

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

**NOEMI CRISTINA DE SOUZA VIEIRA**

**NUTRIÇÃO MINERAL E MARCHA DE ABSORÇÃO DE *Hevea  
brasiliensis* (Willd. Ex Adr. de Juss.) Muell.-Arg.**

Ilha Solteira

2021

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**NOEMI CRISTINA DE SOUZA VIEIRA**

**NUTRIÇÃO MINERAL E MARCHA DE ABSORÇÃO DE *Hevea  
brasiliensis* (Willd. Ex Adr. de Juss.) Muell.-Arg.**

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Agronomia. Especialidade: Sistemas de Produção

Prof. Dr. Enes Furlani Junior  
**Orientador**

FICHA CATALOGRÁFICA  
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

V658n Vieira, Noemi Cristina de Souza.  
Nutrição mineral e marcha de absorção de Hevea brasiliensis (Willd. Ex Adr. de Juss.) Muell.-Arg. / Noemi Cristina de Souza Vieira. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2021  
176 f.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, 2021

Orientador: Enes Furlani Junior  
Inclui bibliografia

1. Produção de mudas de seringueira. 2. Nutrição mineral. 3. Marcha de absorção de nutrientes. 4. Porta-enxertos de seringueira. 5. Adubação.

  
Raiane da Silva Santos

Supervisora Técnica de Seção  
Seção Técnica de Referência, Atendimento ao usuário e Documentação  
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação  
CRB/8 - 9999

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: NUTRIÇÃO MINERAL E MARCHA DE ABSORÇÃO DE *Hevea brasiliensis* (Willd. ex. Adr. de Juss.) Muell.-Arg.

AUTORA: NOEMI CRISTINA DE SOUZA VIEIRA

ORIENTADOR: ENES FURLANI JUNIOR

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA, área: Sistemas de Produção pela Comissão Examinadora:

A handwritten signature in blue ink, which appears to read "Enes Furlani Junior", is positioned above the name of the advisor.

Prof. Dr. ENES FURLANI JUNIOR (Participação Virtual)  
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Prof. Dr. MARCELO CARVALHO MINHOTO TEIXEIRA FILHO (Participação Virtual)  
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Prof. Dr. MARCO EUSTAQUIO DE SA (Participação Virtual)  
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Prof. Dr. EDILSON COSTA (Participação Virtual)  
Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul - UEMS

Dr. ERIVALDO JOSÉ SCALOPPI JÚNIOR (Participação Virtual)  
Centro de Seringueira e Sistemas Agroflorestais / Instituto Agrônomo de Campinas

Ilha Solteira, 03 de setembro de 2021

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus pelas oportunidades que me foram dadas na vida, principalmente por ter conhecido pessoas especiais durante esta caminhada, mas também por ter vivido fases difíceis, que foram matérias-primas de aprendizado.

Aos meus pais, Alicio Clemente Vieira "*In memoriam*" e Iraci Soares de Souza Vieira, pelo apoio e carinho que sempre me dedicaram.

Ao meu namorado, Magno Pereira, pela amizade e auxílio na execução dessa pesquisa.

Agradeço também ao meu orientador professor Drº Enes Furlani Junior, pela atenção dedicada ao trabalho, ao qual sem ela não seria possível a sua realização.

Ao pesquisador Drº Erivaldo José Scaloppi Junior pelo auxílio na pesquisa, através da doação dos materiais de propagação da seringueira, empregues nos experimentos desenvolvidos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP pela oportunidade de cursar o Doutorado e suporte técnico-científico oferecido.

As amigas que fiz ao decorrer da jornada acadêmica Raiana, Amanda, Dayane e Camila, por todos esses anos de convívio, quero agradecer pelo companheirismo e pela participação ativa na execução dessa pesquisa.

Ao Laboratório de Análise de Solos e Tecido Vegetal- UNESP, em especial aos técnicos Alexandre Marques da Silva e Sinval Abreu, pelo apoio, amizade e acompanhamento na realização das análises.

A todos os professores do curso de Pós – Graduação em Agronomia da UNESP/ Ilha Solteira, pelos ensinamentos e contribuição na minha carreira acadêmica.

A empresa Tecnonutri, pela doação do fertilizante utilizado na pesquisa.

E finalmente, a todos aqueles que de forma indireta ou direta contribuíram para a realização deste trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## RESUMO

Objetivo geral do trabalho foi realizar a marcha de absorção de nutrientes de mudas de seringueira e conjuntamente estudar técnicas de fertilização do substrato que possibilite atender à demanda nutricional da cultura. Dessa forma, foram instalados quatro ensaios em viveiro a céu aberto localizado na Universidade Estadual Paulista, “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), campus de Ilha Solteira- SP. O experimento 1 visou a caracterização da marcha de absorção de nutrientes de porta-enxertos de seringueira, em esquema fatorial de 3 x 5, sendo três porta-enxertos GT1, PB235 e IAN873 e cinco épocas de coleta de dados 60, 120, 180, 240 e 300 dias após transplântio (DAT), com três repetições de 10 mudas por parcela. Os resultados indicaram a superioridade de IAN873 no incremento de diâmetro de caule, índice de qualidade de Dickson (IQD), índice SPAD, acúmulo de N, Mg e S foliar e na eficiência de utilização (EU) de P, K e Fe. Durante o período de cultivo em viveiro, o genótipo IAN873 demonstrou maior aptidão para uso como porta-enxerto. No ensaio 2, foi avaliado o acúmulo de nutrientes em combinações copas/porta-enxertos de seringueira, em esquema fatorial 3x2x5, sendo três porta-enxertos (GT1, PB235 e IAN873), duas copas (PR255 e RRIM600) e cinco épocas de coleta. Os porta-enxertos oriundos de sementes clonais PB235 apresentaram baixo desempenho dos enxertos em termos de altura, diâmetro de caule, transpiração e massa seca de caule, entretanto, foram destaque para o índice SPAD. O excelente desempenho do clone RRIM600 para altura, diâmetro de caule, massa seca foliar, caulinar e total, indica alta compatibilidade com os porta-enxertos utilizados nesta pesquisa. A demanda de NF, KF, KC, KR, CaC, MgF, MgC, SC, FeF, FeC, MnF, MnC e ZnF acompanhou o crescimento das mudas, sendo o acúmulo dos nutrientes crescente com a idade da planta. As diferenças entre os tratamentos na extração e alocação desses nutrientes foram evidentes a partir de 120 DAT. Independentemente do porta-enxerto utilizado, a demanda total de nutrientes aos 180 DAT foi maior para mudas com a copa RRIM600, apresentando a combinação de IAN873+RRIM600 elevada exigência por micronutrientes. Contudo, foi constatado similaridade na ordem de extração total dos nutrientes, apresentando em sequência decrescente os macronutrientes: N>K>Mg>Ca>S>P e micronutrientes: Fe>Mn>Zn>Cu. No experimento 3 avaliou-se a aplicação das doses 0, 4, 6, 8, 9 g L<sup>-1</sup> de substrato de adubo de liberação lenta (ALL) e quatro frequências de parcelamento da fertirrigação de N-P-K. As maiores alturas de plantas foram alcançadas com a utilização da solução nutritiva de N-P-K fornecida a cada 120 dias (F3). As doses crescentes do ALL propiciaram aumento do índice SPAD, queda dos teores de S e Cu nas folhas e de P e Cu nas raízes. A aplicação de doses crescentes do ALL, juntamente com a fertirrigação a cada 120 dias (F3) aumentou linearmente os teores de N, P, K nas folhas e Fe no caule, porém, promoveu decréscimo de K, S, Fe e Zn radicular. No geral, o tratamento 4 g do ALL+ F4 demonstrou ser uma alternativa viável de escolha para nutrição dos porta-enxertos. O estudo 4 foi referente ao fornecimento de fertirrigações formuladas a partir das combinações de três doses de N (0; 0,21 e 0,42), P (0; 0,48 e 0,96) K (0; 0,18 e 0,36) g L<sup>-1</sup> de água. A solução nutritiva contendo 0,42 (N2); 0,96 (P2) e 0,36 (K2) g L<sup>-1</sup> de água aplicada via fertirrigação na regularidade trimestral demonstrou ser uma boa alternativa para o manejo nutricional de porta-enxertos de seringueira.

**Palavras-Chave:** silvicultura; manejo nutricional; adubação; produção de mudas de seringueira.

## ABSTRACT

The general objective of the work was to monitor the rate of nutrient absorption of rubber tree seedlings and jointly study substrate fertilization techniques that make it possible to meet the nutritional demand of the crop. Thus, four tests were installed in an open-air nursery located at the São Paulo State University, "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Ilha Solteira-SP campus. Experiment 1 aimed to characterize the nutrient absorption rate of rubber tree rootstocks, in a 3 x 5 factorial scheme, with three GT1, PB235 and IAN873 rootstocks and five data collection times 60, 120, 180, 240 and 300 days after transplanting (DAT), with three replicates of 10 seedlings per plot. The results indicated the superiority of IAN873 in the increment of stem diameter, Dickson Quality Index (IQD), SPAD index, N, Mg and S leaf accumulation and in the utilization efficiency (EU) of P, K and Fe. the IAN873 genotype showed greater suitability for use as a rootstock. In trial 2, the accumulation of nutrients in rubber tree crown/rootstock combinations was evaluated, in a 3x2x5 factorial scheme, with three rootstocks (GT1, PB235 and IAN873), two crowns (PR255 and RRIM600) and five harvesting times. Rootstocks from clonal seeds PB235 showed poor graft performance in terms of height, stem diameter, transpiration and stem dry mass, however, they were highlighted for the SPAD index. The excellent performance of clone RRIM600 for height, stem diameter, leaf, stem and total dry mass indicates high compatibility with the rootstocks used in this research. The demand for NF, KF, KC, KR, CaC, MgF, MgC, SC, FeF, FeC, MnF, MnC and ZnF accompanied the growth of the seedlings, with the accumulation of nutrients increasing with the age of the plant. Differences between treatments in the extraction and allocation of these nutrients were evident after 120 DAT. Regardless of the rootstock used, the total nutrient demand at 180 DAT was higher for seedlings with the RRIM600 canopy, presenting the combination of IAN873+RRIM600 with a high demand for micronutrients. However, similarity was found in the order of total nutrient extraction, presenting in decreasing sequence the macronutrients: N>K>Mg>Ca>S>P and micronutrients: Fe>Mn>Zn>Cu. In experiment 3, the application of doses 0, 4, 6, 8, 9 g L<sup>-1</sup> of slow-release fertilizer (ALL) substrate and four frequencies of splitting of N-P-K fertigation were evaluated. The highest plant heights were achieved using the N-P-K nutrient solution supplied every 120 days (F3). The increasing doses of ALL provided an increase in the SPAD index, a decrease in the contents of S and Cu in the leaves and of P and Cu in the roots. The application of increasing doses of ALL together with fertigation every 120 days (F3) linearly increased the contents of N, P, K in the leaves and Fe in the stem, however, it resulted in a decrease of K, S, Fe and Zn root. Overall, the 4 g treatment of ALL+ F4 proved to be a good alternative of choice for rootstock nutrition. Study 4 was related to the supply of fertigations formulated from combinations of three doses of N (0, 0.21 and 0.42), P (0, 0.48 and 0.96) K (0, 0.18 and 0.36) g L<sup>-1</sup> of water. The nutrient solution containing 0.42 (N2); 0.96 (P2) and 0.36 (K2) g L<sup>-1</sup> of water applied via fertigation on a quarterly basis proved to be a good alternative for the nutritional management of rubber tree rootstocks.

**Keywords:** forestry; nutritional management; fertilizing; production of rubber tree seedlings.

## Sumário

|       |                                                                                                                        |           |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1     | INTRODUÇÃO.....                                                                                                        | 11        |
| 2     | REVISÃO DE LITERATURA.....                                                                                             | 14        |
| 2.1   | Importância da cultura da seringueira .....                                                                            | 14        |
| 2.2   | Sistemas de produção de mudas de seringueira .....                                                                     | 15        |
| 2.2.1 | <i>Sistema convencional.....</i>                                                                                       | <i>15</i> |
| 2.2.2 | <i>Sistema de viveiro suspenso com o uso de substrato.....</i>                                                         | <i>16</i> |
| 2.3   | Nutrição mineral de mudas de seringueira .....                                                                         | 17        |
| 2.3.1 | <i>Marcha de absorção nutricional .....</i>                                                                            | <i>17</i> |
| 2.3.2 | <i>Fertilizantes de liberação lenta.....</i>                                                                           | <i>19</i> |
| 2.3.3 | <i>Fertirrigação .....</i>                                                                                             | <i>20</i> |
|       | REFERÊNCIAS.....                                                                                                       | 21        |
|       | CAPÍTULO 3: COMPARAÇÃO MORFOFISIOLÓGICA DE PORTA-ENXERTOS CLONAIIS DE SERINGUEIRA CULTIVADOS EM VIVEIRO SUSPENSO ..... | 27        |
| 3.1   | Introdução .....                                                                                                       | 28        |
| 3.2   | Material e métodos.....                                                                                                | 29        |
| 3.3   | Resultados e discussão.....                                                                                            | 31        |
| 3.4   | Conclusões.....                                                                                                        | 38        |
|       | REFERÊNCIAS.....                                                                                                       | 38        |
|       | CAPÍTULO 4: MARCHA DE ABSORÇÃO DE NUTRIENTES EM PORTA-ENXERTOS DE SERINGUEIRA .....                                    | 42        |
| 4.1   | Introdução .....                                                                                                       | 43        |
| 4.2.  | Material e métodos.....                                                                                                | 44        |
| 4.3   | Resultados e discussão.....                                                                                            | 47        |
| 4.4   | Conclusões.....                                                                                                        | 61        |
|       | REFERÊNCIAS.....                                                                                                       | 62        |
|       | CAPÍTULO 5: EFICIÊNCIA NUTRICIONAL DE PORTA-ENXERTOS CLONAIIS DE SERINGUEIRA.....                                      | 65        |
| 5.1   | Introdução .....                                                                                                       | 66        |
| 5.2.  | Material e métodos.....                                                                                                | 67        |
| 5.3   | Resultados e discussão.....                                                                                            | 70        |
| 5.4   | Conclusões.....                                                                                                        | 79        |
|       | REFERÊNCIAS.....                                                                                                       | 79        |

|                                                                                                                                                            |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| CAPÍTULO 6: ASPECTOS VEGETATIVOS DE MUDAS DE SERINGUEIRA<br>CONSTITUÍDAS ATRAVÉS DE COMBINAÇÕES PORTA-ENXERTO/ COPA 82                                     |     |
| 6.1 Introdução .....                                                                                                                                       | 83  |
| 6.2 Material e métodos .....                                                                                                                               | 84  |
| 6.3 Resultados e discussão.....                                                                                                                            | 87  |
| 6.4 Conclusões.....                                                                                                                                        | 92  |
| REFERÊNCIAS .....                                                                                                                                          | 93  |
| CAPÍTULO 7: INFLUÊNCIA DE PORTA-ENXERTOS DE SERINGUEIRA NA<br>MARCA DE ABSORÇÃO DE NUTRIENTES DOS CLONES PR255 E<br>RRIM600 .....                          | 95  |
| 7.1 Introdução .....                                                                                                                                       | 96  |
| 7.2 Material e métodos .....                                                                                                                               | 97  |
| 7.3 Resultados e discussão.....                                                                                                                            | 100 |
| 7.4 Conclusões.....                                                                                                                                        | 124 |
| REFERÊNCIAS .....                                                                                                                                          | 124 |
| CAPÍTULO 8: DOSES DE ADUBO DE LIBERAÇÃO LENTA ASSOCIADO AO<br>PARCELAMENTO DA FERTIRRIGAÇÃO DE N-P-K PARA PRODUÇÃO DE<br>PORTA-ENXERTO DE SERINGUEIRA..... | 127 |
| 8.1 Introdução .....                                                                                                                                       | 128 |
| 8.2 Material e métodos .....                                                                                                                               | 129 |
| 8.3 Resultados e discussão.....                                                                                                                            | 132 |
| 8.4 Conclusões.....                                                                                                                                        | 139 |
| REFERÊNCIAS .....                                                                                                                                          | 139 |
| CAPÍTULO 9: RESPOSTA NUTRICIONAL DE PORTA-ENXERTOS DE<br>SERINGUEIRA FERTILIZADOS COM ADUBO DE LIBERAÇÃO LENTA E<br>FERTIRRIGAÇÃO DE NPK.....              | 143 |
| 9.1 Introdução .....                                                                                                                                       | 144 |
| 9.2 Material e métodos .....                                                                                                                               | 145 |
| 9.3 Resultados e discussão.....                                                                                                                            | 148 |
| 9.4 Conclusões.....                                                                                                                                        | 161 |
| REFERÊNCIAS .....                                                                                                                                          | 162 |
| CAPÍTULO 10: SOLUÇÕES NUTRITIVAS PARA FERTIRRIGAÇÃO DE<br>PORTA-ENXERTOS DE SERINGUEIRA .....                                                              | 164 |
| 10.1 Introdução .....                                                                                                                                      | 165 |
| 10.2 Material e métodos.....                                                                                                                               | 166 |

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 10.3 Resultados e discussão..... | 169 |
| 10.4 Conclusões.....             | 175 |
| REFERÊNCIAS.....                 | 175 |

## 1 INTRODUÇÃO

A seringueira é botanicamente classificada como dicotiledônea monóica, pertencente ao gênero *Hevea* e com mais de 11 espécies. Dentre elas destaca-se a *Hevea brasiliensis* (Willd. ex. ADR. de Juss.) Muell-Arg., espécie de maior valor econômico e a mais cultivada em âmbito mundial (PEREIRA, 1992).

