



ARTIGO

Novo substrato para o cultivo de orquídeas: estudo do seu potencial de uso em plantas de *Laelia pulcherrima*

Lucas Diego Figueiredo^{1*} e Rosana Marta Kolb¹

Disponível on-line em <http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/2589>

Recebido: 4 de abril de 2013 Recebido após revisão: 06 de setembro de 2013 Aceito: 11 de novembro de 2013

RESUMO: (Novo substrato para o cultivo de orquídeas: estudo do seu potencial de uso em plantas de *Laelia pulcherrima*). A utilização de novos substratos, que não levam a extinção de espécies importantes como o xaxim, tem ganhado especial atenção para o cultivo de plantas ornamentais e exóticas. Este trabalho teve por objetivo avaliar o potencial de uso de sabugo de milho como substrato para o cultivo de orquídeas. Para tanto, foram utilizadas plantas de *Laelia pulcherrima* cultivadas em casca de pinus (controle) e em sabugo de milho. Avaliou-se o desenvolvimento e as características físico-químicas. Foi avaliado ainda o benefício da adubação para o desenvolvimento desta espécie nos dois substratos testados. O sabugo apresentou maior teor de nutrientes e maior capacidade de retenção hídrica do que a casca de pinus, assim como pH e porosidade mais adequados. O desenvolvimento das plantas de *L. pulcherrima* no sabugo foi comparável ao obtido com pinus e o uso de adubo promoveu melhor desenvolvimento, principalmente quando o substrato utilizado foi o sabugo. Assim, recomenda-se o uso do mesmo para o cultivo desta orquídea.

Palavras-chave: Casca de pinus, desenvolvimento, Orchidaceae, sabugo de milho.

ABSTRACT: (New substrate for growing orchids: study of its potential use in plants of *Laelia pulcherrima*). The use of new substrates, which do not lead to extinction of important species such as xaxim, has gained special attention to the cultivation of ornamental and exotic plants. This study aimed to evaluate the potential of using corn cob as substrate for growing orchids. Thus, we used plants of *Laelia pulcherrima* grown in pine bark (control) and corn cob. We evaluated the development and physicochemical characteristics. We assessed also the benefit of fertilization for the development of this species in both substrates. The corn cob had higher nutrient contents and higher water retention capacity than pine bark, as well as pH and porosity more appropriate. Plant development of *L. pulcherrima* on the cob was comparable to that obtained with pine and the use of fertilizer promoted the best growing, especially when the substrate used was the cob. Thus, it is recommend to use the same for the cultivation of this orchid.

Key words: Corncob, development Orchidaceae, pine bark.

INTRODUÇÃO

As orquídeas (família Orchidaceae) apresentam distribuição pantropical e compreendem cerca de 850 gêneros e 20.000 espécies (excluindo os híbridos artificiais); no Brasil, ocorrem aproximadamente 200 gêneros e 2.500 espécies (Souza & Lorenzi 2005). As orquídeas estão entre as plantas ornamentais mais apreciadas, sendo cultivadas comercialmente tanto para produção de flores de corte como de vaso. Alguns gêneros possuem elevado valor econômico, sendo comercializados no mercado brasileiro e internacional, evidenciando o potencial do país no cultivo destas plantas (Silva 1986).

Para a produção comercial das orquídeas, é importante a escolha adequada de um bom substrato, considerando aspectos econômicos, ecológicos, físicos e químicos. No aspecto econômico, o substrato deve ser de fácil acesso e baixo valor comercial. Do ponto de vista ecológico, deve ser extraído de resíduos agrícolas ou industriais, com o intuito de evitar o extrativismo e a degradação da natureza. Já em relação aos aspectos físico-químicos, deve ter boa densidade e porosidade para ocorrência das trocas gasosas e bom desenvolvimento das raízes; deve ainda ser um material orgânico fibroso, de difícil

deterioração, com pH entre 5,0 e 5,5 (Kämpf 1999 e 2000). Características do substrato como consistência, boa aeração e capacidade de reter água, sem que ocorra encharcamento, são essenciais, pois caso não ocorra a correta drenagem as plantas podem sofrer estresse e eventualmente morrer (Silva & Silva 1997). Além disso, para garantir o bom desenvolvimento das plantas, é preciso considerar suas exigências nutricionais (Stancato & Faria 1996), que podem ser supridas pelo substrato em si ou por adubação química.

No Brasil, existem poucas opções de substrato sendo comercializadas para o cultivo de orquídeas. Embora exista no país uma ampla variedade de materiais com potencial de uso como substrato, a falta de estudos tem limitado sua exploração comercial (Backes & Kämpf 1991).

Durante muitos anos o xaxim foi utilizado como o único substrato para o cultivo de orquídeas. A utilização desenfreada do xaxim produzido pela samambaiçu - *Dicksonia sellowiana* Hook. - a colocou em risco de extinção (Souza 2003). A Resolução 278/2001 do CONAMA veta totalmente o comércio do mesmo, pois sua retirada é realizada em áreas naturais de modo ilegal, já que não existem cultivares desta planta, que leva de 15

1. Departamento de Ciências Biológicas, Faculdade de Ciências e Letras, Univ. Estadual Paulista (UNESP), Câmpus de Assis. Av. Dom Antonio 2100, CEP 19806-900, Assis, SP, Brasil.

* Autor para contato. E-mail: lucas.biologia@hotmail.com

a 18 anos para atingir o porte de corte (Lorenzi & Souza 1996, Souza 2003). Com a proibição da comercialização do xaxim, substratos alternativos vêm sendo estudados (Demattê & Demattê 1996, Nayak *et al.* 1997, Stancato *et al.* 1999). Dentre os substratos já avaliados, destaca-se a casca de pinus, que vem sendo comercializada em larga escala para o cultivo de orquídeas (Watanabe 2002).

O presente estudo teve por objetivo verificar a possibilidade de uso de um novo substrato para o cultivo de orquídeas, o sabugo de milho. Para tanto, plantas de *Laelia pulcherrima*, oriundas do cruzamento entre *Laelia lobata* Lindl. H.J. Veitch e *Laelia purpurata* Lindl. & Paxton, foram cultivadas em casca de pinus (substrato convencional) e em sabugo de milho. A espécie *L. pulcherrima* não é um híbrido natural, sendo que *L. lobata* é encontrada na região sudeste do país, mais especificamente na cidade do Rio de Janeiro, possuindo maior abundância na Pedra da Gávea (Miranda 2009), enquanto que *L. purpurata* ocorre naturalmente ao sul do país (Hoehne 1949). Foram estudados o desenvolvimento das plantas e características físico-químicas dos substratos. Foi avaliado ainda o benefício da adubação para o desenvolvimento desta espécie em ambos os substratos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, na Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Câmpus de Assis, Estado de São Paulo, sob irradiância máxima de $590 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ e mínima de $354 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (considerando período de inverno). As medidas de irradiância da luz foram tomadas na altura das plantas, ao meio dia, com sensor esférico acoplado a um fotômetro Li-cor (Li-250A, Biosciences, Lincoln, USA). O experimento teve duração de 10 meses, com início em 18 de outubro de 2008. Durante este período, as temperaturas ambientais não foram superiores a 32°C e nem inferiores a 15°C .

