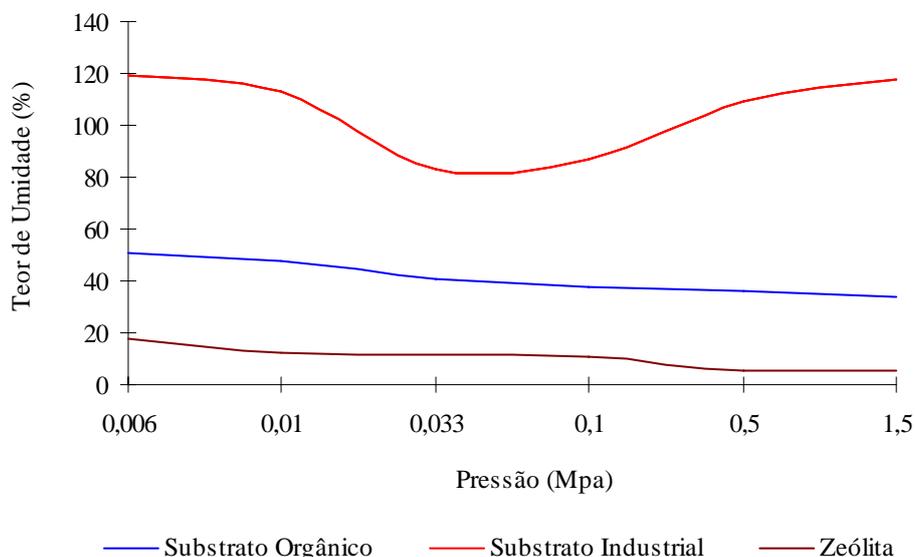


Figura 1: Teor de umidade (%) dos materiais puros utilizados para a produção de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. urograndis*.

Os valores da análise de retenção de umidade dos substratos utilizados no experimento encontram-se no Anexo 1B.

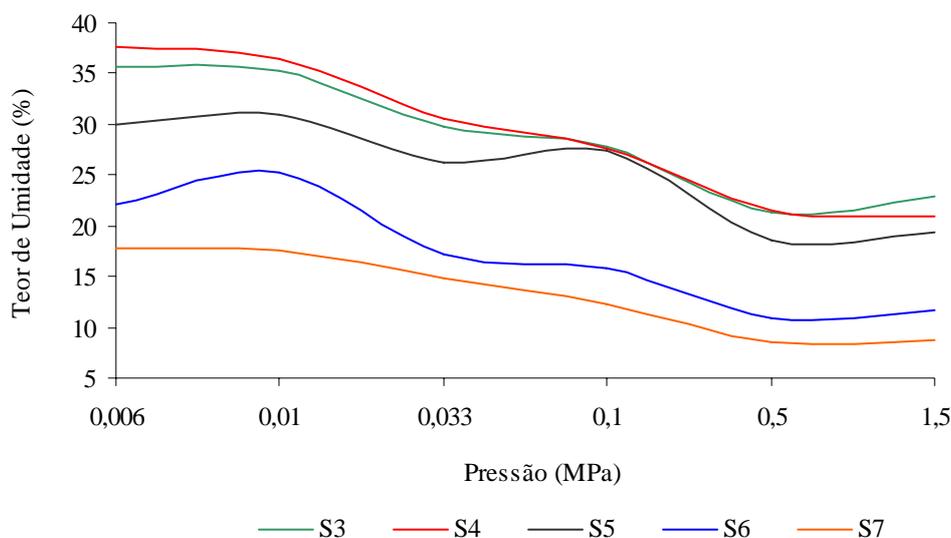


Figura 2: Teor de umidade (%) dos substratos utilizados para produção de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. urograndis*. S3, S4, S5, S6 e S7 com 5, 10, 20, 40 e 60% em volume de zeolita, respectivamente.

A curva de retenção de umidade é de grande importância na determinação do regime de irrigação, sendo determinada pelo teor, quantidade e qualidade dos componentes do substrato, principalmente a matéria orgânica e alguns tipos de material inerte, como a vermiculita. Alguns materiais como a fibra de coco, retêm grande quantidade de água, o que pode reduzir substancialmente a necessidade de irrigações ao longo do dia, principalmente no inverno (TAVEIRA, 2002).

Na Figura 3 é apresentado o comportamento de algumas características do substrato em função da proporção de zeolita. Verifica-se que a capacidade de troca catiônica (CTC), fósforo assimilável e condutividade elétrica diminuem com o aumento da proporção de zeolita no substrato, e para pH foi observado comportamento inverso.

O pH é um importante indicador das condições química do solo, por possuir capacidade de interferir na disposição de vários elementos químicos essenciais ao desenvolvimento vegetal, favorecendo ou não suas liberações. BRADY (1983) descreve que o pH abaixo de 4,5, que é o caso do substrato industrial, pode resultar em dissolução de alguns elementos como ferro, alumínio e manganês, em proporções tais que podem tornar-se tóxicos, dificultando o desenvolvimento de algumas plantas.

Quando o pH se encontra muito elevado, isto é acima de 8,0, o ferro, o manganês e o zinco se tornam menos assimiláveis ao vegetal, também interferindo em seu desempenho. Em relação ao P, a sua disponibilidade máxima acontece quando o pH está ao redor de 6,5, já que valores mais baixos favorecem a formação de fosfatos de Fe e de Al de baixa disponibilidade e a elevação do pH, por sua vez, conduz a precipitação do P na solução como fosfatos de cálcio de menor disponibilidade. Com o Al, a alcalinidade conduz a sua precipitação na forma de hidróxido (MALAVOLTA, 1980).

