

**Rafael Marques Guimarães Konopczyk**

**“Níveis nutricionais como fatores de crescimento de  
*Styrax pohlii* em cultivo hidropônico”**

RAFAEL MARQUES GUIMARÃES KONOPCZYK

NÍVEIS NUTRICIONAIS COMO FATORES DE CRESCIMENTO DE  
*Styrax pohlii* EM CULTIVO HIDROPÔNICO

Orientador: Prof. Dr. GUSTAVO HABERMANN

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Câmpus de Rio Claro, para obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas

Rio Claro  
2011

581.5 Konopczyk, Rafael Marques Guimarães  
K82n Níveis nutricionais como fatores de crescimento em  
Styrax pohlii em cultivo hidropônico / Rafael Marques  
Guimarães Konopczyk. - Rio Claro : [s.n.], 2011  
27 f. : il., figs.

Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Ciências  
Biológicas Integral) - Universidade Estadual Paulista,  
Instituto de Biociências de Rio Claro  
Orientador: Gustavo Habermann

1. Ecologia vegetal. 2. Ecofisiologia de plantas do  
Cerrado. 3. Alumínio. 4. Mata Paludosa. 5. Nutrição Mineral.  
6. Styracaceae. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP  
Campus de Rio Claro/SP

*“Dedico esse trabalho a meu irmão (em memória),  
e aos meus pais Márcio e Márcia”.*

## Agradecimentos

Agradeço,

A todos aqueles que direta ou indiretamente me ajudaram a concretizar esse trabalho que me dá o título de Biólogo.

A Deus, que entendo como a força que move o universo, pelo dom da vida e por me proporcionar tantas alegrias, aprendizados, lições que tenho vivenciado por todos esses anos.

Aos meus pais Márcio e Márcia, por me incentivarem, investirem em mim, me educarem e me ampararam em todos os momentos para que eu chegasse até onde estou, não apenas do ponto de vida acadêmico, mas como ser humano, e tenho muito orgulho disso.

Ao meu irmão Ívan (em memória), que ao se despedir desse mundo se encontrava ávido pela busca do conhecimento, o que me deu força e incentivo em direção à busca compulsiva e incessante do mesmo. Também agradeço a ele por tudo que aprendi de música e que compartilhamos muitas vezes, e hoje compartilho com todos os meus amigos essa energia.

Ao meu orientador Gustavo, por me ensinar várias coisas sobre o Cerrado e sobre os aspectos fisiológicos de suas plantas nativas. Também lhe agradeço por aturar minhas falhas, esquecimentos e erros sempre com muita calma.

Ao Marcelo, Paulo, Henrique, Bruna, Camila, Danada, Ytalo que me ajudaram diretamente no meu TCC com sugestões, cálculos, etc.

Aos meus tios Rafael e Neila e primos Damian, Ian, Natasha e Vivian que me abrigaram e alimentaram num momento em que eu não tinha onde ficar.

A todas as pessoas, colegas e amigos com os quais compartilhei bons momentos e que, de certa maneira, ficaram marcadas em todos os lugares que morei (moradia universitária (casa 6), rep. Alfa, rep. Trambique, rep. Kraka-à-toa, morada atual), em especial Afonsinho, Fer, Banana, Rick, Dimi, Pinguim, Buda, Careca, Wagnão, Leitoa, Zenaide, Elaine, Morróia, Geremia, Cantor Pelota, Toita, Peixe, Pantoja, Lambari e Maricota.

A todos os amigos e amigas que compartilharam inúmeros bons momentos comigo em todos esses anos, muitos dos quais aprendi várias coisas sobre Biologia, Geologia, Geografia, Ecologia, Física, Metafísica, Vida. Esse aprendizado informal também foi fundamental para a minha formação acadêmica como biólogo e como ser pertencente a uma sociedade. Amigos esses

que incluo os do parágrafo acima e mais alguns outros como: Tabu, Lilo, Mudela, Fi, Azeitona, Play, Cogu, Atum, Pereirinha, Porpera, Todo, Close, Whysk, Cherby, Nites, Zuado, Inri, Ricota, Pedrita, Clara, Bauru, Bis, Pedó, Curiosa, Papi, Danada, Hemorróida, Momo, João, Talita, Naninha, Aline, Carol, Malu, Fingers, Baby, Lê, Luá, Carica, Puca, Tibu, Ju, Dani, CR, Caxa-de-bola, Bacalhau, Pala, Gaya, Kaya e Jurubeba (em memória), Dieguinho, Kaique, Marquinho, Boca, Basílio, Xesley, e tantos outros.

Ao Pingüim, Buda, Toita e Lilo que me emprestaram seus carros todas as vezes que eu precisei.

Ao Buda, Toita e Tabu por todas as vezes que me emprestaram suas caixas de som.

A toda galera das repúblicas Alfa, Malagueta, Degusta, Fossa, Até-as-dez, Enroscó, Manicômio, Auê, etc, por onde passei muitas vezes em todo esse tempo, lugares de trocas de idéias, de baladas de quinta-feira, de sábado à tarde, churrascos, churras sem carne. Em especial as repúblicas Metazooa e Kraka.

A todo pessoal que sempre foi prestigiar os showzinhos que fiz nos barzinhos de Rio Claro ou nas Repúblicas, tanto sozinho, como com os “Cavaleiros de Jorge” e “As palmeiras imperiais”. Em especial as festas de caráter informal que ocorreram principalmente na Metazooa, onde se criava sempre uma atmosfera linda de felicidade em todos que ali se encontravam, onde tudo começou com “Os Alquimistas”.

A todos os meus amigos que subiram ao palco comigo inúmeras vezes para tocar músicas de Jorge Ben, Chico Buarque, Os Novos Baianos, Caetano Veloso, Tom Zé, Vinícius, Cartola, Adoniram, Toquinho, etc, em especial, Tabu, Gobbo, Pereirinha, Maradona, Fi, Carol, Leslei, Todo, Careca, Paxá, Poliana, Malacú, Folgado, Dimi.

A todos os donos de bares que cederam espaço para tocar uma boa música brasileira, em especial o Dirceu do Sujinho's bar, que sempre cedeu espaço para que eu tocasse em seu bar muitas vezes desde o meu primeiro ano de faculdade.

A todos os meus amigos, colegas, companheiros de turma, de Curso, de IB, de UNESP.

Ao meu professor de Inglês Junior que me ajudou a ler e a interpretar artigos de minha área, além de deixar tudo mais claro essa língua tão necessária, sempre com uma dose de otimismo nos momentos em que eu me achava um ignorante total da língua.

A todos os meus professores da Botânica, da Zoologia, da Ecologia e Geologia, que contribuíram para a minha formação, em especial Gustavo, Marquinho, Vitinho, Reinaldo, Julio, Patrícia, Vera, Alessandra, Gui, Silvio, Gustavo (Milka), Pizo e Leila.

À minha namorada Lídia (Bre) que sempre esteve ao meu lado nos momentos difíceis e nos felizes e que tem me ajudado a crescer como pessoa. Além disso, ela me ajudou diretamente no trabalho fazendo a última coleta do meu experimento, onde ela ficou dentro daquela estufa quente durante o dia inteiro fazendo um serviço chato e tomando várias picadas de pernilongo. Obrigado mor, Te amo!

