

## Exigência nutricional e produtividade em minijardim clonal de *Toona ciliata* var. *australis*

Nutrition requirement and productivity in clonal minigarden of *Toona ciliata* var. *australis*

Taiane Pires de Freitas de Oliveira<sup>I</sup>, Deborah Guerra Barroso<sup>II</sup>, Kelly Ribeiro Lamônica<sup>III</sup>,  
Thais Chagas Barros de Moraes<sup>IV</sup>, Giovanna Campos Mamede Weiss de Carvalho<sup>V</sup>

### Resumo

O estado nutricional da planta-matriz é imprescindível para a manutenção do seu vigor vegetativo, fundamental para a produção de miniestacas. Portanto, o fornecimento de nutrientes em quantidades ideais durante o manejo das minicepas influencia o sucesso da propagação. Objetivou-se com este estudo avaliar e comparar a produtividade do minijardim, os nutrientes exportados pelas brotações de três clones de *Toona ciliata* var. *australis* e o consumo total destes nutrientes durante o período de produção. Em cada coleta de brotação foi quantificada a sobrevivência, o número de brotações e de miniestacas produzidas por minicepa e, realizado o monitoramento nutricional em 18 coletas. Ao final, as minicepas foram extraídas dos canaletões para realizar a análise nutricional completa. São apresentadas as curvas de consumo durante 432 dias e os valores totais utilizados no processo. Ao final de 18 coletas de brotações, o clone TC3 foi mais produtivo. Os clones TC3 e TC15 são mais eficientes na conversão dos nutrientes absorvidos para produção de brotações e de miniestacas. A partir da 10ª coleta de miniestacas é indicada a reposição nutricional visando manter a produtividade do minijardim sempre constante. O potássio, o nitrogênio e o cálcio são os nutrientes mais exportados pelas coletas das brotações dos três clones de cedro-australiano.

**Palavras-chave:** Miniestacas; Nutrientes minerais; Cedro-australiano

### Abstract

The nutritional status of the mother plant is essential for the maintenance of vegetative vigor, vital for the production of cuttings. Therefore, the supply of nutrients in optimal amounts during handling of ministumps influences the success of propagation. The objective of this study was to evaluate and compare the productivity of minigarden, nutrients exported by the shoots of three clones of *Toona ciliata* var. *australis* and the total consumption of these nutrients during the production period. In each budding collection, the survival was measured, the number of shoots and cuttings produced by the ministump and, the nutritional monitoring was carried out in 18 collections. In the end, the mini-stumps were drawn from gutters to perform a complete nutritional analysis. the consumption curves for 432 days and the total amounts used in the process are presented. The TC3 clone was more productive in the 18 collections of shoots. The TC3 and TC15 clone were more efficient at converting nutrients absorbed to produce sprouts and cuttings. From the 10th collection of cuttings is shown nutritional supplementation to maintain the productivity of the always constant mini-garden. The potassium, nitrogen and calcium are the most exported nutrients by the shoots of the Australian cedar clones.

**Keywords:** Minicuttings; Mineral nutrients; Australian cedar

<sup>I</sup> Engenheira Florestal, Dr<sup>a</sup>., Universidade Estadual do Norte Fluminense – Darcy Ribeiro, Av. Alberto Lamego, 2000, CEP 28013-602, Campos dos Goytacazes (RJ), Brasil. [ibitaiane@hotmail.com](mailto:ibitaiane@hotmail.com) (ORCID: 0000-0002-9041-6127)

<sup>II</sup> Eng. Agrônoma, Dr<sup>a</sup>., Professora Associada do Laboratório de Fitotecnia, Universidade Estadual do Norte Fluminense – Darcy Ribeiro, Av. Alberto Lamego, 2000, CEP 28013-602, Campos dos Goytacazes (RJ), Brasil. [deborah@uenf.br](mailto:deborah@uenf.br) (ORCID: 0000-0002-6869-8076)

<sup>III</sup> Engenheira Agrônoma, Dr<sup>a</sup>., Professora do Instituto Federal Fluminense, Av. Dario Vieira Borges, 235, CEP 28360-000, Bom Jesus do Itabapoana (RJ), Brasil. [kelly.lamonica@iff.edu.br](mailto:kelly.lamonica@iff.edu.br) (ORCID: 0000-0002-4002-8150)

<sup>IV</sup> Engenheira Florestal, Dr<sup>a</sup>., Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Departamento de Solos e Adubos, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, CEP 14884-900, Jaboticabal (SP), Brasil. [tthaisbarross@hotmail.com](mailto:tthaisbarross@hotmail.com) (ORCID: 0000-0002-4275-0091)

<sup>V</sup> Engenheira Agrônoma, Mestranda em Produção Vegetal, Universidade Estadual do Norte Fluminense – Darcy Ribeiro, Av. Alberto Lamego, 2000, CEP 28013-602, Campos dos Goytacazes (RJ), Brasil. [giovannacampos85@yahoo.com.br](mailto:giovannacampos85@yahoo.com.br) (ORCID: 0000-0002-6896-2359)



## Introdução

Devido ao aumento da população no planeta nos últimos anos, tem aumentado a demanda em diversos produtos, inclusive os de origem madeireira, impulsionando este setor para o desenvolvimento de tecnologias visando incrementar a produtividade das culturas para atender às necessidades do mercado, reduzindo assim, as pressões sobre os remanescentes naturais.

Dentre as espécies que tem despertado o interesse dos produtores tem-se o cedro-australiano (*Toona ciliata* var. *australis* (F. Muell.)), uma espécie exótica, da família Meliaceae. Segundo Pinheiro, Lani e Couto (2006), possui rápido crescimento, potencial produtivo e alto valor comercial, além de ser uma espécie economicamente viável e confere um investimento rentável ao produtor.

Comercialmente, a propagação do cedro-australiano, em maior escala, tem sido realizada via seminífera. Mas, segundo Scocchi *et al.* (2004), quando as sementes são armazenadas em temperatura ambiente ocorre perda rápida do poder germinativo. Devido ao alto custo, perda rápida da viabilidade das sementes, falta de uniformidade dos povoamentos implantados com mudas propagadas por sementes e a expressão de genes com características indesejáveis, a propagação vegetativa torna-se uma alternativa necessária para a implantação de povoamentos comerciais.

A propagação vegetativa consiste na produção de novos indivíduos, a partir de uma planta doadora, utilizando-se, para isso, propágulos vegetativos, como por exemplo, as brotações emitidas por minicepas estabelecidas em minijardim. Essa técnica permite a multiplicação de materiais genéticos selecionados que resultarão em mudas de qualidade, plantios mais uniformes e, em função da seleção, em maior produtividade.

O estado nutricional da planta doadora de propágulos é de grande importância para a manutenção do seu vigor vegetativo, fundamental para a produção de miniestacas e também para determinar os índices de enraizamento e a velocidade de formação das raízes, uma vez que os macro e os micronutrientes estão envolvidos nos processos bioquímicos e fisiológicos vitais às plantas (ASSIS; FETTINI NETO; ALFENAS, 2004). Segundo Freitas (2013), considera-se o minijardim clonal como a base do setor florestal e seu manejo, de uma forma geral, o alicerce de uma propagação massal eficaz. Portanto, o fornecimento de nutrientes em quantidades ideais durante o manejo das minicepas determina o sucesso da propagação vegetativa.

