

# Efeito estimulante do óleo essencial de eucalipto na germinação e crescimento inicial de mudas de *Eucalyptus grandis*

Ricardo Bemfica Steffen<sup>1</sup>, Zaida Inês Antonioli<sup>1</sup>, Gerusa Pauli Kist Steffen<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Solos, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Bairro Camobi, 1.000, CEP 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil, bemfica\_steffen@yahoo.com.br; zantonioli@gmail.com; ge.pauli@yahoo.com.br

**Resumo** - A utilização de extratos e óleos essenciais de plantas vem sendo uma alternativa eficiente no bioestímulo do crescimento e proteção vegetal. O trabalho teve por objetivo avaliar a utilização do óleo essencial extraído de folhas de *Eucalyptus grandis* sobre a germinação e o desenvolvimento inicial de mudas de eucalipto em condições controladas, em casa de vegetação. Sementes de eucalipto foram incubadas em concentrações de 0, 10, 25, 50, 75 e 100  $\mu\text{L L}^{-1}$  do óleo essencial em ambiente controlado. Posteriormente, pulverizou-se plântulas de eucalipto com 0, 20, 30, 40, 50 e 60  $\mu\text{L L}^{-1}$  do óleo essencial por planta, em intervalos de sete dias. Avaliou-se o efeito do óleo sobre o desenvolvimento vegetal aos 30 e 60 dias após o transplante. Os resultados evidenciam que a germinação foi significativamente maior quando as sementes foram tratadas com 25  $\mu\text{L L}^{-1}$  do óleo essencial. A aplicação do óleo essencial nas concentrações de 30 e 40  $\mu\text{L L}^{-1}$  proporcionou maior crescimento das raízes e da parte aérea das mudas de eucalipto em ambiente controlado, sendo uma alternativa eficiente na bioestimulação do crescimento vegetativo de mudas de eucalipto.

**Termos para indexação:** Óleos essenciais, bioestimulação, essência florestal.

## Stimulatory effect of eucalyptus essential oil on the germination and early growth of *Eucalyptus grandis* seedlings

**Abstract** - The use of essential oil and extracts from plants is becoming an efficient alternative in the biostimulation on growth and protection of plants. The aim of this work was to evaluate the use of leaf essential oil of *Eucalyptus grandis* on the germination and the development of *Eucalyptus grandis* seedlings in nursery conditions. The eucalyptus seeds were exposed to the concentrations of 0, 10, 25, 50, 75 and 100  $\mu\text{L L}^{-1}$  of the essential oil in controlled conditions. The eucalyptus seedlings were sprayed with 0, 20, 30, 40, 50 and 60  $\mu\text{L L}^{-1}$  of the essential oil per plant, at intervals of seven days. The effect of this application on the seedling development were analyzed after 30 and 60 days. The results show that the germination was significantly higher when the seeds were exposed to 25  $\mu\text{L L}^{-1}$  of the essential oil. The application of essential oil in the concentration of 30 and 40  $\mu\text{L L}^{-1}$  provided higher growth of the aerial part and of the roots in greenhouse conditions, being an effective alternative to biostimulation the vegetative growth of eucalyptus seedlings.

**Index terms:** Essential oils, biostimulation, forest essence.

### Introdução

Atualmente, entre as tecnologias empregadas na otimização da produção de mudas de essências florestais, estão sendo estudados alguns produtos, sintéticos ou biológicos, que apresentam capacidade de promoção do crescimento direto ou indireto das plantas (Mafia et al., 2007). Estes produtos podem atuar a partir do fornecimento de compostos reguladores do crescimento da planta ou reduzindo os efeitos negativos às plantas proporcionados pela ação de determinados organismos patogênicos ou adversidades ambientais (Mafia et al., 2005; Andrade et al., 2006; Mafia et al., 2007).

Com o desenvolvimento de técnicas de extração, purificação e identificação de compostos presentes em extratos vegetais, novas linhas de pesquisa têm demonstrado efeito benéfico da utilização de metabólitos secundários de plantas nas mais variadas áreas do conhecimento (Ferreira & Áquila, 2000; Serafini & Cassel, 2001). No setor agrícola, alguns metabólitos secundários ou óleos essenciais, como as do gênero *Eucalyptus* spp., vem sendo utilizados como agentes bioativos no controle de pragas e doenças de espécies vegetais de interesse comercial (Delasquis et al., 2002; Bonaldo et al., 2004; Sandi & Blanco, 2007; Steffen et al.,

2008). A elucidação das propriedades antimicrobianas encontradas nos compostos secundários dos vegetais pode auxiliar no desenvolvimento de técnicas de estimulação do crescimento vegetal (Bonaldo et al., 2004). Segundo Mafia et al. (2007), a interação entre os compostos voláteis e alguns fitopatógenos pode interferir positivamente no desenvolvimento vegetal. Mafia et al. (2005) e Bonaldo et al. (2007) descrevem que a aplicação de óleos essenciais sobre as plantas resulta na ativação de mecanismos de defesa latentes ou reguladores do crescimento, como fitoalexinas e citocininas. Segundo os autores mencionados, a ativação destes mecanismos resulta em maior desenvolvimento vegetal, devido ao biocontrole de patógenos responsáveis por distúrbios fisiológicos na planta.