## Resumo

O sucesso de uma espécie em um hábitat é dependente de seu desempenho ecofisiológico, que pode ser definido com variáveis de crescimento, que, por sua vez, pode relacionar-se aos recursos naturais disponíveis. Um dos fatores determinantes da ocorrência de espécies é o fator edáfico. A baixa fertilidade do solo das fisionomias do Cerrado são semelhantes, mostrando altos teores de alumínio ( $Al^{3+}$ ) e baixo pH. Contudo, solos de matas de brejo, onde *Styrax pohlii* é freqüente, apresentam teores levemente maiores de matéria orgânica. Logo, é possível que esta maior fertilidade do solo possa influenciar o crescimento de *S. pohlii*, podendo explicar sua maior ocorrência nestes hábitats. Objetivou-se medir a biomassa de órgãos, área foliar, número de folhas, área foliar específica, razão de massa de folhas e a razão de área foliar de plantas de *S. pohlii*, submetidas a diferentes cargas de nutrientes em cultivo hidropônico. Testou-se a hipótese de que diferentes cargas de nutrientes (100%, 50%, 25%, 10% e 1% da concentração total de uma solução nutritiva) alteram as variáveis de crescimento da espécie. As plantas foram cultivadas em caixas plásticas (20 L), contendo as diferentes cargas de nutrientes, em solução nutritiva com alumínio ( $Al^{3+}$ ) e pH 4,0. Utilizaram-se 20 parcelas (caixas plásticas) com cinco repetições (plantas) por parcela, perfazendo um total de 100 plantas. Realizaram-se quatro coletas (a cada 30 dias), onde as variáveis foram medidas. Os resultados mostraram que a espécie não respondeu a incrementos de nutrientes na solução nutritiva, podendo ela ser considerada não plástica a fatores edáficos. Considerando a grande ocorrência de indivíduos de *S. pohlii* em matas ripárias, ciliares e de brejo, os resultados sugerem que a fertilidade levemente maior nesses ambientes, dada pela elevação da matéria orgânica, não explica totalmente sua maior ocorrência nessas vegetações.

**Palavras chave:** Alumínio; Mata paludosa; Nutrição mineral; Styracaceae

# Sumário

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	9
___ 1.1 O domínio fitogeográfico do Cerrado .....	9
___ 1.2 Alumínio ( $Al^{3+}$ ): Tóxico ou benéfico? .....	10
___ 1.3 A família Styracaceae e sua distribuição geográfica .....	12
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	14
___ 2.1 Material Vegetal .....	14
___ 2.2 Condições Experimentais .....	14
___ 2.3 Solução Nutritiva .....	14
___ 2.4 Variáveis resposta medidas .....	16
___ 2.5 Forma de análise dos resultados .....	16
<b>3. RESULTADOS</b> .....	17
___ 3.1 Estudo piloto .....	17
___ 3.2 Estudo final .....	17
<b>4. DISCUSSÃO</b> .....	23
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	25
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	26

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 O domínio fitogeográfico do Cerrado

O Cerrado é considerado o segundo maior domínio fitogeográfico brasileiro, ocupando inicialmente 25% do território nacional, com cerca de 200 milhões de hectares, englobando 12 Estados. Segundo Batalha (2011) o cerrado *sensu lato* (*s. l.*) é composto por três biomas: o campo tropical, a savana e a floresta estacional. Originalmente o estado de São Paulo abrigava 14% da vegetação total do cerrado, mas em decorrência de ações antrópicas restam menos de 4%, distribuídos em pequenos fragmentos nas proximidades dos municípios de Campinas, Ribeirão Preto, Franca, Altinópolis e divisa com o sul de Minas Gerais (BRITO, 1997).

Os três biomas do cerrado *s.l.* podem ser classificados da seguinte maneira: campos tropicais são formações tropicais que apresentam um contínuo herbáceo com pequenos arbustos em baixa densidade (WOODWARD, 2008 apud BATALHA, 2011). Seguindo a recomendação de Coutinho (1978), nesse bioma se insere a fisionomia campo limpo. Savana são formações tropicais onde o estrato herbáceo é quase contínuo, sendo interrompido por pequenos arbustos ou árvores em densidades variáveis, e onde os principais padrões de crescimento estão associados às estações úmidas e secas alternadas (BOURLIÈRE; HADLEY, 1983 apud BATALHA, 2011). Incluem nesse bioma as formações campo sujo, campo cerrado e o cerrado *sensu stricto* (*s. str.*). Florestas estacionais são formações onde há um predomínio de indivíduos de porte arbóreo, onde as copas formam um dossel, e os principais padrões de crescimento também estão associados às estações secas e úmidas (WOODWARD, 2008 apud BATALHA, 2011). Na classificação de Eiten (1983) também é incluída a mata ciliar como uma formação vegetal pertencente ao cerrado. Ele a classificada como uma formação florestal contígua ao cerrado, normalmente densa e alta, acompanhando os rios de médio e grande porte, onde a copa das árvores não forma galerias sobre o curso de água. Associadas à água, as matas de galerias são tipos de vegetação que ocorrem de modo adjacente a córregos e riachos das áreas de cerrado e estão associadas ao afloramento do lençol freático.

O clima do cerrado apresenta duas estações bem marcantes: inverno seco (maio a outubro) e verão chuvoso (outubro a maio). Os solos do cerrado são ácidos (oxissolos) (HARIDASAN, 2008) e nutricionalmente pobres quando comparados a solos agriculturáveis (SOUZA; HABERMANN, 2011), entretanto suporta elevada diversidade de espécies (GARDNER, 2006).

Quanto às origens do cerrado, acredita-se que vários fatores abióticos como chuva sazonal, baixa fertilidade edáfica, incêndios e ainda as flutuações climáticas do quaternário, sejam os responsáveis pela distribuição da vegetação do cerrado no neotrópico, em função das características regionais, em intensidades variáveis (OLIVEIRA FILHO; RATTER, 2000; 2002). No entanto, a queda da umidade pode ter sido a responsável pelo desenvolvimento de mecanismos evolutivos envolvidos na formação dessa nova flora savânica, de forma que a aridez neotropical acentuada durante parte do quaternário teria sido importante para a ocorrência de incêndios, que devem ter contribuído para o empobrecimento do solo, pela volatilização de nutrientes (ROSS, 1992; OLIVEIRA FILHO; RATTER, 2002).

A flora do cerrado pode ser distinguida basicamente em dois grupos, uma herbáceo-subarbusciva (campo tropical) e outra arbustivo-arbórea (floresta estacional) (COUTINHO, 1978; BATALHA, 2011). Uma situação intermediária entre esses dois tipos florísticos seria o que ocorre na savana, a qual pode ser entendida como uma fisionomia de grande tensão ecológica, um ecótono entre floresta e campo, onde as espécies campestres estão em intensa competição com as florestais (COUTINHO, 1978).

Em meio a essa gama de situações encontradas no Cerrado, as diversas espécies que lá se encontram, em determinadas situações, podem utilizar diferentes tipos de estratégias de sobrevivência, uma delas é a plasticidade fenotípica. Tal característica pode ser entendida como a capacidade das plantas se adaptarem, do ponto de vista morfológico e fisiológico, a diferentes condições ambientais, sem, no entanto, provocarem variações no genótipo (BRADSHAW, 1965; FUZETO; LOMÔNACO, 2000). Considera-se, portanto, que esse fenômeno é um importante mecanismo para espécies que vivem em ambientes heterogêneos, de transição, ou sujeitos a instabilidades ambientais, caracterizando assim, uma vantagem adaptativa (CARDOSO; LOMÔNACO, 2003).

## **1.2 Alumínio ( $Al^{3+}$ ): Tóxico ou benéfico?**

O alumínio ( $Al^{3+}$ ) é o terceiro elemento em maior abundância na litosfera, depois do oxigênio ( $O_2$ ) e do silício ( $SiO_4^-$ ). Apresenta concentração expressiva nos minerais primários da fração argila, fazendo parte da rede cristalina. Em solos de cerrado é o segundo elemento em quantidade, superando o  $SiO_4^-$  (MALAVOLTA, 1980).