De acordo com Wendling, Ferrari e Dutra (2005), a nutrição adotada no minijardim está intimamente relacionada com a redução do intervalo entre as coletas de brotações e o ganho em produtividade de miniestacas por minicepa. Além da nutrição, o efeito da espécie e o fator genético devem ser considerados. Em caso de reposição de nutrientes, esses autores recomendam que seja realizada com maior frequência e menor quantidade por aplicação, para maior aproveitamento pelas minicepas.

Apesar da relevância, poucas informações são conhecidas a respeito, para diversas espécies. Sabe-se que no início do enraizamento, por exemplo, o nitrogênio é essencial, por participar da síntese de ácidos nucleicos e de proteínas (HARTMANN *et al.*, 2002). O zinco é imprescindível na formação das raízes por ser ativador do triptofano, precursor da auxina, e o boro é considerado um cofator do enraizamento, atuando no processo rizogênico em conjunto com a auxina, facilitando o transporte através das membranas e manutenção de sua integridade (HIRSCH; TORREY, 1980; ROTH-BEJERANO; ITAI, 1981).

Todos os macros e micronutrientes são necessários para o crescimento e desenvolvimento das plantas, contudo, as quantidades requeridas diferenciam entre as espécies ou mesmo entre clones de uma mesma espécie. Sendo assim, o estudo do potencial de diferentes clones de *Toona ciliata*, relacionados à nutrição das minicepas e produtividade de miniestacas, contribuirá para ajustes no manejo da propagação vegetativa e implantação de povoamentos que demandam uniformidade e produtividade, atendendo assim às necessidades de empresas e produtores rurais.

Neste contexto, objetivou-se avaliar e comparar a produtividade do minijardim, os

nutrientes exportados pelas brotações de três clones de *Toona ciliata* var. *australis* e o consumo total de nutrientes durante 432 dias de exploração do minijardim.

## Materiais e métodos

O experimento foi realizado em casa de vegetação localizada na Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, no município de Campos dos Goytacazes - RJ. Durante este período, a umidade relativa do ar e temperatura médias registradas no interior da casa de vegetação foram respectivamente, 72,6% e 26,3°C. A espécie estudada foi o cedro-australiano (*Toona ciliata* M. Roem. var. *australis* (F. Muell.), cujos clones foram selecionados e resgatados por brotação de cepas de três árvores com 8 anos de idade por Lamônica (2013), apresentando divergência genética entre si e alto potencial produtivo (TAVARES *et al.*, 2012) em um povoamento comercial, localizado no município de Santa Maria Madalena - RJ, latitude 22° 51' (S) e longitude 41° 09' (W), a 118 m de altitude. O povoamento foi implantado com espaçamento 3 x 2 m, com mudas produzidas por sementes.

O minijardim com os três clones (TC3, TC9 e TC15) foi implantado por Lamônica (2013) em canaletões, em casa de vegetação com cobertura plástica (filme agrícola 150 µm) e sombrite 30%. Os canaletões foram preenchidos com uma camada de 5 cm de altura de brita n°1, uma camada de 8 cm de altura de areia lavada e uma camada de 15 cm da mistura do substrato florestal comercial, fibra de coco e torta de filtro, na proporção de 2:1:1 v/v, respectivamente. A essa mistura de substrato foi adicionado 2,2 kg m<sup>-3</sup> de ureia revestida e 1,5 kg m<sup>-3</sup> de superfosfato simples.

As mudas utilizadas para a implantação do minijardim foram formadas a partir do enraizamento das brotações coletadas das cepas em campo. Essas mudas de cada clone foram transferidas para os canaletões em agosto de 2012 as quais foram recepadas a 8 cm de altura para formação das minicepas.

As minicepas foram dispostas nos canaletões em blocos casualizados (DBC) com seis repetições, contendo sete minicepas, no espaçamento de 0,15 x 0,15 m. Essas foram irrigadas duas vezes ao dia, sendo as regas realizadas sem excesso de água para evitar a perda de água e nutriente do sistema de produção.

O monitoramento da produtividade (número de brotações e de miniestacas produzidas por minicepa) dos três clones foi realizado a partir da 11ª coleta de brotações, complementando estudos realizados por Lamônica (2013). Porém, a análise estatística foi realizada com os dados coletados nas 18 coletas de brotações. Em virtude da velocidade de crescimento das brotações, até a 13ª coleta o intervalo entre as coletas foi de 21 dias, e nas demais, de 30 dias.

Em cada coleta foi realizado o monitoramento nutricional em oito minicepas de cada clone selecionadas com base em valores médios de altura e diâmetro na primeira coleta de brotações. Ao final do experimento, essas minicepas foram extraídas dos canaletões, e seccionadas em parte aérea e raízes para realizar a análise nutricional. Para isso, tanto as brotações coletadas, quando as minicepas foram armazenadas em sacos de papel devidamente identificadas e secas em estufa de circulação forçada, a 65°C, por 72 horas. Após esse período, determinou-se o peso seco em balança analítica de precisão. O material vegetal foi triturado em moinho tipo Willey, usando peneira de 20 mesh e então submetido à análise química para determinação de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), ferro (Fe), cobre (Cu), zinco (Zn), manganês (Mn) e boro (B), conforme metodologias descritas por Jones Junior, Wolf e Mills (1991) e Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

As amostras foram submetidas à digestão nítrico-perclórica (HNO<sub>3</sub> e HClO<sub>4</sub>) e os extratos utilizados para determinação de P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn e Mn. O P foi determinado colorimetricamente, pelo método azul de molibdato, o K, por espectrofotometria, e o S, por turbidimetria com cloreto de bário. O Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn e Mn foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, o nitrogênio (N) pela digestão Kjeldahl (ANDERSON;

INGRAM, 1996) e o boro (B) por colorimetria, pelo método da curcumina, após incineração em mufla.

Com a massa seca das brotações coletadas e das partes seccionadas das minicepas e a concentração dos nutrientes foi calculado o conteúdo de cada nutriente extraído ao longo das coletas de brotações e o total de nutrientes utilizados durante a condução do minijardim.

Os dados referentes ao conteúdo de nutrientes acumulados das minicepas, e a massa seca removida ao longo das coletas das brotações foram submetidos à análise de regressão, e os coeficientes das equações testados com o teste t de Student. Também foi quantificado em cada coleta, a sobrevivência das minicepas, o número de brotações e de miniestacas produzidas por minicepa. Os dados referentes à sobrevivência foram transformados em  $\arcsen \sqrt{x}$  (ZIMMERMANN, 2014). Após a transformação, os dados foram submetidos à análise de variância e as diferenças comparadas pelo teste de Tukey (5%). O número de miniestacas e de brotações foram submetidos a análises descritivas, o número de miniestacas acumuladas ao longo das coletas das brotações foi submetido à ajustes de regressão, e os coeficientes das equações testados com o teste t de Student.

## Resultados e discussão

Foram obtidas altas taxas de sobrevivência das minicepas de *Toona ciliata*, ao final de 18 coletas de brotações (432 dias). Esse percentual indica que a espécie é tolerante à poda apical e às coletas sucessivas, possibilitando a utilização desse sistema para produção de mudas. Não houve diferença do percentual de sobrevivência ao longo das coletas que, embora alto, foi diferente entre clones, com menor percentual obtido pelo clone TC15 (96,9%). Os clones TC3 e TC9 apresentaram, respectivamente, 100 e 98,9% (Tabela 1).