A produção de seringueira no Brasil se amplia a cada ano pela importância dos produtos derivados do látex em diversas aplicações no setor de produção e por ser a maior fonte de borracha natural do mundo (IAC, 2017). Esta matéria-prima é exigida na fabricação de diversos artigos essenciais, como: hospitalar/farmacêutico, calçados, construção civil, maquinário agrícola, industrial e de autopeças (BRITO *et al.*, 2011).

A ampliação da produtividade da borracha natural é essencial para o Brasil, uma vez que sua atual produção não atende de modo pleno a demanda interna e necessita de importação. Apesar de todo o avanço obtido com pesquisas nacionais, o Brasil ainda não consegue abastecer o mercado interno de látex, necessitando importar em torno de 60% do que consome (SÃO PAULO, 2020).

As regiões Sudeste e Centro-oeste apresentam maior preferência no estabelecimento de seringais comerciais por contarem com características edafoclimáticas favoráveis ao seu desenvolvimento como: condições térmicas e hídricas ideais para a cultura, além de menor risco de ocorrência da principal doença, o mal-das-folhas, causada pelo fungo *Microcyclus ulei* (CAMARGO; MARIN; CAMARGO, 2003). Na região Sudeste, o estado de São Paulo destaca-se como o maior produtor de borracha natural e apresenta o maior número de usinas de beneficiamento de borracha do país (GONÇALVES *et al.*, 2001; PILAU *et al.*, 2007).

A seringueira é propagada comercialmente por meio de mudas enxertadas, no qual seu desempenho produtivo está relacionado à utilização de porta-enxertos vigorosos e da escolha de clones adaptados a região de cultivo (MOREIRA *et al.*, 2006). Normalmente os porta-enxertos demandam um longo período em viveiro que varia de 10 a 12 meses até estarem aptos à enxertia (PEREIRA *et al.*, 2007) e a adubação bem manejada no processo de formação

de mudas é capaz de antecipar a época de enxertia, atingindo o máximo de uniformidade, precocidade, qualidade do sistema radicular e aumentando as taxas de aproveitamento dos porta-enxertos (BATAGLIA; SANTOS, 1998; OLIVEIRA, 2006, ROCHA *et al.*, 2018).

O estudo da dinâmica da absorção e acumulação de nutrientes nas fases de crescimento da planta é uma prática eficaz, pois, permite conhecer as épocas em que os elementos nutricionais são mais exigidos durante o desenvolvimento da cultura e a sua distribuição nas diferentes estruturas da planta, possibilitando um manejo adequado da adubação. Nesse sentido, recomenda-se o estudo de caracterização da marcha de absorção, que fornece subsídios para o parcelamento dos nutrientes, visando um alto aproveitamento pelas plantas em viveiro (DAMASCENO *et al.*, 2012). Ainda são escassos os trabalhos relacionados a marcha de absorção nutricional de seringueira, sendo os autores Haag *et al.* (1982); Guerrini (1982); Haag e Guerrini (1984); e Viégas *et al.* (1992) pioneiros no estudo dessa temática no Brasil.

A adoção de técnicas de fertilização do substrato é uma das práticas mais importante para obtenção de expressivos aumentos no crescimento e qualidade de mudas florestais (BRONDANI *et al.*, 2008).

No sistema convencional de produção de mudas de seringueira com a utilização de solo, tem-se empregado fertilizantes prontamente solúveis que favorecem a rápida absorção e lixiviação dos nutrientes, as quais não são adequados para a adubações de acordo com o sistema de plantio em bancada suspensa, que utiliza substratos leves, porosos e sujeitos a irrigação diária (ZAMUNÉR FILHO, 2009). O uso de adubo de liberação lenta torna-se uma alternativa para aumentar a eficiência das adubações, pois permitem o suprimento contínuo de nutrientes, durante todo o período de crescimento das plantas (PERIN *et al.*, 1999).

Trabalhos com combinações de fontes de adubo de liberação lenta e prontamente solúveis vem sendo desenvolvidos, afim de melhorar a eficiência das adubações, visando aumentar a disponibilidade de nutrientes as plantas, complementando possíveis deficiências ao longo de seu ciclo, além de diminuir o custo produtivo. Uma técnica promissora e com aceitação crescente entre viveiristas consiste na aplicação de fertilizantes via fertirrigação, pois, diminui as perdas por evaporação superficial, reduz a demanda por mão de obra e o custo

com máquinas, além de flexibilizar a época de aplicação, podendo as doses recomendadas serem fracionadas, conforme a necessidade da cultura (ZAMUNER FILHO, 2012).

A fertirrigação é uma técnica bastante utilizada no cultivo de diversas espécies, principalmente na fase de mudas, entretanto, para o novo sistema de produção de porta-enxertos de seringueira em viveiro suspenso, não existem informações científicas quanto as concentrações ideais dos nutrientes que devem ser aplicados, afim de proporcionar um crescimento satisfatório das plantas (GUIDUCCI, 2014).

Tendo em vista o exposto, verifica-se a importância da nutrição mineral e a carência de pesquisas sobre o assunto principalmente em relação a produção de porta-enxertos de seringueira, sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo verificar o comportamento da marcha de absorção de nutrientes e conjuntamente estudar técnicas de fertilização do substrato que possam atender à demanda nutricional da cultura.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Importância da cultura da seringueira

As primeiras descobertas a respeito da borracha natural foram obtidas nos anos de 1839 a 1842, com o descobrimento do processo de vulcanização desenvolvido por Charles Goodyear e pelo inglês Thomas Vancock, nos primórdios da indústria automobilística (PEREIRA, 1992).

A exploração do látex no Brasil teve início por volta do século XIX estendendo-se até meados do século XX, voltada ao extrativismo, sem nenhum vínculo comercial, diferentemente dos países asiáticos, que os plantios eram voltados para a sua comercialização (BRITO *et al.*, 2011).

A seringueira é cultivada no Brasil em diversos estados como São Paulo, Mato Grosso, Bahia, Espírito Santo, sendo o estado de São Paulo o principal produtor nacional de borracha, como descrito no levantamento de safra agrícola do ano de 2017/18 realizado pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA), onde identificaram as regiões de São José do Rio Preto, General Salgado e Barretos, localizadas a Norte e Noroeste do estado, responsáveis por 53,7% da produção paulista (CARVALHO; SAMPAIO, 2019).

A ampliação da produtividade da borracha natural é essencial para o Brasil, uma vez que sua atual produção não atende de modo pleno a demanda interna. A produção nacional, quando comparada ao cenário internacional, apresenta um bom desempenho de produtividade, podendo reverter no futuro sua posição de grande importador, diminuindo sua dependência pela borracha importada. O Brasil tem condição de tornar-se autossuficiente na produção de borracha, uma vez que, para satisfazer o mercado interno é necessário expandir as plantações em aproximadamente 100.000 hectares (YOKOYAMA, 2017).

O Brasil possui em relação aos demais países produtores, área incomparavelmente maior e apta para o plantio de seringueira, o *déficit* de produção pode ser considerado como descaso para um produto estratégico e com um alto valor econômico, uma vez que são inexistentes políticas públicas que apoiem e protejam a produção nacional e os investimentos em pesquisa e desenvolvimento ainda são escassos (NOGUEIRA *et al.*, 2015).

Atualmente o mercado da borracha natural vem sofrendo com a baixa demanda, devido ao surgimento da pandemia do Covid-19, que culminou na paralisação de usinas de beneficiamento de borracha e indústrias pneumáticas,

acarretando em queda no preço dessa matéria-prima, desestimulando os investimentos nesse setor e gerando incertezas sobre o mercado futuro (OLIVEIRA; GONÇALVES, 2020).

Apesar dos desafios enfrentados pelo setor produtor da borracha, devido às consequências bastante negativas da crise implantada pela pandemia do SarS-CoV-2, sabe-se que a seringueira é uma cultura que gera lucros, empregos e ganhos ambientais.

A seringueira é uma espécie altamente versátil, que oferece não somente o látex, para a comercialização, como também a madeira, proveniente do término do ciclo produtivo, destinada para diversos fins como, fabricação de móveis, caixotes, construção civil, entre outros (ALVARENGA, 2009). Aliada a estas possibilidades, existe também a comercialização das sementes para indústrias especializadas na produção de óleos, presentes em tintas e vernizes, e na fabricação de rações para animais.

Na questão ambiental a espécie pode ser uma boa opção para recompor áreas degradadas por oferecer uma excelente cobertura vegetal ao solo (CARMO *et al.*, 2003). Ainda de acordo com os autores, a cultura é capaz de estocar carbono em quantidades equivalentes ao da floresta natural. A heveicultura também é uma cultura que pode contribuir nos aspectos sociais da região de implantação, pois gera diversos empregos, e auxilia pequenos agricultores a gerarem renda. O plantio comercial fixa o homem na zona rural, podendo ser utilizada até mesmo mão-de-obra familiar (CORREDATO, 2011).

## **2.2 Sistemas de produção de mudas de seringueira**

### **2.2.1 Sistema convencional**

A seringueira é propagada comercialmente através de mudas enxertadas, com até dois anos de idade, formadas preferencialmente em recipientes, sendo os porta-enxertos obtidos de sementes colhidas em seringais de cultivo e os enxertos provenientes de borbulhas extraídas de hastes de plantas-matrizes mantidas em jardim clonal (PEREIRA *et al.*, 2001).

O sistema convencional de produção de mudas de seringueira é caracterizado pelo desenvolvimento dos porta-enxertos em viveiros a pleno sol, ao nível do chão, utilizando como recipientes sacos plásticos de polietileno com

dimensões mínimas de 15 cm de largura, 30 cm de altura e 0,02 mm de espessura. O solo da área do viveiro servia de substrato para o preenchimento das sacolas. Quanto a fertilização do solo, normalmente utilizava-se a seguinte recomendação: 0,5 kg de superfosfato triplo ou 2,5 de superfosfato simples; 0,5 de cloreto de potássio, 0,1 kg de sulfato de zinco 300 L de esterco de curral curtido, e 1,0 kg de calcário dolomítico para cada metro cúbico de terra (IAC, 2017).

No modelo tradicional de cultivo de mudas de seringueira é possível que haja a disseminação de plantas daninhas de difícil controle, nematoides, outras pragas e doenças devido ao longo período de permanência dos porta-enxertos em contato com o solo, prejudicando assim a formação de mudas, reduzindo sua sobrevivência no campo, aumentando os custos de implantação e gerando futuras perdas de produtividade nos seringais (PEREIRA *et al.*, 2007). Visando solucionar os problemas enfrentados nesse sistema, foi proposto um método alternativo de cultivo que consiste na formação dos porta-enxertos em recipientes plásticos contendo substrato e mantidos em bancadas suspensas no mínimo 40 cm, desse modo assegura-se que as raízes das mudas não tenham contato direto com o solo (SÃO PAULO, 2015).

### **2.2.2 Sistema de viveiro suspenso com o uso de substrato**

O sistema convencional de produção de mudas de seringueira vem sendo substituído por muitos viveiristas pelo sistema de cultivo em bancadas suspensas com uso de substrato de boa porosidade, sem mistura com solo, isento de nematoides, fungos e outros patógenos nocivos à seringueira. Esse novo sistema de produção garante melhor qualidade fitossanitária e genética de mudas, o que se estenderá em qualidade e uniformidade ao seringal que possuirá plantas de maior vigor, levando a menores custos no manejo de pragas e doenças (OLIVEIRA *et al.*, 2019).

O viveiro conforme o novo padrão de cultivo pode ser instalado em ambiente protegido, semiprotégido ou a pleno sol. As bancadas podem ser confeccionadas com vários tipos de materiais, no entanto, a sementeira e as mudas devem ser produzidas em bancadas com altura mínima de 40 cm, evitando assim o contato direto com o solo, diminuindo a possibilidade de

infestações por pragas e doenças. O substrato utilizado na sementeira e na produção dos porta-enxertos deve ser adquirido de empresa registrada no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Recomenda-se, preferencialmente, o uso de substrato à base de casca de pinus decomposta, tanto para o preenchimento de tubetes, como para a sacola plástica (MARTINS *et al.*, 2013).

Nesse sistema de produção, um problema comum é o aparecimento de folhas com sintomas de deficiência nutricional, em detrimento à lixiviação dos nutrientes do substrato pelas chuvas (BIRRENKOTT *et al.*, 2005; GODOY; COLE, 2000). O cultivo em substrato requer práticas de adubações diferentes das adotadas no sistema convencional.

No sistema convencional de produção de mudas de seringueira, normalmente emprega-se os fertilizantes prontamente solúveis que favorecem a rápida absorção e lixiviação dos nutrientes, as quais não são adequados para a adubação de mudas em substratos leves, porosos e sujeitos a irrigação diária (ZAMUNÉR FILHO, 2009). Logo, a utilização do adubo de liberação lenta homogeneizado ao substrato de plantio associado ao fornecimento de macro e micronutrientes via fertirrigação torna-se uma alternativa para o novo sistema de produção de mudas, pois aumenta a eficiência das adubações, permitindo o suprimento contínuo de nutrientes durante todo o período de crescimento das plantas (MARTINS *et al.*, 2013).

## **2.3 Nutrição mineral de mudas de seringueira**

### **2.3.1 Marcha de absorção nutricional**

A seringueira é uma planta propagada pelo método da enxertia, cujas sementes são utilizadas para a obtenção dos porta-enxertos. Em viveiros comerciais, as sementes empregadas para a produção dos porta-enxertos são ilegítimas (provenientes de polinização aberta), normalmente colhidas em seringais monoclonais cultivados, sem critério para a escolha do clone. No entanto, Cardinal *et al.* (2007) recomendam que as sementes sejam preferencialmente colhidas em seringais cultivados com os clones PB-235, GT-1 (macho-estéril) e IAN-873, por originarem porta-enxertos altamente

compatíveis com os principais clones enxertados atualmente, resultando em plantas mais produtivas.