As plantas utilizadas foram provenientes do cruzamento entre *Laelia lobata* e *Laelia purpurata*, originando o híbrido primário *Laelia pulcherrima*, que possui grande procura comercial, devido às características de beleza da flor e facilidade de cultivo. As mudas foram doadas pela Bela Vista Orchids, situada no Município de Assis – SP, em vasos com 7 cm de diâmetro, contendo casca de pinus como substrato. Essas plantas foram obtidas através de sementes, utilizando fungos micorrízicos para auxiliar na germinação. Foram mantidas em estufas de crescimento recebendo irrigação diária por 18 meses, após a aclimação pós-germinação, que teve duração de 18 meses. Após o recebimento das plantas, estas foram mantidas em casa de vegetação por 10 dias, para adaptação às novas condições de cultivo. Foram selecionadas plantas homogêneas quanto ao tamanho (plantas com dois brotos; o maior com 15-20 cm de altura) e sanidade aparente de suas folhas e raízes (coloração, ausência de manchas necróticas) para realização do experimento. Estas foram transplantadas para vasos plásticos com 10

cm de diâmetro e capacidade para 500 mL de substrato, contendo furos na parte inferior para auxiliar a drenagem do excesso de água.

O transplante foi realizado retirando as plantas de seus vasos com o auxílio de uma espátula e as raízes foram lavadas em água corrente para remoção do substrato antigo. Foi transplantada uma planta por vaso, num total de 12 plantas por substrato, para análise da influência do substrato no desenvolvimento das mesmas. Metade das plantas transplantadas (seis plantas), em cada tipo de substrato, recebeu tratamento com Osmocote®, um adubo de liberação lenta de composição 10-10-10 (N-P-K), sendo colocado 10 g de adubo por vaso, sobre o substrato. Esta adubação foi realizada no início do experimento e repetida após 5 meses, seguindo a recomendação do fabricante de duas aplicações ao ano. Foi feito uso deste adubo para verificar a influência deste tipo de adubação sobre o desenvolvimento das plantas quando comparadas àquelas que não foram tratadas. Os vasos dos quatro tratamentos (pinus sem adubação, pinus com adubação, sabugo sem adubação e sabugo com adubação) foram dispostos aleatoriamente por meio de sorteio, para que as variáveis independentes não influenciassem os resultados obtidos nos experimentos. Foi utilizada casca de pinus comercial com o tamanho T.02, enquanto que o sabugo de milho foi cedido por uma revendedora de cereais do Município de Assis, SP, com formato semelhante a cubos de 2 cm^3 , aproximadamente. As regas foram realizadas com água de poço artesiano, sem tratamento químico, três vezes por semana, evitando a secagem ou encharcamento excessivo dos substratos.

Para auxiliar o desenvolvimento inicial das plantas, após 2 semanas do transplante, iniciou-se a adubação foliar, com aplicação de Plantafol® de composição N-P-K (30-10-10 e 10-54-14). A adubação foi feita a cada 7 dias, sendo a cada semana aplicada uma formulação, iniciada pela formulação 30-10-10, mais indicada durante a fase vegetativa da planta. A adubação foliar ocorreu por 28 dias, totalizando duas aplicações de cada fórmula. A adubação foliar foi feita com adição de 2 g do composto a 500 mL de água, seguindo a indicação do fabricante. A aplicação foi realizada com uma bomba manual, aplicando cerca de 10 mL por planta, sempre ao final da tarde.

Caracterização dos substratos

O pH foi mensurado antes do desmonte do experimento, após 2 horas da última irrigação (com água de pH conhecido). Para tanto, foi feita uma nova irrigação com 200 mL de água por vaso, coletando-se o excedente em copos plásticos, onde então foi medido o pH (Kämpf 2000). A aferição do pH ($n=6$) também foi realizada no início do experimento, com o intuito de verificar se houve alteração do mesmo no término do experimento;

A caracterização química foi realizada após moagem dos substratos em moinho de facas. Uma amostra de cada substrato foi enviada ao laboratório da Cooperativa Agropecuária de Pedrinhas Paulista, Município de Pedrinhas

Paulista, SP, para quantificação dos macro (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre) e micronutrientes (manganês, zinco, cobre, ferro e boro). A determinação do teor de nitrogênio foi feita pelo método micro-Kjeldahl, com digestão das amostras em ácido clorídrico (Allen *et al.* 1974). A digestão dos outros elementos foi feita através da queima do material moído em mufla à 500°C, com solubilização das cinzas em ácido clorídrico. O fósforo foi determinado por colorimetria enquanto que os demais elementos foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica (Allen *et al.* 1974);

Para avaliar a capacidade de retenção hídrica (Neto *et al.* 2005), os substratos isovolumétricos foram secos em estufa a 105 °C por 24 horas para obtenção da massa seca (50 g de cada substrato). Após secagem, foi adicionado 10 vezes sua massa em água (500 mL) por 24 horas, sendo então drenados por 1 hora e colocados em vasos plásticos, previamente pesados, obtendo-se o peso úmido inicial do material embebido. Nos dias seguintes foram realizadas pesagens diárias dos vasos até obtenção de massa constante. A capacidade de retenção de água foi determinada pela equação 1:

$$CRA = [Pu - (Pv + Pss)] / Pss \quad (1)$$

Em que:

CRA: capacidade de retenção de água pelo substrato (g água g⁻¹ substrato);

Pu: peso do vaso + substrato úmido (g);

Pv: peso do vaso (g);

Pss: peso seco do substrato (g).

Medidas de desenvolvimento das plantas

Os brotos formados após o início do experimento foram marcados com linha, para que as medidas de desenvolvimento fossem realizadas nos mesmos, após 10 meses do transplante.

As seguintes medidas foram realizadas: contagem do número de brotos e das suas raízes, altura do primeiro broto e comprimento total das raízes, massa fresca e seca (obtida após secagem em estufa a 80 °C até massa constante) da parte aérea e das raízes formadas após início do experimento, diâmetro da primeira raiz formada no primeiro broto (a 3 cm do ápice), circunferência dos pseudobulbos (na região mediana) e área fotossintética total dos brotos, calculada pelo método gravimétrico (Medri *et al.* 2007). Também foi observada a taxa de sobrevivência das plantas nos diferentes tratamentos. A área de contato das raízes com o substrato foi obtida pela equação para cálculo de área de cilindros (equação 2).

$$\text{Área lateral do cilindro (cm}^2\text{)} = 2\pi Rh \quad (2)$$

Em que:

$\pi = 3,14$;

R = diâmetro da raiz/2 (cm);

h = comprimento das raízes (cm).