**Tabela 1 – Sobrevivência de minicepas de três clones de cedro-australiano (*Toona ciliata*), ao longo de 18 coletas de brotações.**

Table 1 – Ministump survival of three Australian cedar clones (*Toona ciliata*), along eighteen collections of shoots.

Intervalo entre coletas (dias)	Número de coletas	Sobrevivência (%)			
		Clone TC3	Clone TC9	Clone TC15	Média
30	1 <sup>a</sup>	100,0	100,0	100,0	100,0
51	2 <sup>a</sup>	100,0	100,0	100,0	100,0
72	3 <sup>a</sup>	100,0	100,0	100,0	100,0
93	4 <sup>a</sup>	100,0	100,0	100,0	100,0
114	5 <sup>a</sup>	100,0	100,0	100,0	100,0
135	6 <sup>a</sup>	100,0	100,0	100,0	100,0
156	7 <sup>a</sup>	100,0	100,0	97,6	99,2
177	8 <sup>a</sup>	100,0	100,0	95,2	98,4
198	9 <sup>a</sup>	100,0	100,0	95,2	98,4
219	10 <sup>a</sup>	100,0	100,0	95,2	98,4
240	11 <sup>a</sup>	100,0	97,6	95,2	97,6
261	12 <sup>a</sup>	100,0	97,6	95,2	97,6

Continua....

**Tabela 2 – Conclusão...**

Table 2 – Conclusion...

Intervalo entre coletas (dias)	Número de coletas	Sobrevivência (%)			
		Clone TC3	Clone TC9	Clone TC15	Média
282	13 <sup>a</sup>	100,0	97,6	95,2	97,6
312	14 <sup>a</sup>	100,0	97,6	95,2	97,6
342	15 <sup>a</sup>	100,0	97,6	95,2	97,6
372	16 <sup>a</sup>	100,0	97,6	95,2	97,6
402	17 <sup>a</sup>	100,0	97,6	95,2	97,6
432	18 <sup>a</sup>	100,0	97,6	95,2	97,6
<b>Média</b>		100,0 A	98,9 A	96,9 B	
CV (%)			7,24		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

\*Até a 10<sup>a</sup> coleta, os dados foram obtidos por Lamônica (2013).

Em estudo realizado por Pereira (2014), no qual foram avaliados o resgate e a propagação vegetativa via miniestaqueia para *Toona ciliata*, em minijardim clonal em canaletão de areia, verificou-se que, em quatro coletas, com intervalo médio de 29 dias, houve variação de sobrevivência das minicepas, sendo 94,5% na primeira e segunda coletas, 76,4% na terceira e ausência de mortalidade na quarta coleta. O autor sugere que, possivelmente, esses resultados foram observados em função do período de adaptação das minicepas, aplicação de duas soluções nutritivas diferentes, e estresse térmico ocorrido durante a época de coleta.

Silva *et al.* (2012) encontraram 100% de sobrevivência para as minicepas de *Toona ciliata* estabelecidas a partir de mudas seminais, cultivadas em sistemas de minijardins conduzidas em tubete e canaletão, após sete meses de condução. Cunha, Wendling e Souza Júnior (2008), Oliveira *et al.* (2015) e Stuepp *et al.* (2015), também encontraram 100% de sobrevivência das minicepas estabelecidas com mudas clonais de *Paulownia fortunei* var. *mikado* conduzidas em sistema semi-hidropônico após cinco coletas, *Erythrina falcata* conduzidas em tubetes após oito coletas e *Handroanthus heptaphyllus* cultivadas em tubetes após oito coletas, respectivamente.

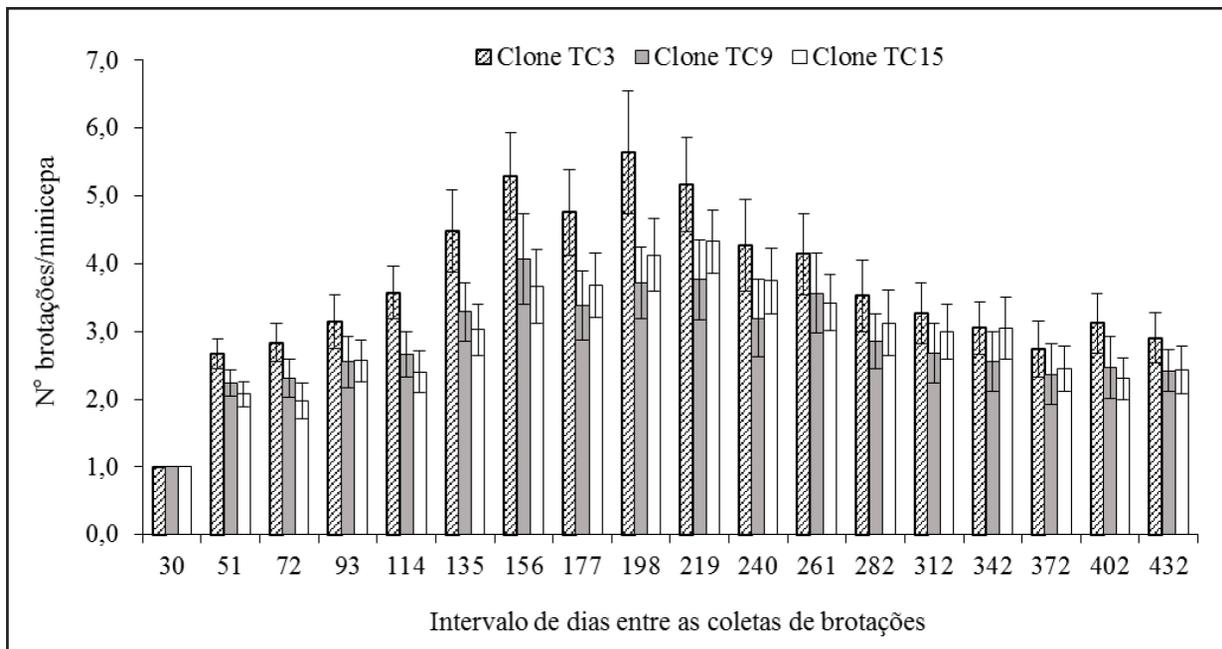
Dias *et al.* (2012), avaliando as minicepas seminais de seis progênies de meios-irmãos de angico-vermelho também constataram alta sobrevivência, que variou de 84% a 98% ao final de seis coletas sucessivas, com intervalo de 26 dias. Para o jequitibá-rosa (*Cariniana estrellensis*), Gatti *et al.* (2011) verificaram sobrevivência média de 98%.

Em contrapartida, Neubert (2014) verificou menores percentuais de sobrevivência para as minicepas de *Plathymenia foliolosa* em minijardim clonal, após a quarta coleta sucessiva de miniestacas em relação aos trabalhos supracitados. Para as progênies P3 e P19, os percentuais foram de 64,5% e 61,5%, respectivamente, enquanto para as progênies P1 e P45, a sobrevivência foi de 32,3% e 25%, respectivamente. O autor atribui estes resultados à maior sensibilidade das progênies P1 e P45 ao manejo adotado e às condições ambientais no minijardim clonal. Esses resultados demonstram que a sobrevivência das minicepas nas sucessivas coletas de miniestacas pode variar em função da espécie, do manejo e do sistema de condução. Entretanto, segundo Hartmann *et al.* (2002), o manejo adequado e a nutrição mineral são os principais fatores que afetam a sobrevivência e, conseqüentemente, o fornecimento de propágulos por ser importantes para a manutenção do vigor das minicepas.