Em solos com pH abaixo de 5,0 a forma predominante do alumínio é de um cátion trivalente ( $\text{Al}^{3+}$ ). Essa forma é tóxica para espécies vegetais não nativas do cerrado, principalmente às espécies cultivadas (ECHART; MOLINA, 2001). Assim, o  $\text{Al}^{3+}$  em elevadas concentrações nos solos do Cerrado (HARIDASAN, 2008) prejudica a agricultura que se desenvolveu lá, estabelecida após os anos 50 como novas fronteiras agrícolas brasileiras. Para evitar tais perdas, anualmente são gastos milhões de dólares com calagem para correção do solo (SOUZA; HABERMANN, 2011).

Para o Cerrado foi sugerido que as espécies foram selecionadas pela sua tolerância e insensibilidade ao  $\text{Al}^{3+}$ , ou então por acumulá-lo facultativamente ou obrigatoriamente (GOODLAND, 1971). As espécies acumuladoras de  $\text{Al}^{3+}$  que possuem teor de alumínio foliar acima de  $1000 \text{ mg.kg}^{-1}$  (CHENERY, 1948). No entanto, esse valor pode ser considerado arbitrário, uma vez que o teor acumulado pode variar entre as espécies (HARIDASAN, 2006). As acumuladoras obrigatórias são incapazes de sobreviver na ausência de  $\text{Al}^{3+}$ . Mudanças de *Miconia albicans* (Melastomataceae) e *Vochysia thyrsoidea* (Vochysiaceae) germinadas em solos calcários mostram folhas cloróticas e necróticas, sem crescimento normal; quando transplantadas para solos ácidos, estas retomam o crescimento normal, produzindo folhas saudáveis e recuperando altas concentrações de  $\text{Al}^{3+}$  nas folhas (HARIDASAN, 1988; MACHADO, 1985).

Algumas espécies são consideradas acumuladoras facultativas, pois não sofrem alterações fisiológicas na ausência do  $\text{Al}^{3+}$ , acumulando-o ou não (HARIDASAN, 2008). A hemiparasita *Phthirusa ovalata*, ao se estabelecer sobre uma hospedeira acumuladora, acumula concentrações significativas de  $\text{Al}^{3+}$ . Por outro lado, se a hospedeira não for acumuladora, ela deixa de acumular grandes concentrações. Logo, o fato de acumular  $\text{Al}^{3+}$  não prejudica suas atividades metabólicas (LÜTTGE et al., 1998).

Existem espécies, como *Melastoma malabatricum* (Melastomataceae) que se beneficiam da presença de  $\text{Al}^{3+}$  no substrato sem, no entanto, acumularem-no em seus tecidos (WATANABE; OSAKI, 2002). Uma maior absorção de nutrientes essenciais, como o potássio ( $\text{K}^+$ ) e o fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) pode ser um dos benefícios da presença do  $\text{Al}^{3+}$  (HARIDASAN, 2008). Dessa forma, parece que algumas plantas nativas do cerrado são aluminofílicas (HARIDASAN, 2006).

Dessa maneira, a relação do  $\text{Al}^{3+}$  entre as diferentes espécies de plantas é muito diversa, geralmente tendo uma conotação negativa quando se lida com plantas cultivadas e, quando o

assunto são as espécies nativas do Cerrado, o alumínio passa a ser encarado como um elemento importante para a comunidade vegetal.

Assim, para as espécies nativas do cerrado que evoluíram com o  $Al^{3+}$  edáfico poderíamos nos questionar se elas o utilizam de alguma forma em seu metabolismo, ou talvez, se devido à sua presença ocorra uma maior absorção de nutrientes essenciais, visto que o fator limitante ao crescimento é apenas a ausência de  $Al^{3+}$ .

### 1.3 A família Styracaceae e sua distribuição geográfica

Com cerca de 150 espécies agrupadas em 10 gêneros, a família Styracaceae possui três regiões de distribuição geográfica: neotropical, mediterrânea e sudeste asiático (SOUZA; LORENZI, 2008). O gênero mais representativo, apresentando cerca de 130 espécies, é *Styrax*. Mais da metade das espécies desse gênero encontra-se na América do Sul, em ambientes que incluem florestas úmidas, restingas e cerrado (FRITSCH, 2001).

No Brasil a família é representada por 20 espécies distribuídas entre os gêneros *Styrax* e *Pamphilia*. Essas espécies ocorrem principalmente em áreas de cerrado, sendo *S. camporum* e *S. ferrugineus* as de maior ocorrência. Entretanto, nas matas ciliares e paludosas, *S. pohlii* passa a ser a mais comum (SOUZA; LORENZI, 2008).

*S. pohlii* foi encontrada em 65% das coletas do Programa Biota Fapesp em matas de brejo, matas ciliares e, inclusive, cerradão, demonstrando ampla distribuição nesses ecossistemas, portanto, possuindo uma significativa importância ecológica.

A fertilidade dos solos de fragmentos de cerrado *s. str.*, de cerradão e de matas de brejo/ciliares são muito semelhantes quanto aos teores de  $Al^{3+}$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $P_2O_5$ , capacidade de troca de cátions (CTC), soma de bases (SB), pH e V% (proporção de cargas “úteis” às plantas) (HABERMANN; BRESSAN, 2011). No entanto, nas matas ciliares ou de brejo, a característica marcante é o alto teor de matéria orgânica. Esses resultados, encontrados em fragmentos da região de Rio Claro-SP, Itirapina-SP, Mogi-Guaçu-SP, Brotas-SP e Botucatu-SP também corroboram os dados obtidos por Haridasan (2000; 2008). Logo, será que apenas uma maior fertilidade do solo pode influenciar o crescimento de *S. pohlii* a ponto de explicar sua abundante ocorrência nesse hábitat rico em material orgânico?

Objetivou-se, a princípio, em um projeto piloto, testar a hipótese de que *Styrax pohlii* aumenta suas taxas de crescimento na presença de  $Al^{3+}$  em solução nutritiva. Em seguida, no

projeto final, objetivou-se medir variáveis de crescimento de *S. pohlii* em resposta à incrementos da carga nutricional em presença de  $Al^{3+}$ . Neste estudo final mediram-se as massas secas dos órgãos (raiz, caule e folha) e a área foliar (AF), além do número de folhas, área foliar específica (AFE), razão da área foliar (RAF) e razão do peso de folhas (RPF).

Nesse sentido, o objetivo do estudo final foi testar a hipótese de que diferentes cargas de nutrientes (1%, 10%, 25%, 50% e 100% da concentração de nutrientes em solução nutritiva) alteram as taxas de crescimento de *Styrax pohlii*.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Material Vegetal

Foram utilizadas 100 mudas de 10 meses de idade de *Styrax pohlii* A. DC., produzidas via seminal, a partir de sementes coletadas em fragmentos de mata de brejo da região de Rio Claro-SP e Botucatu-SP.

### 2.2 Condições Experimentais

As mudas cultivadas em sacolas plásticas (1 L) de viveiros (polietileno, de cor negra, perfurados na lateral) com substrato florestal (Solomax, Eucatex, Paulínia-SP, Brasil) foram transplantadas para as respectivas soluções em cultivo hidropônico. Utilizou-se a solução nutritiva de Furlani e Furlani (1988), modificada para as diferentes concentrações utilizadas.

Para o cultivo hidropônico, foram utilizadas caixas plásticas recicláveis marrons, opacas (impedindo a entrada de luz), com volume útil de 20 litros (50 cm x 30 cm x 15 cm) e com tampa plástica (reciclável, marrom). Nestas tampas foram perfurados, através de furadeira serra copo de 6 cm de diâmetro, cinco orifícios (4 nos vértices e 1 ao centro). Nestes orifícios, as plantas foram fixadas e apoiadas por cilindros (7-8 cm de diâmetro) de espuma seccionados da lateral até o centro, onde permaneceu o caule (região do coleto) da planta. Um sexto orifício (0,5 cm de diâmetro) foi realizado na tampa, por onde passou o tubo de alimentação da aeração da solução nutritiva. A aeração da solução foi produzida por um compressor de ar, com distribuição entre todas as caixas plásticas, sobre as bancadas da casa de vegetação do Jardim Experimental do IB de Rio Claro, que possui umidade e temperatura semi controlada por sistema de ventiladores e umidificadores.