Normalmente os porta-enxertos de seringueira demandam um longo período em viveiro que varia de 10 a 12 meses até estarem aptos à enxertia, entretanto através da aplicação de fertilizantes ao substrato é possível antecipar esta época, gerando vantagens aos viveiristas (PEREIRA *et al.*, 2007). O elevado período de tempo em que as mudas exigem para estarem prontas para comercialização reflete em seu alto custo que no estado de São Paulo, está por volta de R\$ 7,00. Quando comparadas a outras espécies florestais, como o eucalipto, cujo preço é de R\$ 0,35 e o tempo de formação é de três meses, tecnologias objetivando a diminuição do tempo de viveiro podem auxiliar na expansão da heveicultura (BORELLI, 2016).

Na seringueira, a adubação bem manejada no processo de formação de mudas é capaz de antecipar a época de enxertia, atingindo o máximo de uniformidade, precocidade, qualidade do sistema radicular e aumentar as taxas de aproveitamento dos porta-enxertos (BATAGLIA; SANTOS, 1998; OLIVEIRA, 2006). A adubação é um fator de produção que pode ser manejado com baixo custo de investimento, porém precisa ser conduzida tecnicamente para evitar uso desnecessário de determinados nutrientes que podem, em certos casos até reduzir a produtividade. Na seringueira, a adubação precisa ser definida para cada uma das fases da cultura (BATAGLIA; SANTOS, 1998).

A marcha de absorção descreve a dinâmica de acúmulo de nutrientes na massa seca da planta ao longo do ciclo da cultura, permitindo conhecer a quantidade de cada nutriente que deve ser aplicado. Todavia é necessário também considerar a eficiência de aproveitamento dos nutrientes pelas plantas em diferentes condições climáticas, ambiente de cultivo, manejo de água, entre outros fatores (PRADO; NASCIMENTO, 2003). Através dos dados gerados pelo acompanhamento da marcha de absorção é possível estabelecer estratégias de manejo nutricional, conhecendo o momento e a quantidade adequados para o fornecimento dos nutrientes.

A escolha da técnica de fertilização do substrato é uma das práticas mais importantes para obtenção de expressivos aumentos no crescimento e qualidade de mudas florestais (BRONDANI *et al.*, 2008). No sistema atual de produção de mudas de seringueira é comum a adoção de fertilizantes de liberação lenta

homogeneizados ao substrato de plantio e em alguns casos aliado a técnica de fertirrigação, que consiste na disponibilização dos nutrientes via água de irrigação.

Nesse contexto, o conhecimento da marcha de absorção de nutrientes vem preencher a lacuna do programa de produção de mudas de seringueira, quanto a determinação de doses para aplicação via fertirrigação, a qual ainda é feita com pouco conhecimento em relação à exigência nutricional ou à época adequada para a aplicação dos nutrientes.

### **2.3.2 Fertilizantes de liberação lenta**

Na produção de mudas, um dos principais fertilizantes de liberação lenta utilizado comercialmente é o Osmocote®, o qual é constituído por grânulos que contêm uma combinação homogênea de nutrientes, normalmente NPK, recoberta por uma resina orgânica que controla o fornecimento de nutrientes (DOU; ALVA, 1998; VALERI; CORRADINI, 2000; OLIVEIRA; SCIVITTARO, 2002; SCIVITTARO *et al.*, 2004), da qual a liberação é diretamente proporcional à temperatura e à umidade do substrato (SGARBI *et al.*, 1999). Geralmente como a velocidade de crescimento das mudas é diretamente proporcional ao aumento da temperatura, a liberação de nutrientes é maior nos momentos de maior exigência das plantas (VALERI; CORRADINI, 2000; OLIVEIRA; SCIVITTARO, 2002).

Dentre alguns resultados da aplicação desses fertilizantes, ressalta-se o trabalho realizado Zamunér Filho *et al.* (2012), que avaliaram o desempenho de porta-enxertos GT1 em viveiro suspenso submetidos as doses de 0; 3; 6 e 9 g L<sup>-1</sup> do adubo de liberação lenta Osmocote® e, constataram que a dose de 6 g L<sup>-1</sup> promoveu o melhor desenvolvimento das mudas nos parâmetros de altura, diâmetro do colo, matéria seca total, da parte aérea e do sistema radicular e teores nutricionais foliares adequados. Os mesmos autores, também, evidenciam que as doses de 0 e 3 g L<sup>-1</sup> foram insuficientes para a nutrição dos porta-enxertos.

Avaliando a influência de doses do fertilizante de liberação controlada (FLC) comparada com a fertilização convencional no desenvolvimento de cinco espécies arbóreas, Moraes Neto *et al.* (2003) verificaram que os tratamentos que

utilizaram adubo de liberação controlada (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> -K<sub>2</sub>O 19-06-10) nas doses de 3200 mg dm<sup>-3</sup> e 4800 mg dm<sup>-3</sup> de substrato, resultaram em mudas de maior qualidade quanto à altura, diâmetro do colo, matéria seca total, da parte aérea e de raiz para todas as espécies estudadas.

Brondani *et al.* (2008), testando doses crescentes de fertilizante de liberação controlada no crescimento inicial de mudas de *Anadenanthera colubrina* (Veloso) Brenan cultivadas em tubetes, observaram que a dose próxima a 2000 mg dm<sup>-3</sup> de Osmocote® apresentou os melhores valores para as características número de folhas, diâmetro e matéria seca das mudas, nas condições estudadas.

Trabalhos com combinações de fontes de adubos de liberação lenta associados aos prontamente solúveis, aplicados via fertirrigação vêm sendo desenvolvidos afim de melhorar a eficiência das adubações, visando aumentar a disponibilidade de nutrientes as plantas, complementando possíveis deficiências ao longo de seu ciclo, além de diminuir o custo produtivo.

### **2.3.3 Fertirrigação**

A fertirrigação é uma prática de adubação em que os nutrientes são aplicados de forma parcelada, juntamente a água de irrigação. Desde que realizada com critério, apresentam uma série de vantagens técnicas e econômicas em relação aos métodos convencionais de adubação. O parcelamento permite maior economia de mão-de-obra, melhor distribuição do adubo no substrato, reduz as perdas de nutrientes e aumenta a eficiência de uso pelas plantas (SOUSA *et al.*, 2011).

A frequência de fertirrigação de mudas produzidas em substrato deve ser ajustada de acordo com a demanda hídrica da cultura (ANDRIOLO, 1996). Contudo, informações da literatura sobre o uso de solução nutritiva na produção de porta-enxerto de seringueira em sistema de viveiro suspenso, ainda são insuficientes.

Segundo Silveira *et al.* (2001) a determinação da quantidade do nutriente aplicada e a escolha da fonte do fertilizante variam em função da espécie, da época do ano, do tipo de substrato.

Martins *et al.* (2013) recomendam que a adubação de plantio dos porta-enxertos de seringueira cultivados em sistema de bancadas suspensas, seja realizada com fertilizantes de liberação lenta à base de fósforo, incorporados ao substrato. Os mesmos autores também sugerem a utilização da fertirrigação a partir do início da formação dos porta-enxertos, em frequência de dois ou três dias, empregando-se macro e micronutrientes em pequenas doses por muda.

De acordo com Nobile *et al.* (2017), para a adequada nutrição de porta-enxertos da variedade Tji16 produzidos em sistema de viveiro suspenso, os teores adequados de macro e micronutrientes para a formulação da solução nutritiva, aplicados via fertirrigação, deverá conter:  $\text{CaNO}_3$  2,5g 5 L<sup>-1</sup>;  $\text{MgSO}_4$  1,75g 5 L<sup>-1</sup>;  $\text{KNO}_3$  1,5g 5 L<sup>-1</sup>;  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  1,0g 5 L<sup>-1</sup>;  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  0,9g 5 L<sup>-1</sup>;  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$  0,30g 5 L<sup>-1</sup>;  $\text{CuSO}_4$  0,20g 5 L<sup>-1</sup>;  $\text{EDTA}(\text{Fe}^{+2})$  0,15g 5 L<sup>-1</sup>.

As publicações científicas a respeito da aplicação de fertilizantes via fertirrigação, para a cultura da seringueira ainda são escassas e a linha de pesquisa apresenta necessidade de experimentação sobre doses, concentração e parcelamento, uma vez que existem muitas variáveis envolvidas no emprego dessa técnica.

## REFERÊNCIAS

ALVARENGA, A. P. Seringueira: Cultura estratégica para o Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 30, n. 25, p. 138-145, 2009.

ANDRIOLO, J. L. **O cultivo de plantas com fertirrigação**. Santa Maria: UFSM, 1996. 47 p.

BATAGLIA, O. C.; SANTOS, W. R. Nutrição e adubação de seringais em formação e produção. *In*: CICLO DE PALESTRAS SOBRE HEVEICULTURA PAULISTA, 1., 1998, Barretos. **Palestras [...]**. Barretos: Palestras Sobre Heveicultura, 1998. 16 p.

BIRRENKOTT, B. A.; CRAIG, J. L.; MCVEY, G. R. Effects of substrate type on plant growth and nitrate leaching in cut flower production of oriental lily. **HortScience**, Alexandria, v. 40, n. 7, p. 2135- 2137, 2005.

BORELLI, K. **Produção de mudas de seringueira em viveiro suspenso**. 2016. 87 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.

- BRITO, D. R.; SOUZA, W. C.; RAABE, J.; CORDEIRO, S. A. Avaliação mercadológica da borracha natural no Brasil. **Revista Agroambiental**, Porto Alegre, v. 3, n. 3, p. 67-72, 2011.
- BRONDANI, G.E.; SILVA, A. J. C.; REGO, S. S.; GRISI, F. A.; NOGUEIRA, A. C.; WENDLING, I.; ARAUJO, M. A. Fertilização de Liberação Controlada no Crescimento Inicial de Angico branco. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 2, p. 167- 176, 2008.
- CAMARGO, A. P.; MARIN, F. R.; CAMARGO, M. B. P. **Zoneamento climático da heveicultura no Brasil**. Campinas: EMBRAPA Monitoramento por satélite, 2003. 19 p. Documentos, 24.
- CARDINAL, A. B.; GONÇALVES, P. S.; MARTINS, A. L. M. Influência de seis porta-enxertos sobre a produção de clones superiores de seringueira. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 2, p. 277-284, 2007.
- CARDOSO, M. **Instruções para a cultura da seringueira**. 3.ed. Campinas: IAC, 1989. 50 p. Boletim, 196.
- CARMO, C. A. F. S.; MENEGUELLI, N. A.; LIMA, J. A. S.; MOTTA, P. E. F.; ALVARENGA, A. P. **Estimativa do estoque de carbono na biomassa do clone de Seringueira RRIM 600 em solos da Zona da Mata, Minas Gerais**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 24. 2003. Disponível em: <http://www.repdigital.cnptia.embrapa.br/handle/CNPS/11870>. Acesso em: 25 maio 2017.
- CARVALHO, Y. M. K; SAMPAIO, R. M. Borracha natural: evolução, desafios e oportunidades do sistema agroindustrial brasileiro. **Brazilian Journal of Development**, São José dos Pinhais, v. 5, n. 10, p. 20658-20676, 2019.
- CORREDATO, R. A. **Análise produtiva e econômica de clones de seringueira submetidos a diferentes frequências de sangria**. 2011. 40 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2011.
- DAMASCENO, A. P. A. B.; MEDEIROS, J. F.; MEDEIROS, D. C.; MELO, I. G. C. Crescimento e marcha de absorção de nutrientes do melão cantaloupe tipo "harper" fertirrigado com doses de N e K. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 1, p. 137-146, 2012.
- DOU, H.; ALVA, A. K. Nitrogen uptake and growth of two citrus rootstock seedlings in a Sandy soil receiving different controlled-release fertilizer sources. **Biology and Fertility of Soils**, Heidelberg, v. 26, n.3, p. 169-172, 1998.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – Embrapa. **Manual de análise química dos solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2009. 627 p.

GODOY, A.; COLE, J. C. Phosphorus source affects phosphorus leaching and growth of containerized Spirea. **HortScience**, Alexandria, v. 35, n. 7, p. 1249-1252, 2000.

GONÇALVES, P. S.; BATAGLIA, O. C.; ORTOLANI, A. A.; FONSECA, F. S.

**Manual de Heveicultura para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônômico (IAC), 2001. 78 p. (Série Tecnologia APTA, 189).

GONÇALVES, P. S., MARTINS, A. L. M.; FURTADO, E. L.; SAMBUGARO, R.; OTTATI, E. L.; ORTOLANI, A. A.; JÚNIOR, G. G. Desempenho de clones de seringueira da série IAC 300 na região do planalto de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 37, n. 2, p. 131-138, 2002.

GUERRINI, I. A. **Crescimento e recrutamento de macro e micronutrientes no período de quatro anos pela *Hevea brasiliensis* clone Fx 3864, na região de Rio Branco-AC**. 1982. 105 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1982.

GUIDUCCI, E. P. **Sistemas de produção de porta-enxertos de seringueira**. 2014. 48 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2014.

HAAG, H. P.; GUERRINI, I. A. Nutrição mineral da seringueira: III. Ciclagem de nutrientes em um seringal na região de Rio Branco, Acre. **Anais da ESALQ**, Piracicaba, v. 41, p. 277-291, 1984.

HAAG, H. P.; DECHEN, A. R.; SURRUGE, J. R.; GUERRINI, I. A.; WEBER, H.; TENORIO, Z. **Nutrição mineral da seringueira. Marcha de absorção de nutrientes**. Campinas: Fundação Cargill. 1982. 86 p.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS – IAC. **A importância da borracha natural**. 2011. Campinas-IAC. Disponível:

[www.iac.sp.gov.br/areasdepesquisa/seringueira/](http://www.iac.sp.gov.br/areasdepesquisa/seringueira/). Acesso em: 13 abr. 2017.

KÖPPEN, W. **Climatologia: com um estúdio de los climas dew la tierra**. México: FCE, 1948. p. 482-487.

LI, B.; McKEAND, S. E.; ALLEN, H. L. Genetic variation in nitrogen use efficiency of loblolly pine seedlings. **Forest Science**, Bethesda, v. 37, n. 2, p. 613-626, 1991.

MARTINS, A. N.; SUGUINO, E.; FURLANETO, F. P. B. Seringueira gera renda na reserva legal e em consórcios. *In*: **AGRIANUAL 2013**: Anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP, 2013. p. 413-414.

MORAES NETO, S. P.; GONÇALVES, J. L. M.; RODRIGUES, C. J.; GERES, W. L. A.; DUCATTI, F.; AGUIRRE JR., J. H. Produção de mudas de espécies arbóreas nativas com combinações de adubos de liberação controlada e prontamente solúveis. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 779 - 789, 2003.

MOREIRA, A.; MORAES, V. H. F.; DE CASTRO, C. Fontes e doses de boro em porta-enxertos de seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 8, p. 1291-1298, 2006.

NOBILE, F. O.; PARO, G. F.; FARINELLI, R. Soluções nutritivas para produção de porta-enxertos de seringueira. **Brazilian Journal of Forestry Research**, Colombo, v. 37, n. 89, p. 73-80, 2017.

NOGUEIRA, R. F.; CORDEIRO, S. A.; LEITE, A. M. P.; BINOTI, M. L. M. S. Mercado de borracha natural e viabilidade econômica do cultivo da seringueira no Brasil. **Nativa**, Sinop, v. 3, n. 2, p. 143-149, 2015.