É possível observar que para os três clones estudados, houve aumento no número de brotações até a 10<sup>a</sup> coleta (Figura 1). A partir daí, houve um decréscimo, devido, provavelmente, à perda de vigor das minicepas e, como não foram realizadas adubações posteriores, o balanço nutricional pode ter influenciado devido às sucessivas coletas. No entanto, mesmo com o decréscimo, o número de brotações permaneceu superiores à primeira coleta.

**Figura 1 – Número de brotações produzidas por minicepas dos clones TC3, TC9 e TC15 de cedro-australiano (*Toona ciliata*), em função do intervalo de dias entre as coletas de brotações. Barras representam o Intervalo de Confiança das médias (95%). \*Até a 10ª coleta, os dados foram obtidos por Lamônica (2013).**

Figure 1 – Number of shoots produced by ministumps of three Australian cedar clones (*Toona ciliata*), depending on the interval of days between the collections of shoots. Bars represent the average of the confidence interval (95%). \*Until the 10th collection, the data were obtained by Lamônica (2013).



Fonte: Oliveira, T. P. F. (2016)

Em *Ilex paraguariensis*, Wendling e Souza Júnior (2003) verificaram que após a primeira poda com a quebra da dominância apical ocorre um período de adaptação das minicepas e posterior reorganização do sistema de crescimento ortotrópico para um sistema plagiotrópico. Esses autores informam ainda que, após a primeira coleta, as gemas dormentes tornaram-se ativas, resultando em maior estímulo ao crescimento, podendo esse tempo ser variável em função da espécie e das condições climáticas.

No presente estudo, verificou-se que o clone TC3 apresentou maior número de brotações em relação aos demais clones apenas nas segunda, quinta, sexta e nona coletas, correspondendo aos intervalos de 51, 114, 135 e 198 dias, respectivamente (Figura 1).

Com relação ao número de miniestacas por minicepa, é possível verificar um comportamento cíclico (Figura 2). Ao final de 18 coletas, o clone TC3 apresentou em média maior número de miniestacas por coleta (4,78), seguidos dos clones TC9 (3,11) e TC15 (3,09).

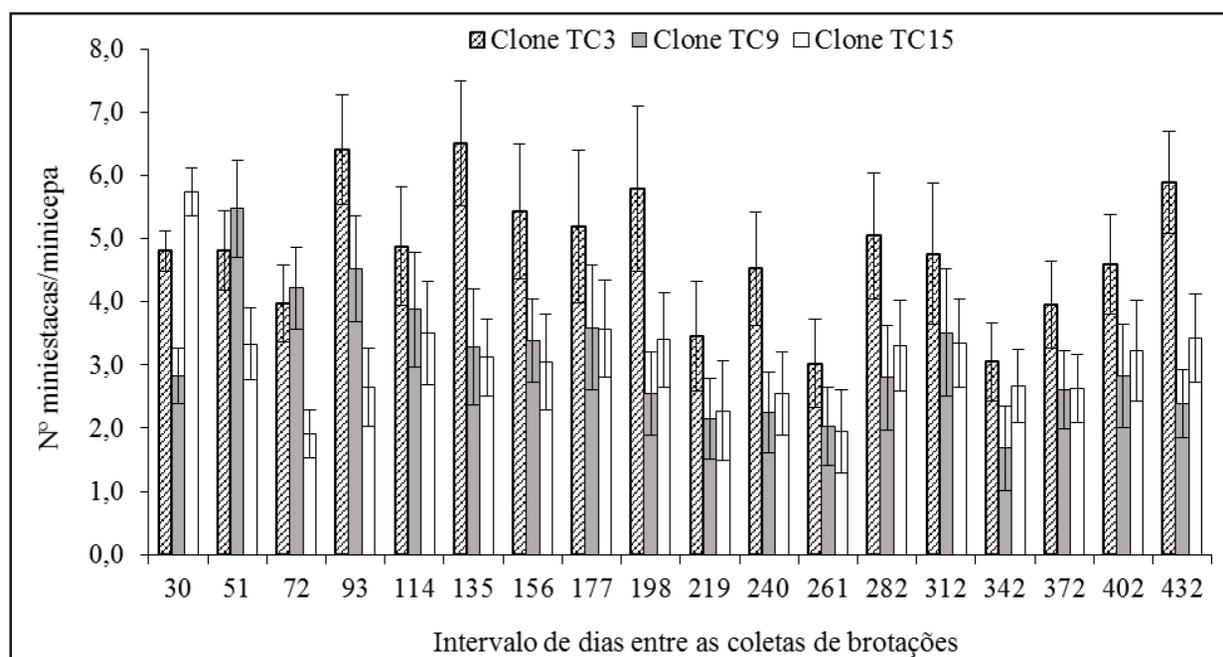
Oscilações na produção de miniestacas ocorrem frequentemente devido às quedas e retomadas da produção de brotações que podem estar relacionadas ao vigor fisiológico, ao intervalo entre as coletas e ao estado nutricional das minicepas. Fatores ligados às condições ambientais como, por exemplo, a variação da temperatura tanto no ambiente como no substrato também podem contribuir para este comportamento (XAVIER *et al.*, 2003; BRONDANI *et al.*, 2012).

Os resultados obtidos no presente estudo foram superiores aos encontrados nos trabalhos de Silva *et al.* (2012) utilizando a mesma espécie. As médias do número de miniestacas por minicepa obtidas para os sistemas em canaletão e tubete foram, respectivamente, 3,5 e 1,24 por coleta. Em intervalos de coletas de 15 dias no minijardim conduzido em canaletão, Ferreira (2009) obteve

uma produção média por coleta de 1,18 miniestacas por minicepa. Esses dois autores utilizaram mudas propagadas a partir de sementes para estabelecerem seus minijardins. Em minijardim estabelecido em tubetes, Ferreira *et al.* (2010) verificaram que a produção de miniestacas por minicepa de leiteiro (*Sapium glandulatum*) a cada coleta, variou de 1,4 a 2,2, valores esses inferiores aos observados no presente estudo.

**Figura 2 – Número de miniestacas produzidas por minicepas dos clones TC3, TC9 e TC15 de cedro-australiano (*Toona ciliata*), em função do intervalo de dias entre as coletas de brotações. Barras representam o Intervalo de Confiança das médias (95%). \* Até a 10ª coleta, os dados foram obtidos por Lamônica (2013).**

Figure 2 – Number of cuttings produced by ministumps of TC3 clones TC9 and TC15 Australian cedar (*Toona ciliata*), depending on the interval of days between collections of shoots. Bars represent the average of the confidence interval (95%). \*Until the 10th collection, the data were obtained by Lamônica (2013).



Fonte: Oliveira, T. P. F. (2016)

Já para o jequitibá-rosa (*Cariniana estrellensis*), Gatti *et al.* (2011) encontraram média de 3,9 miniestacas por minicepa por coleta no minijardim estabelecido em tubete em intervalo de 30 dias, sendo este resultado superior aos observados para os clones TC9 e TC15. Dias *et al.* (2012) verificaram que o número médio de miniestacas por minicepas de progênies de meios-irmãos de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* Benth) variou de 1,2 a 3,7. Ao contrário do que foi observado no presente estudo, esses autores verificaram que durante seis coletas no minijardim em sistema hidropônico houve aumento gradativo da produção de miniestacas seguido da sua estabilização.