A partir dos dados de massa fresca e seca foi calculado o CAT (conteúdo de água nos tecidos, tanto para os brotos

quanto para as raízes; Gill *et al.* 2003), para verificar se houve ou não diferença no grau de hidratação das plantas cultivadas nos diferentes substratos. Este cálculo foi feito empregando-se a equação 3:

$$CAT (g) : (\text{massa fresca} - \text{massa seca}) / \text{massa seca} \quad (3)$$

Análise anatômica

No término do experimento, foram coletados segmentos das raízes (a 3 cm do ápice) para verificar se houve alguma alteração na anatomia destes órgãos em função dos tratamentos. As amostras (n=6, por tratamento) foram fixadas em FAA 70 (formaldeído, ácido acético e álcool etílico 70%, 0,5:0,5:9, v:v:v), desidratadas em série etílica, incluídas em parafina (Johansen 1940, Sass 1951), seccionadas transversalmente (8 µm de espessura), coradas com azul de astra e fucsina básica (Roeser 1972) e montadas em resina sintética Entellan®. Os registros histológicos foram feitos com auxílio de microscópio Leica (modelo DM 1000), acoplado a câmera digital e câmara clara. Esta foi utilizada para análise das áreas ocupadas pelo velame, córtex, cilindro central e medula em relação à área total da raiz, calculada pelo método gravimétrico (Medri *et al.* 2007).

Análise estatística

Os valores de pH obtidos no início do experimento (para ambos os substratos) foram comparados aos da água de irrigação (controle) por Anova, seguida de teste de Tukey (p<0,05). As medidas de pH realizadas no final do experimento (para os substratos, com ou sem adubação) foram comparadas às da água de irrigação por Anova de efeitos aninhados ("Nested design"), seguida de teste de Dunnett (p<0,05). Os valores de pH obtidos para os substratos no início e no término do experimento foram analisados por Anova fatorial, com medidas repetidas, seguida de teste de Tukey (p<0,05) (Zar 1999).

Foram feitas regressões lineares entre capacidade de retenção de água e tempo (dias decorridos após a rega) para ambos os substratos. Diferenças na inclinação e na elevação das relações obtidas para cada substrato foram testadas com o software SMATR (Warton *et al.* 2006).

Os dados de contribuição percentual (transformados para valores absolutos) dos tecidos das raízes de *L. pulcherrima* e os dados de desenvolvimento foram analisados por Anova 2-fatores, seguido por teste de Tukey (p<0,05), nos casos onde houve interação entre tipo de substrato e adubação. Os dados apresentaram normalidade dos resíduos (Kolmogorov-Smirnov p>0,50) e homogeneidade entre as variâncias (teste de Cochran p>0,40) (Zar 1999).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização dos substratos e desenvolvimento das plantas

No início do experimento, o pH da solução percolada

Tabela 1. Medidas de pH dos tratamentos (a partir da água de drenagem dos vasos) no início e no final do experimento. Os valores representam as médias $\pm$ desvio padrão (n=6). Abreviaturas: SNA, sabugo não adubado; SA, sabugo adubado; PNA, pinus não adubado; PA, pinus adubado.

Data	Tratamentos				
	SNA	SA	PNA	PA	Água (controle)
18/10/2008	5,98 $\pm$ 0,07 ^{Ab}	-	4,70 $\pm$ 0,29 ^{Ba}	-	5,10 $\pm$ 0,10 ^a
18/08/2009	5,54 $\pm$ 0,07 ^{Aa}	4,97 $\pm$ 0,36 ^a	5,57 $\pm$ 0,10 ^{Aa}	4,85 $\pm$ 0,46 ^a	

As médias seguidas de mesma letra minúscula na primeira linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p>0,05$). As médias seguidas de mesma letra minúscula na segunda linha não diferem pelo teste de Dunnett ($p>0,05$). As médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas não diferem pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

Tabela 2. Caracterização química dos substratos utilizados neste trabalho.

Macronutrientes (g.kg ⁻¹)	Substratos	
	Sabugo	Pinus
Nitrogênio (N)	9,28	3,30
Fósforo (P)	1,70	0,36
Potássio (K)	5,33	0,57
Magnésio (Mg)	1,16	0,25
Cálcio (Ca)	0,93	0,71
Enxofre (S)	0,56	0,42
Micronutrientes (mg.kg⁻¹)		
Manganês (Mn)	17,00	16,00
Zinco (Zn)	48,00	15,00
Cobre (Cu)	6,10	4,20
Ferro (Fe)	465,00	4590,00
Boro (B)	2,35	2,10

pela casca de pinus foi semelhante ao da água de irrigação, enquanto o pH da solução do sabugo de milho foi maior, chegando próximo a 6 (Tab. 1). No final do experimento, os valores não diferiram em relação à água de irrigação (Tab. 1). Quando os valores de pH dos substratos foram comparados no início e no término do experimento, foi observada acidificação não significativa para o sabugo e alcalinização para a casca de pinus, embora os valores tenham continuado próximos à água de irrigação para ambos os substratos (Tab. 1). De acordo com Kämpf (1999 e 2000), os valores de pH em ambos os substratos avaliados estão na faixa ideal para o cultivo de orquídeas, mesmo considerando a acidificação ocorrida em função da adubação. A manutenção do pH na faixa ideal de cultivo é importante para que não ocorra variação na biodisponibilidade dos nutrientes, sendo que valores de pH inferiores a 4,5 podem levar a solu-

bilização de minerais, como alumínio e manganês, que são tóxicos quando em excesso (Marschner, 1995), bem como aumentar a concentração de H⁺, o qual é prejudicial ao crescimento das plantas (Kidd & Proctor, 2001).

Altos teores de nutrientes são importantes para propiciar o bom desenvolvimento das plantas (Wang 2010). Para os substratos avaliados neste estudo, com exceção do Fe, os teores de nutrientes (Tab. 2) foram maiores no sabugo, com destaque para os macronutrientes (três vezes mais N, cinco vezes mais P e nove vezes mais K, aproximadamente). Além de favorecer o desenvolvimento das plantas, os substratos ricos em nutrientes são vantajosos, pois podem diminuir os custos com adubação.