Segundo Russo & Berlyn (1990), alguns compostos vegetais são denominados de bioestimuladores, representando produtos sem características nutricionais, os quais proporcionam maior produção vegetal e resistência a fatores externos.

Dacordo Mairesse (2005), alguns compostos vegetais, quando utilizados em concentrações extremamente reduzidas, apresentam efeito Hormese, que se caracteriza pela indução de determinadas características provocada pela utilização de baixas concentrações de compostos considerados tóxicos. Baseado nesta característica, alguns trabalhos demonstram influência destes óleos na bioestimulação do desenvolvimento de espécies olerícolas e graníferas (Alves et al., 2004; Bonaldo et al., 2007).

Avaliando o efeito da aplicação de extratos de *Achyrocline satureioides* Lam. (marcela) e *Cymbopogon citratus* Stapf. (capim-cipó), Mairesse (2005) observou reação de estímulo dos extratos na germinação de sementes e no crescimento vegetativo de plântulas de *Lactuca sativa* L. (alface).

Embora a utilização do extrato ou do óleo essencial de plantas de eucalipto possa causar alelopatia a determinadas espécies vegetais (Cruz et al., 2000; Ferreira & Aquila, 2000; Goetze & Thomé, 2004), dependendo da concentração de determinados compostos, existe a possibilidade de ocorrer relações de sinergismo, proporcionando a indução do crescimento de microrganismos ou plantas (Blum, 1999; Mairesse, 2005).

No Brasil, a extração e comercialização do óleo essencial de eucalipto situam o País em posição de destaque quanto ao volume e qualidade do óleo produzido (Maffeis et al., 2000; Silva et al., 2006). Em vista disso,

a avaliação dos efeitos benéficos destes óleos essenciais sobre o desenvolvimento vegetal pode representar uma alternativa biológica para a otimização da produção e da qualidade de mudas florestais destinadas ao campo. Entretanto, não há relatos na literatura mostrando o efeito da aplicação do óleo essencial de *Eucalyptus* spp. no desenvolvimento de essências florestais.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar a utilização do óleo essencial extraído de folhas de *Eucalyptus grandis* sobre a germinação e o crescimento inicial de mudas desta espécie florestal em condições de casa de vegetação.

## Material e métodos

O experimento foi dividido em duas etapas: (1) o efeito do óleo essencial sobre a germinação de sementes de *Eucalyptus grandis* em ambiente controlado; (2) o efeito do óleo essencial sobre o desenvolvimento e crescimento inicial de mudas em casa de vegetação. Os ensaios foram constituídos por seis tratamentos, correspondentes a seis concentrações do óleo essencial de plantas de eucalipto. Para o desenho experimental, utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições nos ensaios de germinação e sete repetições nos ensaios de crescimento inicial das mudas de eucalipto.

### Obtenção do óleo essencial de *Eucalyptus grandis*

A extração do óleo essencial de folhas frescas de eucalipto foi realizada através da técnica de hidrodestilação. Inicialmente, coletaram-se folhas de eucalipto segundo a metodologia proposta por Vitti & Brito (2003). As folhas frescas foram cortadas em pedaços de 1 cm, pesadas e separadas em lotes individuais de 100 g, sendo posteriormente colocadas em balão de fundo redondo no aparelho de Clevenger modificado (Serafini & Cassel, 2001), mantendo-se água destilada em ebulição dentro do balão com aquecedor externo durante três horas. Após a passagem por um condensador tipo Liebig, coletaram-se os componentes vegetais extraídos, mantendo-os sob refrigeração a 4 °C até a sua utilização.

### Obtenção e preparo das sementes

As sementes de *Eucalyptus grandis* foram obtidas na Estação Experimental de Silvicultura de Santa Maria (Fepagro). A desinfestação das sementes ocorreu pela imersão em etanol (70%) durante 30 segundos, sob agitação. Em seguida, procedeu-se a lavagem das

sementes em água destilada estéril para retirada do residual de etanol. Posteriormente, imergiram-se as sementes em hipoclorito de sódio (1%) durante 30 segundos, lavando-as três vezes em água destilada estéril para retirada do residual de hipoclorito.

#### **Avaliação do efeito do óleo essencial de *Eucalyptus grandis* sobre a germinação de sementes**

Para a avaliação do efeito do óleo essencial sobre a germinação das sementes, cinco placas de Petri de 100 mm de diâmetro foram forradas com papel de filtro, sendo dispostas 100 sementes de eucalipto por placa. Após a distribuição das sementes, o papel foi umedecido com 8 mL de água destilada estéril contendo concentrações de 0, 10, 25, 50, 75 e 100  $\mu\text{L L}^{-1}$  do óleo essencial de eucalipto, previamente solubilizado em etanol 96,5% na proporção de 1:1 (v/v), conforme metodologia proposta por Fabrowski et al. (2003).