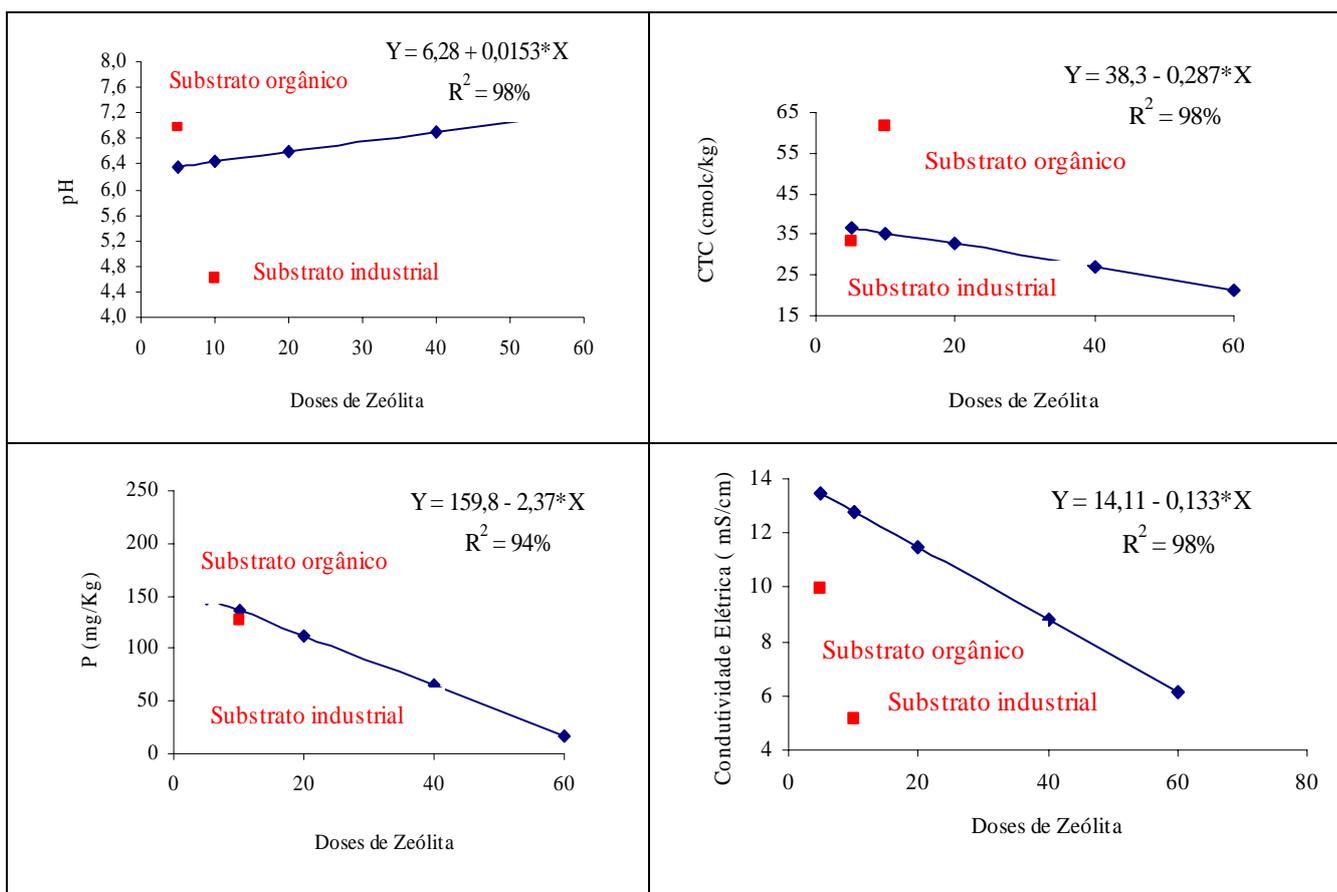


Figura 3: Comportamento do pH, capacidade de troca catiônica, fósforo assimilável e condutividade elétrica dos substratos com diferentes proporções de zeólita para a produção de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. urograndis*. (*significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste t).

A CTC, segundo MALAVOLTA (1980), está relacionada diretamente com a redução de perdas por lixiviação e absorção dos nutrientes, sendo que quanto maior a CTC do substrato maior será sua absorção por nutrientes e menor será a perda por lixiviação. Com base nesta informação, os substratos com maiores proporções de Zeólita não são indicados, devido a diminuição da CTC, o que não era esperado, pois segundo MARQUEZ (2000) a zeólita apresenta alta CTC.

O P participa de vários processos metabólicos da planta, como a transferência de energia, síntese de ácidos nucleicos, glicose, respiração, síntese e estabilidade de membrana, ativação e desativação de enzimas, reações redox, metabolismo de carboidratos e fixação de N_2 (MARENCO e LOPES, 2005). Entretanto, a interação do P com os constituintes do solo, com o Al, Fe e Ca, sua ocorrência em formas orgânicas e sua lenta taxa de difusão no solo tornam o P o nutriente menos prontamente disponível na rizosfera.

A condutividade elétrica (CE) é usada para medir a quantidade de sais presente em solução do solo. Quanto maior a quantidade de sais presente na solução, maior será o valor de CE obtido. TOMÉ JUNIOR (1997) afirma que o excesso de sais na zona radicular, independentemente dos íons presentes, prejudica a germinação, o desenvolvimento e a produtividade das plantas. Isso porque uma maior concentração da solução exige da planta um maior dispêndio de energia para conseguir absorver água (efeito osmótico) prejudicando seus processos metabólicos essenciais. Porém, deve ficar claro que cada espécie vegetal possui um

nível de tolerância ao excesso de sais. Tal relação não foi observada neste trabalho, pois os substratos que apresentaram menor crescimento apresentaram baixa CE.

Na Tabela 2 são apresentadas algumas características físicas dos diferentes substratos.

Tabela 2: Densidade do solo, densidade de partícula e porosidade dos substratos com diferentes proporções de zeólita na produção de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. urograndis*, produzidas em diferentes substratos

Substrato	Dens. do solo -----kg/dm ³ -----	Dens. de part.	Porosidade (%)		
			Total	Macro	Micro
Composto orgânico (C.O)	0,67	1,78	62,6	11,8	50,8
Substrato industrial	0,33	1,22	72,6	-46,9	119,5
5% zeólita + 95% C.O	0,87	2,25	61,3	25,5	35,8
10% zeólita + 90% C.O	0,84	2,21	62,0	24,3	37,7
20% zeólita + 80% C.O	0,97	2,27	57,3	27,4	29,9
40% zeólita + 60% C.O	1,13	2,41	53,4	31,3	22,1
60% zeólita + 40% C.O	1,23	2,49	50,6	32,9	17,7
Zeólita 100%	1,37	2,61	47,6	30,2	17,4

FERMINO (2002) afirma que a densidade do substrato a ser usado em recipiente é a primeira propriedade física a ser considerada e que, quanto menor o recipiente, mais baixa deve ser a densidade do substrato. Em relação à porosidade, parte do volume de poros é de maior tamanho (macroporos) e não retém água sob força exercida pela gravidade e são responsáveis por proporcionar aeração às raízes, denominado porosidade de aeração. A outra parte, de poros menores, é responsável pela retenção de água (BALLESTER-OLMOS, 1992).

O substrato industrial apresentou o menor valor de densidade do solo, enquanto os substratos com proporções de zeólita apresentaram os maiores valores de densidade do solo. Observou-se o mesmo comportamento para a densidade de partículas. Os substratos com proporções de zeólita apresentaram, também, os menores valores de porosidade total.

4.1.2 Crescimento das mudas de *Eucalyptus camaldulensis*.

As Figuras 4 e 5 mostram, respectivamente, a tendência do crescimento em altura e diâmetro de colo, das mudas de *Eucalyptus camaldulensis* em diferentes idades. Constatou-se que, na época de expedição das mudas para o campo, as mudas produzidas no substrato orgânico apresentaram os maiores valores, tanto para altura quanto para o diâmetro, enquanto aquelas do substrato industrial apresentaram os menores valores para ambas as variáveis. Através da análise de regressão, verificou-se que, nos substratos com diferentes proporções de zeólita a dose que proporcionou os maiores resultados para altura e diâmetro foi o com 20% de zeólita. Fato interessante é que aos 60 dias após a semeadura, as plantas cultivadas no substrato industrial foi as que apresentaram o maior crescimento, devido possuir maiores concentrações de Ca²⁺, Mg²⁺ e H⁺, e aos 120 dias o menor crescimento, devido, provavelmente, à maior lixiviação de nutrientes deste substrato neste intervalo, em relação aos substratos com zeólita.

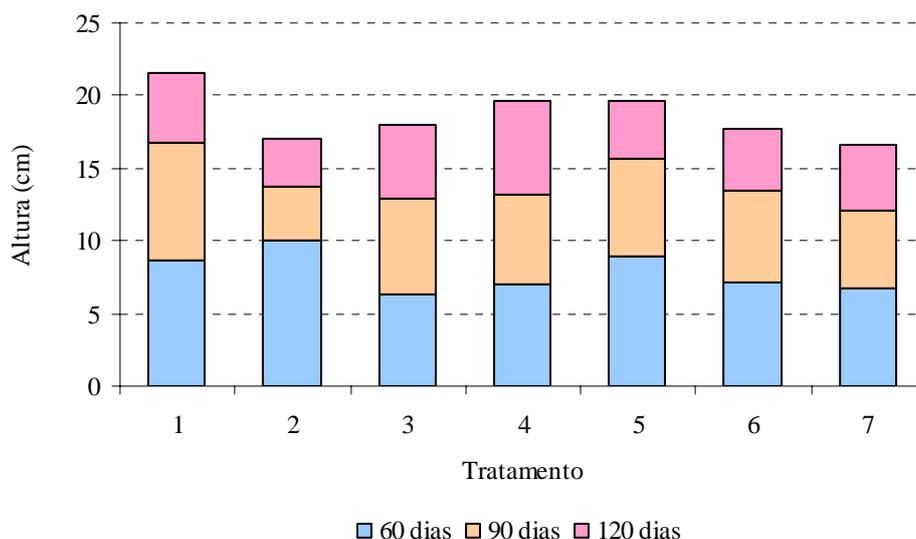


Figura 4: Altura das mudas de *Eucalyptus camaldulensis* aos 60, 90 e 120 dias após a semeadura em diferentes substratos. Tratamentos: 1 = composto orgânico; 2 = substrato industrial; 3, 4, 5 6 e 7 = 5, 10, 20, 40 e 60% de zeolita, respectivamente.