As regressões entre capacidade de retenção de água e tempo (dias decorridos após irrigação) (Fig. 1) apresentaram a mesma inclinação (Statistic test = 2,796; $p = 0,092$), indicando que a relação de queda da ca-

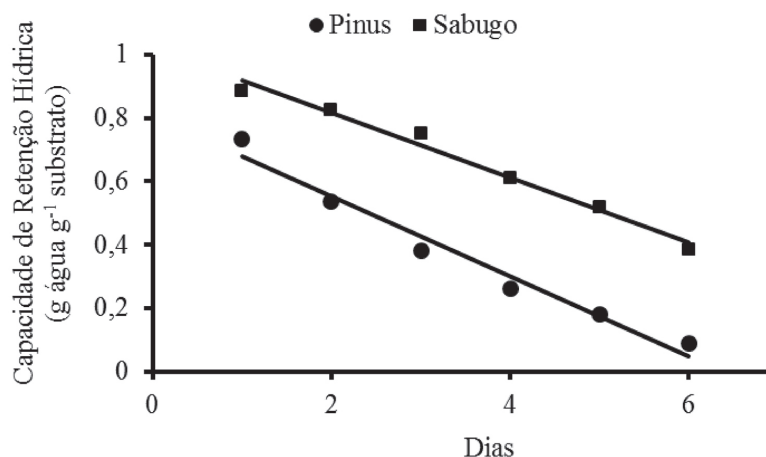


Figura 1. Relações entre capacidade de retenção hídrica dos substratos analisados e tempo (dias decorridos após a irrigação). Equação para sabugo: $y = -0,1022x + 1,0206$, $r^2 = 0,9826$, $p = 0,0001$. Equação para o pinus: $y = -0,126x + 0,805$, $r^2 = 0,9711$, $p = 0,0003$.

Tabela 3. Resultados da ANOVA 2-FATORES para dados de desenvolvimento dos brotos das plantas de *Laelia pulcherrima*.

Parâmetros	F	P
Número de brotos		
Substrato	2,3810	0,1385
Adubação	9,5238	0,0058
Substrato x adubação	6,0952	0,0227
Altura do 1º broto		
Substrato	0,0003	0,9866
Adubação	9,1457	0,0067
Substrato x adubação	0,2493	0,6230
Circunferência dos pseudobulbos		
Substrato	0,0072	0,9333
Adubação	12,9710	0,0018
Substrato x adubação	0,0019	0,9658
Conteúdo de água nos tecidos dos brotos		
Substrato	2,8030	0,1096
Adubação	36,2910	0,0000
Substrato x adubação	1,7010	0,2070
Área fotossintética		
Substrato	14,6624	0,0010
Adubação	33,8738	0,0000
Substrato x adubação	15,6409	0,0008
Massa seca dos brotos		
Substrato	9,1604	0,0067
Adubação	33,8345	0,0000
Substrato x adubação	7,8015	0,0112

pacidade de retenção de água com o passar do tempo é a mesma, para ambos os substratos. No entanto, a capacidade de retenção de água foi sempre maior no sabugo (Wald-Statistic = 125,64; $p < 0,001$), garantindo que este substrato permaneça hidratado por mais tempo, fornecendo água para as plantas nele cultivadas.

Em relação às plantas de *L. pulcherrima*, houve 100% de sobrevivência em todos os tratamentos avaliados. Alguns parâmetros referentes à parte aérea das plantas, como altura do primeiro broto, circunferência dos pseudobulbos e conteúdo de água nos brotos, foram

influenciados apenas pela adubação (Tab. 3), sendo as maiores médias encontradas nas plantas adubadas (Tab. 4). Já para o número de brotos houve diferença em função da adubação bem como devido à interação entre o tipo de substrato utilizado e o uso de adubo (Tab. 3), onde o sabugo adubado apresentou a maior média (Tab. 4). A área fotossintética e a produção de matéria seca dos brotos foram influenciadas pela adubação, pelo tipo de substrato e pela interação entre esses tratamentos (Tab. 3). Os dados aqui obtidos corroboram com os resultados de outros estudos realizados com orquídeas, nos quais se verificou que as características dos diferentes tipos de substrato influenciavam o desenvolvimento das plantas (Assis *et al.* 2008, Moraes *et al.* 2002). Da mesma maneira, a adubação também tem se revelado como fator relevante no cultivo de orquídeas (Wang & Gregg 1994). Assim, a maior disponibilidade de água e a de nutrientes no sabugo adubado foi essencial para promover o desenvolvimento de *L. pulcherrima* neste tratamento, uma vez que a fotossíntese é favorecida na presença de ambos. Outros estudos também tem atribuído o maior desenvolvimento de orquídeas a substratos com maior capacidade de retenção de água (Wang & Konow 2002, Wang 1996) e de nutrientes (Vichiato *et al.* 2008, Moraes *et al.* 2002).

Em relação à produção de matéria seca dos brotos de *L. pulcherrima*, esta foi significativamente maior no tratamento sabugo adubado (Fig. 2). Isto ocorreu provavelmente em função do maior número de brotamentos neste tratamento, o que levou a um aumento significativo da área foliar (Tab. 4) e, conseqüentemente, da capacidade fotossintética destas plantas. Deste modo, a combinação do sabugo de milho, como substrato, com a adubação, pode beneficiar os produtores de orquídeas, uma vez que plantas com maior número de brotos e maior área foliar total produzem maior número de flores (Assis *et al.* 2005, Wang & Gregg 1994). Já o maior conteúdo de água nos brotos adubados pode estar relacionado ao fato dos pseudobulbos apresentarem maior circunferência nesta condição (Tab. 4). Isto porque o pseudobulbo

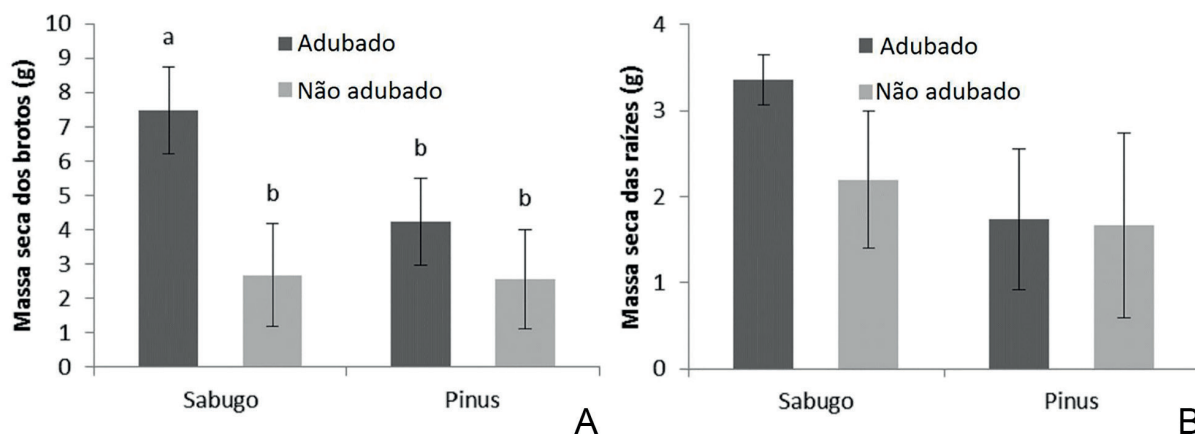
**Figura 2.** Massa de matéria seca dos brotos (A) e das raízes (B) de *Laelia pulcherrima* nos diferentes tratamentos. Dados representam a média $\pm$ desvio padrão (n=6). As médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Tabela 4. Dados de desenvolvimento para os brotos de *Laelia pulcherrima* nos diferentes tratamentos. Os valores representam as médias $\pm$ desvio padrão (n=6). Abreviaturas: SNA, sabugo não adubado; SA, sabugo adubado; PNA, pinus não adubado; PA, pinus adubado.