Após a montagem das unidades experimentais, incubaram-se as placas de Petri durante 72 horas a  $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,2$ , com fotoperíodo de 14 horas, sob intensidade luminosa de 2.000 lux. Avaliou-se a porcentagem de germinação das sementes em intervalos de 12 horas. Os dados referentes às porcentagens de sementes germinadas para cada período de avaliação foram transformadas para raiz quadrada de  $x + 0,1$  e submetidos à análise de variância e teste de médias pelo teste Tukey (Ferreira, 2000).

#### **Avaliação do efeito do óleo essencial de *Eucalyptus grandis* sobre o desenvolvimento e crescimento inicial de plântulas de eucalipto**

Sementes de eucalipto foram desinfestadas segundo metodologia descrita para o ensaio anterior. As sementes germinadas em papel de filtro foram mantidas a  $26\text{ }^{\circ}\text{C}$  no escuro, por um período de cinco dias. Decorrido o período de germinação, as plântulas de eucalipto foram transplantadas para tubetes de plástico de  $50\text{ cm}^3$ , contendo turfa como substrato. A turfa utilizada apresentava pH em água 5,8; Cálcio  $25,9\text{ cmol}_c\text{ dm}^{-3}$ ; Magnésio  $4,7\text{ cmol}_c\text{ dm}^{-3}$ ; H+Al  $2,5\text{ cmol}_c\text{ dm}^{-3}$ ; CTC efetiva 31,1; Potássio  $176\text{ mg dm}^{-3}$  e Fósforo  $14,4\text{ mg dm}^{-3}$ ; matéria orgânica 17% e argila 9%.

Após o transplantio das mudas, os tubetes permaneceram sobre tela metálica em casa de vegetação, sendo realizadas rotações dos tubetes a cada sete dias. A reposição da umidade foi realizada adicionando-se, diariamente, água destilada aos tubetes, sendo aplicado

10 mL da solução nutritiva de Hoagland & Arnon (1951) em cada tubete, em intervalos de 15 dias.

Para avaliação do efeito da concentração do óleo essencial de eucalipto sobre o crescimento das plântulas, solubilizou-se o óleo essencial em etanol 96,5% na proporção de 1:1 (v/v), conforme metodologia proposta por Fabrowski et al. (2003). Pulverizou-se por planta 2 mL da solução oleosa nas concentrações de 0, 20, 30, 40, 50 e 60  $\mu\text{L L}^{-1}$ , em intervalos de sete dias a contar da data do transplantio das mudas.

Realizaram-se as avaliações em duas épocas, aos 30 dias após o transplante, visando analisar o efeito da aplicação dos óleos na fase inicial de crescimento da planta, e aos 60 dias após o transplante. Neste período, o espaço físico do tubete ainda não é considerado fator limitante ao crescimento da planta (Bonnassis, 2007). Nestes intervalos de tempo, avaliaram-se os parâmetros: altura da planta (mm), massa fresca e seca da parte aérea (mg), comprimento de raízes (mm), volume radicular ( $\text{cm}^3$ ), massa fresca e seca das raízes frescas (mg).

Para a determinação da massa da parte aérea fresca e seca, cortaram-se as plantas rente ao solo. Em seguida, foi pesada a parte aérea, caracterizando a massa fresca dessa parte. As raízes foram separadas do solo, lavadas com água destilada, secas em papel toalha e determinada a massa das raízes frescas. Concomitantemente, determinou-se o comprimento das raízes pivotantes, através de medições diretas e o volume radicular pelo método de deslocamento de água, adaptando-se metodologia utilizada para solos (Claessen, 1997). Após, as raízes e a parte aérea das plantas foram colocadas em sacos de papel individuais, devidamente identificados e levados à estufa a  $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ , onde permaneceram até atingirem o peso constante, efetuando-se a determinação da massa da parte aérea e raízes secas (Neves & Queiroz, 2002).

Transformaram-se os dados de altura da planta, massa fresca e seca da parte aérea, comprimento de raízes, volume radicular e massa fresca e seca das raízes frescas para raiz quadrada de  $x + 0,1$ , os quais foram submetidos à análise de variância e teste de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro (Ferreira, 2000). Para a determinação dos tratamentos mais eficientes quanto ao bioestímulo do desenvolvimento das mudas de eucalipto, realizou-se análise dos componentes principais (Ter Braak & Smilauer, 1998).

## Resultados e discussão

As respostas à aplicação do óleo essencial de eucalipto sobre a germinação das sementes e crescimento das plantas de *Eucalyptus grandis* variaram de acordo com a concentração do óleo essencial utilizada. Analisando-se o percentual de germinação das sementes de eucalipto, observou-se que nos primeiros períodos de avaliação (12-48 horas) a germinação evoluiu de forma heterogênea, não havendo diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 1). Estes resultados, provavelmente, estão relacionados ao vigor das sementes utilizadas na condução dos ensaios.

Após 60 horas de incubação das sementes, o efeito do óleo essencial sobre o percentual germinativo das sementes passou a ser evidente, sendo que as concentrações de 25, 50, 75 e 100  $\mu\text{L L}^{-1}$  proporcionaram germinação significativamente superior a 0 e 10  $\mu\text{L L}^{-1}$  (Tabela 1).