OLIVEIRA, M. D. M.; GONÇALVES, E. C. P. Impactos da SarS-CoV-2 na produção de borracha natural do Estado de São Paulo. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, v. 15, n. 8, 2020. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/out/TerTexto.php?codTexto=14827>. Acesso em: 20 set. 2021.

OLIVEIRA, M. D. M.; GONÇALVES, E. C. P.; DE BRITO, P. F.; MARGATHO, S. M. F. Custo de produção de mudas de seringueira em bancada suspensa com utilização de substrato e impactos na implantação de seringais. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 49, n. 5, 2019.

OLIVEIRA, J. P. **Crescimento e nutrição mineral de porta-enxertos de seringueira (*Hevea spp.*) em função da idade**. 2006. 77 f. (Mestrado em Solos e Nutrição de plantas) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2006.

OLIVEIRA, R. P.; SCIVITTARO, N. B. **Comparação de custos de sistemas de adubação para mudas de citros: Fontes liberação lenta x solúveis**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2002. 4 p. Comunicado Técnico, 74.

PRADO, R. M.; NASCIMENTO, V. M. **Manejo da adubação do cafeeiro no Brasil**. Ilha Solteira: FEIS/UNESP, 2003. 273 p.

PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; JUNQUEIRA, N. T. V.; FIALHO, J. F.; ALVES, R. T.; TIRABOSCHI, G. M. N. **Cultura da seringueira no cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. 59 p.

PEREIRA, J. P. **Seringueira, formação de mudas, manejo e perspectivas no Noroeste do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1992. 60 p.

PEREIRA, A. V.; ZAMUNÉR FILHO, A.N.; SILVA, R. S.; ANTONINI, J. C. dos A.; VOCURCA, H.; PEREIRA, E. B. C. Produção de mudas de seringueira em viveiro suspenso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HEVEICULTURA, 2007, Guarapari. **Palestra** [...] Guarapari: Incaper, 2007. CD-ROM.

PERIN, J. R.; CARVALHO, S. A.; MATTOS JUNIOR, D.; CANTARELLA, H. Efeitos de substratos e doses de fertilizantes de liberação lenta no teor de clorofila e desenvolvimento vegetativo do limoeiro "cravo". **Revista Laranja**, Cordeirópolis, v. 20, n. 2, p. 457-462, 1999.

PILAU, F. G.; MARIN, F. R.; CAMARGO, M. B. P.; ASSAD, E. D.; PINTO, H. S.; BARBARISI, B. F. Zoneamento agroclimático da heveicultura para as regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Lavras, n. 15, p. 161-168, 2007.

ROCHA, K. B.; ROCHA, J. H. T.; GONCALVES, A. N. Métodos de enxertia para a produção de mudas de seringueira em viveiro suspenso. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 46, p. 646-656, 2018.

SÃO PAULO (Estado). **Resolução SAA - 23**, de 26 de junho de 2015. Estabelece exigências para cadastramento de viveiros, jardins clonais, plantas matrizes produtoras de sementes e normas técnicas de defesa sanitária vegetal, para a produção, comércio e o transporte de mudas, borbulhas e sementes de seringueira (*Hevea* spp) no estado de São Paulo. Disponível em: <https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/legislacoes/resolucao-saa-23-de-26-06-2015,1035.html>. Acesso em: 05 out. 2018.

SÃO PAULO (Estado). **Produtores e indústria de borracha natural têm novo índice de preços de importação**. Disponível em: <https://www.saopaulo.sp.gov.br/ultimas-noticias/produtores-e-industria-de-borracha-natural-tem-novo-indice-de-precos-de-importacao/>. Acesso em: 30 abr. 2020.

SCIVITTARO, W. B.; OLIVEIRA, R. P.; RADMANN, E. B. Doses de fertilizante de liberação lenta na formação do porta-enxerto 'Trifoliata'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 520 - 523, 2004.

SGARBI, F.; SILVEIRA, R. L. V. A.; HIGASHI, E. N.; ANDRADE E PAULA, T.; MOREIRA, A.; RIBEIRO, F. A. Influência da aplicação de fertilizante de liberação controlada na produção de mudas de um clone de *Eucalyptus urophylla*. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZAÇÃO E NUTRIÇÃO FLORESTAL, 1., 1999, Piracicaba. **Anais [...]**. Piracicaba: Usp/ESALQ, 1999. 4 p.

SIDDIQI, M. Y.; GLASS, A. D. M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient efficiency in plants. **Journal of Plant Nutrition**, London, v. 4, n. 3, p. 289-302, 1981.

SILVEIRA, R. L. V. A.; HIGASHI, E. N.; SGARBI, F.; MUNIZ, M. R. A. Seja doutor do seu eucalipto. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 93, p. 1-31, 2001. POTAFOS. Arquivo do Agrônomo, 12.

SOUSA, V. F.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. 771 p.

SWIADER, J. M.; CHYAN, Y.; FREIJI, F. G. Genotypic differences in nitrate uptake and utilization efficiency in pumpkin hybrids. **Journal of Plant Nutrition**, Monticello, v. 17, n. 10, p. 1687 - 1699, 1994.

VALERI, S. V.; CORRADINI, L. Fertilização em viveiros para produção de mudas de Eucalipto e Pinus. *In*: GONÇALVES, L. M.; BENEDETTI, V. (ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 167-190.

VIEGAS, I. J. M.; HAAG, H. P.; BUENO, N.; PEREIRA, J. P. Nutrição mineral da seringueira. XII. Absorção de macro e micronutrientes nos primeiros 240 dias. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 49, p. 41-52, 1992.

ZAMUNÉR FILHO, A. N.; VENTURIN, N.; PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; MACEDO, R. L. G. Dose of controlled-release fertilizer for production of rubber tree rootstocks. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 2, p. 239-245, 2012.

ZAMUNÉR FILHO, A. N. **Doses de adubo de liberação lenta para produção de porta-enxertos de seringueira**. 2009. 45 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

ZAMBROSI, F. C. B.; MATTOS JUNIOR, D.; FURLANI, P. R.; QUAGGIO, J. A.; BOARETTO, R. M. Eficiência de absorção e utilização de fósforo em porta-enxertos cítricos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 36, n. 2, p. 485-496, 2012.

YOKOYAMA, R. Y. **As a generator of social benefits The Rubber Tree (*Hevea brasiliensis*)**. Disponível em: <http://www.omb.com.br/borracha/generator.html>. Acesso em: 02 maio 2017.

### **CAPÍTULO 3: COMPARAÇÃO MORFOFISIOLÓGICA DE PORTA-ENXERTOS CLONAIIS DE SERINGUEIRA CULTIVADOS EM VIVEIRO SUSPENSO**

**RESUMO:** O objetivo do trabalho foi comparar os parâmetros biométricos e fisiológicos de porta-enxertos de seringueira provenientes de sementes dos clones GT1, PB235 e IAN873, cultivados em viveiro suspenso no município de Ilha Solteira- SP. O experimento foi desenvolvido em viveiro a céu aberto instalado na Faculdade de Engenharia - UNESP, Campus de Ilha Solteira- SP, durante o período de março/2018 a janeiro/2019. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial de 3 x 5, sendo três porta-enxertos GT1, PB235 e IAN873 e cinco épocas de coleta de dados 60, 120, 180, 240 e 300 dias após transplântio (DAT), com três repetições de 10 mudas por parcela. Os porta-enxertos apresentaram variação significativa dos parâmetros fisiológicos e de crescimento ao longo do período experimental. O IAN873 se mostrou superior no incremento de diâmetro de caule e índice de qualidade de Dickson. A taxa fotossintética de IAN873 foi baixa no início das avaliações (60 DAT), entretanto, elevou-se linearmente, igualando-se aos demais clones ao final dos 300 DAT. O IAN873 obteve maior teor relativo de clorofila em relação ao GT1, conforme apontou a leitura do índice SPAD. Durante o período de cultivo em questão, sob condições de viveiro suspenso, o genótipo IAN873 demonstrou maior aptidão para uso como porta-enxerto.

**Palavras-chave:** taxa fotossintética líquida (A); Condutância estomática (gs); Concentração interna de carbono (Ci); Transpiração (E); Índice SPAD.

### 3.1 Introdução

A heveicultura expandiu-se para várias regiões não tradicionais de cultivo, concentrando-se nas regiões nordeste, centro-oeste e sudeste, sendo o Estado de São Paulo o maior produtor nacional de borracha natural (IAC, 2017). Essa mudança de *habitat*, segundo Bicalho *et al.* (2008) pode acarretar respostas morfofisiológicas, potencialmente, diferentes entre os clones considerados semelhantes, uma vez que esses processos são bastante sensíveis ao ambiente.

Para acompanhar esta expansão de áreas cultivadas com seringueira no Brasil houve a necessidade de ampliação de viveiros com o objetivo de produzir mudas de elevada qualidade. O modelo convencional de produção de mudas de seringueira, restringia-se ao uso de solo como substrato de plantio, deixando assim, as plantas suscetíveis a contaminação por pragas e doenças, prejudicando a sua sobrevivência no campo, aumentando os custos de implantação (PEREIRA *et al.*, 2007). Devido a esses fatores, foi proposto o cultivo de mudas de seringueira em sistema de bancadas suspensas com uso de substrato (SÃO PAULO, 2015).

Na formação das mudas de seringueira é utilizado o método da enxertia por borbulha em porta-enxertos provenientes de sementes. Os enxertos são escolhidos com base na sua produção e adaptabilidade ao local, enquanto que os porta-enxertos, pouca importância lhes é dada quanto à sua procedência ou origem genética desde que tenham diâmetro suficiente para o processo de enxertia (MARTINS *et al.*, 2000).

Para o melhor desempenho na formação de mudas de seringueira pesquisas apontam que a escolha do porta-enxerto, se torna essencial para uma maior produtividade do seringal. A utilização de sementes clonais GT1, PB235, RRIM600, RRIM701 e IAN873, vem sendo apontadas como as mais aptas em termos de ganhos produtivos no estado de São Paulo (MARTINS *et al.*, 2000). Assim como, Gonçalves *et al.* (1994) concluíram que o porta-enxerto desempenha influência sobre o incremento do perímetro do caule e do crescimento em altura do enxerto. Do mesmo modo, Martins *et al.* (2000) relataram que alguns porta-enxertos causam desuniformidade no desenvolvimento das plantas sobre eles enxertados.

Nesse contexto, pesquisas envolvendo as características morfofisiológicas de porta-enxertos são de suma importância, pois poderão auxiliar os viveiristas na tomada de decisão dos melhores materiais de propagação para formação de mudas de seringueira. Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi comparar os parâmetros biométricos e fisiológicos de porta-enxertos de seringueira provenientes de sementes dos clones GT1, PB235 e IAN873, cultivados em viveiro suspenso no município de Ilha Solteira- SP.

### **3.2 Material e métodos**

O experimento foi desenvolvido na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) no campus de Ilha Solteira- SP, localizada a 20°43'09" de latitude sul e 51°33'79" de longitude oeste, com altitude em torno de 335 metros.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial 3 x 5, sendo três porta-enxertos GT1, PB235 e IAN873 e cinco épocas de coleta de dados 60, 120, 180, 240, 300 dias após transplântio (DAT), com três repetições de 10 mudas de seringueira por parcela.

As sementes provenientes de polinização aberta dos clones GT1, PB235 e IAN873 foram obtidas de plantio multiclonais pertencente ao Instituto Agrônômico (IAC), localizado no município de Votuporanga-SP, coletadas em março/2018. Após a coleta, as sementes foram armazenadas em sacos plásticos de polietileno com pequenos furos, para evitar a perda de seu poder germinativo durante o transporte.

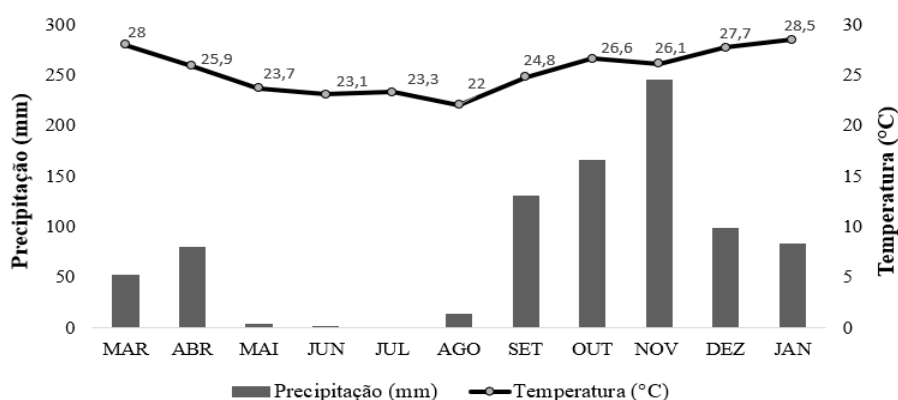
A semeadura foi em jardineiras plásticas contendo como substrato 5 litros de areia grossa, recobertas com 1 cm de pó de serra, sobre bancada suspensa em casa de vegetação do tipo Pad & Fan, com duas irrigações diárias por aspersão controladas automaticamente, e temperatura máxima de 30°C. A emergência ocorreu do 7° ao 10° dia após a semeadura e, quando as plântulas atingiram o estágio de “palito”, por volta do 14° dia, foram transplantadas para sacos plásticos de polietileno com dimensões de 17x30 cm e volume de 2,75 litros, previamente preenchidos com substrato comercial composto por turfa, vermiculita, carvão vegetal e casca de pinus. Estes foram adubados com 6 g L<sup>-1</sup> de substrato, do adubo de liberação lenta Forth cote® 15-09-12 com liberação

prevista para cinco meses, em formulação contendo N (15%),  $P_2O_5$  (9%),  $K_2O$  (12%), Mg (1,3%), S (6%), Cu (0,05%), Fe (0,46%), Mn (0,06%) e Mo (0,02%), como recomendado por Zamunér Filho *et al.* (2012).

Após o transplântio, as mudas permaneceram em casa de vegetação por 30 dias, a fim de garantir condições favoráveis para o seu desenvolvimento inicial. Em abril/2018 as mudas de porta-enxerto foram transferidas para viveiro a pleno sol em bancada suspensa. A adubação de cobertura foi realizada em agosto/2018 e dezembro/2018, utilizando-se 2 g por sacola do mesmo adubo de liberação lenta (15-09-12).

Os dados mensais de temperatura ( $^{\circ}C$ ) e precipitação pluvial (mm) ocorridos durante o período experimental foram obtidos pela Estação Meteorológica da Área de Hidráulica e Irrigação da UNESP- campus de Ilha Solteira (Figura 1).

**Figura 1.** Médias mensais de temperatura ( $^{\circ}C$ ) e precipitação (mm), no período de março/2018 a janeiro/2019. Ilha Solteira-SP.



Fonte: Elaboração da própria autora.

Os parâmetros biométricos avaliados para cada época de cultivo foram: a) altura de planta (cm), mensurada do colo ao ápice da planta com uma fita métrica graduada; b) diâmetro do caule a 10 cm do substrato com auxílio de paquímetro digital (mm); c) índice de qualidade de Dickson *et al.* (1960) “obtido pela fórmula  $IQD = [matéria\ seca\ total / (altura\ (cm) / diâmetro\ (mm) + massa\ seca\ da\ parte\ aérea\ (g) / massa\ seca\ da\ raiz\ (g)]$ ”; d) MST: massa seca total (g).