Parâmetros	Tratamentos			
	SNA	SA	PNA	PA
Número de brotos	2,17 $\pm$ 0,41 ^b	5,17 $\pm$ 2,32 ^a	2,67 $\pm$ 1,03 ^b	3,00 $\pm$ 0,63 ^b
Altura do 1º broto (cm)	22,65 $\pm$ 6,13	33,00 $\pm$ 6,84	24,17 $\pm$ 9,36	31,58 $\pm$ 5,91
Circunferência dos pseudobulbos (cm)	4,72 $\pm$ 0,75	6,15 $\pm$ 0,98	4,67 $\pm$ 1,15	6,13 $\pm$ 1,02
Conteúdo de água nos tecidos	6,4 $\pm$ 0,30	7,5 $\pm$ 0,43	6,5 $\pm$ 0,59	8,1 $\pm$ 0,76
Área fotossintética (cm²)	16,10 $\pm$ 5,66 ^b	49,80 $\pm$ 12,95 ^a	16,53 $\pm$ 7,97 ^b	22,96 $\pm$ 4,66 ^b

As médias seguidas da mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p>0,05).

é o principal órgão das orquídeas epífitas que armazena água e nutrientes minerais (Zimmerman 1990).

Quanto aos parâmetros de desenvolvimento da raiz, seu comprimento foi influenciado apenas pela adubação, enquanto que a massa de matéria seca foi influenciada apenas pelo tipo de substrato (Tab. 5), sendo está maior nas plantas cultivadas em sabugo (Fig. 2). Esse resultado pode estar relacionado a uma possível melhor aeração das raízes quando as plantas são cultivadas em sabugo, uma vez que o oposto, substrato com aeração deficiente, tende a limitar o desenvolvimento destes órgãos (Demattê & Demattê 1996), levando a planta à morte na ausência de drenagem apropriada (Nash 1983). Além disso, o sabugo apresentou maior teor de nutrientes (Tab. 2). Houve tendência de aumento da massa seca de raízes quando o sabugo foi adubado (Fig. 2), provavelmente pelo maior número de raízes e pela tendência de maior comprimento e diâmetro das mesmas neste tratamento (Tabs. 5-6). O maior comprimento e diâmetro das raízes proporcionaram

maior área de contato com o substrato nas plantas cultivadas em sabugo adubado (Tab. 6), propiciando maior absorção de nutrientes e água. Assim, o maior desenvolvimento da raiz neste tratamento provavelmente foi relacionado à melhor aeração e ao suprimento favorável de água e nutrientes, resultando em plantas maiores, com maior número de brotamentos.

O conteúdo de água nas raízes não foi influenciado pelos tratamentos (Tabs. 5 e 6), sendo independente das diferenças de capacidade de retenção de água entre os substratos avaliados (Fig. 1). Isso deve ter ocorrido em função das irrigações frequentes realizadas durante o período experimental. No entanto, a utilização do sabugo como substrato de cultivo para orquídeas possibilitaria maior espaçamento entre as regas por possuir maior capacidade de retenção hídrica, o que leva ao uso mais eficiente deste recurso. Vale ressaltar ainda, que apesar da maior retenção hídrica, o sabugo garantiu boa drenagem e boa aeração às raízes, já que estas apresentaram melhor desenvolvimento neste substrato (Fig. 2).

Os dados mostraram que, em geral, o desenvolvimento de plantas de *L. pulcherrima* foi favorecido com o uso de osmocote, indicando a importância do uso de adubo no cultivo de orquídeas (Wang 2010). Além disso, comprovou-se que a escolha de um bom substrato também pode favorecer o desenvolvimento destas plantas. Foi encontrado que o sabugo possui características que favoreceram o desenvolvimento da planta estudada, como boa retenção hídrica, alto teor de nutrientes e valor de pH na faixa ideal para o cultivo. Ainda, houve interação entre o tipo de substrato e o uso de adubo, onde plantas cultivadas em sabugo de milho adubado apresentaram as melhores respostas de desenvolvimento.

Anatomia

A raiz de *L. pulcherrima* é composta por uma epiderme múltipla, o velame, formado por aproximadamente seis camadas de células, que apresentam espessamento irregular, com parede não lignificada (Fig. 3A-D). O córtex parenquimático, formado por 10 a 16 camadas de células, é delimitado externamente pela exoderme e internamente pela endoderme. A exoderme unisseriada é formada por células alongadas, com paredes espessadas e lignificadas na região periclinal e anticlinal externa; apresentando também células com paredes delgadas, que são chamadas células de passagem. A endoderme unisseriada possui células com espessamento em “O” e células

Tabela 5. Resultados da ANOVA 2-FATORES para dados de desenvolvimento das raízes das plantas de *Laelia pulcherrima*.

Parâmetros	F	P
Comprimento das raízes		
Substrato	6,3661	0,0202
Adubação	4,8404	0,0397
Substrato x adubação	2,5166	0,1283
Diâmetro das raízes		
Substrato	0,0040	0,9505
Adubação	11,2440	0,0032
Substrato x adubação	5,5990	0,0282
Área de contato		
Substrato	8,6168	0,0082
Adubação	10,5299	0,0041
Substrato x adubação	5,7214	0,0267
Número de raízes		
Substrato	6,6197	0,0182
Adubação	23,2065	0,0001
Substrato x adubação	11,1507	0,0033
Massa seca de raízes		
Substrato	10,8238	0,0037
Adubação	3,5343	0,0748
Substrato x adubação	2,7906	0,1104
Conteúdo de água nos tecidos		
Substrato	0,0750	0,0860
Adubação	1,8810	2,1690
Substrato x adubação	0,2930	0,3380

Tabela 6. Dados de desenvolvimento para as raízes de *Laelia pulcherrima* nos diferentes tratamentos. Os valores representam as médias $\pm$ desvio padrão (n=6). Abreviaturas: SNA, sabugo não adubado; SA, sabugo adubado; PNA, pinus não adubado; PA=pinus adubado.

Parâmetros	Tratamentos			
	SNA	SA	PNA	PA
Comprimento (m)	2,66 $\pm$ 0,98	4,42 $\pm$ 0,47	2,23 $\pm$ 1,52	2,51 $\pm$ 1,30
Diâmetro (mm)	3,38 $\pm$ 0,30 ^b	4,36 $\pm$ 0,52 ^a	3,77 $\pm$ 0,50 ^{ab}	3,94 $\pm$ 0,32 ^{ab}
Área de contato (cm ²)	285,6 $\pm$ 121,63 ^b	608,7 $\pm$ 125,9 ^a	254,43 $\pm$ 166,9 ^b	303,33 $\pm$ 142,66 ^b
Número de raízes	10,17 $\pm$ 4,96 ^b	35,00 $\pm$ 11,06 ^a	12,50 $\pm$ 6,47 ^b	17 $\pm$ 8,00 ^b
Conteúdo de água nos tecidos	8,75 $\pm$ 0,64	9,10 $\pm$ 0,70	8,60 $\pm$ 1,01	9,40 $\pm$ 1,23

As médias seguidas da mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p>0,05).