### 2.3 Solução Nutritiva

Para a seleção das melhores combinações de pH e teor de  $Al^{3+}$ , foi realizado um estudo piloto, com duração de 60 dias, cultivando *S. pohlii* em solução nutritiva completa (Furlani; Furlani, 1988), alterando apenas o pH e os teores de alumínio:

- 1) pH 4,0 sem  $Al^{3+}$ ;
- 2) pH 4,0 com 20 mg L<sup>-1</sup> de  $Al^{3+}$ ;
- 3) pH 6,0 sem  $Al^{3+}$ ;
- 4) pH 6,0 com 20 mg L<sup>-1</sup> de  $Al^{3+}$ .

Após determinação do pH e teor de  $\text{Al}^{3+}$  necessários para o bom desenvolvimento de *S. pohlii*, foram testadas diferentes concentrações de nutrientes em solução nutritiva (Furlani; Furlani, 1988) com pH 4,0 e  $20 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{Al}^{3+}$ .

Desta maneira, os tratamentos ficaram assim estabelecidos:

- 1) Solução nutritiva completa (100%) +  $20 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{Al}^{3+}$  em pH 4,0;
- 2) 50% da solução nutritiva completa +  $20 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{Al}^{3+}$  em pH 4,0;
- 3) 25% da solução nutritiva completa +  $20 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{Al}^{3+}$  em pH 4,0;
- 4) 10% da solução nutritiva completa +  $20 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{Al}^{3+}$  em pH 4,0;
- 5) 1% da solução nutritiva completa +  $20 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{Al}^{3+}$  em pH 4,0.

O pH e a condutividade elétrica da solução foram monitorados por pHâmetro/condutímetro Tec-2 (Tecnal, São Paulo-SP, Brasil) portátil do Departamento de Botânica da Unesp de Rio Claro. Quando necessário, o pH da solução nutritiva foi ajustado (para pH 4,0) com hidróxido de sódio (NaOH) 0,1N ou 1N, ou ainda ácido clorídrico (HCl) 0,1N ou 1N, dependendo da variação de pH. Nos estudos piloto e final, utilizou-se água de torneira para o preparo da solução nutritiva.

## 2.4 Variáveis resposta medidas

A cada 30 dias, durante 120 dias, foram realizadas quatro coletas onde mediram-se a área foliar (AF) e a massa seca de órgãos (massa seca da raiz 'MSR', massa seca do caule 'MSC', massa seca das folhas 'MSF' e massa seca total 'MST'=MSR+MSC+MSF) para os cinco tratamentos, portanto foram coletadas 25 plantas a cada 30 dias. Foi determinado também o número de folhas (n° folhas), a área foliar específica (AFE = AF/MSF), a razão de área foliar (RAF = AF/MST) e a razão do peso de folhas (RPF = MSF/MST).

Para a medição da área foliar foi utilizada uma régua de 30 cm onde foi medido o comprimento e a largura de cada folha de uma planta. Essas medições foram somadas e em seguida multiplicadas por uma constante (0,693631) obtendo o valor de área foliar (AF) de cada planta.

## 2.5 Forma de análise dos resultados

O fator estudado foi a carga nutricional, constituindo cinco tratamentos, cujos resultados foram submetidos à análise de variância (One-way ANOVA). Foram utilizadas 20 parcelas (caixas plásticas) com cinco repetições (plantas) por parcela, perfazendo um total de 100 plantas. Os resultados médios, com os desvios padrões, foram comparados pelo teste Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) através do programa SigmaPlot 11.0. As comparações foram sempre entre os tratamentos de uma mesma coleta, não sendo feitas comparações entre coletas diferentes.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Estudo piloto

Os resultados do estudo piloto indicaram que *S. pohlii* apresentou um maior desempenho em pH 4,0 em presença de  $Al^{3+}$ . Em pH 4,0 e 20 mg L<sup>-1</sup> de  $Al^{3+}$  as massas secas de folha (MSF), raiz (MSR), massa seca total (MST) e desenvolvimento foliar (área foliar, AF) apresentaram-se significativamente superiores aos outros tratamentos (Figura 1 A, C, D e E). O pH 6,0 pareceu provocar a diminuição do crescimento da planta, tanto em presença como em ausência do  $Al^{3+}$ . A solução com pH 4,0, mas ausente de  $Al^{3+}$  também pareceu induzir baixa produção de biomassa e reduzida área foliar (Figura 1 A-E).

#### 3.2 Estudo final

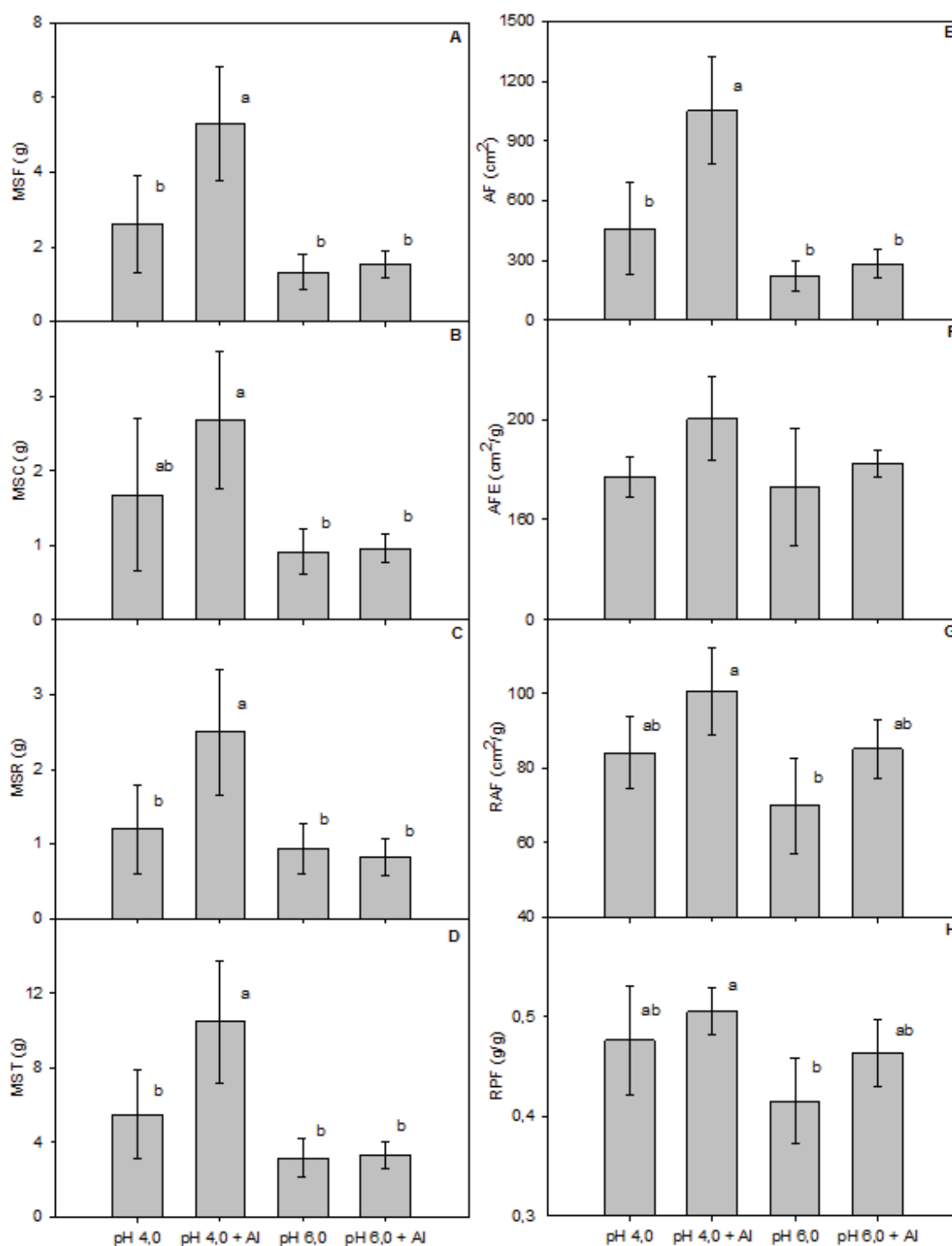
Aos 30 dias, não ocorreram diferenças significativas para nenhuma das variáveis medidas (Figuras 2 e 3). A distribuição de biomassa também foi muito semelhante em todos os tratamentos, com uma contribuição média de 40% de biomassa em folhas, 40% em raízes e 20% de biomassa caulinar.