Decorridas 72 horas de incubação das sementes, observou-se um padrão de germinação, onde a aplicação das concentrações de 25 e 50  $\mu\text{L L}^{-1}$  do óleo essencial de eucalipto resultaram em diferenças significativas quanto à germinação das sementes (Tabela 1), aumentando a germinação em 15% e 11,67%, respectivamente.

**Tabela 1.** Porcentagem de germinação de sementes de *Eucalyptus grandis* após incubação em diferentes concentrações do óleo essencial de eucalipto.

Óleo essencial ( $\mu\text{L L}^{-1}$ )	(% Germinação)					
	12 h*	24 h	36 h	48 h	60 h	72 h
0	1,66 a **	6,66 a	30,00 b	55,00 a	75,00 c	81,66 b
10	1,66 a	13,33 a	35,00 b	68,33 a	76,66 bc	83,33 b
25	0 a	8,33 a	38,33 a	66,66 a	85,00 a	96,66 a
50	0 a	13,33 a	38,33 a	71,66 a	83,33 ab	93,33 a
75	0 a	6,66 a	39,00 a	65,00 a	80,00 ab	88,33 b
100	0 a	10,00 a	38,33 a	71,66 a	78,33 abc	83,00 b
CV(%)	27,60	24,13	13,23	13,02	3,56	3,08

\* Período de avaliação em horas; \*\* médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Segundo Labouriau (1983), o efeito da aplicação de determinado produto sobre as sementes pode ser expresso tanto na velocidade de germinação como no percentual final de sementes germinadas. Segundo Ferreira & Áquila (2000), este efeito varia conforme a reação da semente ao produto, como efeitos sobre a permeabilidade das membranas, conformação de enzimas e de receptores e utilização do oxigênio.

Os resultados obtidos neste trabalho diferem dos encontrados por Batish et al. (2004), os quais verificaram, independentemente da concentração de uso, efeito bio-herbicida do óleo essencial de *Eucalyptus citriodora* sobre a germinação e crescimento inicial de diversas plantas. Provavelmente, as divergências observadas nos dois estudos estejam relacionadas a diferenças na composição dos óleos essenciais de *Eucalyptus grandis* e *E. citriodora* (Estanislau et al., 2001).

Observou-se que, aos 30 dias após o transplântio, a aplicação do óleo essencial nas concentrações de 20, 30 e 40  $\mu\text{L L}^{-1}$  proporcionou maior alongamento das mudas de *Eucalyptus grandis* em relação às demais concentrações (Tabela 2). Já aos 60 dias após o transplântio, nos tratamentos 30 e 40  $\mu\text{L L}^{-1}$ , a altura das mudas de eucalipto passou a ser significativamente superior aos valores nos demais tratamentos, seguido pelas concentrações de 20 e 50  $\mu\text{L L}^{-1}$  (Tabela 2).

Tal efeito sobre o alongamento das mudas de eucalipto, 60 dias após o transplântio, refletiu em maior acúmulo, tanto de massa fresca quanto de massa seca da parte aérea com 30 e 40  $\mu\text{L L}^{-1}$  do óleo essencial.

Na concentração de 60  $\mu\text{L L}^{-1}$  de óleo essencial, tanto aos 30 como aos 60 dias após o transplântio, observou-se que o crescimento das mudas foi inferior ao tratamento controle, evidenciando o efeito do aumento na concentração do óleo essencial, passando de uma condição de estímulo para um efeito inibitório (Tabela 2).

**Tabela 2.** Altura e massa fresca e seca da parte aérea de mudas de *Eucalyptus grandis* aos 30 e 60 dias após o transplantio, tratadas com concentrações do óleo essencial de eucalipto.

Óleo essencial ( $\mu\text{L L}^{-1}$ )	Altura da plântula (mm)		Massa fresca da parte aérea (mg)		Massa seca da parte aérea (mg)	
	30 dias	60 dias	30 dias	60 dias	30 dias	60 dias
Controle	38,25 b*	89,20 b	42,50 a	464,20 b	6,83 a	178,80 b
20	49,32 ab	94,60 b	42,25 a	482,80 b	7,11 a	185,20 b
30	53,83 a	120,00 a	52,08 a	655,40 a	7,51 a	213,80 a
40	50,90 a	113,20 ab	51,42 a	633,40 a	6,92 a	201,00 ab
50	46,83 b	92,80 b	41,21 a	434,0 b	7,01 a	173,20 b
60	34,87 b	51,82 c	38,77 a	262,0 c	6,51 a	109,0 c
CV(%)	8,60	4,88	9,21	5,94	8,10	4,24

\* Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Ibrahim et al. (2004); (2006), avaliando a aplicação de monoterpenos em plantas, observaram diferentes respostas quanto à condutância estomática e a taxa de fotossíntese líquida. Segundo os autores, a concentração utilizada interfere diretamente nos efeitos de sinergismo e antagonismo. Segundo Harbone (1991), este efeito inibitório resultante da utilização de determinadas concentrações do óleo essencial de *Eucalyptus* spp. pode ser facilmente observado em comunidades de plantas desse gênero, as quais não apresentam vegetação sob as copas das árvores. Segundo o autor, em comunidades florestais, este efeito ocorre devido aos terpenos e monoterpenos constituintes do óleo essencial presente nas folhas de eucalipto que, ao se depositarem no solo, inibem outras plantas devido à decomposição, volatilização, lixiviação e exudação de compostos presentes nos tecidos vegetais.