Tabela 7. Contribuição percentual do velame, córtex, cilindro central e medula, em relação à área total ocupada por estes, nas raízes de *Laelia pulcherrima*, nos diferentes tratamentos. Os valores representam as médias $\pm$ desvio padrão (n=6). Abreviaturas: SNA, sabugo não adubado; SA, sabugo adubado; PNA, pinus não adubado; PA, pinus adubado.

Parâmetros	Tratamentos			
	SNA	SA	PNA	PA
Velame (%)	34,60 $\pm$ 4,66	32,40 $\pm$ 5,28	34,54 $\pm$ 2,09	33,48 $\pm$ 0,98
Córtex (%)	61,20 $\pm$ 5,05	62,23 $\pm$ 5,69	60,28 $\pm$ 1,40	61,64 $\pm$ 1,87
Cilindro central (%)	3,72 $\pm$ 0,76	4,47 $\pm$ 1,16	4,48 $\pm$ 0,84	4,03 $\pm$ 1,18
Medula (%)	0,46 $\pm$ 0,43	0,88 $\pm$ 0,45	0,69 $\pm$ 0,39	0,83 $\pm$ 0,43
Total ocupado (cm ²)	22,45 $\pm$ 6,82	28,91 $\pm$ 8,23	22,43 $\pm$ 6,32	25,89 $\pm$ 9,77

As médias não diferiram estatisticamente pelo teste de Tukey (p>0,05).

de passagem, localizadas sobre os elementos xilemáticos (Fig. 3A-D). O cilindro vascular é do tipo poliarco e conta com 16 a 26 polos de xilema e floema, intercalados entre si. O floema é envolvido por esclerênquima e a medula é parenquimática, embora algumas vezes apresente lignificação (Fig. 3A-D). As características anatômicas aqui descritas são comuns às raízes de outras orquídeas (Bona *et al.* 2004, Bonates 2007, Stern & Carlsward 2009).

Na região cortical das raízes de *L. pulcherrima* foram observados *pelotons* micorrízicos, independentemente do substrato utilizado no cultivo (Fig. 3E-F); estes são provavelmente formados por hifas de *Rhizoctonia*, uma vez que as sementes das plantas utilizadas neste estudo foram inoculadas com fungos deste gênero. Na natureza, as orquídeas obrigatoriamente utilizam fungos endomicorrízicos para a germinação e desenvolvimento de suas plântulas (Nogueira *et al.* 2005). Essa associação é necessária inicialmente para obtenção de nutrientes do meio, podendo prolongar-se na fase adulta. A colonização micorrízica é influenciada pelas características do meio (Zemke *et al.* 2003), sendo a aeração do substrato um dos principais fatores que interferem na micorrização (Gaur & Adholeya 2000); aparentemente a aeração foi adequada em ambos os substratos aqui estudados, favorecendo a associação micorrízica.

A anatomia da raiz e o seu crescimento são determinantes na capacidade das plantas de explorar o meio para obtenção de água e nutrientes (Mengel & Kirkby 1982), podendo sofrer alterações em função de características do substrato como concentração de nutrientes (Kraus *et al.* 2002), pH (Finn *et al.* 1990) e aeração (Kolb & Joly 2009). Quando a aeração é insuficiente, é comum haver um aumento da espessura do córtex, através do aumento de espaços intercelulares (Kolb *et al.* 1998, Bianchini

et al. 2000, Medri *et al.* 2007). No presente estudo, não foram constatadas alterações qualitativas (Fig. 3A-B) e nem quantitativas (Tab. 7) na anatomia das raízes de plantas de *L. pulcherrima* cultivadas com sabugo quando comparadas às plantas cultivadas com casca de pinus (substrato convencional). Assim, os dados anatômicos aliados aos de desenvolvimento das plantas indicam que o sabugo é um substrato adequado para o cultivo desta orquídea.

Além do que já foi discutido, o sabugo não necessita de qualquer pré-tratamento para ser utilizado como substrato. No caso da casca de pinus, após a moagem, ela deve passar por processo de compostagem, a fim de diminuir a acidez e a quantidade de tanino, uma vez que este é tóxico para as plantas (Nichols 1981). Esse processo é demorado, levando de 6 a 12 meses para que o material se estabilize (Mupondi *et al.* 2006).

Tendo em vista que o sabugo é um resíduo agrícola, disponível em grande quantidade e sem utilidade comercial (baixo custo), com boas características físico-químicas; que o desenvolvimento de *L. pulcherrima* foi comparável àquele obtido para plantas crescidas na casca de pinus (substrato comercial comumente utilizado no cultivo de orquídeas); e que o benefício obtido para as plantas desta espécie com a adubação, foi maior quando associado ao uso do sabugo, recomenda-se o uso do mesmo como substrato alternativo.

AGRADECIMENTOS

O primeiro autor agradece à Fundação de Amparo a Pesquisa, FAPESP, pela concessão de bolsa (processo 09/51417-3). Os autores agradecem à Bela Vista Orchids, Assis, São Paulo, pela doação das mudas de *L. pulcherrima* utilizadas neste estudo.