A avaliação fisiológica foi realizada em duas mudas por parcela, no período das 07 h às 11 h da manhã, em folhas totalmente expandidas localizada no ápice da planta, para tanto, utilizou-se um analisador de gás infravermelho (Infra Red Gas Analyser –IRGA, marca ADC BioScientific Ltd, modelo LC-Pro),

sendo as condições inicialmente impostas de  $1000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  de radiação fotossinteticamente ativa (PAR), providas por lâmpadas LED, 380 ppm de  $\text{CO}_2$  e temperatura da câmara em  $28^\circ\text{C}$ . Na ocasião foram mensuradas a concentração interna de carbono ( $\text{Ci}$ -  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), condutância estomática ( $\text{gs}$ -  $\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), transpiração ( $\text{E}$ -  $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) e taxa de fotossíntese líquida ( $\text{A}$ -  $\mu\text{mol de CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). O teor de clorofila nas folhas foi determinado por meio do medidor portátil de clorofila SPAD-502 (modelo Minolta Camera Co. Ltda.), em duas folhas completamente expandidas por planta, localizadas no terço superior do dossel, cujas leituras foram realizadas entre 9 e 12 horas da manhã.

Os dados de cada variável foram submetidos à análise de variância através do teste F, e as médias dos porta-enxertos, quando significativas, foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para os resultados significativos das épocas de coleta de dados, foram aplicados modelos de regressão que melhor se ajustaram aos efeitos obtidos. O software estatístico utilizado foi o SISVAR 5.1 (FERREIRA, 2010).

### 3.3 Resultados e discussão

Nota-se na análise de variância efeito significativo ( $p < 0,01$ ) para altura, diâmetro do caule e massa seca total (MST), tanto para os porta-enxertos (GT1, PB235 e IAN873) quanto para as épocas de cultivo (DAT) (Tabela 1).

**Tabela 1.** Médias de altura, diâmetro do caule, massa seca total (MST) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de porta-enxertos clonais de seringueira em função da época de cultivo. Ilha Solteira- SP.

| Tratamentos   | Altura (cm) | Diâmetro (mm) | MST (g) | IQD   |
|---------------|-------------|---------------|---------|-------|
| $p > F$       |             |               |         |       |
| Clones (C)    | 0,01        | 0,01          | 0,01    | 0,01  |
| Épocas (E)    | 0,01        | 0,01          | 0,01    | 0,01  |
| (C*E)         | 0,07        | 0,36          | 0,07    | 0,01  |
| <b>Clones</b> |             |               |         |       |
| GT1           | 83,63 b     | 6,53 c        | 10,09 b | 0,61  |
| PB235         | 89,84 ab    | 7,08 b        | 13,81 a | 0,84  |
| IAN873        | 93,91 a     | 7,54 a        | 16,85 a | 1,07  |
| C.V(%)        | 7,81        | 6,20          | 27,67   | 26,19 |
| D.M.S         | 6,29        | 0,39          | 3,39    | 0,20  |

Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

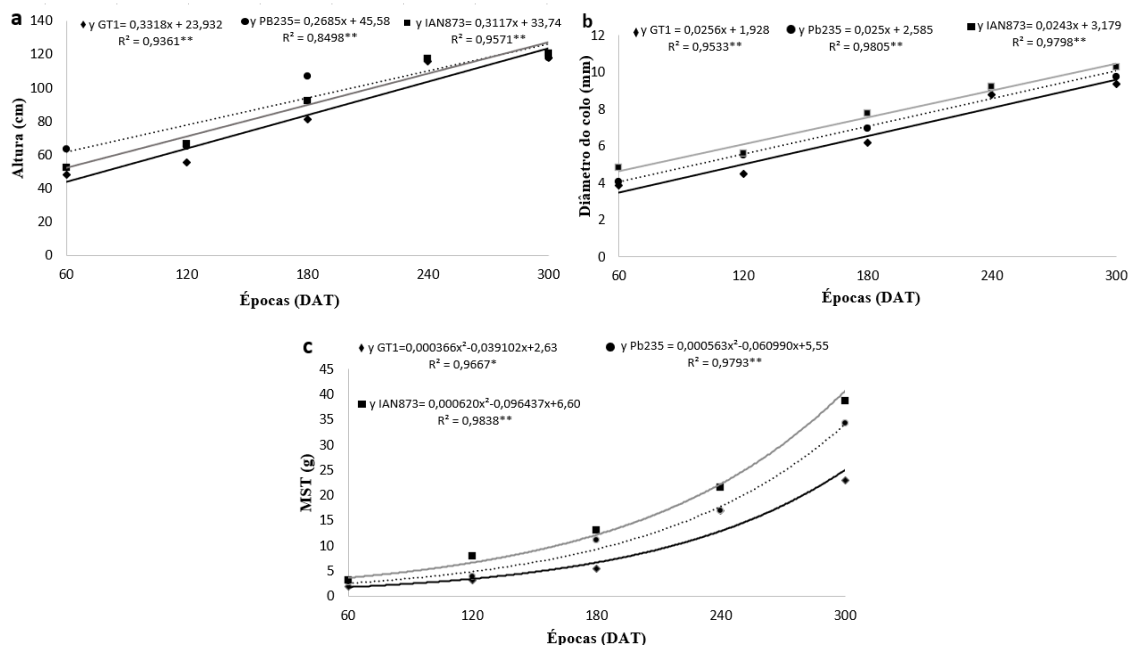
Fonte: Elaboração da própria autora.

Observou-se ajuste linear crescente para as variáveis de crescimento: altura e diâmetro do caule (Figura 2.a e 2.b). Entre os clones utilizados, o GT1

apresentou menor altura de planta, quando comparado ao IAN873 (Tabela 1). O incremento de altura para porta-enxertos clonais foi descrito por Martins *et al.* (2018), onde constataram que o IAN873 exibiu maior altura, comparado ao GT1, PB235, semelhante ao verificado na atual pesquisa (Tabela 1).

A tendência do aumento do diâmetro de caule foi linear ao longo do período experimental para os porta-enxertos avaliados, com maiores valores aos 300 DAT (Figura 2.b). Segundo Diniz *et al.* (2010), o diâmetro do caule é o parâmetro mais importante na avaliação dos porta-enxertos de seringueira, pois estabelece o momento adequado para realização da enxertia. Aos 300 DAT, o porta-enxerto IAN873 apresentou o diâmetro de caule de 10,29 mm (Figura 2.b), estando apto a enxertia, pois, segundo os padrões estabelecidos de produção e comercialização de mudas de seringueira no Brasil, para plantas de 6 a 8 meses de idade, o diâmetro do porta-enxerto recomendado para enxertia-verde deve ser superior ou igual a 10 mm a 10 cm de altura do substrato (BRASIL, 2009). Com relação aos porta-enxertos GT1 e PB235 houve atraso no desenvolvimento do diâmetro dos mesmos, atingindo aos 10 meses (300 DAT), os valores médios de 9,36 e 9,73 mm respectivamente (Figura 2.b).

**Figura 2.** Altura de planta (a), diâmetro de caule (b) e massa seca total (c) de porta-enxertos de seringueira em função de épocas de cultivo. Ilha Solteira- SP.



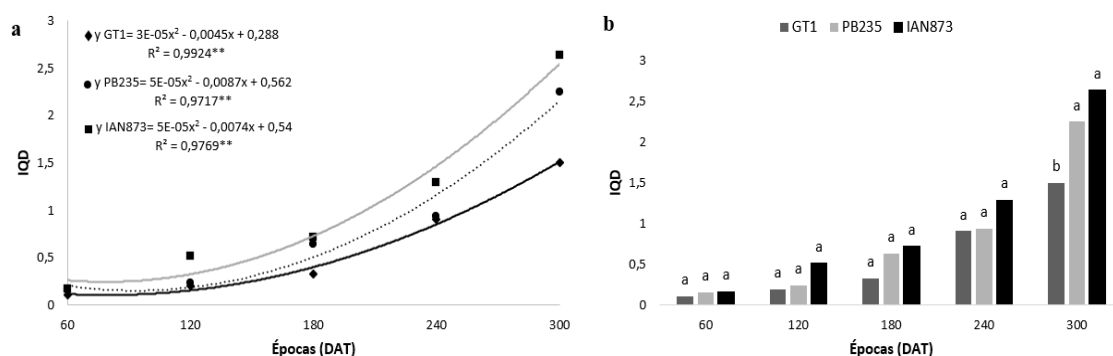
\*Regressão significativa ( $p > 0,05$ ) e \*\* ( $p > 0,01$ ).

Fonte: Elaboração da própria autora.

A produção de MST ajustou-se ao modelo quadrático (Figura 2.c). Em termos de MST, o IAN873 apresentou as maiores médias, não diferindo do PB235, concordando com os resultados de incremento em altura (Tabela 1). Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Martins *et al.* (2018), que avaliando o desenvolvimento de porta-enxertos de seringueira produzidos a partir de sementes clonais, concluíram que IAN873 e PB235 acumularam maior massa seca da parte aérea.

Para o IQD houve interação significativa entre os fatores clones x épocas (Tabela 1). O IQD é uma ferramenta que permite classificar mudas quanto à qualidade a partir das relações de parâmetros morfológicos, em que, quanto maior o índice, melhor qualidade terá a muda avaliada (GOMES *et al.*, 2002). As médias relacionadas ao IQD ajustaram-se ao modelo quadrático de regressão (Figura 3.a), alcançando as 300 DAT maiores valores para os clones PB235 e IAN873 (Figura 3.b), levando os mesmos a serem considerados porta-enxertos de alta qualidade, aptos a serem utilizadas para futura composição de seringais.

**Figura 3.** Desdobramento da interação de porta-enxertos clonais x épocas de cultivo, referentes ao IQD. Ilha Solteira- SP.



\*\*Regressão significativa ( $p > 0,01$ ).

Fonte: Elaboração da própria autora.

Houve interação significativa para os fatores (C\*E) nas médias de taxa fotossintética líquida ( $A$ -  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), transpiração ( $E$ -  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), condutância estomática ( $g_s$ -  $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) e a concentração interna de  $\text{CO}_2$  na câmara subestomática ( $C_i$ -  $\mu\text{mol mol}^{-1}$ ) (Tabela 2).

**Tabela 2.** Médias de fotossíntese líquida (A-  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), condutância estomática (gs-  $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), transpiração (E-  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), concentração interna de  $\text{CO}_2$  (Ci-  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol ar}^{-1}$ ) e índice SPAD de porta-enxertos clonais de seringueira em função da época de cultivo. Ilha Solteira- SP.

| Tratamentos   | A     | E     | gs   | Ci     | SPAD     |
|---------------|-------|-------|------|--------|----------|
|               |       |       | p>F  |        |          |
| Clones (C)    | 0,01  | 0,01  | 0,01 | 0,01   | 0,01     |
| Épocas (E)    | 0,01  | 0,01  | 0,01 | 0,01   | 0,01     |
| (C*E)         | 0,01  | 0,01  | 0,01 | 0,02   | 0,69     |
| <b>Clones</b> |       |       |      |        |          |
| GT1           | 16,26 | 2,82  | 1,12 | 223,90 | 53,68 b  |
| PB235         | 13,89 | 2,65  | 1,11 | 244,50 | 55,55 ab |
| IAN873        | 10,14 | 2,27  | 1,06 | 251,80 | 57,90 a  |
| CV (%)        | 16,58 | 13,96 | 4,27 | 10,62  | 6,07     |
| DMS           | 1,71  | 0,27  | 0,03 | 19,59  | 3,05     |

Dados (gs) transformados por  $(x + 1)^{1/2}$ . Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Fonte: Elaboração da própria autora.

Ao analisar o desdobramento da interação para fotossíntese líquida (A), foi constatado diferença de resposta entre os clones ao longo dos dias de cultivo. O clone GT1 superou a eficiência fotossintética do IAN873, durante o período de 60 a 240 DAT (Tabela 3). Miguel *et al.* (2007), trabalhando com plantas do clone GT1, PB235 e RRIM600 pertencentes a um jardim clonal, relataram que dentre os clones estudados, RRIM600 e GT1 estão entre os que apresentaram os maiores valores de fotossíntese líquida, assim como no presente estudo.

**Tabela 3.** Desdobramento da interação de porta-enxertos clonais x épocas de cultivo, referentes a fotossíntese líquida (A-  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), condutância estomática (gs-  $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), transpiração (E-  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), concentração interna de  $\text{CO}_2$  (Ci-  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol ar}^{-1}$ ). Ilha Solteira- SP.

| Fatores        |           | A        |          |
|----------------|-----------|----------|----------|
| Épocas (DAT)   | GT1       | PB235    | IAN873   |
| 60             | 13,01 a   | 12,10 a  | 7,13 b   |
| 120            | 21,10 a   | 17,17 b  | 9,20 c   |
| 180            | 19,95 a   | 17,39 a  | 10,06 b  |
| 240            | 17,00 a   | 10,01 b  | 10,88 b  |
| 300            | 10,22 a   | 12,79 a  | 13,46 a  |
| p>F (L)        | 0,01      | 0,10     | 0,01     |
| p>F (Q)        | 0,01      | 0,01     | 0,81     |
| r <sup>2</sup> | 11,09     | 7,87     | 95,08    |
| R <sup>2</sup> | 95,06     | 32,75    | 95,91    |
| Épocas (DAT)   |           | E        |          |
| 60             | 2,50 a    | 2,46 ab  | 1,87 b   |
| 120            | 3,23 a    | 2,79 ab  | 2,23 b   |
| 180            | 2,91 b    | 3,58 a   | 2,24 c   |
| 240            | 2,70 a    | 1,45 b   | 2,38 a   |
| 300            | 2,79 a    | 3,00 a   | 2,61 a   |
| p>F (L)        | 0,94      | 0,65     | 0,01     |
| p>F (Q)        | 0,08      | 0,48     | 0,85     |
| r <sup>2</sup> | 0,06      | 0,26     | 91,25    |
| R <sup>2</sup> | 33,87     | 0,92     | 91,64    |
| Épocas (DAT)   |           | gs       |          |
| 60             | 1,08 a    | 1,08 a   | 1,04 a   |
| 120            | 1,16 a    | 1,21 a   | 1,06 b   |
| 180            | 1,11 a    | 1,13 a   | 1,06 a   |
| 240            | 1,14 a    | 1,03 b   | 1,07 ab  |
| 300            | 1,09 a    | 1,11 a   | 1,09 a   |
| p>F (L)        | 0,89      | 0,12     | 0,24     |
| p>F (Q)        | 0,05      | 0,15     | 0,87     |
| r <sup>2</sup> | 0,21      | 7,01     | 84,37    |
| R <sup>2</sup> | 45,85     | 13,08    | 86,01    |
| Épocas (DAT)   |           | Ci       |          |
| 60             | 236,50 a  | 274,25 a | 277,75 a |
| 120            | 204,25 a  | 221,00 a | 230,75 a |
| 180            | 189,75 b  | 255,00 a | 236,75 a |
| 240            | 245,50 ab | 209,00 b | 264,75 a |
| 300            | 243,50 a  | 263,25 a | 249,00 a |
| p>F (L)        | 0,17      | 0,40     | 0,56     |
| p>F (Q)        | 0,01      | 0,01     | 0,08     |
| r <sup>2</sup> | 11,92     | 3,66     | 3,64     |
| R <sup>2</sup> | 59,58     | 44,86    | 37,22    |

Dados (gs) transformados por  $(x + 1)^{1/2}$ . Médias seguidas de letras iguais na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

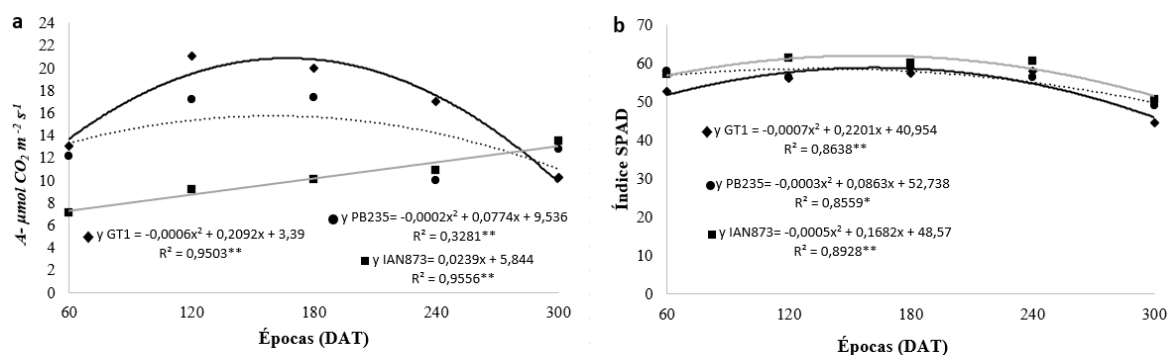
DAT: dias após transplântio.