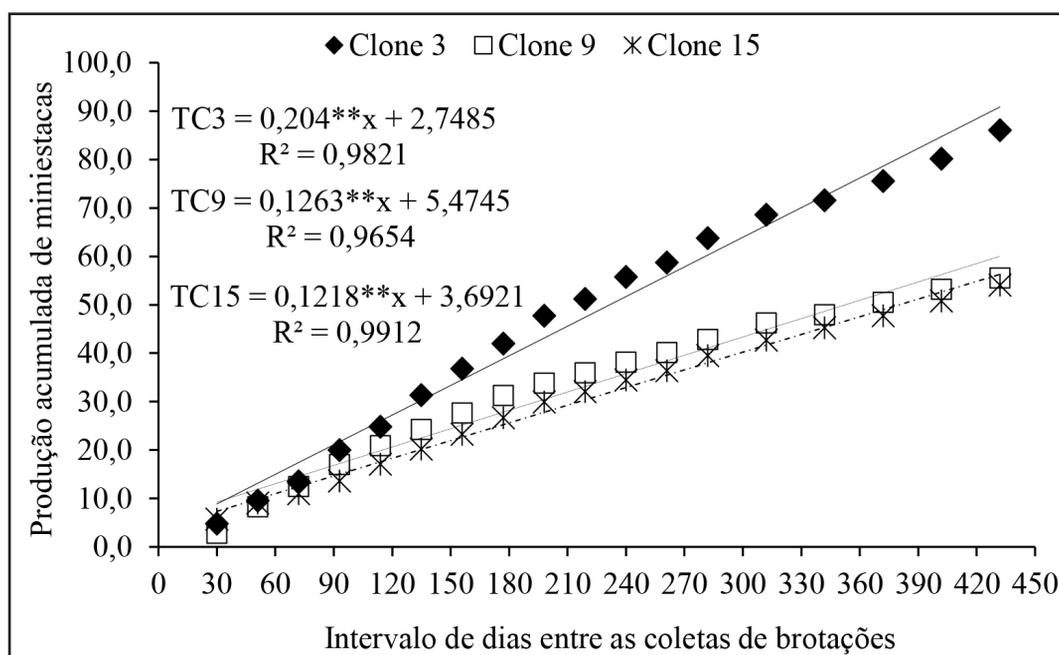
Desse modo, diversos estudos têm sido desenvolvidos utilizando a miniestaquia como técnica de propagação, e diferentes respostas quanto às características analisadas puderam ser observadas, tanto entre as espécies, quanto entre diferentes materiais genéticos da mesma espécie.

Na Figura 3 está apresentada a produção acumulada de miniestacas por minicepa ao final de 18 coletas. Até a sexta coleta não foi observada diferença entre os clones. A partir daí, observa-se que o clone TC3 se destacou produzindo maior número de miniestacas (86,1). Os clones TC9 e TC15 produziram, respectivamente, 55,6 e 54,1 miniestacas em 432 dias, com intervalos de 21

dias até a 13ª coleta e de 30 dias nas demais, não apresentando diferença entre os clones.

**Figura 3 – Produção acumulada de miniestacas por minicepas dos clones TC3, TC9 e TC15 de *Toona ciliata* em 18 coletas. CV (20,5%). \*\*Inclinação da reta altamente significativa. Até a 10ª coleta, os dados foram obtidos por Lamônica (2013).**

Figure 3 – Cumulative production of minicuttings by ministumps of TC3, TC9 and TC15 clones of *Toona ciliata* in 18 collections. CV (20.5%). \*\*Highly significant stretch of the slope. Until the 10th collection, the data were obtained by Lamônica (2013).



Fonte: Oliveira, T. P. F. (2016)

Souza *et al.* (2014) estudaram a espécie *Toona ciliata* em minijardim multiclonal em sistema de canaletão e verificaram que a produção acumulada de miniestacas ao final de cinco coletas com intervalos de 32 dias foi de aproximadamente 550 miniestacas por m<sup>2</sup>. No presente estudo, a produção acumulada por metro quadrado em cinco coletas para os clones TC3, TC9 e TC15 foram, respectivamente, de 1106, 930 e 761 miniestacas. Esses resultados demonstram que além da vantagem de selecionar genótipos com características fenotípicas superiores, estes também apresentaram boa produtividade de miniestacas, com bom potencial para a produção comercial de mudas, ainda que provenientes de matrizes adultas.

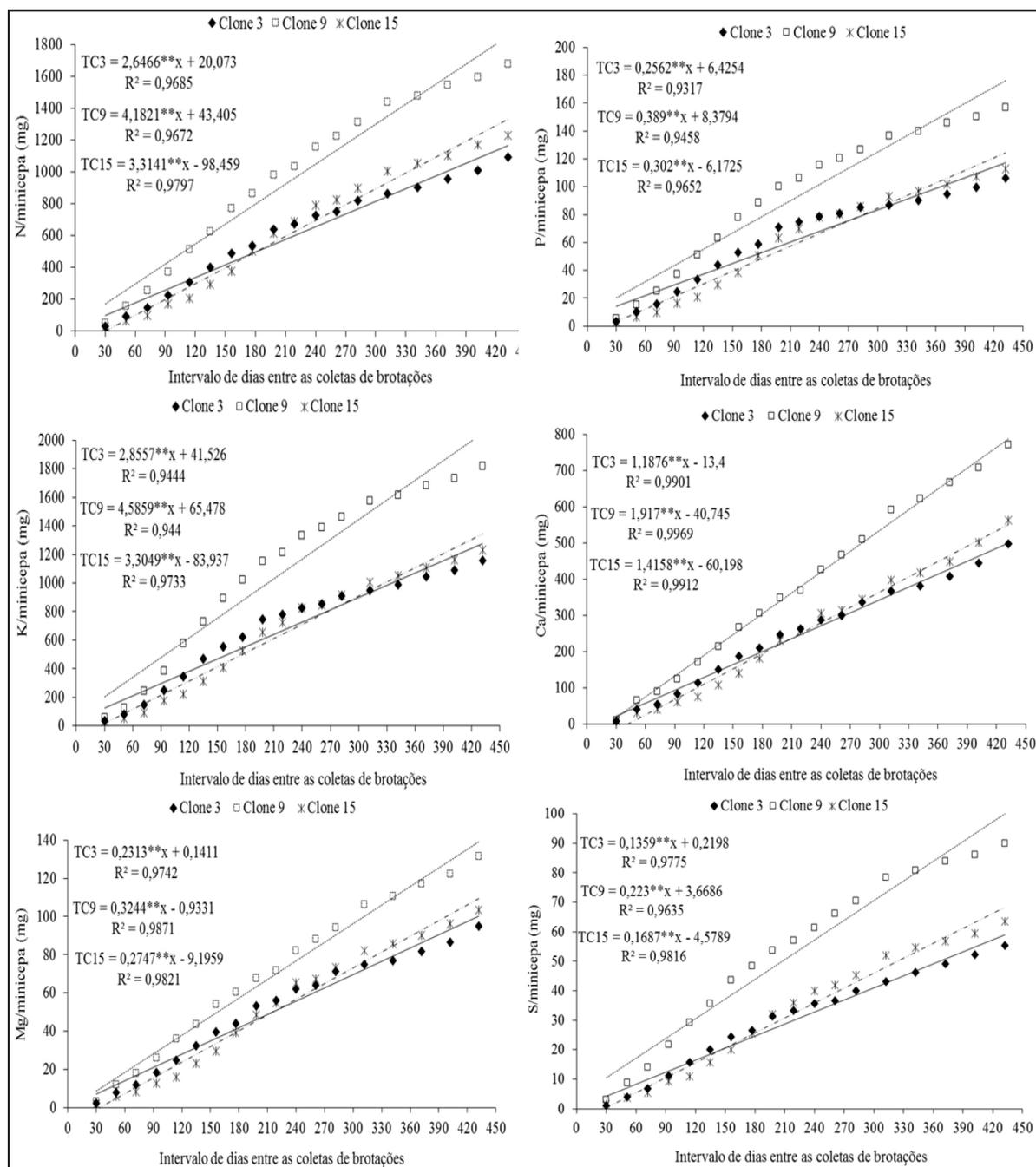
Resultados inferiores foram obtidos por Maluleque (2014), ao estudar a produção acumulada de miniestacas por m<sup>2</sup> em sistema de minijardim hidropônico de quatro clones de *Toona ciliata* (BV1110, BV1120, BV1150 e BV1321). O clone que produziu maior número de miniestacas foi o BV1120 (1515,6) em 22 coletas. Segundo este autor, essa produção é considerada baixa quando comparada com outras espécies, especialmente do gênero *Eucalyptus*.