Comparando-se os valores de massa fresca e seca da parte aérea, observou-se que a aplicação do óleo essencial não apresentou diferenças significativas aos 30 dias em relação ao tratamento controle (Tabela 2). Provavelmente, esta resposta esteja relacionada à curta exposição destas plantas ao efeito do óleo. Aos 60 dias após o transplantio, as concentrações de 30 e 40  $\mu\text{L L}^{-1}$  resultaram em plantas com maior massa fresca e seca da parte aérea (Tabela 2). Para ambas as variáveis, pôde-se observar que até os 30 dias após o transplantio das mudas, a aplicação do óleo essencial de eucalipto não resultou em maior massa radicular. Já aos 60 dias após o transplantio, a aplicação do óleo nas concentrações de 30 e 40  $\mu\text{L L}^{-1}$  proporcionou aumento no desenvolvimento radicular (Tabela 3).

**Tabela 3.** Massa fresca e seca das raízes de *Eucalyptus grandis* e razão raiz / parte aérea aos 30 e 60 dias após o transplantio, tratadas com diferentes concentrações do óleo essencial de eucalipto. Média de sete repetições (n = 7 plantas por tratamento).

Óleo essencial ( $\mu\text{L L}^{-1}$ )	Massa fresca da raiz (mg)		Massa seca da raiz (mg)		Razão raiz / parte aérea	
	30 dias	60 dias	30 dias	60 dias	30 dias	60 dias
Controle	22,87 b*	351,60 b	2,10 a	68,67 b	0,30	0,38
20	27,12 ab	401,00 a	2,23 a	69,06 b	0,31	0,37
30	35,87 a	507,40 a	2,29 a	86,56 a	0,30	0,40
40	34,00 ab	484,60 ab	2,28 a	83,38 ab	0,33	0,41
50	31,62 ab	398,00 ab	2,52 a	67,48 b	0,36	0,38
60	28,75 ab	192,40 b	2,08 a	40,66 c	0,32	0,37
CV(%)	17,60	10,25	18,40	18,13		

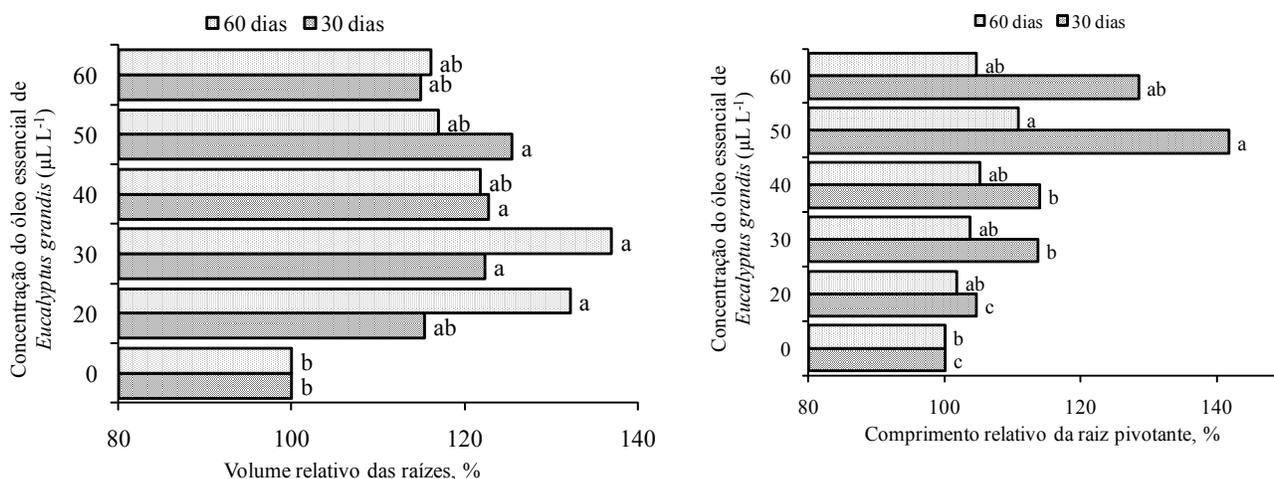
\* Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

O estímulo ao crescimento vegetal, expresso nos valores de massa seca da parte aérea e raiz, quando da aplicação do óleo essencial a 30 e 40  $\mu\text{L L}^{-1}$  aos 60 dias (Tabelas 2 e 3), resultou em uma razão raiz/parte aérea de 0,40 e 0,41, respectivamente, valores estes próximos ao proposto por Brissette (1984), que estabelece a razão 0,5 como sendo a ideal para o desenvolvimento das plantas.