Aos 60 dias as plantas cultivadas com 100% da carga nutricional mostraram maior ( $P < 0,05$ ) massa seca de raízes (MSR) em relação aos outros tratamentos (Figura 2C). Também na variável RAF as plantas cultivadas em 1% tiveram os menores valores, diferindo significativamente ( $P < 0,05$ ) com as tratadas em 100% e 25% (Figura 3C). Na variável RPF as plantas de 25% tiveram os maiores valores, porém diferindo significativamente ( $P < 0,05$ ) apenas daquelas tratadas com 1% (Figura 3D). As variáveis MSC, MSF, MST, N° Folhas, AF e AFE não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos (Figura 2 B, C e D e Figura 3 A, B e E). A distribuição de biomassa de plantas tratadas com 100%, 50% e 25% foi muito semelhante, com aproximadamente 50% de investimento em folhas, 20% em caule e 30% em raiz (Figura 4B). Plantas tratadas em 10% sofreram um deslocamento de biomassa aérea para a raiz e em 1% ocorre o mesmo, porém muito mais pronunciado, apresentando um investimento de mais de 50% de biomassa para as raízes (Figura 4B).

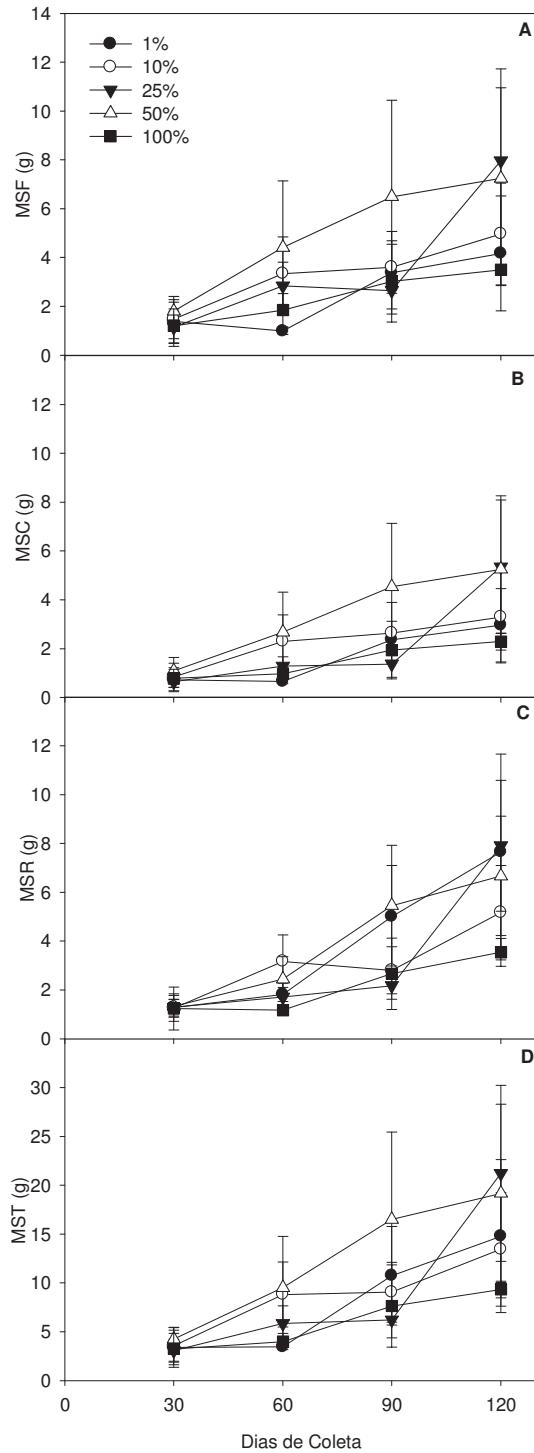
Aos 90 dias as variáveis MSR, MSC, MSF, N° Folhas, AF e AFE não apresentaram diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos. Plantas cultivadas em 100% e 25% tiveram os menores valores para a maioria das variáveis, porém sem diferir significativamente ( $P < 0,05$ ) (Figura 2 e Figura 3 A e B). No entanto, na variável RAF plantas tratadas com 1%

tiveram os menores valores diferindo significativamente ( $P < 0,05$ ) das tratadas em 100% e 25% (Figura 3C). Em RPF plantas tratadas com 1% mantiveram os menores valores, porém, diferindo significativamente ( $P < 0,05$ ) apenas daquelas tratadas com 25% (Figura 3-D). Quanto à distribuição de biomassa, plantas tratadas com 100%, 50%, 25% e 10% tiveram, em média, 40% de contribuição em biomassa foliar, 25% em caule e 35% em raiz, mostrando a mesma tendência de se separar daquelas tratadas com 1% que mantiveram um grande acúmulo em raiz e menos em caule e folhas (Figura 4C).