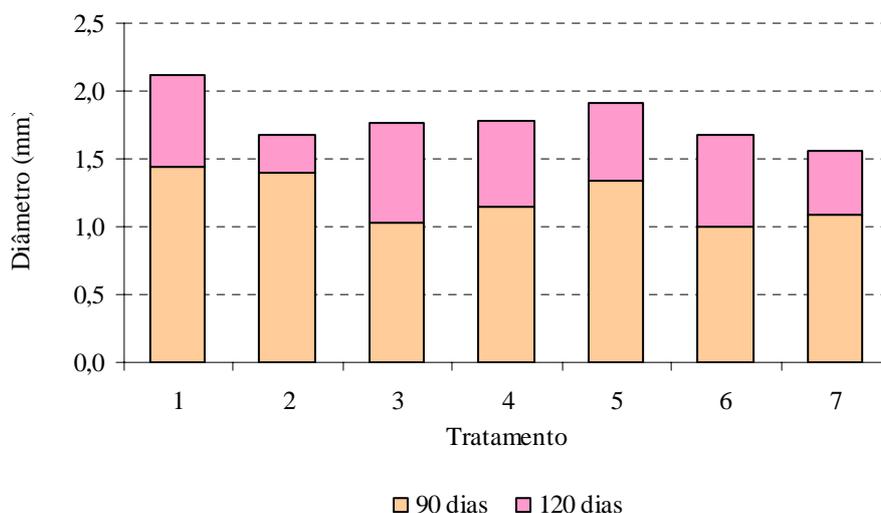


Figura 5: Diâmetro das mudas de *Eucalyptus camaldulensis*, aos 90 e 120 dias após a semeadura, em diferentes substratos. Tratamentos: 1 = composto orgânico; 2 = substrato industrial; 3, 4, 5 6 e 7 = 5, 10, 20, 40 e 60% de zeolita, respectivamente.

No Anexo 1C é apresentado o resumo da análise de variância das variáveis de crescimento das mudas de *Eucalyptus camaldulensis*, aos 120 dias após a semeadura. Constata-se que para todas as características houve diferenças significativas de crescimento das mudas produzidas nos diferentes substratos.

Nas Figuras 6 a 9 é apresentado o comportamento de crescimento das mudas, aos 120 dias após a semeadura, produzidas nos substratos com diferentes proporções de zeolita.

Constata-se que, para todas as variáveis, o modelo raiz quadrática foi o de melhor ajuste, sendo que a proporção de zeólita, em torno de 20%, foi o substrato com proporções de zeólita que proporcionou o melhor crescimento das mudas.

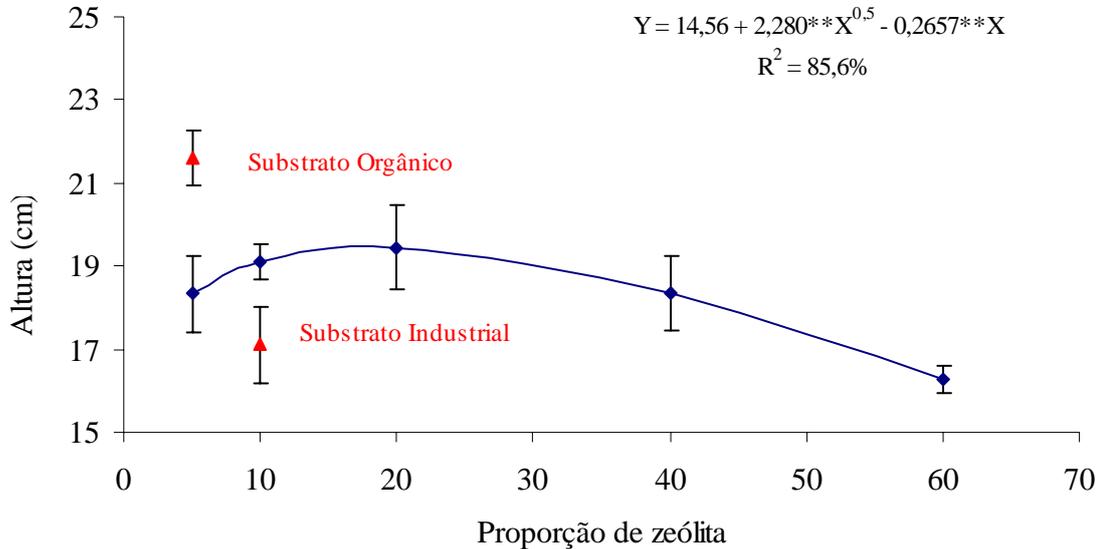


Figura 6: Diâmetro das mudas de *Eucalyptus camaldulensis* aos 120 dias após a semeadura, em diferentes proporções de zeólita. ** significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste t.

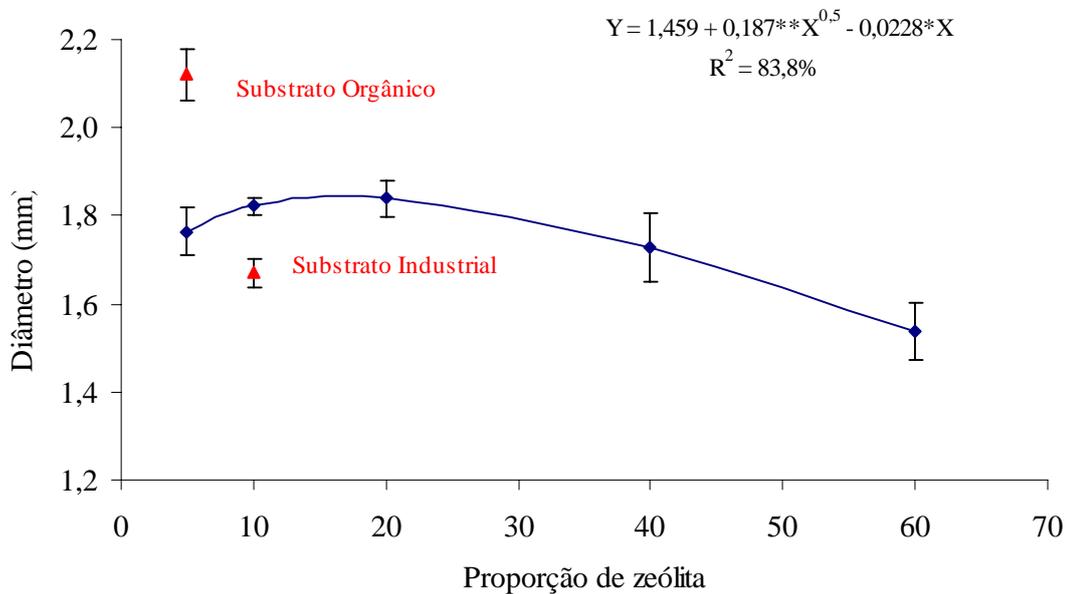


Figura 7: Diâmetro das mudas de *Eucalyptus camaldulensis* aos 120 dias após a semeadura em diferentes proporções de zeólita. * e ** - significativo, respectivamente, ao nível de 1% e 5% de probabilidade, pelo teste t.