A 50 e 60  $\mu\text{L L}^{-1}$ , a aplicação do óleo essencial de eucalipto proporcionou um estímulo ao crescimento radicular em profundidade, que pode ser observado pelo aumento em 41,7% no comprimento relativo da

raiz principal, após 30 dias do início da aplicação do óleo (Figura 1).

Decorridos 60 dias de tratamento, o efeito da aplicação dos óleos sobre o desenvolvimento radicular passou a ser menos pronunciado, provavelmente devido à restrição radicular imposta pela altura do tubete. Tanto aos 30 como aos 60 dias após o transplante, a aplicação do óleo essencial sobre as plantas de *Eucalyptus grandis*, em todas as concentrações avaliadas, proporcionou estímulo ao crescimento do volume radicular.



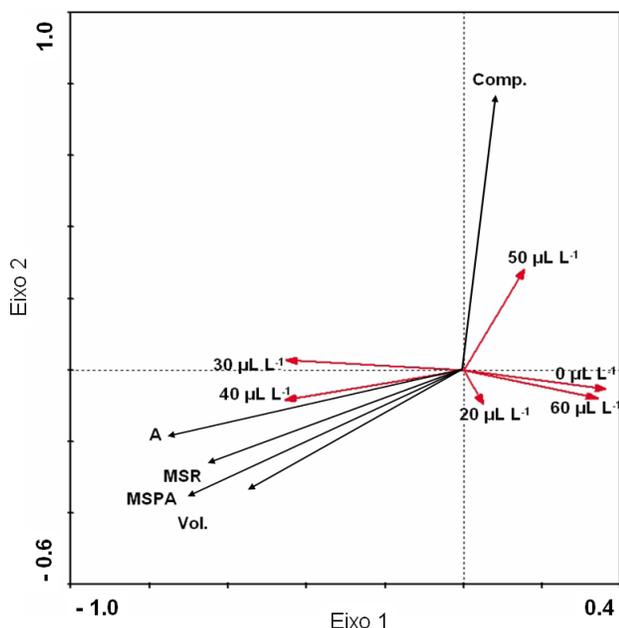
**Figura 1.** Comprimento e volume relativo das raízes de mudas de *Eucalyptus grandis* aos 30 e 60 dias após o transplante, tratadas com diferentes concentrações do óleo essencial de eucalipto. Médias seguidas de mesma letra na mesma época de avaliação não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

De acordo com a análise dos dados (Figura 2), observou-se variação quanto à eficiência dos tratamentos, expressa por dois eixos. No eixo 1, as variáveis são separadas em dois grupos de eficiência, o primeiro englobando as concentrações de 30 e 40  $\mu\text{L L}^{-1}$ , que estão influenciando a produção de massa seca tanto radicular como aérea, altura da planta e volume radicular. O segundo grupo engloba os tratamentos controle, 20, 50 e 60  $\mu\text{L L}^{-1}$  (Figura 2).

Segundo Souza (2003), a massa seca das folhas representa o parâmetro mais importante em estudos onde se busca verificar a eficiência de determinadas variáveis sobre o desenvolvimento e crescimento vegetal. Estes

fatores representam a eficiência da planta na formação de tecidos. Com base nisso, a concentração de 30  $\mu\text{L L}^{-1}$  do óleo essencial aplicado em mudas de *Eucalyptus grandis* representaria o tratamento com maior efeito bioestimulante em relação aos demais tratamentos avaliados.

Observou-se que a concentração de 50  $\mu\text{L L}^{-1}$  apresentou maior influência no comprimento das raízes pivotantes e os tratamentos controle, 20 e 60  $\mu\text{L L}^{-1}$ , não apresentaram influência significativa no crescimento das plantas em relação aos demais tratamentos analisados (Figura 2).



**Figura 2.** Representação gráfica da análise de componentes principais (PCA) relacionando as dimensões 1 e 2 referentes ao desenvolvimento das plantas de *Eucalyptus grandis* pulverizadas com diferentes concentrações do óleo essencial de eucalipto. (Vol) volume radicular, (A) altura das mudas, (MSPA) massa seca da parte aérea, (MSR) massa seca de raízes, (Comp) comprimento das raízes principais.

O efeito da aplicação do óleo essencial via parte aérea das plantas pode ter ocorrido de duas formas: na primeira, os compostos podem ter agido como reguladores do crescimento, resultando em modificações enzimáticas na planta ou alterações fisiológicas ocorridas nas raízes, o que explicaria o maior crescimento das plantas submetidas a determinadas concentrações do óleo. Outra possibilidade poderia estar relacionada aos efeitos indiretos do óleo essencial sobre organismos ou microrganismos que possam alterar o desenvolvimento vegetal (Brimecombe et al., 2001; Bittner et al., 2009).

Segundo Taiz & Zeiger (2006), alguns componentes dos metabólitos secundários das plantas atuam no crescimento e desenvolvimento dos vegetais, o que poderia explicar a resposta das plantas de eucalipto à aplicação destes metabólitos. Os resultados obtidos evidenciam que a aplicação do óleo essencial de eucalipto, em determinadas concentrações, proporcionou maior germinação das sementes e crescimento das plantas de *Eucalyptus grandis*.