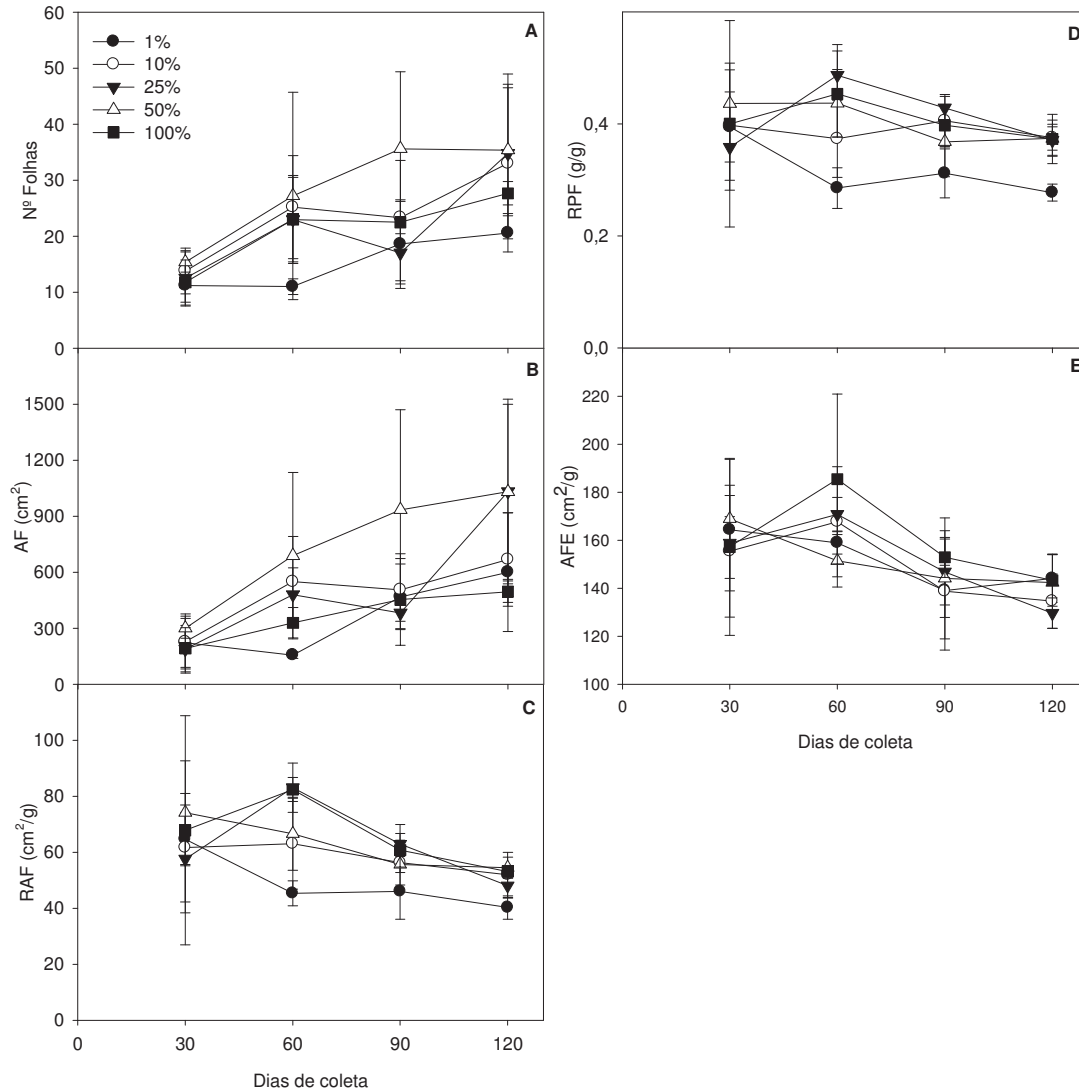
Por fim, aos 120 dias de experimento todas as variáveis, exceto RAF e RPF, não apresentaram diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos (Figura 2 e 3). Plantas cultivadas em 1% mostraram-se significativamente ( $P < 0,05$ ) menores valores de RAF que todos os outros tratamentos, exceto daquelas tratadas em 25%. Em RPF plantas tratadas com 1% foram significativamente ( $P < 0,05$ ) menores que todas aquelas dos outros tratamentos. A distribuição de biomassa mantém a mesma tendência que começou aos 60 dias, apresentando as plantas cultivadas em 100%, 50%, 25% e 10% com distribuições praticamente idênticas, enquanto que aquelas que foram cultivadas com 1% da solução tiveram um grande investimento em raiz (mais de 50% de biomassa) com um pouco investimento em folhas e menor ainda em caule (Figura 4D).



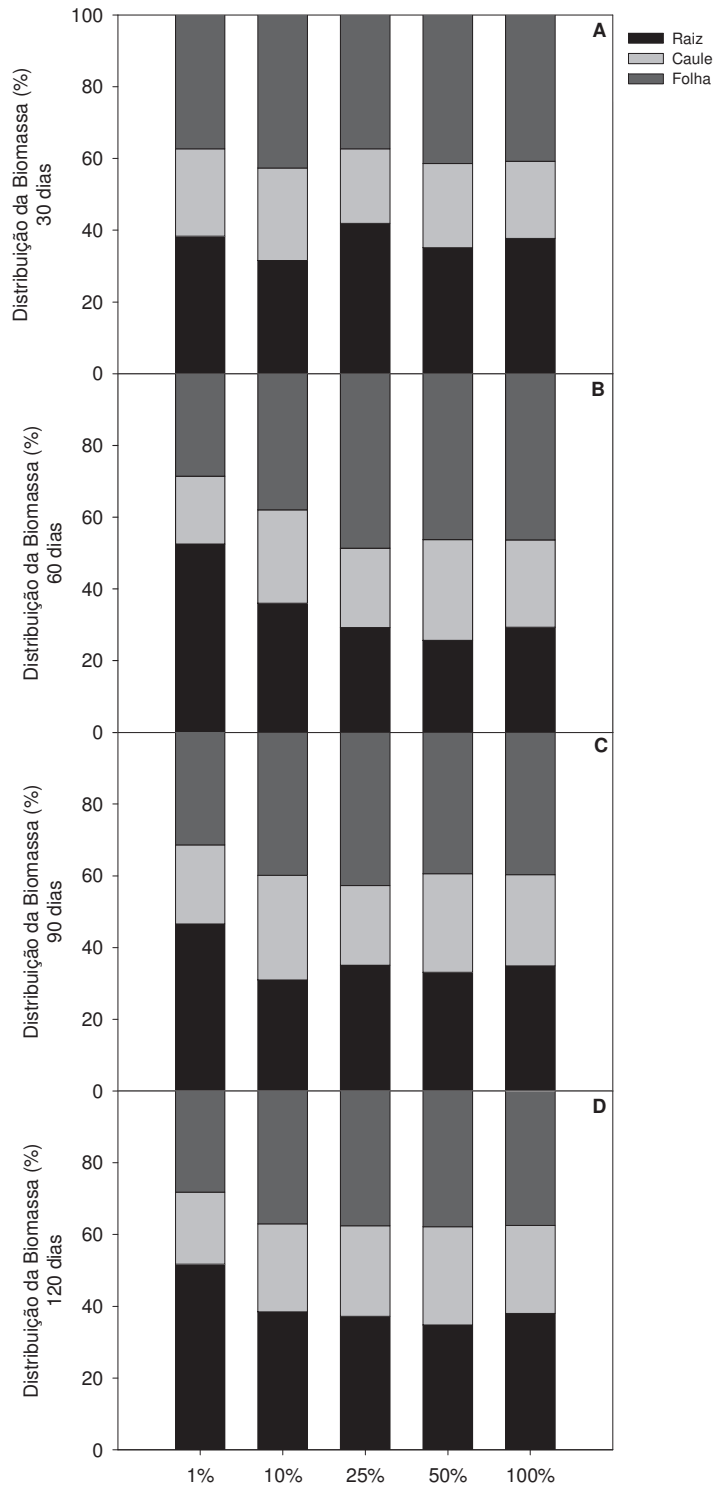
**Figura 1.** Massa seca de folhas (MSF, A), caule (MSC, B), raiz (MSR, C) e massa seca total (MST, D), área foliar (AF, E), área foliar específica (AFE, F), razão de área foliar (RAF, G) e razão de peso de folhas (RPF, H) de plantas de *S. pohlii* cultivadas em pH 4,0 e 6,0, em presença ( $20 \text{ mg L}^{-1}$ ) e ausência de  $\text{Al}^{3+}$ . Letras iguais ou ausência de letras entre os tratamentos representam semelhanças estatísticas pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). Colunas representam medias ( $n = 5$  plantas) e as barras, os respectivos desvios padrões.



**Figura 2.** Massa seca de folhas (MSF, A), caule (MSC, B), raiz (MSR, C) e massa seca total (MST, D), de plantas de *S. pohlii* cultivadas em pH 4,0 em presença  $\text{Al}^{3+}$  ( $20 \text{ mg L}^{-1}$ ) juntamente com 1%, 10%, 25%, 50% e 100% da solução nutritiva. Cada ponto representa a média ( $n=5$  plantas) de cada tratamento e as barras, os respectivos desvios padrões.