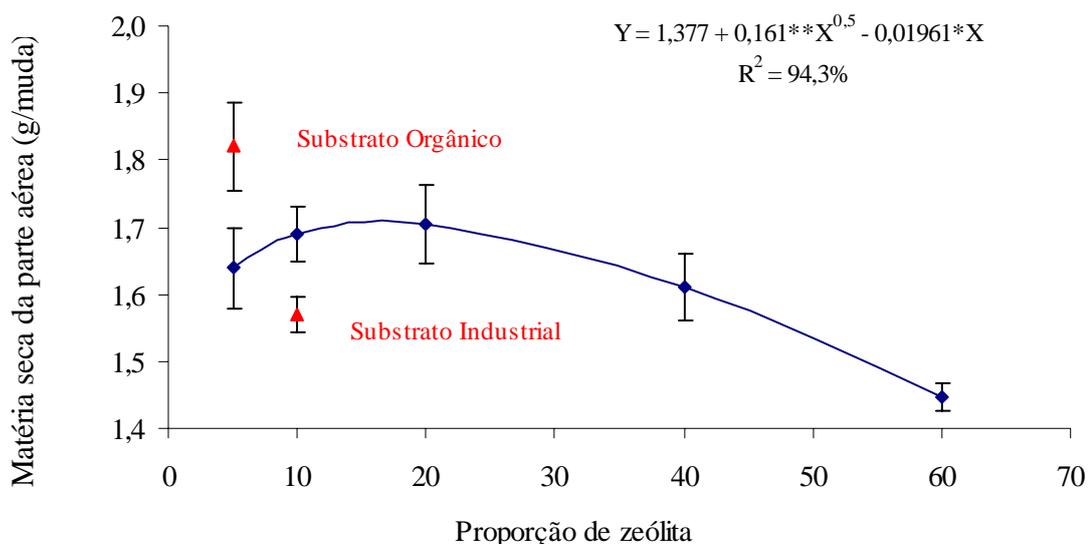


Figura 8: Peso da matéria seca da parte aérea das mudas de *Eucalyptus camaldulensis*, aos 120 dias após a semeadura, em diferentes proporções de zeólita. * e ** - significativo, respectivamente, ao nível de 1% e 5% de probabilidade, pelo teste t.

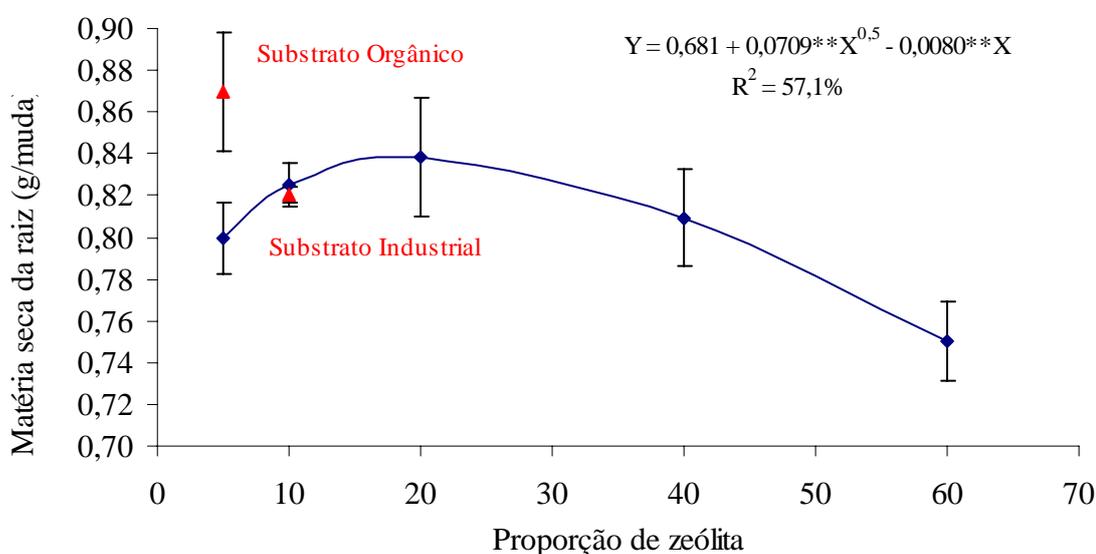


Figura 9: Peso da matéria seca do sistema radicular das mudas de *Eucalyptus camaldulensis*, aos 120 dias após a semeadura, em diferentes proporções de zeólita. ** - significativo respectivamente ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste t.

Provavelmente, este comportamento com ponto máximo de crescimento das mudas em substrato com proporção de zeólita em torno de 20%, ocorreu devido ao fato de que quanto maior a proporção de zeólita, maior a densidade do substrato e menor a 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.

4.1.3 Crescimento das mudas de *Eucalyptus urograndis*

As Figuras 10 e 11 mostram, respectivamente, a tendência do crescimento em altura e diâmetro de colo, das mudas de *Eucalyptus urograndis* em diferentes idades e substratos. Consta-se que, na época de expedição das mudas para o campo, as mudas do substrato orgânico também apresentaram os maiores valores tanto para altura, como para diâmetro, enquanto que o substrato comercial está entre os substratos que apresentou os menores valores para as variáveis altura e diâmetro. Em relação aos substratos com diferentes proporções de zeolita a dose que apresentou os maiores resultados para as variáveis altura e diâmetro foi o substrato com 20% de zeolita.

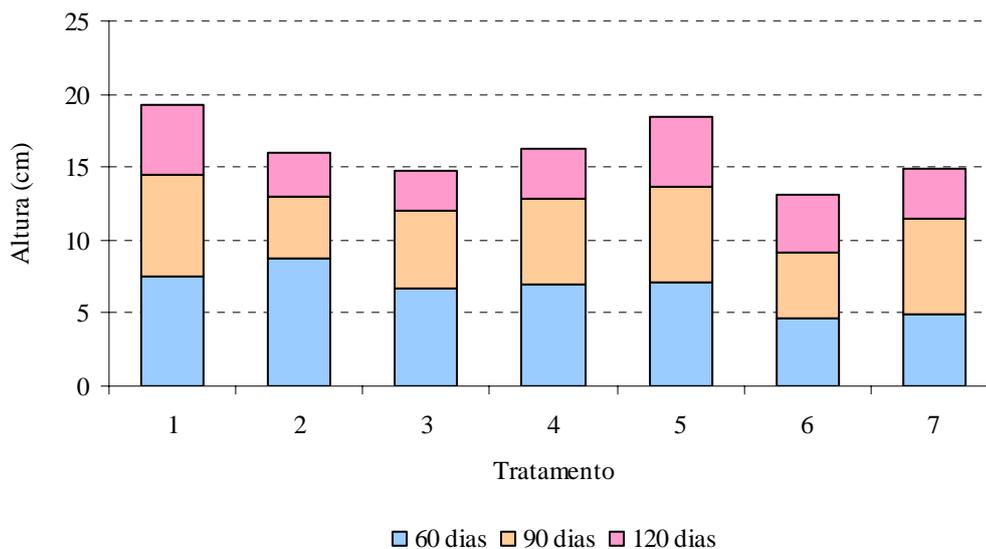


Figura 10: Altura das mudas de *Eucalyptus urograndis* aos 60, 90 e 120 dias após a semeadura em diferentes substratos. Tratamentos: 1 = composto orgânico; 2 = substrato industrial; 3, 4, 5 6 e 7 = 5, 10, 20, 40 e 60% de zeolita, respectivamente.