## Conclusões

O uso do óleo essencial de *E. grandis* é eficiente na bioestimulação do crescimento vegetativo de mudas de eucalipto.

A aplicação do óleo essencial de *Eucalyptus grandis*, na concentração de 25 e 50  $\mu\text{L L}^{-1}$ , proporciona maior germinação das sementes e, nas concentrações de 30 e 40  $\mu\text{L L}^{-1}$ , favorece maior desenvolvimento das raízes e da parte aérea das mudas de eucalipto.

## Referências

- ALVES, M. da C. S.; FILHO, S. M.; INNECCO, R.; TORRES, S. B. Alelopatia de extratos voláteis na germinação de sementes e no comprimento da raiz de alface. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 11, p. 1083-1086, 2004.
- ANDRADE, W. F. de.; ALMEIDA, M. de.; GONÇALVES, A. N. Multiplicação in vitro de *Eucalyptus grandis* sob estímulo com benzilaminopurina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 12, p. 1715-1719, 2006.
- BATISH, D. R.; SETIA, N.; SINGH, H. P.; KOHLI, R. K. Phytotoxicity of lemon-scented oil and its potential use as a bioherbicide. **Crop Protection**, Harpenden, v. 23, p. 1209-1214, 2004.
- BITTNER, M.; AGUILERA, M. A. ; HERNÁNDEZ, V. ; ARBERT, C. ; BECERRA, J. ; CASANUEVA, M. E. Fungistatic activity of essential oil extracted from *Peumus boldus* Mol., *Laureliopsis philippiana* (Looser) Schodde and *Laurelia sempervirens* (Ruiz e Pav.) Tul. (Chilean Monimiaceae). **Chilean Journal of Agricultural Research**, Chillán, v. 69, n. 1, p. 30-37, january/march 2009.
- BLUM, U. Designing laboratory plant debris – soil bioassays: some reflections. In: INDERJIT, DAKHINI, K. M. N.; FOY, C. L. (eds.). **Principles and practices in plant ecology**. Boca Raton: CRC Press LLC, 1999, p. 17-23.
- BONALDO, S. M.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; STANGARLIN, J. R.; TESSMANN, D. J.; SCAPIM, C. A. Fungitoxicidade, atividade elicitora de fitoalexinas e proteção de pepino contra *Colletotrichum lagenarium*, pelo extrato aquoso de *Eucalyptus citriodora*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, p. 128-134, 2004.
- BONALDO, S. M.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; STANGARLIN, J. R.; CRUZ, M. E. S.; FIORI-TUTIDA, A. C. G. Contribuição ao estudo das atividades antifúngica e elicitora de fitoalexinas em sorgo e soja por eucalipto (*Eucalyptus citriodora*). **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 33, n. 4, p. 383-387, 2007.
- BONNASSIS, P. A. P. **Caracterização de isolados fúngicos ectomicorrízicos na promoção do crescimento e na colonização radicular de *Eucalyptus dunnii* Maiden**. Florianópolis, 2007, 69 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Universidade Federal de Santa Catarina.