**Figura 3.** Número de folhas (nº folhas, A), área foliar (AF, B), razão da área foliar (RAF, C), razão do peso de folhas (RPF, D) e área foliar específica (AFE, E), de plantas de *S. pohlii* cultivadas em pH 4,0 em presença  $Al^{3+}$  ( $20 \text{ mg L}^{-1}$ ) juntamente com 1%, 10%, 25%, 50% e 100% da solução nutritiva. Cada ponto representa a média (n=5 plantas) de cada tratamento e as barras, os respectivos desvios padrões.



**Figura 4.** Distribuição da biomassa em 30 (A), 60 (B), 90 (C) e 120 (D) dias de tratamento de plantas de *S. pohlii* cultivadas em pH 4,0 em presença Al<sup>3+</sup> (20 mg L<sup>-1</sup>). Barras pretas representam a raiz, cinzas escuras as folhas e cinzas claras o caule.

#### 4. DISCUSSÃO

*Styrax pohlii* apresentou um ótimo desempenho em solução nutritiva em pH 4,0 e em presença de  $\text{Al}^{3+}$ , condição essa semelhante nos solos de cerrado (HARIDASAN, 2000). De fato, certas espécies nativas do cerrado só se desenvolvem na presença de  $\text{Al}^{3+}$  (HARIDASAN, 1988). Isso, muitas vezes, passa despercebido para pesquisadores de plantas cultivadas, onde o  $\text{Al}^{3+}$  é considerado tóxico. Logo, os resultados do estudo piloto mostraram que *S. pohlii* é aluminofílica, dado o seu grande acúmulo de biomassa quando a solução continha  $\text{Al}^{3+}$  disponível (Figura 1).

Quando o  $\text{Al}^{3+}$  está presente em solução com pH acima de 5,5; há uma forte tendência à formação de  $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_2^+$  e  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , os quais se encontram precipitados e indisponíveis à planta. Em solução de pH 6,0 e com  $\text{Al}^{3+}$ , as plantas se desenvolveram muito pouco (figura 1). Condição semelhante ocorre quando se usa calcário em solos de cerrado para o plantio de espécies cultivadas que não toleram solos ácidos e saturados em alumínio (HARIDASAN, 2008; ECHART; MOLINA, 2001).

Plantas de *S. pohlii* cultivadas em pH 6,0 sem  $\text{Al}^{3+}$  também mostraram baixo desempenho e crescimento. De fato, esse tratamento não se assemelha às características naturalmente encontradas em solos de Cerrado.

Observou-se que apenas com um pH mais baixo (tratamento de pH 4,0), ainda que sem adição de alumínio à solução, as plantas apresentaram uma tendência (sem diferenças significativas) a acumular mais biomassa em comparação com os tratamentos de pH 6,0 e pH 6,0 +  $\text{Al}^{3+}$  (figura 1).

Pouco se sabe sobre espécies acumuladoras de alumínio para a família Styracaceae. No entanto, sabe-se que dentro da ordem Ericales, onde se insere o táxon Styracaceae, encontram-se algumas famílias que mostram acúmulo de  $\text{Al}^{3+}$ , como, por exemplo, Pentaphragaceae, Theaceae, Symplocaceae e Diapensiaceae (HARIDASAN, 2008). Estas duas últimas famílias relacionam-se filogeneticamente com Styracaceae, principalmente Diapensiaceae, seu grupo irmão (GEUTEN et al., 2004).

*Qualea grandiflora* e *Calistene major* mostraram acúmulo de  $\text{Al}^{3+}$  nos cloroplastos, indicando que o  $\text{Al}^{3+}$  pode estar exercendo alguma função ainda desconhecida nesta organela essencialmente fotossintética (ANDRADE et al., 2011). Não se sabe se *S. pohlii* é acumuladora, pois não foram feitas medições de concentrações foliares de  $\text{Al}^{3+}$ , não sendo este o objetivo do

presente trabalho. Contudo, fica claro que ela se beneficia muito num substrato ácido e saturado em alumínio.

Apesar de poucas variáveis terem apresentado diferença significativa (por exemplo; RAF e RPF), para a grande maioria das variáveis, *S. pohlii* demonstrou ser indiferente ao incremento de nutrientes na solução nutritiva, mostrando-se, em geral, não plástica ao fator edáfico (Figura 2 e 3). Isso conduz à reflexão de que apenas uma condição edáfica mais fértil das matas paludosas e de galeria não é um fator determinante na predominância de *S. pohlii* nesses ambientes, não corroborando a hipótese inicial. Logo, pode-se descrever que baseado nos resultados, *S. pohlii* deveria ocorrer não só em ambientes paludosos, mas também em outras fisionomias do cerrado. Entretanto, a espécie é restrita e tem alto valor de importância fitossociológica em áreas de brejo e matas ciliares.

Habermann e Bressan (2011) investigaram três espécies de *Styrax* do cerrado *sensu lato* (*S. pohlii*, *S. camporum* e *S. ferrugineus*), as quais são muito semelhantes entre si, porém habitam fisionomias diferentes. Eles mostraram que plantas jovens de *S. pohlii* estão muito bem adaptadas ao ambiente de floresta ripária, apresentando altas taxas de assimilação de CO<sub>2</sub> por unidade de massa quando comparadas com suas congêneras. Assim sendo, parece que sua maior ocorrência em ambientes florestais pode estar mais intimamente relacionada à condição luminosa (HABERMANN et al., 2011). Além disso, através de outras variáveis de crescimento, foi demonstrado que cada espécie de *Styrax* testada está muito bem adaptada ao seu hábitat de maior ocorrência. Por exemplo, esses autores mostraram que *S. ferrugineus*, uma espécie comum no bioma savânico (cerrado *s. str.*), apresenta um grande investimento em comprimento de raiz, enquanto que *S. pohlii* (florestal) possui maior investimento em comprimento de caule e área foliar específica (AFE), mas pouco em comprimento de raiz. No entanto, a contribuição em massa da parte subterrânea é idêntica para as duas espécies (HABERMANN; BRESSAN, 2011). De qualquer maneira, em geral, é relatado que espécies de savana transferem muito mais biomassa para a região subterrânea que espécies de floresta (HOFFMANN; FRANCO, 2003).

É provável que devido à luminosidade ter sido constante não ocorreram diferenças significativas na variável área foliar específica (AFE) (figura 3E). O aumento da concentração de nutrientes na solução nutritiva não influenciou os valores de AFE. De fato, AFE responde ao gradiente luminoso (HABERMANN; BRESSAN, 2011), e não ao gradiente nutricional, como ficou demonstrado pela figura 3E.

Uma resposta interessante de *S. pohlii* foi o fato de ocorrer um maior investimento em raiz quanto menor a concentração de nutrientes na solução (figura 4). No entanto, esse dado tem de ser analisado com cautela, pois foi um valor obtido através da porcentagem de investimento de cada órgão (raiz, caule e folha) (Figura 4) e não com o valor absoluto de cada variável (Figura 2 e 3). Ou seja, observando o valor absoluto da variável MSR de cada coleta não ocorrem diferenças significativas entre os tratamentos (figura 2C), mas quando se observa a porcentagem de investimento para cada órgão em questão, pode ser percebida uma diferença no tratamento de 1% (Figura 4). Essa diferença reflete-se nas variáveis razão da área foliar (RAF) e razão do peso de folhas (RPF). Dessa maneira, essas duas variáveis mostraram uma diferença significativa do tratamento de 1% em relação aos outros tratamentos. Isso ocorreu porque além do grande investimento em raiz, houve também baixo investimento em folhas. Logo, *S. pohlii* pode responder a um substrato distrófico, com maior aporte em biomassa de raiz.

## 5. CONCLUSÃO

*Styrax pohlii* mostrou ser uma espécie aluminofílica, pois aumenta muito suas taxas de crescimento em solução ácida com alumínio dissolvido e, por outro lado, ela mostrou-se indiferente (não plástica) ao incremento de nutrientes na solução nutritiva.