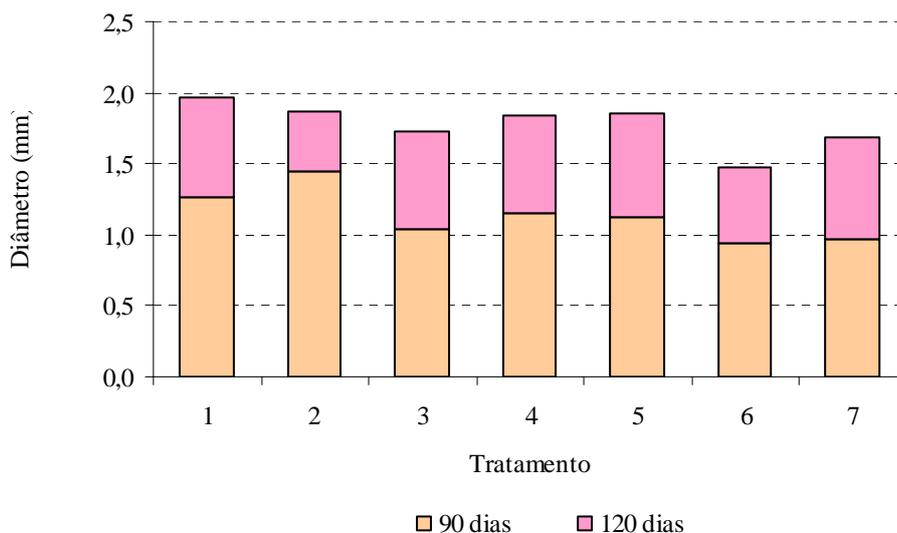


Figura 11: Diâmetro das mudas de *Eucalyptus urograndis* aos 60, 90 e 120 dias após a semeadura em diferentes substratos. Tratamentos: 1 = composto orgânico; 2 = substrato industrial; 3, 4, 5 6 e 7 = 5, 10, 20, 40 e 60% de zeolita, respectivamente.

A análise de variância mostra que houve diferença significativa entre os tratamentos para todas as variáveis de crescimento de *Eucalyptus urograndis*, exceto para a variável peso seco da parte aérea (Anexo 1D). Ao ajustar os modelos de regressão, verificou-se que o modelo de melhor ajuste foi o cúbico, que é difícil de ser explicado biologicamente. Por este motivo, são apresentados na Tabela 2 os valores médios de crescimento das mudas, produzidas nos diferentes substratos.

Tabela 3: Altura, diâmetro de colo, peso da matéria seca da parte aérea e peso da matéria seca do sistema radicular aos 120 dias após a semeadura, das mudas de *Eucalyptus urograndis*, produzidas em diferentes substratos.

Substrato	Altura (cm)	Diâmetro (mm)	Peso seco Aéreo ----- g / muda -----	Peso seco Raiz
Composto orgânico (C.O)	19,2	1,97	1,62	0,87
Substrato industrial	16,1	1,87	1,51	0,82
5% zeolita + 95% C.O	14,7	1,72	1,51	0,80
10% zeolita + 90% C.O	16,3	1,84	1,59	0,83
20% zeolita + 80% C.O	18,5	1,86	1,55	0,83
40% zeolita + 60% C.O	13,1	1,48	1,42	0,75
60% zeolita + 40% C.O	14,9	1,69	1,48	0,77

Constata-se que, os maiores valores de crescimento são das mudas produzidas no composto orgânico, havendo um menor crescimento com 10% de zeolita e com 20% de zeolita o crescimento volta a apresentar maiores valores.

É interessante observar que o substrato industrial foi o que proporcionou o menor crescimento das mudas aos 120 dias após a semeadura. Tal comportamento pode ser explicado pela não aplicação de adubações de manutenção que normalmente é realizada quando utiliza este substrato para a produção de mudas de eucalipto.

4.2 Experimento II - Produção de mudas de eucalipto utilizando substrato industrial e Zeólita

4.2.1 Caracterização dos substratos utilizados

A análise química completa dos substratos utilizados no experimento encontra-se no Anexo 2A.

Na Figura 12 é apresentada a curva de retenção de umidade dos substratos utilizados no experimento II. Constata-se que a zeólita apresenta uma baixa retenção de umidade e o substrato industrial a maior capacidade de retenção de umidade, e que quanto maior a proporção de zeólita no substrato menor a sua retenção de umidade. Fato observado também no experimento I.

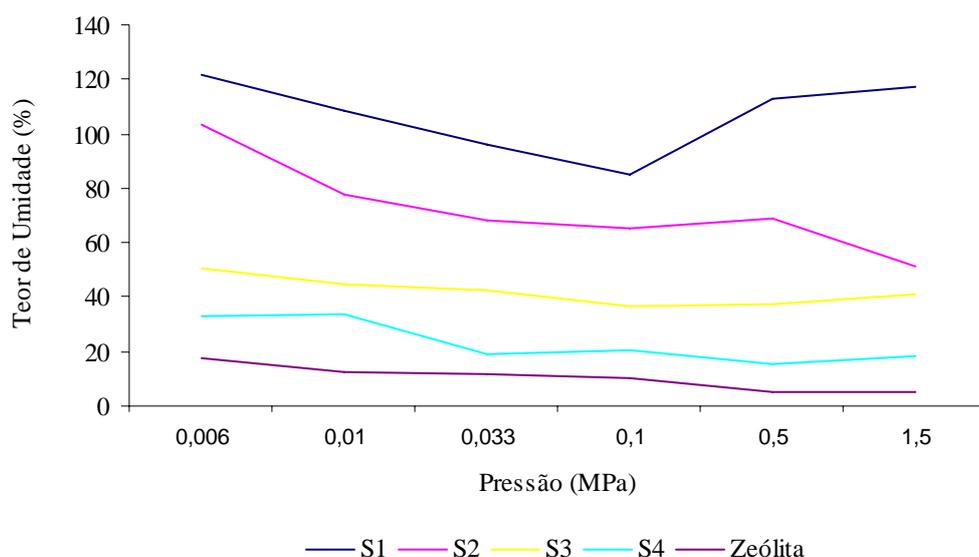


Figura 12: Teor de umidade (%) dos substratos utilizados no experimento II na produção de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus urograndis*.

Os valores da análise de retenção de umidade dos substratos utilizados no experimento encontram-se no Anexo 2B.

Na Figura 13 é apresentado o comportamento de algumas características químicas dos substratos utilizados no experimento II, em função da proporção de zeólita.