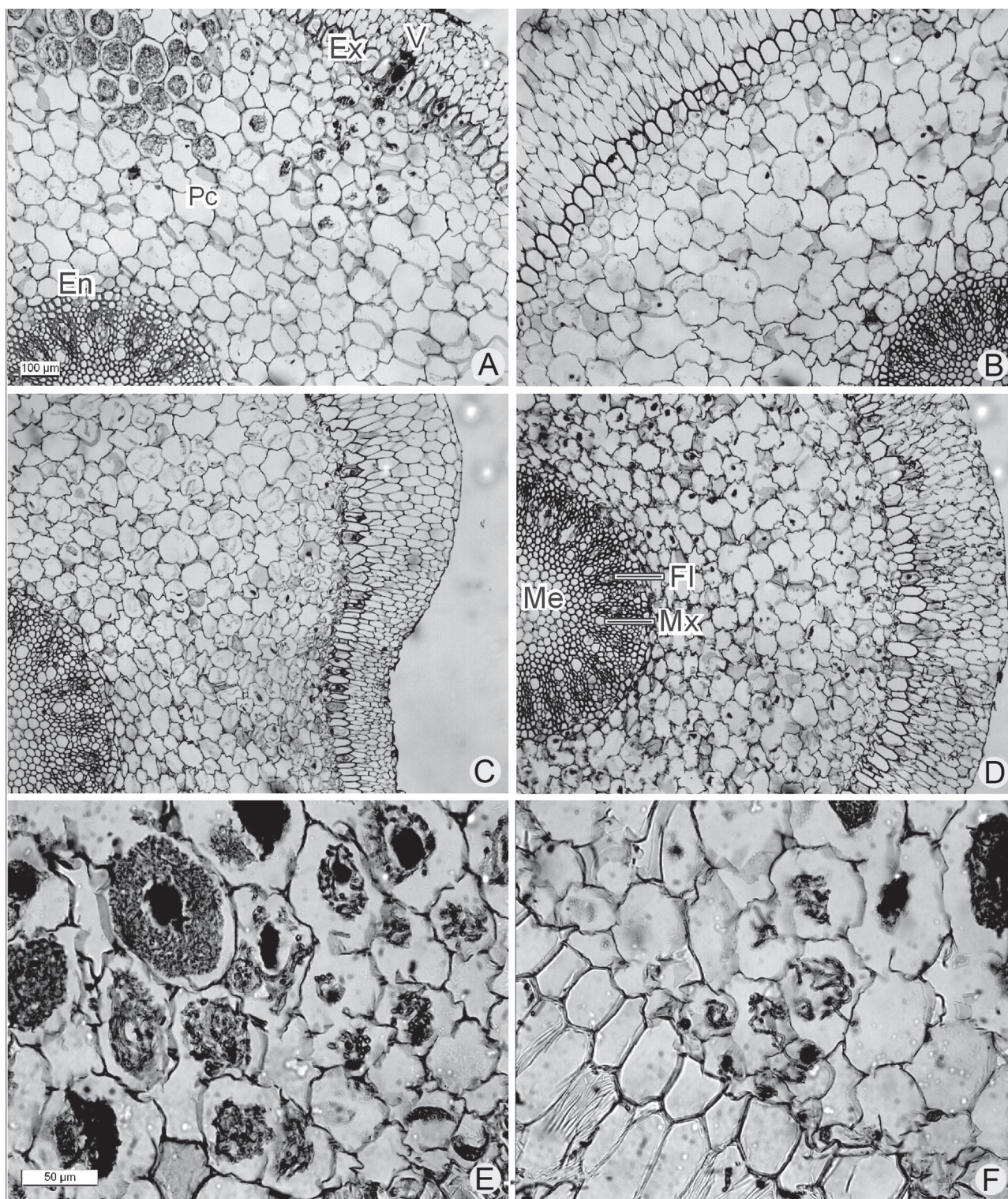


Figura 3. Secções transversais de raízes de *Laelia pulcherrima* nos diferentes tratamentos: sabugo não adubado (A e E), pinus não adubado (B), sabugo adubado (C) e pinus adubado (D e F). Note as células do parênquima cortical, infectadas por fungo endofítico em (E) e (F). Abreviaturas: En, endoderme; Ex, exoderme; F, floema; Mx, metaxilema; Me, medula; Pc, parênquima cortical; V, velame. Escalas: A-D: 100 µm; E-F: 50 µm.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, S., GRIMSHAW, H., PARKINSON, J. & QUARMBY, C. 1974. *Chemical analysis of ecological materials*. Oxford: Blackwell Scientific. 656 p.
- ASSIS, A.M., FARIA, R.T., COLOMBO, L.A. & CARVALHO, J.F.R.P. 2005. Utilização de substratos à base de coco no cultivo de *Dendrobium nobile* Lindl. (Orchidaceae). *Acta Sci. Agron.*, 27: 255-260.
- ASSIS, A.M., FARIA, R.T., UNEMOTO, L.K. & COLOMBO, L.A. 2008. Cultivo de *Oncidium baueri* Lindley (Orchidaceae) em substratos a base de coco. *Ciênc. Agrotec.*, 32: 981-985.
- BACKES, M.A. & KÄMPF, A.N. 1991. Substrato a base de composto de lixo urbano para produção de plantas ornamentais. *Pesq. Agropec. Bras.*, 26(1): 753-758.
- BIANCHINI, E., MEDRI, M.E., PIMENTA, J.A., GILONI, P.C., KOLB,