Fonte: Elaboração da própria autora.

O modelo de regressão que melhor se ajustou as médias de fotossíntese (A) foi a quadrática para GT1 e PB235 atingindo seu ponto máximo aos 174 DAT

(21,62  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) e 193 DAT (17,02  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) respectivamente (Figura 4.a). Porém, para IAN873 ocorreu ajuste linear crescente, exibindo aos 300 DAT o valor de 13,46  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (Figura 4.a). Os resultados das taxas fotossintéticas deste estudo foram superiores aos verificados por Conforto *et al.* (2005) nos clones PB235 variando de 2,19 e 3,46  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  e GT1 de 2,31 a 3,93  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Todavia, Nataraja e Jacob (1999) constataram em estudo com doze clones de seringueira a fotossíntese em torno de 11 a 15  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Gaona *et al.* (2018) analisando plantas jovens de seringueira dos clones cdc 56, cdc 312, fdr 5788, fdr 4575, fx 4098, fx 3864 e gu 198 em duas regiões da Colômbia, relataram valores máximos de fotossíntese em San Roque de 10,97  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , e em Caucasia de 7,84  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ .

**Figura 4.** Fotossíntese líquida (a) e índice SPAD (b) de porta-enxertos de seringueira em função de épocas de cultivo. Ilha Solteira- SP.



\*Regressão significativa ( $p > 0,05$ ) e \*\* ( $p > 0,01$ ).

Fonte: Elaboração da própria autora.

Embora, o porta-enxerto IAN873 tenha se destacado nas avaliações biométricas, sendo considerado um material de crescimento rápido, as taxas de fotossíntese em condições naturais de luminosidade, concentração de  $\text{CO}_2$  e umidade do ar foram relativamente baixas, se comparadas com os valores aferidos para os demais clones estudados (Figura 4.a). Isto demonstra que a taxa de crescimento de uma espécie não pode ser determinada apenas pela capacidade de assimilação de carbono, mas por uma série de outros fatores como a taxa de respiração, a eficiência na translocação de assimilados e a superfície foliar da planta, que interagem de forma complexa, e cujo resultado final é o acúmulo de biomassa (MARENCO; LOPES, 2005).

O IAN873 exibiu menor transpiração foliar (E) ao longo dos 60 aos 180 DAT (Tabela 3). Visto que, no decorrer do período experimental os dados de transpiração dos porta-enxertos de seringueira ficaram abaixo dos encontrados por Cascardo *et al.* (1993), onde verificaram que plantas de 8 meses, em plena turgescência, atingiram valores máximos de  $3,6 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , todavia, Gomes e Kozlowski (1988) avaliando plantas de 11 meses, constataram valores máximos de  $5,27 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Gaona *et al.* (2018) estudando o intercâmbio gasoso de plantas jovens de seringueira em duas localidades na Colômbia, aferiram valores de transpiração máxima de  $3,55 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  em San Roque, e de  $5,16 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  em Caucasia.

Quanto à condutância estomática (gs), foram encontradas diferenças entre os clones aos 120 e 240 DAT. Aos 120 DAT, o IAN873 obteve a menor gs ( $1,06 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), contudo, aos 240 DAT os resultados indicaram uma diminuição na gs de PB235 ( $1,14 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), igualando-se estatisticamente ao IAN873 ( $1,07 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) (Tabela 3). Os valores encontrados entre os clones durante o período experimental foram superiores aos descritos por Coutinho e Conforto (2001) em pés-francos de 10 meses de idade (em média,  $0,070 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), na cidade de São José do Rio Preto- SP.

Para a concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $\text{Ci}$ ) constatou-se diferença significativa entre os porta-enxertos aos 180 e 240 DAT. O GT1 apresentou baixa concentração de  $\text{CO}_2$ , aos 180 DAT ( $189,75 \text{ } \mu\text{mol mol}^{-1}$ ), diferentemente do ocorrido aos 240 DAT, onde PB235 exibiu menor  $\text{Ci}$  ( $209 \text{ } \mu\text{mol mol}^{-1}$ ) comparado a IAN873 ( $264,75 \text{ } \mu\text{mol mol}^{-1}$ ) (Tabela 3). Ao contrário do presente estudo, Conforto *et al.* (2005) demonstraram não haver diferença significativa na concentração interna de  $\text{CO}_2$  nos períodos de clima seco e úmidos para os clones GT1 ( $100,35$  e  $105,33 \text{ } \mu\text{mol mol}^{-1}$ ) e PB235 ( $92,92$  e  $120,80 \text{ } \mu\text{mol mol}^{-1}$ ), no município de Votuporanga- SP.

Essa diferença de comportamento fisiológico entre os clones averiguada na pesquisa, pode ocorrer devido as mudanças sazonais de condições ambientais, que ocasionam alterações no aparato fotossintético e, ou, no fluxo de gases, sendo que as respostas a estes fatores podem ser diferenciadas entre e dentro das espécies, como também entre clones de uma mesma espécie (GUNASEKERA *et al.*, 2013).

O índice SPAD é fortemente relacionado a estimativa do teor de clorofila, através da aferição da intensidade de coloração verde foliar, como já demonstrado por alguns pesquisadores em várias espécies de plantas, como citrus (JIFON *et al.*, 2005) e café (TORRES NETTO *et al.*, 2005). Sendo assim, nota-se que o clone IAN873 apresentou maior índice SPAD, em relação ao clone GT1, sugerindo uma maior concentração de clorofila foliar (Tabela 2). Os dados resultantes das leituras do índice SPAD durante o experimento, ajustaram-se ao modelo quadrático (Figura 4.b) e os valores estão acima dos recomendados por Torres Netto *et al.* (2005), que analisando folhas de cafeeiro, concluíram que as leituras SPAD inferiores a 40 indicam o início da deficiência de clorofila, o que afeta o processo fotossintético.

### 3.4 CONCLUSÕES

1. Os porta-enxertos apresentaram variação significativa nos parâmetros fisiológicos e de crescimento ao longo do período experimental;
2. O IAN873 destacou-se no incremento de diâmetro de caule e índice de qualidade de Dickson;
3. A taxa fotossintética de IAN873 foi baixa no início das avaliações (60 DAT), entretanto, elevou-se linearmente, igualando-se aos demais clones ao final dos 300 DAT.
4. O IAN873 apresentou maior teor relativo de clorofila em relação ao GT1, conforme apontou a leitura do índice SPAD.
5. Durante o período de cultivo em questão, sob condições de viveiro suspenso, o genótipo IAN873 demonstrou maior aptidão para uso como porta-enxerto.

### REFERÊNCIAS

- BICALHO, K. C.; DE OLIVEIRA, L. E. M.; DOS SANTOS, J. B.; ALESSANDRO CARLOS MESQUITA, A. C.; MENDONÇA, E. G. Similaridade genética entre clones de seringueira (*Hevea brasiliensis*), por meio de marcadores RAPD. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1510-1515, 2008.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 29, de 5 de agosto de 2009. Aprova as normas para a produção de sementes e de mudas de seringueira (*Hevea spp.*). **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 6 ago. 2009. Seção 1, p. 5.

CASCARDO, J. C. M.; OLIVEIRA, L. E. M.; SOARES, A. M. Disponibilidade de água e doses de gesso agrícola nas relações hídricas de seringueira. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasília, DF, n. 5, p. 31-34, 1993.

CONFORTO, E. C.; CAVALCANTE, J. R.; PESSOA, J. D. C.; MORENO, R. M. B.; MATTOSO, L. H. C. Variação sazonal das trocas gasosas, turgescência relativa do tronco e produtividade em dois cultivares de seringueira em Votuporanga, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Porto Alegre, v. 19, n. 4, p. 733-740, 2005.

COUTINHO, A. C. F.; CONFORTO, E. C. Desenvolvimento vegetativo, estrutura do limbo foliolar e trocas gasosas em plântulas de cinco cultivares de seringueira (*Hevea brasiliensis*, Müell. Arg.). **Naturalia**, São Paulo, v. 26, p.159-174, 2001.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, Mattawa, v. 36, p. 10-13, 1960.

DINIZ, P. F. A.; OLIVEIRA, L. E. M.; GOMES, M. P.; CASTRO, E. M.; MESQUITA, A. C.; BONOME, L.T. S.; DA SILVA, L. Crescimento, parâmetros biofísicos e aspectos anatômicos de plantas jovens de seringueira inoculadas com fungo micorrízico arbuscular *Glomus clarum*. **Acta Botânica Brasilica**, Belo Horizonte, v. 24, n. 1, p. 65-72, 2010.

FERREIRA, D. F. **SISVAR - Sistema de análise de variância**. Versão 5.1. Lavras: UFLA, 2010.

GAONA, O. C.; GARCÍA, D. A. M.; ARREDONDO, J. D. H.; HINCAPIÉ, J. J. G.; RESTREPO, J. P. G.; BUSTAMANTE, E. M.; MUÑOZ, C. A. U. Gas exchange in young *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss.) Müll. Arg. (Euphorbiaceae) plants in Antioquia (Colombia). **Ciencia y Tecnología Agropecuaria**, Mosquera (Colombia), v. 19, n. 1, p. 91-102, 2018.

GOMES, A. R. S.; KOZLOWSKI, K. K. Stomatal characteristics, leaf waxes and transpiration taxes of *Theobroma cacao* and *Hevea brasiliensis* seedling. **Annals of Botany**, London, v. 64, p. 425-432, 1988.

GOMES, J.M.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; GARCIA, S. L. R. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 6, p. 655-664, 2002.

GONÇALVES, P. S.; CARDOSO, M.; MENTE, E.M.; MARTINS, A. L. M.; GOTTARDI, M. V. C.; ORTOLANI, A. A. Desempenho preliminar de clones de seringueira na região de São José do Rio Preto, planalto do Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 52, n. 2, p. 119-130, 1994.

GUNASEKERA, H. K. L. K.; DE COSTA, W. A. J. M.; NUGAWELA, A. Canopy Photosynthetic Capacity and Light Response Parameters of Rubber *Hevea brasiliensis* with Reference to Exploitation. **Current Agriculture Research Journal**, Madhya Pradesh, v. 1, n. 1, p. 1-12, 2013.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS – IAC. **A importância da borracha natural**. 2011. Campinas: IAC. Disponível: [www.iac.sp.gov.br/areasdepesquisa/seringueira/](http://www.iac.sp.gov.br/areasdepesquisa/seringueira/). Acesso em: 13 abr. 2017.

JIFON, J. L.; SYVERTSEN, J. P.; WHALEY, E. Growth environment and leaf anatomy affect nondestructive estimates of chlorophyll and nitrogen in Citrus sp. leaves. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 130, n. 2, p. 152-158, 2005.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal**: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. Viçosa: Ed. da UFV, 2005. 451 p.

MARTINS, A. L. M.; RAMOS, N. P.; GONÇALVES, P. S.; DOVAL, K. S. Influência de porta-enxertos no crescimento de clones de seringueira no estado de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 35, n. 9, p. 1743-1750, 2000.

MARTINS, A. N.; SUGUINO, E.; EDUARDO GAZOLA, E.; GONÇALVES, P. DE S.; SCALOPPI JÚNIOR, E. J.; SILVA, J. Q.; SALES, B. T. L. S. Desenvolvimento de porta enxertos de seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) produzidos a partir de sementes clonais. In: SIMPÓSIO DE PROPAGAÇÃO DE PLANTAS E PRODUÇÃO DE MUDAS, 2, 2018, Águas de Lindóia. **Anais [...]**. Águas de Lindóia: [s.n.], 2018.

MIGUEL, A. A.; OLIVEIRA, L. E. M.; CAIRO, P. A. R.; OLIVEIRA, D. M. Photosynthetic behaviour during the leaf ontogeny of rubber tree clones [*Hevea brasiliensis* (Wild. ex. Adr. de Juss.) Muell. Arg.], in Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n. 1, p. 91-97, 2006.

NATARAJA, K.N., JACOB J. Clonal differences in photosynthesis in *Hevea brasiliensis* Müll. Arg. **Photosynthetica**, Prague, n. 36, p. 89-98, 1999.

PEREIRA, A. V.; ZAMUNÉR FILHO, A. N.; SILVA, R. S.; ANTONINI, J. C. A.; VOCURCA, H.; PEREIRA, E. B. C. Produção de mudas de seringueira em viveiro suspenso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HEVEICULTURA, 2007, Guarapari. **Palestra [...]** Guarapari: Incaper, 2007. CD-ROM.

SÃO PAULO (Estado). **Resolução SAA - 23**, de 26 de junho de 2015. Estabelece exigências para cadastramento de viveiros, jardins clonais, plantas matrizes produtoras de sementes e normas técnicas de defesa sanitária vegetal, para a produção, comércio e o transporte de mudas, borbulhas e sementes de seringueira (*Hevea* spp) no estado de São Paulo. Disponível em: <https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/legislacoes/resolucao-saa-23-de-26-06-2015,1035.html>. Acesso em: 05 out. 2018.

TORRES NETTO, A.; CAMPOSTRINI, E.; OLIVEIRA, J. G.; BRESSAN-SMITH, R. E. Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll a fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 104, n. 2, p. 199-209, 2005.

ZAMUNÉR FILHO, A. N.; VENTURIN, N.; PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; MACEDO, R. L. G. Dose of controlled-release fertilizer for production of rubber tree rootstocks. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 2, p. 239-245, 2012.

#### **CAPÍTULO 4: MARCHA DE ABSORÇÃO DE NUTRIENTES EM PORTA-ENXERTOS DE SERINGUEIRA**

**RESUMO:** O acompanhamento do crescimento da planta, assim como a marcha de absorção de nutrientes são importantes parâmetros para detectar e solucionar problemas nutricionais. Nesse sentido, objetivou-se avaliar a marcha de absorção de nutrientes em mudas de porta-enxertos de seringueira. O experimento foi desenvolvido em viveiro a céu aberto instalado na Faculdade de Engenharia - UNESP, Campus de Ilha Solteira- SP, durante o período de março/2018 a janeiro/2019. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial de 3 x 5, sendo três porta-enxertos GT1, PB235 e IAN873 e cinco épocas de coleta de dados 60, 120, 180, 240 e 300 dias após transplântio (DAT), com três repetições de 10 mudas por parcela. Os porta-enxertos diferiram no acúmulo de macro e micronutrientes ao longo do tempo de cultivo. O IAN873 destacou-se no acúmulo de N, Mg e S foliar, todavia, para os micronutrientes, diferiu de GT1 para a quantidade de Mn nas folhas, Zn no caule e Fe na raiz. A demanda por N, P, Mg e S foliar acompanha linearmente o crescimento das mudas. Em geral, o Cu foi o nutriente com menor absorção pelos genótipos. Os porta-enxertos IAN873 e PB235 demonstraram ser mais exigentes e responsivos a adubação de cobertura. O acúmulo de macronutrientes em plantas de seringueira obedeceu a seguinte ordem: para GT1 e IAN873 (N>K>Ca>S>Mg>P) e para PB235 (N>K>Ca>S>P>Mg). Os micronutrientes apresentaram a ordem de extração de: Fe> Mn> Zn> Cu.