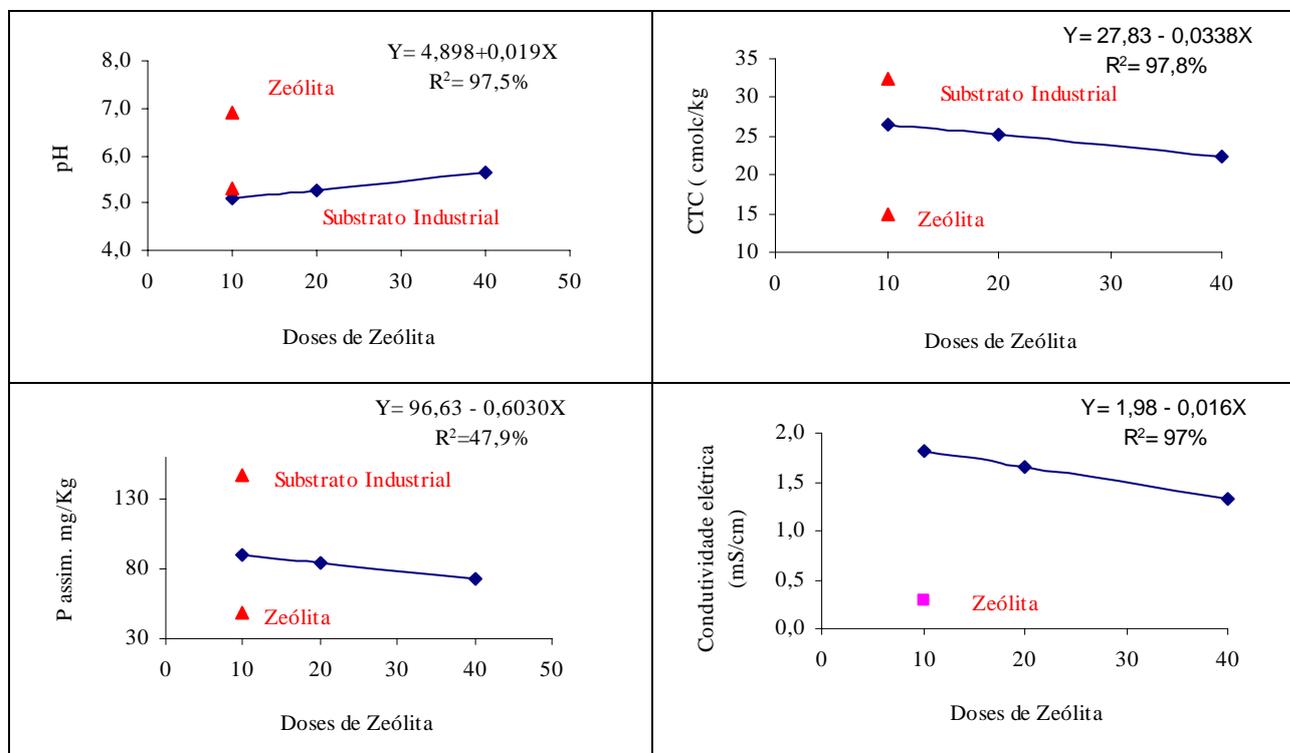


Figura 13: Comportamento do pH, capacidade de troca catiônica, fósforo assimilável e condutividade elétrica dos substratos com diferentes proporções de zeólita para a produção de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. urograndis*. * significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste t.

Verifica-se que a capacidade de troca catiônica (CTC), fósforo assimilável e condutividade elétrica diminuem com o aumento da proporção de zeólita no substrato, e para pH um comportamento inverso.

4.2.2 Crescimento das mudas de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. urograndis*.

As Figuras 14 e 15 mostram a tendência do crescimento em altura e diâmetro de colo, respectivamente, das mudas de *Eucalyptus camaldulensis* em duas idades, e as Figuras 16 e 17 o crescimento de *Eucalyptus urograndis*. Constata-se que os substratos formados com 20 e 40% de zeólita proporcionaram os maiores valores para as variáveis altura e diâmetro.

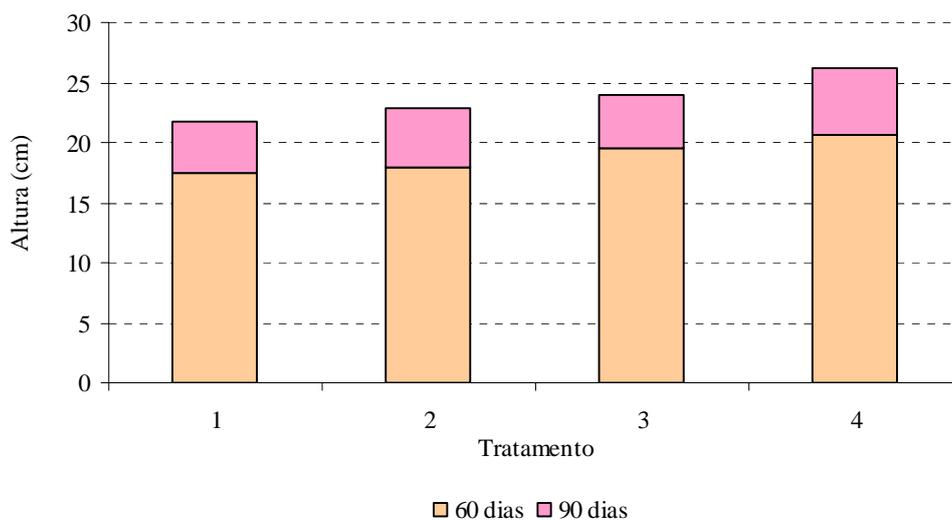


Figura 14: Altura das mudas de *Eucalyptus camaldulensis* aos 60 e 90 dias após a semeadura em diferentes substratos. Tratamentos: 1 = substrato industrial; 2, 3 e 4 = 10, 20 e 40 % de zeólita, respectivamente.

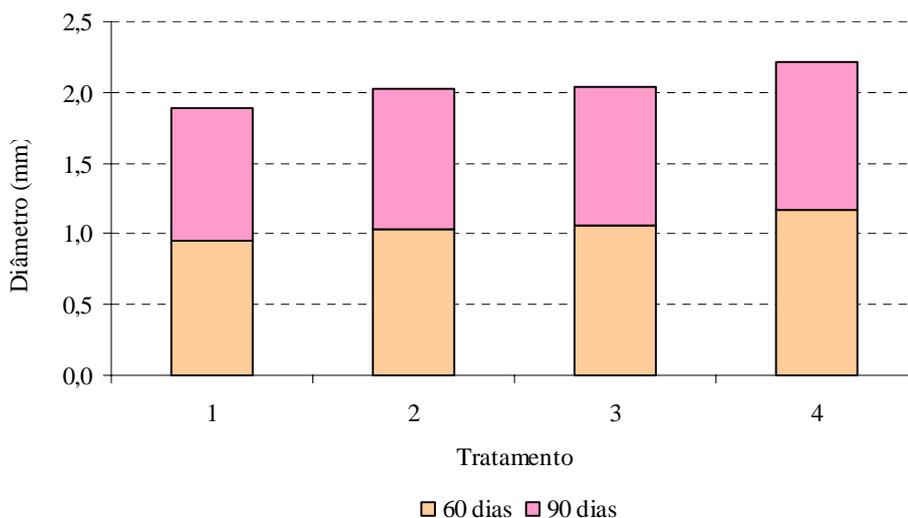


Figura 15: Altura das mudas de *Eucalyptus camaldulensis* aos 60 e 90 dias após a semeadura em diferentes substratos. Tratamentos: 1 = substrato industrial; 2, 3 e 4 = 10, 20 e 40 % de zeólita, respectivamente.

Provavelmente, isto se deve ao fato que ambos os substratos apresentam o pH mais próximo a faixa considerada ótima, onde os nutrientes são absorvidos mais facilmente. Além disto, apresentam valores mais baixos de condutividade elétrica, que como já visto anteriormente, pode interferir diretamente no crescimento das mudas.