Durante a condução do experimento, observou-se visualmente que o clone TC9 produzia brotações com maior área foliar e diâmetro do caule, removendo maior quantidade de biomassa, em média 55,7 g. Essas características foram as que, provavelmente, tenham influenciado nestes resultados, uma vez que não produziu o maior número de miniestacas.

O clone TC9 também removeu maior conteúdo de macro e micronutrientes ao final de 18 coletas de miniestacas (Figuras 4 e 5), sendo N (1675,4 mg), P (157,1 mg), K (1819,6 mg), Ca (771,9 mg), Mg (131,5 mg), S (90,0 mg), Fe (3,9 mg), Cu (0,43 mg), Zn (3,1 mg), Mn (3,9 mg) e B (2,4 mg).

**Figura 4 – Conteúdo acumulado de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) removidos pelas brotações das minicepas selecionadas dos clones TC3, TC9 e TC15 de *Toona ciliata* em cada coleta do minijardim. \*\*Inclinação da reta altamente significativa. Até a 10ª coleta, os dados foram obtidos por Lamônica (2013).**

Figure 4 – Cumulative nitrogen (N) content, phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg) and sulfur (S) removed by the shoots of ministumps selected clones of TC3, TC9 and TC15 of *Toona ciliata* in each collection of minigarden. \*\*Highly significant stretch of the slope. Until the 10th collection, the data were obtained by Lamônica (2013).

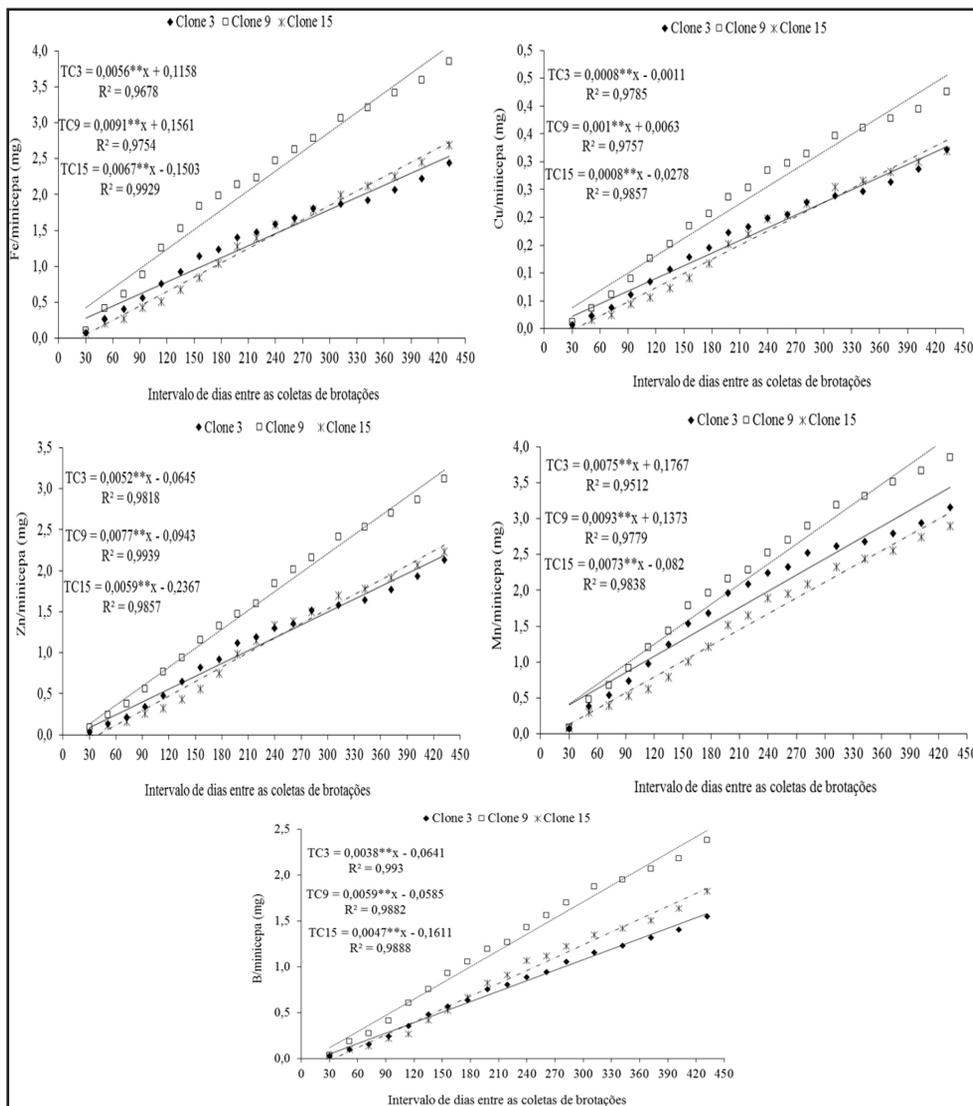


Fonte: Oliveira, T. P. F. (2016)

Apesar do clone TC9 ter removido maior quantidade de nutrientes, este clone não foi o que produziu o maior número de miniestacas. Comparando-o com o TC15 verifica-se que ele é mais exigente em nutrientes para produzir a mesma quantidade de miniestacas, uma vez que não houve diferença entre eles para essa variável (Figura 3). Com base nestas informações, é possível identificar que cada um dos clones apresenta exigências nutricionais diferentes. Dessa forma, para incrementar a produção de miniestacas, o manejo do minijardim deve ser diferenciado atendendo à demanda de cada material genético.