**Palavras-Chave:** *Hevea brasiliensis* (Willd. Ex Adr. de Juss.) Muell.-Arg., nutrição mineral, acúmulo de nutrientes, extração de nutrientes, produção de mudas.

#### 4.1 Introdução

A seringueira é uma cultura de grande relevância comercial pela sua elevada capacidade de produção de borracha natural sendo cultivada em diversas regiões do Brasil. De acordo com IBGE (2019), considerando os dados de 2017, aproximadamente 66% da produção nacional de látex é proveniente de seringais paulistas, seguidos por Bahia com uma participação de 7,5% e Goiás com 6,5%.

A heveicultura é uma atividade agrícola que requer alto investimento inicial, portanto a estratégia de implantação do seringal deve ser bem planejada, sendo uma das medidas para seu sucesso a utilização de mudas de qualidade (GONÇALVES; BACCHIEGA, 2010).

O sistema convencional de produção de mudas de seringueira cultivadas em solo vem sendo substituído por muitos viveiristas pelo sistema de cultivo em bancadas suspensas com uso de substrato de boa porosidade, sem mistura com solo, isento de nematoides, fungos e outros patógenos nocivos à seringueira. Esse novo sistema de produção garante melhor qualidade fitossanitária e genética de mudas, o que se estenderá em qualidade e uniformidade ao seringal que possuirá plantas de maior vigor, levando a menores custos no manejo de pragas e doenças (OLIVEIRA *et al.*, 2019).

Um problema recorrente no sistema de cultivo de mudas em bancada suspensa é o aparecimento de folhas com sintomas de deficiência nutricional, em detrimento à elevada lixiviação dos nutrientes do substrato (BIRRENKOTT *et al.*, 2005; GODOY; COLE, 2000). Na seringueira, a adubação adequada no processo de formação de mudas é capaz de antecipar a época de enxertia, atingindo o máximo de uniformidade, precocidade, qualidade do sistema radicular e aumentar as taxas de aproveitamento dos porta-enxertos (BATAGLIA; SANTOS, 1998; OLIVEIRA, 2006).

A marcha de absorção descreve a dinâmica de acúmulo de nutrientes na massa seca ao longo do ciclo da cultura, permitindo conhecer a quantidade de cada nutriente a ser aplicado. Todavia, é necessário também considerar a eficiência de aproveitamento dos nutrientes pelas plantas em diferentes condições climáticas, ambiente de cultivo, manejo de água, entre outros fatores (PRADO; NASCIMENTO, 2003). Através dos dados gerados pelo acompanhamento da marcha de absorção é possível estabelecer estratégias de

manejo nutricional, conhecendo o momento adequado para o fornecimento dos nutrientes.

Trabalhos relacionados à marcha de absorção nutricional de seringueira ainda são escassos, sendo os autores Haag *et al.* (1982); Guerrini (1982); Haag e Guerrini (1984); e Viégas *et al.* (1992) pioneiros no estudo dessa temática no Brasil. Há, porém, a necessidade de incrementar estudos de nutrição mineral em mudas de porta-enxerto de seringueira produzidas em bancada suspensa com o uso de substrato. Diante do exposto, objetivou-se avaliar a marcha de absorção de nutrientes em mudas de porta-enxertos de seringueira GT1, PB235 e IAN873.

#### **4.2. Material e métodos**

O experimento foi desenvolvido em viveiro a céu aberto instalado na Faculdade de Engenharia - UNESP, campus de Ilha Solteira-SP, localizada a 20°43'09" de latitude sul e 51°33'79" de longitude oeste, com altitude em torno de 335 metros.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial 3 x 5, sendo três porta-enxertos GT1, PB235 e IAN873 e cinco épocas de coleta de dados 60, 120, 180, 240, 300 dias após transplântio (DAT), com três repetições de 10 mudas por parcela.

As sementes provenientes de polinização aberta dos clones GT1, PB235 e IAN873 foram obtidas de plantio multiclonais pertencente ao Instituto Agrônômico (IAC), localizado no município de Votuporanga-SP, coletadas em março/2018. Após a coleta, as sementes foram armazenadas em sacos plásticos de polietileno com pequenos furos, para evitar a perda de seu poder germinativo durante o transporte.

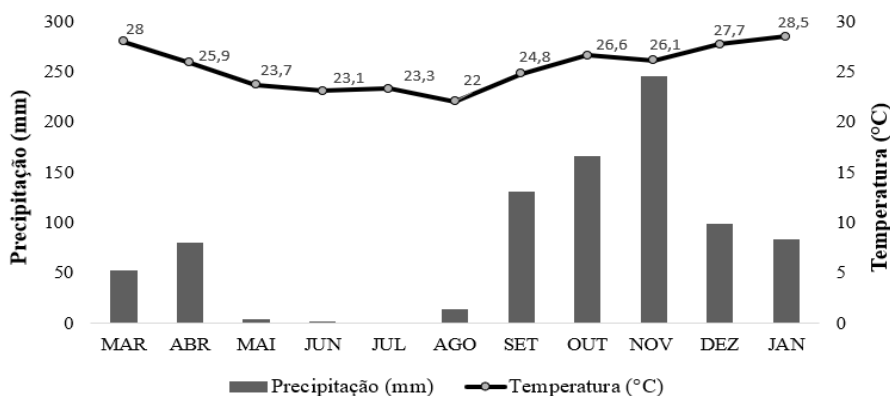
A semeadura foi em jardineiras plásticas contendo como substrato 5 litros de areia grossa, recobertas com 1 cm de pó de serra, sobre bancada suspensa em casa de vegetação do tipo Pad & Fan, com duas irrigações diárias por aspersão controladas automaticamente, e temperatura máxima de 30°C. A emergência ocorreu do 7° ao 10° dia após a semeadura e, quando as plântulas atingiram o estágio de "palito", por volta do 14° dia, foram transplantadas para sacos plásticos de polietileno com dimensões de 17x30 cm e com volume de 2,75 litros, previamente preenchidos com substrato comercial composto por turfa, vermiculita, carvão vegetal e casca de pinus. Estes foram adubados com

6 g L<sup>-1</sup> de substrato, do adubo de liberação lenta Forth Cote® 15-09-12 com liberação prevista para 5 meses, em formulação contendo N (15%), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (9%), K<sub>2</sub>O (12%), Mg (1,3%), S (6%), Cu (0,05%), Fe (0,46%), Mn (0,06%) e Mo (0,02%), como recomendado por Zamunér Filho *et al.* (2012).

Após o transplântio, as mudas permaneceram em casa de vegetação por 30 dias, a fim de garantir condições favoráveis para o seu desenvolvimento inicial. Em abril/2018 as mudas de porta-enxerto foram transferidas para viveiro a pleno sol em bancada suspensa. A adubação de cobertura foi realizada em agosto/2018 e dezembro/2018, utilizando-se 2g por sacola do adubo de liberação lenta 15-09-12.

A irrigação foi fornecida com frequência diária no início da manhã e ao final da tarde. Os dados mensais de temperatura (°C) e precipitação (mm) ocorridos durante o período experimental foram obtidos pela Estação Meteorológica da Área de Hidráulica e Irrigação da UNESP-Campus de Ilha Solteira (FIGURA 1).

**Figura 1.** Médias mensais de temperatura (°C) e precipitação (mm), no período de março/2018 a janeiro/2019. Ilha Solteira-SP.



Fonte: Elaboração da própria autora.

Houve ocorrência de pragas e doenças, sendo necessário seu controle fitossanitário. Em relação às pragas, ocorreu incidência de mandarová (*Erinnyis ello* L.) e mosca-branca (*Bemisia tabaci*), controladas respectivamente com deltrametrina na dose 1 mL p.c L<sup>-1</sup> de água e tiametoxam na proporção de 3 g p.c L<sup>-1</sup> de água. A doença que afetou os porta-enxertos foi o mal-das-folhas (*Microcyclus ulei*), sendo seu controle realizado através da aplicação de tiofanato metílico na quantidade de 1 g p.c L<sup>-1</sup> de água.

Para a avaliação dos macros e micronutrientes foram coletadas as plantas inteiras e subdivididas em raízes, caule e folhas, lavadas em água destilada e secas em estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 65 °C, por um período de 72 horas. Depois de secas, as amostras foram pesadas em balança de precisão de 0,01 g, para determinação da massa seca das diferentes partes da planta (folhas, caule e raiz), em seguida o material foi moído em moinho tipo Willey, com facas e câmara de aço inoxidável e com peneiras de 0,5 ou 1,0 mm de diâmetro (20-40 *mesh*). O material vegetal seco e moído, foi submetido à digestão sulfúrica e à nitroperclórica. As amostras oriundas da digestão sulfúrica foram utilizadas para a análise do teor de N, enquanto que as amostras processadas pela digestão nitroperclórica foram usadas para as análises dos teores P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Zn e Cu, conforme a metodologia descrita por Malavolta *et al.* (1997).

A partir dos teores (TN) no tecido vegetal de macronutrientes (g kg<sup>-1</sup>), micronutrientes (mg Kg<sup>-1</sup>) e da massa da matéria seca (MS), foi calculado o acúmulo dos nutrientes nos diferentes componentes da biomassa de mudas de seringueira, ao longo do período experimental, pela fórmula:

$$\text{Acúmulo de macronutrientes} = \frac{\text{MS da parte (g)} \times \text{TN na parte (g kg}^{-1}\text{)}}{1000} = \text{g planta}^{-1}$$

$$^1 \times 1000 = \text{mg planta}^{-1}$$

$$\text{Acúmulo de micronutrientes} = \frac{\text{MS da parte (mg)} \times \text{TN na parte (mg kg}^{-1}\text{)}}{1000} = \mu\text{g planta}^{-1}$$

Os dados de cada variável foram submetidos à análise de variância através do teste F, e as médias dos porta-enxertos, quando significativas, foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para os resultados significativos das épocas de coleta de dados, foram aplicados modelos de regressão que melhor se ajustaram aos efeitos obtidos. O software estatístico utilizado foi o SISVAR 5.1 (FERREIRA, 2010).

### 4.3 Resultados e discussão

Na análise de variância verificou-se o efeito significativo para o acúmulo foliar de N, P, K, Mg e S nos porta-enxertos e para épocas de cultivo, entretanto, não foi constatado interação entre os fatores (C\*E). (Tabela 1).

**Tabela 1.** Acúmulo de macronutrientes (mg planta<sup>-1</sup>) nas folhas, caule e raiz de porta-enxertos de seringueira em função de épocas de cultivo (DAT). Ilha Solteira- SP.

| Fatores       | Folhas                             |          |          |          |          |          |
|---------------|------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
|               | N                                  | P        | K        | Ca       | Mg       | S        |
|               | -----p>F-----                      |          |          |          |          |          |
| Clones (C)    | 0,01                               | 0,02     | 0,02     | 0,07     | 0,01     | 0,01     |
| Épocas (E)    | 0,01                               | 0,01     | 0,01     | 0,01     | 0,01     | 0,01     |
| (C*E)         | 0,31                               | 0,69     | 0,58     | 0,34     | 0,45     | 0,48     |
| CV (%)        | 26,42                              | 17,00    | 33,96    | 18,76    | 30,63    | 36,64    |
| D.M.S         | 34,52                              | 4,51     | 14,93    | 15,97    | 4,24     | 5,42     |
| <b>Clones</b> | -----mg planta <sup>-1</sup> ----- |          |          |          |          |          |
| GT1           | 115,57 b                           | 10,09 b  | 42,50 b  | 36,23 a  | 13,04 b  | 14,44 b  |
| PB235         | 131,44 b                           | 12,13 ab | 44,74 ab | 40,12 a  | 13,75 b  | 13,48 b  |
| IAN873        | 186,72 a                           | 15,38 a  | 58,77 a  | 51,00 a  | 19,23 a  | 21,22 a  |
|               | -----p>F-----                      |          |          |          |          |          |
| Clones (C)    | 0,01                               | 0,02     | 0,01     | 0,03     | 0,01     | 0,01     |
| Épocas (E)    | 0,01                               | 0,01     | 0,01     | 0,01     | 0,01     | 0,01     |
| (C*E)         | 0,02                               | 0,05     | 0,01     | 0,16     | 0,01     | 0,01     |
| CV (%)        | 16,69                              | 19,97    | 18,25    | 19,66    | 16,02    | 34,75    |
| D.M.S         | 48,27                              | 10,74    | 40,57    | 33,44    | 8,05     | 7,04     |
| <b>Clones</b> | -----mg planta <sup>-1</sup> ----- |          |          |          |          |          |
| GT1           | 84,99 b                            | 15,03 b  | 56,73 b  | 48,36 b  | 14,49 b  | 14,27 b  |
| PB235         | 133,08 ab                          | 25,05 ab | 108,90 a | 70,50 ab | 20,59 ab | 26,08 a  |
| IAN873        | 156,00 a                           | 27,18 a  | 115,47 a | 86,28 a  | 27,89 a  | 26,91 a  |
|               | -----p>F-----                      |          |          |          |          |          |
| Clones (C)    | 0,01                               | 0,01     | 0,01     | 0,08     | 0,01     | 0,04     |
| Épocas (E)    | 0,01                               | 0,01     | 0,01     | 0,01     | 0,01     | 0,01     |
| (C*E)         | 0,11                               | 0,15     | 0,33     | 0,59     | 0,39     | 0,56     |
| CV (%)        | 33,42                              | 20,10    | 22,30    | 18,65    | 17,16    | 27,49    |
| D.M.S         | 20,76                              | 4,52     | 22,73    | 6,83     | 3,87     | 11,46    |
| <b>Clones</b> | -----mg planta <sup>-1</sup> ----- |          |          |          |          |          |
| GT1           | 50,63 b                            | 7,83 b   | 40,32 b  | 12,60 a  | 7,53 b   | 10,54 b  |
| PB235         | 70,08 ab                           | 10,50 ab | 52,10 ab | 17,58 a  | 8,93 ab  | 17,38 ab |
| IAN873        | 85,50 a                            | 14,24 a  | 72,28 a  | 18,63 a  | 12,79 a  | 22,72 a  |

Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DAT: dias após transplante. Fonte: Elaboração da própria autora.