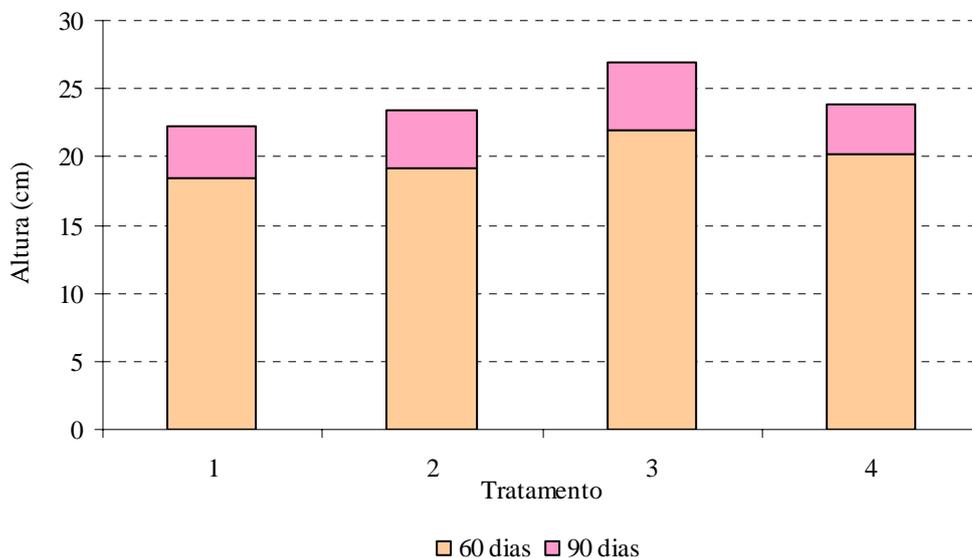


Figura 16: Altura das mudas de *Eucalyptus urograndis* aos 60, 90 e 120 dias após a semeadura em diferentes substratos. Tratamentos: 1 = substrato industrial; 2, 3 e 4 = 10, 20 e 40 % de zeolita, respectivamente.

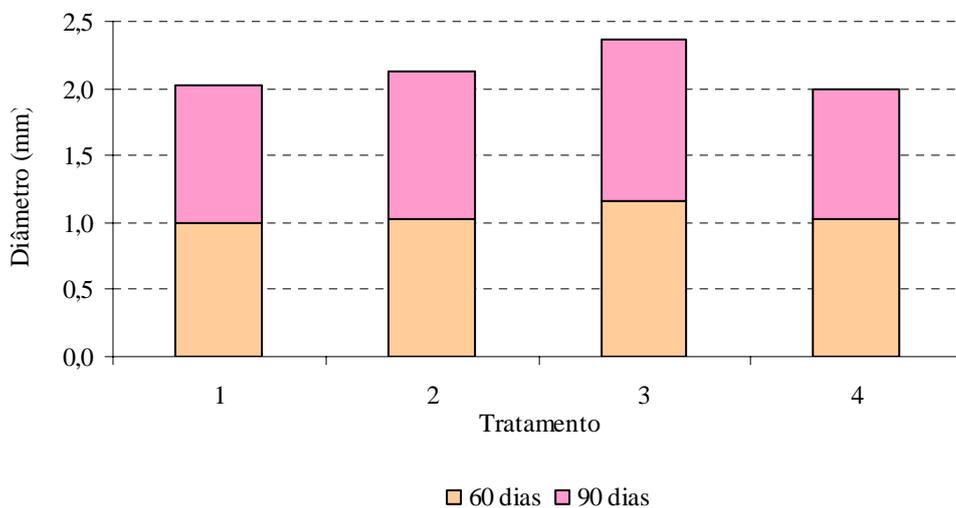


Figura 17: Altura das mudas de *Eucalyptus urograndis* aos 60 e 90 dias após a semeadura em diferentes substratos. Tratamentos: 1 = substrato industrial; 2, 3 e 4 = 10, 20 e 40 % de zeolita, respectivamente.

O substrato com 40% de proporção de zeólita apresentou o menor valor médio para as variáveis altura e diâmetro devido, provavelmente, à alta densidade do substrato. Entretanto, que o substrato com 20% de zeólita, que possui menor densidade, apresentou os melhores valores médios para as variáveis.

A análise de variância dos dados de crescimento das mudas de *Eucalyptus camaldulensis* e de *E. urograndis*, 90 dias após a semeadura (Anexo 2C e 2D), mostra que não houve diferença significativa. Por isso são apresentados na Tabela 4 os dados de crescimento observados.

Tabela 4: Altura, diâmetro de colo, peso seco da parte aérea e peso seco do sistema radicular, aos 90 dias após a semeadura, das mudas de duas espécies de eucalipto, produzidas em diferentes substratos

Substrato	Altura (cm)	Diâmetro (mm)	Matéria Seca aéreo ----- g / muda -----	Matéria Seca raiz
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>				
Substrato Industrial	21,8	1,89	1,14	0,99
10% zeolita + 90% S. I.	22,9	2,03	1,22	0,99
20% zeolita + 80% C.O	24,0	2,04	1,25	1,00
40% zeolita + 60% C.O	26,2	2,21	1,34	1,03
<i>Eucalyptus urograndis</i>				
Substrato Industrial	22,3	2,02	1,31	0,98
10% zeolita + 90% S. I.	23,4	2,13	1,44	1,03
20% zeolita + 80% C.O	26,9	2,36	1,52	1,12
40% zeolita + 60% C.O	23,9	2,00	1,44	1,20

5. CONCLUSÕES

A zeólita em mistura com composto orgânico não mostrou ser viável para a produção de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. urograndis*.

Ao usar substrato industrial, a zeólita não teve influência no crescimento das mudas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALLESTER-OLMOS, J.F. **Substratos para el cultivo de plantas ornamentals**. Valência: Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, (Hojas Divulgadoras, 11). 44p. 1992.

BRADY, N. C. **Natureza e Propriedades dos Solos**. São Paulo: Ed. Biblioteca Universitária Freitas Bastos, 6ª ed. 187p. 1983.

CARNEIRO, J.G.A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba, FUFPEF, 1995. 250p.

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.
- EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2ª edição. Rio de Janeiro, 212p, 1997.
- FANTI, S. C.; PEREZ, S. C. J. G. A. Influência do substrato e do envelhecimento acelerado na germinação de olho-de-dragão (*Adenanther pavonina* L. – Fabaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, v.2, n.2, p.35-141, 1999.
- FERMINO, M.H. O uso da análise física na avaliação da qualidade de componentes e substratos. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 3., 2002, Campinas. **Anais...** Campinas: IAC, 2002. p. 29-37.
- FIGLIOLIA, M. B.; OLIVEIRA, E. C.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. **Análise de sementes**. *In*: AGUIAR, I.B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. (Coord.). Sementes florestais tropicais. Brasília: ABRATES, 1993. p. 137-174.
- FONSECA, T.G. **Produção de mudas de hortaliças em substratos de diferentes composições com adição de CO₂ na água de irrigação**. 2001. 72f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2001.
- GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BATISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B. **Manual de entomologia agrícola**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1978. 531 p.
- INOVAÇÃO TECNOLÓGICA. Zeólita aumenta produtividade da alface. Disponível em <http://inovaçãotecnologica.com.br> Acesso em 16 julho de 2007.
- JUNIOR, R. e IVO, J. **Análises estatísticas no SAEG**. Viçosa : UFV, 2001. 301 p.
- LUNA, F. J., SCHUCHARDT, U., Modificação de zeólitas para uso em catálise, **Química Nova**, v.24, n.6, p. 885-892, 2001.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251 p.
- MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa: UFV, 451p., 2005.
- MARQUEZ E. Características físico-químicas de las zeólitas naturales como medio filtrante- XXVII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental-Asociación Brasileira de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2000.
- MEEROW, A.W.; Growth of two tropical foliage plants using coir dust as a container medium amendment. **Hort Technology**, n. 5, p. 237-239, 1995.
- MILNER, L. Water and fertilizers management in substrates. *In*: INTERNATIONAL CONGRESS OF CITRUS NURSERYMEN, 6., Ribeirão Preto, 2001. Proceedings... Ribeirão Preto: ISCN, p.108-111, 2001.