**Figura 5 – Conteúdo acumulado de ferro (Fe), cobre (Cu), zinco (Zn), manganês (Mn) e boro (B) removidos pelas brotações das minicepas selecionadas dos clones TC3, TC9 e TC15 de *Toona ciliata* em cada coleta do minijardim. \*\* Inclinação da reta altamente significativa. Até a 10<sup>a</sup> coleta, os dados foram obtidos por Lamônica (2013).**

Figure 5 – Cumulative content of iron (Fe), copper (Cu), zinc (Zn), manganese (Mn) and boron (B), removed by the shoots of ministumps selected clones of TC3, TC9 and TC15 of *Toona ciliata* in each collection of minigarden. \*\* Highly significant stretch of the slope. Until the 10<sup>th</sup> collection, the data were obtained by Lamônica (2013).



Fonte: Oliveira, T. P. F. (2016)

Com isso, evidencia-se a importância de desenvolver pesquisas relacionando as exigências nutricionais dos clones à produtividade.

De acordo com Cunha *et al.* (2008), os trabalhos envolvendo o estado nutricional de minicepas com a produção de miniestacas de *Eucalyptus* também são escassos. Os autores relatam também que a relação entre esses fatores pode contribuir para estudos futuros visando ao aumento da produção de miniestacas por minicepa, bem como miniestacas melhor nutridas e, conseqüentemente, com maior capacidade de enraizamento.

Para os três clones de *Toona ciliata* do presente estudo, a quantidade removida dos nutrientes pelas brotações das minicepas seguiu a seguinte ordem: K, N, Ca, P, Mg, S, Mn, Fe, Zn, B e Cu.

Segundo Dechen e Nachtigall (2007), o potássio (K) é o cátion mais abundante nas células, com concentrações superiores a 100 mmol L<sup>-1</sup>. É um nutriente vital para a fotossíntese. Em situações de deficiência, ocorre redução da fotossíntese e aumento da respiração da planta, reduzindo a acumulação de carboidratos e, conseqüentemente, o crescimento e a produção das plantas. Contribui também com o potencial osmótico da planta, regulando o processo de abertura e fechamento dos estômatos.

Nas plantas, esses mesmos autores relatam que os teores de potássio variam entre 6 e 50 g kg<sup>-1</sup> de massa seca, considerando valores entre 10 e 30 g kg<sup>-1</sup> como adequados. Ao longo das coletas de brotações, os teores de potássio para os três clones estavam dentro da faixa considerada adequada por estes autores.

Souza *et al.* (2014), avaliando dois sistemas de minijardim formados a partir de mudas propagadas por sementes, conduzidos em tubetes e canaletão, verificaram que os conteúdos acumulados dos macronutrientes removidos pelas minicepas de *Toona ciliata* seguiram uma ordem semelhante à encontrada no presente estudo, diferindo apenas na ordem do potássio e nitrogênio.

Por outro lado, utilizando a técnica do elemento faltante em mudas de *Toona ciliata* com 60 dias de idade, Moretti *et al.* (2011) constataram que as mudas cultivadas sob omissão de nutrientes apresentaram altura e diâmetro iguais ou inferiores às mudas cultivadas no tratamento completo. No entanto, os nutrientes que mais limitaram o crescimento dessa espécie são em ordem decrescente o P, N, S, Ca, K, Mg e Cu.

Durante a produção de miniestacas pelas minicepas são requeridas grandes quantidades de nutrientes, havendo a necessidade de reposição de forma apropriada e bem distribuída ao longo do período de cultivo. Entretanto, conforme mencionado anteriormente, o manejo da adubação do minijardim deve ser específico para cada clone, para que eles utilizem todo seu potencial genético no incremento da produtividade.

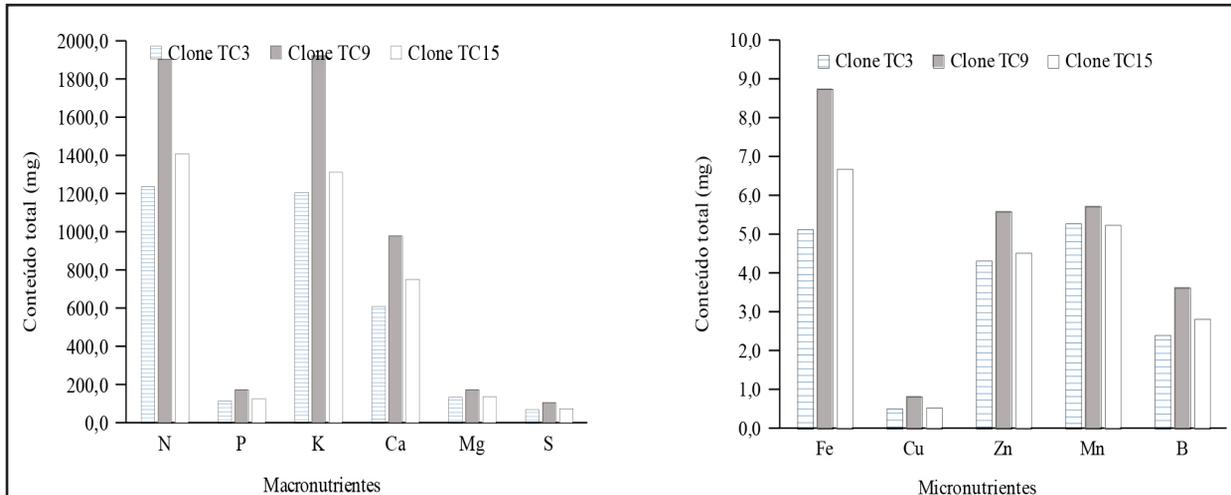
Para isso, deve-se considerar além da remoção pelas brotações, as perdas de nutrientes por lixiviação via irrigação. No estudo em questão, os nutrientes não foram lixiviados, pois o substrato utilizado e os turnos de rega adotados permitiram ausência de perda de água no sistema.

Souza *et al.* (2015) verificaram que a produtividade de minicepas de cedro-australiano manejadas em minijardins multiclonais em canaletão e em tubetes está relacionada com a nutrição mineral. Foi observado também, que o número de miniestacas é dependente da concentração dos nutrientes, exceto para o enxofre e o boro. Assim, a adequação dos níveis desses nutrientes nas brotações, possivelmente, favorece a produtividade.

Na Figura 6 são apresentados o conteúdo total de macro e micronutrientes utilizados no minijardim pelos clones TC3, TC9 e TC15, sendo respectivamente: N (1239; 1905,7 e 1410,7 mg), P (116,9; 175 e 128,3 mg), K (1209; 1923,9 e 1314,3 mg), Ca (612,9; 980,6 e 753,9 mg), Mg (136,3; 175,2 e 138,5 mg), S (71,5; 107,6 e 76,3 mg), Fe (5,1; 8,8 e 6,7 mg), Cu (0,5; 0,8 e 0,5 mg), Zn (4,3; 5,6 e 4,5 mg), Mn (5,3; 5,7 e 5,3 mg) e B (2,4; 3,6 e 2,8 mg).

**Figura 6 – Conteúdo de macro e micronutrientes utilizados no minijardim pelos clones TC3, TC9 e TC15 de *Toona ciliata*, ao final de 432 dias de exploração.**

Figure 6 – Macro and micronutrients content used in the minigarden by TC3 clones TC9 and TC15 of *Toona ciliata*, at the end of 432 days of exploration.