- BRIMECOMBE, M. J.; LEIJ, F. A. de; LYNCH, J. M. The effect of root exudates on rhizosphere microbial populations. In: PINTON, R.; VARANINI, Z.; NANNIPIERI, P. **The rhizosphere: biochemistry and organic substances at the soil-plant interface**. Ed. Marcel Dekker, New York, 2001. 424 p.
- BRISSETTE, J. C. Summary of discussions about seedling quality. In: SOUTHERN NURSERY CONFERENCES, 1984, Alexandria. **Proceedings...** New Orleans: USDA. Forest Service. Southern Forest Experiment Station, 1984. p.127-128.
- CRUZ, M. E. da S.; NOZAKI, M. de H.; BATISTA, M. A. Plantas medicinais e alelopatia. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, Brasília, n. 15, p. 28-34, 2000.
- DELASQUIS, P. J.; STANICH, K.; GIRARD, B.; MAZZA, G. Antimicrobial activity of individual and mixed fractions of dill, cilantro, coriander and eucalyptus essential oils. **Food Microbiology**, Illinois, v. 74, p. 101-109, 2002.
- CLAESSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPDS, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPDS. Documentos, 1).
- ESTANISLAU, A. A.; BARROS, F. A. S.; PEÑA, A. P.; SANTOS, S. C.; FERRI, P. H.; PAULA, J. R. Composição química e atividade antibacteriana dos óleos essenciais de cinco espécies de *Eucalyptus* cultivadas em Goiás. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Curitiba, v. 11, n. 2, p. 95-100, 2001.
- FABROWSKI, F. J.; MUÑIZ, G. I. B.; NAKASHIMA, T.; NISGOSKI, S.; KLOCK, U. Investigação da presença de óleo essencial em *Eucalyptus smithii* R.T. Baker por meio da anatomia de seu lenho e casca. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 95-106, 2003.
- FERREIRA, A. G.; AQUILA, M. E. A. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, São Carlos, n.12, p.175-204, 2000.
- FERREIRA, D. F. **Sistemas de análise estatística para dados balanceados**. Lavras: UFLA/DEX/SISVAR, 2000. 145 p.
- GOETZE, M.; THOMÉ, G. C. H. Efeito alelopático de extratos de *Nicotiana tabacum* e *Eucalyptus grandis* sobre a germinação de três espécies de hortaliças. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 10, n. 1, p. 43-50, 2004.
- HARBONE, J. B. Recent advances in the ecological chemistry of plant terpenoids. In: **Ecological Chemistry and Biochemistry of plant Terpenoids**. Ed. Oxford: Clarendon Press. 1991, p. 399-426.
- HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water culture method for growing plants without soil**. Berkely, CA: University of California, (California Agriculture Experiment Station). Circular, 1951. 347 p.
- IBRAHIM, M.; OKSANEN, E.; HOLOPAINEN, J. Effects of limonene on the growth and physiology of cabbage (*Brassica oleracea* L.) and carrot (*Daucus carota* L.) plants. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Davis, v. 84, n. 11, p. 1319-1326, 2004.
- IBRAHIM, M.; NISSINEN, A.; PROZHERINA, N.; OKSANEN, E.; HOLOPAINEN, J. The influence of exogenous monoterpene treatment and elevated temperature on growth, physiology, chemical content and headspace volatiles of two carrot cultivars (*Daucus carota* L.). **Environmental and Experimental Botany**, Paris, v. 56, n.1, p. 95-107, 2006.
- LABOURIAU, L. G. **A germinação das sementes**. Washington: OEA. 1983. 683 p.
- MAFFEIS, A. R.; SILVEIRA, R. L. V. de A.; BRITO, J. O. Reflexos das deficiências de macronutrientes e boro no crescimento de plantas, produção e qualidade de óleo essencial em *Eucalyptus citriodora*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 57, p. 87-98, 2000.
- MAFIA, R. G.; ALFENAS, A. C.; FERREIRA, E. M.; ZARPELON, T. G.; SIQUEIRA, L. de. Crescimento de mudas e produtividade de minijardins clonais de eucalipto tratados com rizobactérias selecionadas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 843-851, 2005.
- MAFIA, R. G.; ALFENAS, A. C.; FERREIRA, E. M.; TEIXEIRA, D. do A.; ZAUZA, E. A. V. Indução do enraizamento e crescimento do eucalipto por rizobactérias: efeito da adição de fonte alimentar e da composição do substrato de enraizamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 589-597, 2007.
- MAIRESSE, L. A. da S. **Avaliação da bioatividade de extratos de espécies vegetais, enquanto excipientes de aleloquímicos**. Santa Maria, 2005, 340 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria.
- NEVES, A. R.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa:UFV, 2002. 235 p.
- RUSSO, R. O.; BERLYN, G. P. The use of organica biostimulants to help low input sustainable agriculture. **Journal of Sustainable Agriculture**, Binghamton, v. 1, n. 2, p. 19-42, 1990.
- SANDI, J. T. T.; BLANCO, R. F. Atividade inseticida do óleo essencial obtido de eucalipto, *Eucalyptus globulus* Labill (Myrtaceae), sobre o gorgulho do milho, *Sitophilus zeamais*, (Coleoptera: curculionidae). **Biology & Health Journal**, Dois Vizinhos, v. 1, n. 1, p. 101-106, 2007.
- SERAFINI, L. A.; CASSEL, E. Produção de óleos essenciais: uma alternativa para a agroindústria nacional. In: SERAFINI, L. A.; BARROS, N. M.; AZEVEDO, J. L. **Biotecnologia na agricultura e na agroindústria**. Guaíba: Agroindústria, 2001. p. 333-377.
- SILVA, P. H. M. da.; BRITO, J. O.; SILVA JUNIOR, F. G. da. Potential of eleven *Eucalyptus* species for the production of essential oils. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 63, n. 1, p. 85-89, 2006.
- SOUZA, L. A. B. **Seleção de fungos ectomicorrízicos eficientes para promoção do crescimento de Eucalyptus dunni Maiden**. Florianópolis, 2003, 100 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Universidade Federal de Santa Catarina.
- STEFFEN, R. B.; ANTONIOLLI, Z. I.; BOSENBECKER, V. K.; STEFFEN, G. P. K.; LUPATINI, M.; CAMPOS, Â, D.; GOMES, C. B. Avaliação de óleos essenciais de plantas medicinais no controle de *Meloidogyne graminicola* em arroz irrigado. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 32, n. 2, p. 127-135, jun. 2008.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. 4. ed. Sinauer Associates, Inc. Massachusetts, USA, 2006. 764 p.
- TER BRAAK, C. J. F.; SMILAUER, P. **Canoco reference manual and user's guide to Canoco for Windows**: Software for canonical community ordination (version 4). New York: Microcomputer Power, 1998.
- VITTI, A. M. S.; BRITO, J. O. **Óleo essencial de Eucalipto**. São Paulo, 2003. 26 f. Universidade de São Paulo: Escola superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". (Documentos, 17).

Recebido em 24 de setembro de 2010 e aprovado em 25 de novembro de 2010