MINAMI, K. Adubação em substrato. In: KAMPF, A. N.; FERMINO, M. H. **Substrato para plantas: a base da produção vegetal em recipientes**. Porto Alegre: Gênese, 2000. 312 p.

PUCHALSKI, L. E. **Sistema de produção de mudas em plug: propagação vegetativa de hibisco, Hibisco rosa-sinensis, L.** 1999. 61 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

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

ROSA JÚNIOR, E.J.; DANIEL, O.; VITORINO, A.C.T; SANTOS FILHO, V.C. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill, em tubetes. **Revista de Ciências Agrárias**, v.1, n.2, p. 18-22, 1998.

SOUZA, M. M. Avaliação de substratos para o cultivo de crisântemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat., compositae) ‘white polaris’ em vasos. **Revista Brasileira de Horticultura e Ornamental**, v. 1, n.2, p. 71-77, 1995.

TAVEIRA, J.A., Fibra de coco: Uma nova alternativa para formação de mudas cítricas. **Ciência & Prática**, v.2, n.6, p.9 2002.

TOLEDO, A.R.M. **Efeito dos substratos na formação de mudas de laranjeiras (*Citrus sinenses* (L.) Osbeck cv Pêra Rio) em vasos**. 1992. 88p. Tese (Mestrado), Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.

TOMÉ JUNIOR., J. B. **Manual para Interpretação de Análise de Solo**. Editora Guaíba: Agropecuária, 247p., 1997.

VAVRINA, C. S. ARENAS, M.; CORNELL, J. A.; HANLON, E. A.; HOCHMUTH, G. J. Coir as an alternative to peat in media for tomato transplant production. **Hort Science**, Alexandria, v.37, n.2, p.309-312, 2002.

VERDONCK, O. F. Reviewing and evaluation of new materials used as substrates. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.150, p.155-160, 1984.

7. ANEXOS

ANEXO 1A: Análise química dos substratos utilizados na produção de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus urograndis*, no experimento I

Subst.	pH em H ₂ O	P ass. mg/Kg	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺	C.E mS/cm	Valor V %
			-----cmolc/Kg-----						
1	7,0	192	9,91	8,8	14,2	0,0	0	9,98	100
2	4,6	127	5,00	25,2	29,8	1,3	19,2	5,13	75
3	6,3	166	9,30	13,8	14,2	0,0	2,1	13,66	95
4	6,5	128	8,50	12,7	13,1	0,0	1,5	12,47	96
5	6,6	115	7,95	13,9	11,4	0,0	0,8	11,83	98
6	6,9	70	4,77	12,8	8,4	0,0	0,3	8,20	99
7	7,2	45	2,34	12,1	6,6	0,0	0	6,39	100

Onde: S1= composto orgânico; S2 = substrato industrial e S3, S4, S5, S6 e S7 = 5, 10, 20, 40 e 60 % de zeólita, respectivamente.

ANEXO 1B: Teor de umidade (%) dos substratos utilizados na produção de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus urograndis*, no experimento I

Pressão (MPa)	Subs. Org.	Subs. Indust	S3	S4	S5	S6	S7	Zeólita
0,006	50,8	119,5	35,8	37,7	29,9	22,1	17,7	17,4
0,01	47,6	113,3	35,3	36,5	31,0	25,3	17,6	12,2
0,033	40,8	83,0	29,9	30,5	26,2	17,3	14,8	11,9
0,1	37,5	87,3	27,8	27,7	27,5	15,9	12,3	10,4
0,5	35,8	109,1	21,3	21,5	18,5	10,9	8,5	5,5
1,5	33,8	117,4	22,8	20,9	19,4	11,7	8,8	5,3

Onde: S3, S4, S5, S6 e S7 = 5, 10, 20, 40 e 60 % de zeólita, respectivamente

ANEXO 1C: Análise de variância das variáveis de crescimento das mudas de *Eucalyptus camaldulensis*, aos 120 dias após a semeadura, do experimento I

FV	GL	Altura	Diâmetro	Matéria seca P.A	Matéria seca Raiz	Matéria seca total
Substrato	6	12,6142*	0,1340*	0,0578*	0,0083*	0,1010*
Resíduo	21	2,4445	0,0110	0,0094	0,0016	0,0174
CV%		8,4	5,9	5,9	5,0	5,4

GL = grau de liberdade

• Significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

ANEXO 1D: Análise de variância das variáveis de crescimento das mudas de *Eucalyptus urograndis*, aos 120 dias após a semeadura, do experimento I

FV	GL	Altura	Diâmetro	Matéria seca P.A	Matéria seca Raiz	Matéria seca total
Substrato	6	18,6113*	0,1043*	0,0184 ^{ns}	0,0059*	0,0443*
Resíduo	21	3,3511	0,0222	0,0089	0,0007	0,0096
CV%		11,4	8,4	6,2	3,4	4,2

GL= grau de liberdade

^{ns} = Não significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F. * Significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

ANEXO 2A: Análise química dos substratos utilizados na produção de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus urograndis*, no experimento II

Subst.	pH em H ₂ O	P ass. mg/Kg	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺	C.E mS/cm	Valor V %
1	5,3	147	2,80	17,9	10,8	0,7	35,9	-	46
2	5,2	115	1,60	14,4	9,8	0,5	24,7	1,69	51
3	5,3	83	1,20	14,1	9,2	0,5	23,1	1,72	51
4	5,5	38	0,90	12,3	7,2	0,2	7,6	1,43	73
Zeólita	6,9	48	0,40	11,5	2,4	0	0,3	0,29	98

Onde: S1 = substrato industrial e S2, S3 e S4 = 10, 20, 40 % de zeólita, respectivamente.

ANEXO 2B: Teor de umidade (%) dos substratos utilizados na produção de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus urograndis*, no experimento II

Pressão (Mpa)	Subs. Indust	S2	S3	S4
0,006	121,4	103,0	50,8	33,1
0,01	108,8	77,9	44,8	33,7
0,033	96,1	68,1	42,7	19,3
0,1	85,2	65,2	36,8	20,4
0,5	113,0	68,8	37,4	15,1
1,5	117,3	51,1	41,0	18,4

Onde: S2, S3 e S4 = 10, 20, 40 % de zeólita, respectivamente

ANEXO 2C: Análise de variância das variáveis de crescimento das mudas de *Eucalyptus camaldulensis*, aos 90 dias após a semeadura, do experimento II

FV	GL	Altura	Diâmetro	Matéria seca P.A	Matéria seca Raiz	Matéria seca total
Substrato	3	13,9383 ^{ns}	0,06830 ^{ns}	0,02595 ^{ns}	0,0014 ^{ns}	0,0382 ^{ns}
Resíduo	12	14,2324	0,04163	0,0110	0,0013 ns	0,0194
CV%		15,8	9,9	8,5	3,6	6,2

GL = grau de liberdade

^{ns} = Não significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

ANEXO 2D: Análise de variância das variáveis de crescimento das mudas de *Eucalyptus urograndis*, aos 90 dias após a semeadura, do experimento II

FV	GL	Altura	Diâmetro	Matéria seca P.A	Matéria seca Raiz	Matéria seca total
Substrato	3	15,0523 ^{ns}	0,1106 ^{ns}	0,0302 ^{ns}	0,0369 ^{ns}	0,1089 ^{ns}
Resíduo	12	8,8566	0,2960	0,0153	0,0201	0,0569
CV%		12,4	8,1	8,7	13,1	9,5

GL = grau de liberdade

^{ns} = Não significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.