Fonte: Oliveira, T. P. F. (2016)

Portanto, essas são as quantidades mínimas de nutrientes a serem fornecidos ao minijardim clonal de *Toona ciliata* utilizando como material genético os clones TC3, TC9 e TC15, para que permaneçam em produção por 432 dias, sendo necessário computar as perdas naturais no manejo da fertilização e da irrigação. Como no presente estudo foi observada redução no número de brotações emitidas a partir da 10<sup>a</sup> coleta, seria indicada a reposição nutricional, conforme o conteúdo exportado durante o manejo, visando ao aumento da produtividade, ou sua manutenção.

## Conclusões

Ao final de 18 coletas de brotações, o clone TC3 foi mais produtivo.

Os clones TC3 e TC15 são mais eficientes na conversão dos nutrientes absorvidos para produção de brotações e de miniestacas.

A partir da 10<sup>a</sup> coleta de miniestacas é indicada a reposição nutricional visando manter a produtividade do minijardim sempre constante.

O potássio, o nitrogênio e o cálcio são os nutrientes mais exportados pelas coletas das brotações dos três clones de cedro-australiano.

## Agradecimento

À Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) pela concessão da bolsa de doutorado.

## Referências

ANDERSON, J. D.; INGRAM, J. S. I. **Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods.** 2. ed. Wallingford: CAB International, 1996. 171 p.

- ASSIS, T. F.; FETTINI NETO, A. G.; ALFENAS, A. C. Current techniques and prospects for the clonal propagation of hardwoods with emphasis on *Eucalyptus*. In: WALTERS, C.; CARSON, M. (ed.) **Plantation forest biotechnology for the 21<sup>st</sup> century**. Kerala: Research Signpost, 2004. v. 1, p. 303-333.
- BRONDANI, G. E. *et al.* Dynamics of adventitious rooting in mini-cuttings of *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii*. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 34, n. 2, p. 169-178, abr./jun. 2012.
- CUNHA, A. C. M. C. M. *et al.* Relação do estado nutricional de minicepas com o número de miniestacas de eucalipto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 79, p. 203-213, set. 2008.
- CUNHA, A. C. M. C. M.; WENDLING, I.; SOUZA JÚNIOR, L. Miniestaquia em sistema de hidroponia e em tubetes de Corticeira-do-mato. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 1, p. 85-92, jan./mar. 2008.
- DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R. F. *et al.* (ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 91-132.
- DIAS, P. C. *et al.* Estaquia e miniestaquia de espécies florestais lenhosas do Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 32, n. 72, p. 453-462, out./dez. 2012.
- FERREIRA, B. G. A. *et al.* Miniestaquia de *Sapium glandulatum* (Vell.) Pax com o uso de ácido 33 indolbutírico e ácido naftalenoacético. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 1, p. 19-31, jan./mar. 2010.
- FERREIRA, D. de A. **Produtividade das minicepas de cedro australiano em minijardim multiclonal e influência da posição das miniestacas na qualidade das mudas**. 2009. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2009.
- FREITAS, A. F. **Produtividade de minicepas e enraizamento de miniestacas de híbridos de *Eucalyptus globulus* Labill. em resposta a N, B e Zn**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2013.
- GATTI, K. C. *et al.* Propagação vegetativa de jequitibá *Cariniana estrellensis* (Raddi) por miniestaquia. **Temas Agrários**, [s. l.], v. 16, n. 2, p. 54-63, jul./dez. 2011.
- HARTMANN, H. T. *et al.* **Plant propagation: principles and practices**. 7<sup>th</sup> ed. New Jersey: Prentice-Hall, 2002. 880 p.
- HIRSCH, A. M.; TORREY, J. G. Ultrastructural changes in sunflower root cells in relation to boron deficiency and added auxin. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 58, p. 856-866, 1980.
- JONES JUNIOR, J. B.; WOLF, B.; MILLS, H. A. **Plant analysis handbook: a practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide**. Athens: Micro - Macro Publishing, 1991. 213 p.
- LAMÔNICA, K. R. **Produtividade de minicepas de clones de cedro australiano (*Toona ciliata*) e produção de mudas por miniestaquia**. 2013. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2013.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípio e adaptações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.
- MALULEQUE, I. F. **Qualidade de mudas e produtividade de minicepas de clones de cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roemer var. *australis*) tratadas com paclobutrazol**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.
- MORETTI, B. S. *et al.* Crescimento e nutrição mineral de mudas de cedro australiano (*Toona ciliata*) sob omissão de nutrientes. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 4, p. 453-463, out./dez. 2011.
- NEUBERT, V. F. **Propagação vegetativa do vinhático (*Plathymenia foliolosa* Benth) por miniestaquia**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2014.
- OLIVEIRA, T. P. F. *et al.* Productivity of polyclonal minigarden and rooting of *Handroanthus heptaphyllus*

Mattos minicuttings. **Semina**: Ciências Agrárias, Londrina, v. 36, n. 4, p. 2423-2432, jul./ago. 2015.

PEREIRA, M. O. **Resgate vegetativo e propagação via estaquia e miniestaquia de *Toona ciliata* M. Roem. var. *australis* (F. Muell) Bahadur**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

PINHEIRO, A. L.; LANI, L. L.; COUTO, L. **Cedro Australiano**: cultivo e utilização (*Toona ciliata* M. Roem. var. *australis* (F. Muell.) Bahadur. Viçosa, MG: UFV, 2006. 42 p.

ROTH-BEJERANO, N.; ITAI, C. Effect of boron on stomatal opening in epidermal strips of *Commelina communis*. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 52, p. 302-304, 1981.

SCOCCHI, A. *et al.* Conservación de semillas de Cedro Australiano (*Toona ciliata*). **Plant Genetic Resources Newsletter**, Roma, n. 137, p. 22-25, 2004.

SILVA, M. P. S. *et al.* Enraizamento de miniestacas e produtividade de minicepas de cedro australiano manejadas em canaletões e tubetes. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 4, p. 703-713, out/dez. 2012.

SOUZA, J. S. *et al.* Produtividade de minicepas de cedro australiano em função do teor inicial de nutrientes. **Floresta**, Curitiba, v. 45, n. 3, p. 617-624, jul./set. 2015.

SOUZA, J. S. *et al.* Produtividade de minicepas de cedro australiano e remoção de nutrientes pela coleta sucessiva de miniestacas. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 1, p. 71-77, jan./mar. 2014.

STUEPP, C. A. *et al.* Rooting mini-cuttings of *Paulownia fortunei* var. *mikado* derived from clonal mini-garden. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 39, n. 3, p. 497-504, 2015.

TAVARES, R. *et al.* Genetic diversity in australian cedar genotypes selected by mixed models. **Ciência Agrotecnica**, Lavras, v. 36, n. 2, p. 171-179, mar./abr. 2012.

XAVIER, A. *et al.* Propagação vegetativa de cedro-rosa por miniestaquia. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 2, p. 139-143, mar./abr. 2003.

WENDLING, I.; FERRARI, M. P.; DUTRA, L. F. **Produção de mudas de corticeira-do-mato por miniestaquia a partir de propágulos juvenis**. Colombo: EMBRAPA Florestas, 2005. 5 p.

WENDLING, I.; SOUZA JÚNIOR, L. Propagação vegetativa de erva-mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire) por miniestaquia de material juvenil. In: CONGRESSO SUL-AMERICANO DA ERVA-MATE, 3.; 2003, Chapecó. **Anais [...]** Curitiba: Epagri, 2003. p. 60-67.

ZIMMERMANN, F. J. P. **Estatística aplicada à pesquisa agrícola**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2014. 582 p.