- R.M. & CORREA, G.T. 2000. Anatomical alterations in plants of *Chorisia speciosa* A. St.-Hil. submitted to flooding. *Interiencia*, 25: 436-441.
- BONA, C., BOEGER, M.R. & SANTOS, G.O. 2004. *Guia Ilustrado de Anatomia Vegetal*. Ribeirão Preto: Holos Editora. 80 p.
- BONATES, L.C.M. 2007. Anatomia ecológica da folha e da raiz e aspectos ecofisiológicos de Orchidaceae epífitas de uma campina na Amazônia. Tese de Doutorado – INPA/UFAM.
- DEMATTÊ, J.B.I. & DEMATTÊ, M.E.S.P. 1996. Estudos hídricos com substratos vegetais para cultivo de orquídeas epífitas. *Pesq. Agropec. Bras.*, 31(11): 803-813.
- FINN, C.E., ROSEN, C.J. & LUBY, J.J. 1990. Nitrogen and solution pH effects on root anatomy of cranberry. *HortScience*, 25: 1419-1421.
- GAUR, A. & ADHOLEYA, A. 2000. Effects of the particle size of soil-less substrates upon AM fungus inoculum production. *Mycorrhiza*, 10: 43-48.
- GILL, P.K., SHARMA, A.D., SINGH, P. & BHULLAR, S.S. 2003. Changes in germination, growth and soluble sugar contents of *Sorghum bicolor* (L.) Moench seeds under various abiotic stresses. *Plant Growth Regul.*, 40: 157-162.
- HOEHNE, F.C. 1949. *Iconografia de Orchidaceas do Brasil: gêneros e principais espécies em texto e em pranchas*. São Paulo: Graphicares-f. Lanzara. 312 p.
- JOHANSEN, D.A. 1940. *Plant microtechnique*. New York: Mc Graw-Hill. 523 p.
- KÄMPF, A.N. 1999. Seleção de materiais para uso como substratos. In: 1º Encontro Nacional sobre Substratos para Plantas. Resumos: Porto Alegre. p. 139-145.
- KÄMPF, A.N. 2000. Substrato. In: KÄMPF, A.N. (Coord.) *Produção comercial de plantas ornamentais*. Guaíba: Agropecuária. 254 p.
- KIDD, P.S. & PROCTOR, J. 2001. Why plants grow poorly on very acid soils: are ecologists missing the obvious? *J. Exp. Bot.*, 52: 791-799.
- KOLB, R.M. & JOLY, C.A. 2009. Flooding tolerance of *Tabebuia cassioides*: metabolic, morphological and growth responses. *Flora*, 204: 528-535.
- KOLB, R.M., MEDRI, M.E., BIANCHINI, E., PIMENTA, J.A., GILONI, P.C. & CORREA, G.T. 1998. Anatomia ecológica de *Sebastiania commersoniana* (Baillon) Smith & Downs (Euphorbiaceae) submetida ao alagamento. *Rev. Brasil. Bot.*, 21: 305-312.
- KRAUS, H.T., WARREN, S.L. & ANDERSON, C.E. 2002. Nitrogen form affects growth, mineral nutrient content, and root anatomy of cotoneaster and rudbeckia. *HortScience*, 37: 126-129.
- LORENZI, H. & SOUZA, H.M. 1996. *Plantas ornamentais no Brasil*. Nova Odessa: Instituto Plantarum. 1088 p.
- MARSCHNER, H. 1995. *Mineral nutrition of higher plants*. London: Academic Press. 889 p.
- MEDRI, M.E., FERREIRA, A.C., KOLB, R.M., BIANCHINI, E., PIMENTA, J.A., DAVANSO-FABRO, V.M. & MEDRI, C. 2007. Alterações morfoanatômicas em plantas de *Lithraea molleoides* (Vell.) Engl. submetidas ao alagamento. *Acta Sci. Biol. Sci.*, 29: 15-22.
- MENGEL, K. & KIRKBY, E.A. 1982. *Principles of plant nutrition*. Switzerland: Kluwer Academic Publishers. 849 p.
- MIRANDA, F. Brazilian orchids. Disponível em: <<http://mirandaorchids.com/species10lobataVGA.htm>>. Acesso em 11 fev. 2009.
- MORAES, L.M., CAVALCANTE, L.C.D. & FARIA, R.T. 2002. Substratos para aclimatização de plântulas de *Dendrobium nobile* Lindl. (Orchidaceae) propagadas *in vitro*. *Acta Sci. Agron.*, 24: 1397-1400.
- MUPONDI, L.T., MNKENI, P.N.S. & BRUTSCH, M.O. 2006. The effects of goat manure, sewage sludge and effective microorganisms on the composting of pine bark. *Compost Science & Utilization*, 14: 201-209.
- NASH, N. 1983. *Cattleya* culture – part 2. *American Orchid Society Bulletin*, 52: 344-348.
- NAYAK, N.R., PANAIK, S. & RATH, S.P. 1997. Direct shoot regeneration from foliar explants of an epiphytic orchid, *Acampe praemorsa*. *Plant Cell Rep.*, 16(18): 583-586.
- NETO, N.B.M., CUSTÓDIO, C.C., CARVALHO, P.R., YAMAMOTO, N.L. & CACCIOLARI, C. 2005. Casca de pinus: avaliação da capacidade de retenção de água e da fitotoxicidade. *Colloquium Agrariae*, 1(1): 19-24.
- NICHOLS, D.A. 1981. The effect of *Pinus radiata* bark toxicity on the early growth of plants in containers. *Sci. Hortic.*, 15: 291-298.
- NOGUEIRA, R.E., PEREIRA, O.L., KASUYA, M.C.M., LANNA, M.C.S. & MENDONÇA, M.P. 2005. Fungos micorrízicos associados a orquídeas em campos rupestres na região do quadrilátero ferrífero, MG, Brasil. *Acta Bot. Bras.*, 19(3): 417-424.
- ROESER, K.R. 1972. Die Nadel der Schwazkiefer Nassenprodukt und Kunstwuk der Natur. *Mikrokosmos*, 61: 33-36.
- SASS, J.E. 1951. *Botanical microtechnique*. Ames: Iowa State College Press. 228 p.
- SILVA, W. 1986. *O cultivo de orquídeas no Brasil*. São Paulo: Nobel. 96 p.
- SILVA, F.S.C. & SILVA, S.P.C. 1997. O substrato na cultura de orquídeas, sua importância, seu envelhecimento. *Orquidário*, 11(1): 3-10.
- SOUZA, M. 2003. Muito além do xaxim. *Natureza*, 1(2): 32-37.
- SOUZA, V.C. & LORENZI, H. 2005. *Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II*. Nova Odessa: Instituto Plantarum. 704 p.
- STANCATO, G.C. & FARIA, R.T. 1996. *In vitro* growth and mineral nutrition of the lithophytic orchid *Laelia cinnabarina* Batem. (Orchidaceae) I: Effects of macro and microelements. *Lindleyana*, 11(1): 41-43.
- STANCATO, G.C., KERBAUY, G.B., ABREU, M.F. & BERTON, R. 1999. Análise de alguns substratos para o cultivo de orquídeas epífitas e avaliação do crescimento de *Dendrobium nobile* cv. Gilblanc. In: 1º Encontro Nacional sobre Substratos para Plantas. Resumos: Porto Alegre. p.65-66.
- STERN, W.L. & CARLSWARD, B.S. 2009. Comparative vegetative anatomy and systematics of Laellinae (Orchidaceae). *Bot. J. Linn. Soc.*, 160: 21-41.
- VICHIATO, M.R.M., VICHIATO, M., CASTRO, D.M., DUTRA, L.F., PASQUAL, M. & ARAÚJO, T.S. 2008. Bucha vegetal e fertilização organo-mineral no cultivo de *Dendrobium nobile* Lindl. *Revista da FZVA*, 15: 34-42.
- WANG, Y.T. 2010. *Phalaenopsis* mineral nutrition. *Acta Hort.*, 878: 821-833.
- WANG, Y.T. 1996. Effect of six fertilizers on vegetative growth and flowering of *Phalaenopsis* orchids. *Scientia Horticulturae*, 65: 191-197.
- WANG, Y.T. & GREGG, L.L. 1994. Medium and fertilizer affect the performance of *Phalaenopsis* orchids during two flowering cycles. *HortScience*, 29: 269-271.
- WANG, Y.T. & KONOW, E.A. 2002. Fertilizer source and medium composition affect vegetative growth and mineral nutrition of a hybrid moth orchid. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 127: 442-447.
- WARTON, D.I., WRIGHT, I.J., FALSTER, D.R. & WESTOBY, D. 2006. Bivariate line-fitting methods for allometry. *Biol. Rev.*, 81: 269-291.
- WATANABE, D., MORIMOTO, L.M., MORIMOTO, M.S. & KIHARA, G.T.E. 2002. *Orquídeas – manual de cultivo (AOSP)*. São Paulo: Editora Raízes Artes Gráficas. 300 p.
- ZAR, J.H. 1999. *Biostatistical analysis*. New Jersey: Prentice-Hall. 960 p.
- ZEMKE, J.M., PEREIRA, F., LOVATO, P.E. & SILVA, A.L. 2003. Avaliação de substratos para inoculação micorrízica e aclimatização de dois porta-enxertos de videira micropropagados. *Pesq. Agropec. Bras.*, 38: 1309-1315.
- ZIMMERMAN, J. K. 1990. Role of pseudobulbs in growth and flowering of *Catasetum viridiflavum* (Orchidaceae). *Am. J. Bot.* 77(4): 533-554.