Logo, parece que apenas uma condição edáfica mais enriquecida não explica completamente a ocorrência de *S. pohlii* em ambientes de matas ciliares e paludosos no domínio do Cerrado. Portanto, a hipótese de que diferentes cargas de nutrientes alteram as taxas de crescimento de *Styrax pohlii* não foi corroborada.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, L. R. M.; BARROS, L. M. G.; ECHEVARRIA, G. F.; AMARAL, L. I. V.; COTTA, M. G.; ROSSATTO, D. R.; HARIDASAN, M.; FRANCO, A. C. Al-hyperaccumulator Vochysiaceae from the Brazilian Cerrado store aluminum in their chloroplasts without apparent damage. **Environmental and Experimental Botany**, v.70, p.37-42, 2011.
- BATALHA, M. A. O cerrado não é um bioma. **Biota Neotropica**, v.11, n.1, p.1-5, 2011.
- BRADSHAW, A. D. Evolutionary Significance of Phenotypic Plasticity in Plants. **Advances in Genetics**, v.13, p.115-155, 1965.
- BRITO, M. C. W. (Coord.) **Cerrado: bases para conservação e uso sustentável das áreas de cerrado do Estado de São Paulo**. São Paulo: SMA, 1997. 184p.
- CARDOSO; G. L.; LOMÔNACO C.; Variações fenotípicas e potencial plástico de *Eugenia calycina* Cambess. (Myrtaceae) em uma área de transição cerrado-vereda. **Revista Brasileira de Botânica**, v.26, n.1, p.131-140, 2003.
- CHENERY, E. H. Aluminium in the plant world. Part I. General survey in the dicotyledons. **Kew Bulletin**, v.3, p.173-183, 1948.
- COUTINHO, L. M. O conceito de cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, v.1, n.1, p.17-23, 1978.
- ECHART, C. L.; MOLINA, S. C. Fitotoxicidade do alumínio: Efeitos, mecanismos de tolerância e seu controle genético, **Ciência Rural**, v.31, n.3, p. 531-541, 2001.
- EITEN, G. **Classificação da vegetação do Brasil**. Universidade de Brasília: CNPq/Coordenação editorial, 1983.
- FRITSCH, P. W. Phylogeny and biogeography of the flowering plant genus *Styrax* (Styracaceae) based on chloroplast and DNA restriction sites and DNA sequences of the internal transcribed spacer region. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v.19, p.387-408, 2001.
- FURLANI, A. M. C.; FURLANI, P.R. **Composição e pH de soluções nutritivas para estudos fisiológicos e seleção de plantas em condições adversas**. Campinas: IAC, p.21-26. (Boletim Técnico, 121), 1988.
- FUZETO A.P.; LOMÔNACO C. Potencial plástico de *Cabralea canjerana* subsp. *polytricha* (Adr. Juss.) Penn. (Meliaceae) e seu papel na formação de ecótipos em áreas de cerrado e vereda, Uberlândia, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, v.23, n.2, p.169-176, 2000.
- GARDNER, T. A. Tree-grass coexistence in the Brazilian cerrado: demographic consequences of environmental instability. **Journal of Biogeography**, vol. 33, n.4, p. 448-463, 2006.

GEUTEN, K.; SMETS, E.; SCHOLS, P.; YUAN, Y. M.; JANSSENS, S.; KÜPFER, P.; PYCK, N. Conflicting phylogenies of balsaminoides families and the polytomy in Ericales: combining data in a Bayesian framework. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v.31, p.711-729, 2004.

GOODLAND, R. Oligotrofismo e alumínio no cerrado. In: Ferri, M. G. (Ed.). **III Simpósio sobre o cerrado**. EDUSP, São Paulo, 44-60, 1971.

HABERMANN, G.; ELLSWORTH, P. F. V.; CAZOTO, J. L.; SIMÃO, E.; BIERAS, A. C. Comparative gas exchange performance during the wet season of three Brazilian *Styrax* species under habitat conditions of cerrado vegetation types differing in soil water availability and crown density. **Flora**, v.206, p.351-359, 2011.

HABERMANN, G.; BRESSAN, A. C. G. Root, shoot and leaf traits of the congeneric *Styrax* species may explain their distribution patterns in the cerrado *sensu lato* areas in Brazil. **Functional Plant Biology**, v.38, p.1-10, 2011.

HARIDASAN, M. Performance of *Miconia albicans* (Sw.) Triana, an aluminium accumulating species in acidic and calcareous soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.19, p.1091-1103, 1988.

HARIDASAN, M. Nutrição mineral de plantas nativas do cerrado. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.12, p.54-64, 2000.

HARIDASAN, M. Alumínio é um elemento tóxico para as plantas nativas do cerrado? In: Prado, CHBA; Casali, CA. **Fisiologia Vegetal: práticas em relações hídricas, fotossíntese e nutrição mineral**. Barueri, editora Manole, 2006.

HARIDASAN, M. Nutritional adaptations of native plants of the cerrado biome in acid soils. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.20, n.3, p.183-195, 2008

HOFFMANN, W. A.; FRANCO, A. C. Comparative growth analysis of tropical forest and savanna woody plants using phylogenetically independent contrasts. **Journal of Ecology**, v.91, p.475-484, 2003.

LÜTTTGE, U.; HARIDASAN, M.; FERNANDES, G. W.; MATTOS, E. A.; TRIMBORN, P.; FRANCO, A. C.; CALDAS, L. S.; ZIEGLER, H. Photosynthesis of mistletoes in relation to their hosts at various sites in tropical Brazil. **Trees**, v.12, p. 167-74, 1998.

MACHADO, J. W. B. **Acumulação de alumínio em *Vochysia thyrsoidea* Pohl**. 104p. Dissertação (Mestrado). Universidade de Brasília, Brasília, 1985.

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

OLIVEIRA FILHO, A. T., RATTER, J. A. Padrões florísticos das matas ciliares da região dos cerrados e a evolução das paisagens do Brasil Central durante o quaternário Tardio. In: RODRIGUES, R. R., LEITÃO FILHO, H. F. (ed.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP, FAPESP, p.73-89, 2000.

OLIVEIRA FILHO, A. T.; RATTER, J. A. Vegetation physiognomies and woody flora of the cerrado biome. In: OLIVEIRA, P. S., MARQUIS, R. J. (ed.). **The cerrado of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna**. New York: Columbia University Press, p.91-120, 2002.

PROGRAMA BIOTA-FAPESP. Sistema de informação ambiental - SinBiota. São Paulo: Fapesp, 2007. Banco de dados da biodiversidade do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.sinbiota.cria.org.br/sia/consulta>>. Acesso em 01 julho, 2011.

ROSS, S. M. Soil and litter nutrient losses in forest clearings close to a forest-savanna boundary on Maracá Island, Roraima, Brazil. In: FURLEY, P. A., PROCTOR, J., RATTER, J. A. **Nature and dynamics of forest-savanna boundaries**. Londres: Chapman & Hall, p.119–143, 1992.

SOUZA, M. C.; HABERMANN, G. Towards a new ecophysiological approach to understand citrus crop yield under abiotic stresses mirroring in the Brazilian savanna genetic resources. In: Lazinica, A. (Ed) **Water stress**. Intech Open Access Publisher, Rijeka, Croatia, 2011. *In press*.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática: Guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas na tivas e exóticas no Brasil, baseado em APG II**. 2ª edição. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2008. 703p.

WATANABE, T.; OSAKI, M. Mechanisms of adaptation to high aluminum condition in native plant species growing in acid soils: a review. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.33, p.1247-60, 2002.

---

Rafael Marques Guimarães Konopczyk (Aluno)

---

Prof. Dr. Gustavo Habermann (Orientador)