O clone IAN873 apresentou maior acúmulo foliar de N, Mg e S, diferindo dos clones GT1 e PB235, no entanto, para o P e K não houve diferença significativa entre IAN873 e PB235 (Tabela 1). Os acúmulos de N (Figura 2 a), P (Figura 2 c), Mg (Figura 3 d) e S (Figura 3 f) nas folhas dos porta-enxertos em função das datas de coletas se adequaram ao ajuste linear, ou seja, com o

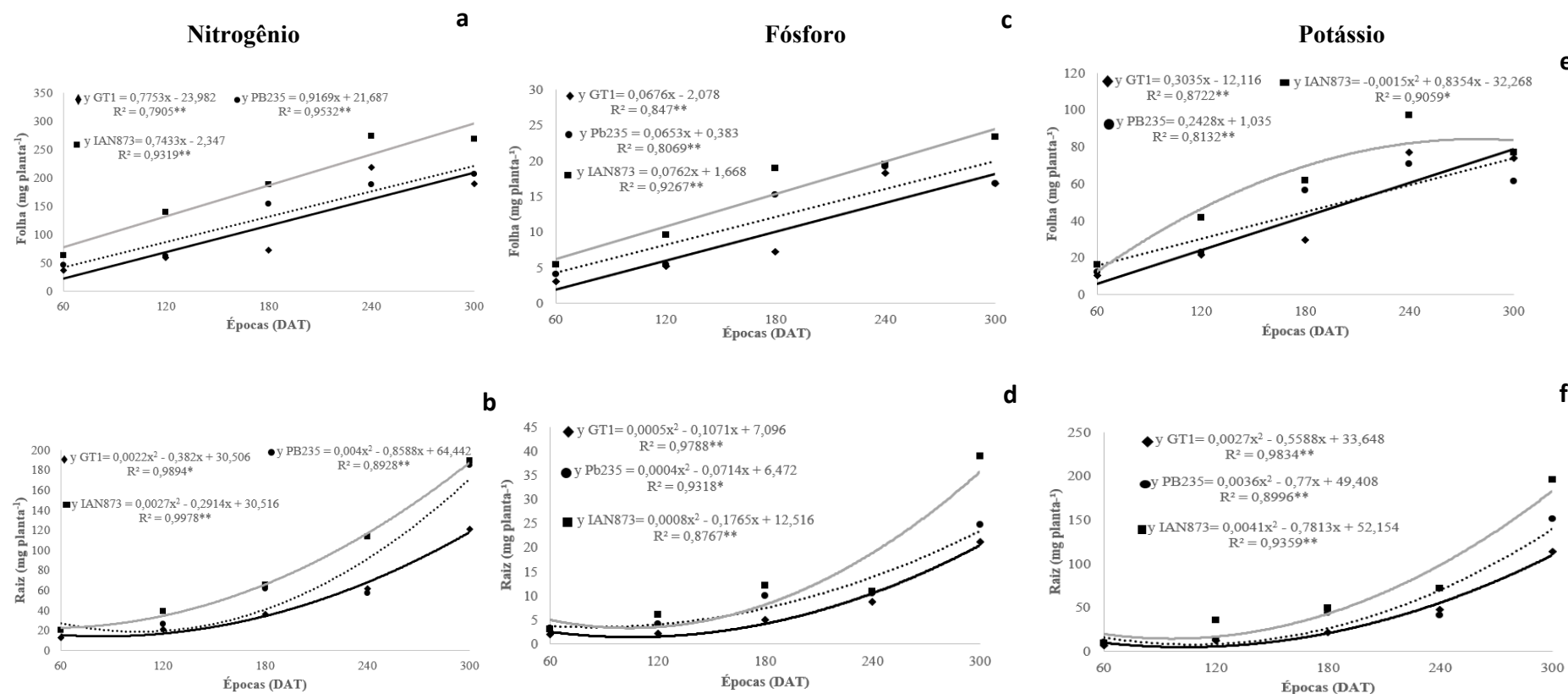
crescimento da planta houve maior acúmulo desses nutrientes (ou quanto maior o porta-enxerto, maiores foram os acúmulos desses nutrientes). Resultados contrários foram encontrados por Galvão *et al.* (2016), pois estudando o crescimento de porta-enxertos em um Latossolo Amarelo da Amazônia, constataram que as concentrações de N, P, Mg nas folhas de seringueira mostraram comportamento quadrático, crescendo até o sétimo mês e posteriormente, decrescendo até o décimo.

O acúmulo de N foliar variou de 37,38 a 189,90 mg planta<sup>-1</sup> para o GT1, 46,87 a 206,92 mg planta<sup>-1</sup> para o PB235 e 63,10 a 268,34 mg planta<sup>-1</sup> para IAN873, aos 60 e 300 DAT, respectivamente (Figura 3. a). Os resultados obtidos foram maiores aos 60 dias e inferiores aos 300 dias, dos observados por Oliveira (2006), em condições de campo, onde o acúmulo de N nas folhas de IAN873 foi de 34,76 a 1714,02 mg planta<sup>-1</sup>, dos 2 aos 10 meses de idade, respectivamente. Viégas *et al.* (1992), utilizando solução nutritiva para o cultivo de porta-enxertos de seringueira, relataram que a maior quantidade de nitrogênio ocorreu nas folhas aos 240 dias, totalizando 250 mg planta<sup>-1</sup> de N.

Aos 300 DAT, o acúmulo de fósforo na folha foi de 16,77; 16,80 e 23,35 mg planta<sup>-1</sup> nos clones GT1, PB235 e IAN873 respectivamente (Figura 2 c). Esta diferença na nutrição das plantas foi também relatada por Marschner (2012), que atribuiu aos parâmetros cinéticos de absorção de nutrientes a influência dos fatores genéticos, que por sua vez estão relacionados às características morfológicas e fisiológicas da planta.

Para os clones GT1 e PB235, o acúmulo de K foliar se ajustou ao modelo linear e no IAN873 o ajuste foi quadrático (Figura 2 e). No presente estudo o máximo acúmulo de K nas folhas foi aos 300 DAT para GT1 (73,82 mg planta<sup>-1</sup>) e PB235 (61,25 mg planta<sup>-1</sup>), porém para IAN873 (84,05 mg planta<sup>-1</sup>) foi aos 278 DAT (Figura 2 e). Resultados diferentes foram relatados por Viégas *et al.* (1992), estudando características nutricionais de porta-enxertos de seringueira, encontraram que houve um alto acúmulo de K a partir dos 120 dias de plantio.

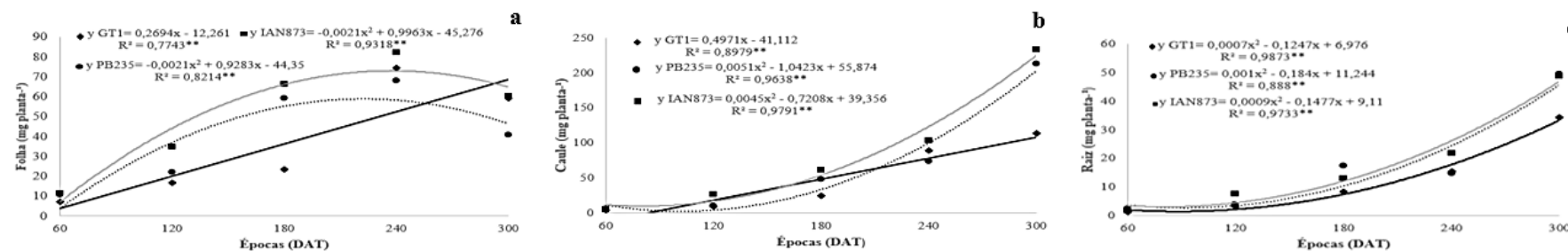
**Figura 2.** Acúmulo de N, P e K (mg planta<sup>-1</sup>) nas folhas, caule e raiz de porta-enxertos de seringueira em função de épocas de cultivo (DAT). Ilha Solteira-SP.



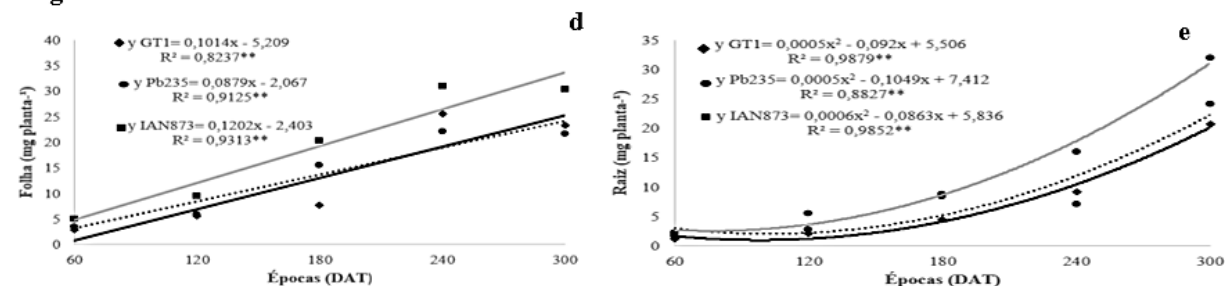
\*Regressão significativa ( $p > 0,05$ ) e \*\* ( $p > 0,01$ ). Fonte: Elaboração da própria autora.

**Figura 3.** Acúmulo de Ca, Mg e S (mg planta<sup>-1</sup>) nas folhas, caule e raiz de porta-enxertos de seringueira em função de épocas de cultivo (DAT). Ilha Solteira- SP.

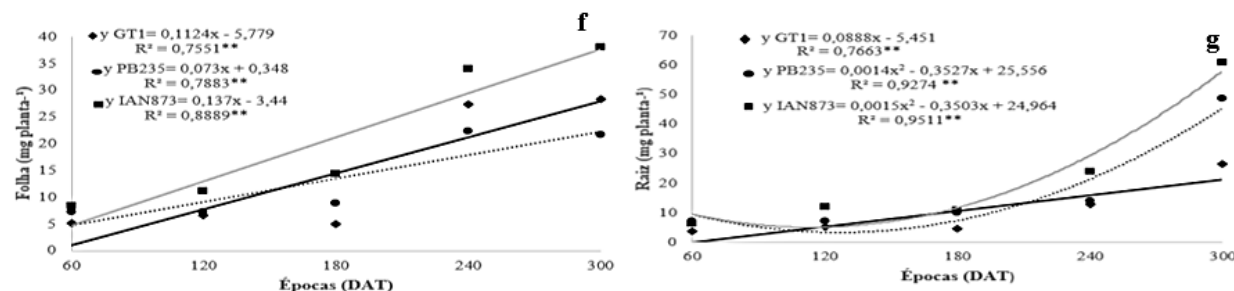
### Cálcio



### Magnésio



### Enxofre



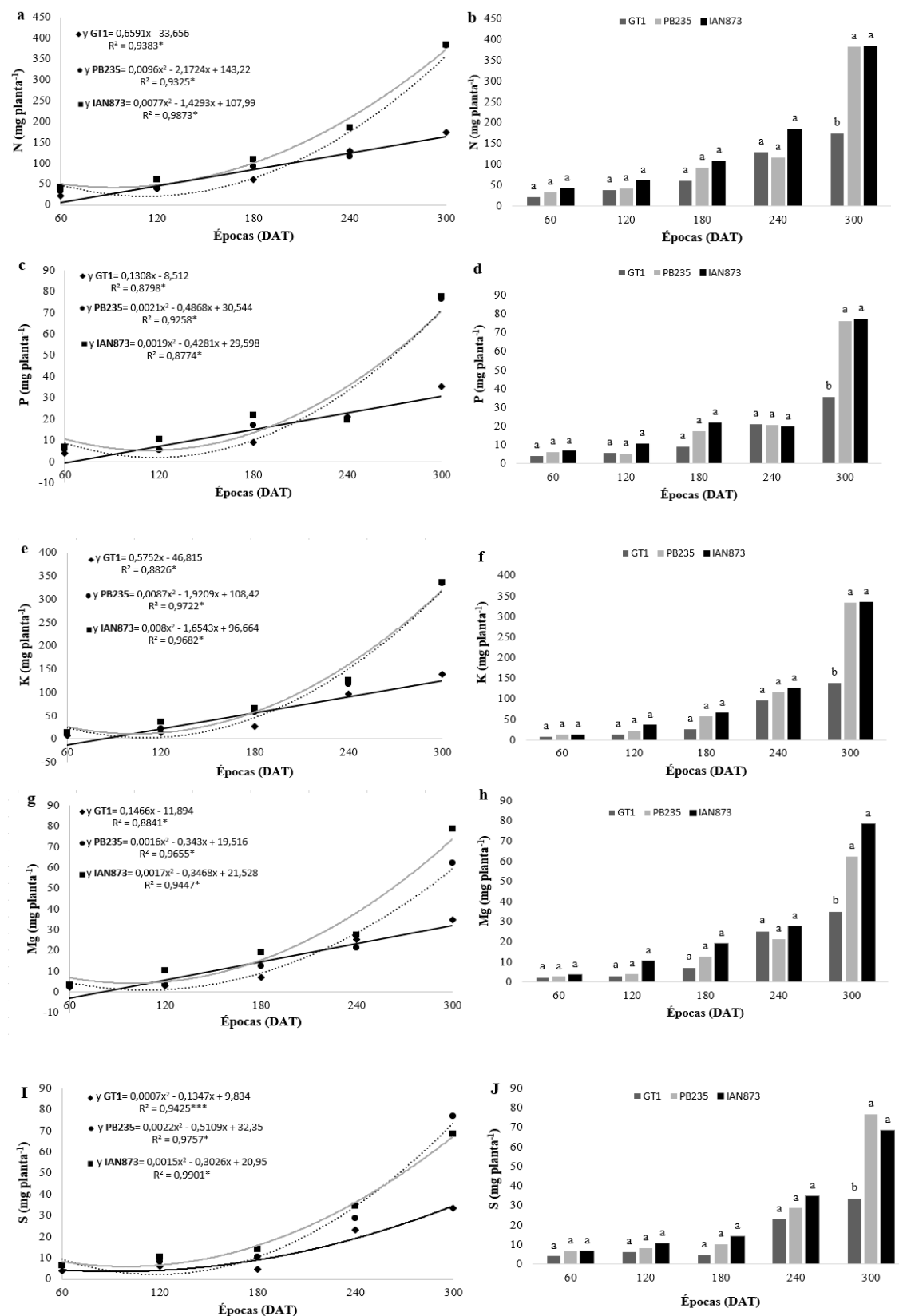
\*Regressão significativa ( $p > 0,05$ ) e \*\* ( $p > 0,01$ ). Fonte: Elaboração da própria autora.

Os clones não diferiram entre si na concentração de Ca foliar, entretanto, apresentaram resultados distintos em relação as épocas de cultivo após o transplântio (Tabela 1). Para os clones IAN873 e PB235 a concentração de Ca foliar se ajustou ao modelo quadrático, enquanto para GT1 adequou-se ao modelo linear. A maior concentração de Ca foliar para IAN873 (72,89 mg planta<sup>-1</sup>) aos 237 DAT e PB235 (58,23 mg planta<sup>-1</sup>) aos 221 DAT revelam que o acúmulo de Ca nesses materiais apresenta uma demanda maior nos seis primeiros meses de cultivo, quando comparado do oitavo ao décimo mês (Figura 3 a).

Houve interação significativa entre os fatores clones x épocas para o acúmulo dos macronutrientes N, P, K, Mg e S no caule (Tabela 1). De acordo com o desdobramento da interação (C\*E) foi possível constatar que o clone GT1 apresentou o menor acúmulo caulinar de N, P, K, Mg e S aos 300 DAT, diferindo dos demais clones em estudo (Figura 4). Para o porta-enxerto GT1, as quantidades de N, P, K e Mg alocadas no caule seguiram tendência linear crescente e o S que se ajustou a função quadrática. Todavia, para PB235 e IAN873 as médias adequaram-se ao modelo quadrático de regressão, apresentando aos 300 DAT o máximo acúmulo no caule de N, P, K, Mg e S (Figura 4).

Notou-se que o fornecimento da adubação de cobertura aos 150 DAT e 270 DAT modificou o ritmo de absorção dos nutrientes N, P, K e Mg no caule para os clones PB235 e IAN873, porém esta tendência não foi verificada para GT1 (Figura 4). Assim, pode-se dizer que a adubação de cobertura contribuiu para o acréscimo da quantidade desses elementos no caule em PB235 e IAN873, fator este importante, pois esses nutrientes estão ligados ao acréscimo da massa seca, conseqüentemente, gerando o aumento de diâmetro. Desta forma, constata-se que os clones PB235 e IAN873 possuem uma maior exigência em adubações contendo N, P, K, Mg em comparação ao GT1, que pode ser suprida por adubação de cobertura.

**Figura 4:** Desdobramento da interação de porta-enxertos clonais x épocas de cultivo, referentes ao acúmulo no caule (mg planta<sup>-1</sup>) de N (a; b), P (c; d), K (e; f), Mg (g; h) e S (i; j). Ilha Solteira- SP.



\*Regressão significativa ( $p > 0,05$ ) e \*\* ( $p > 0,01$ ). Fonte: Elaboração da própria autora.

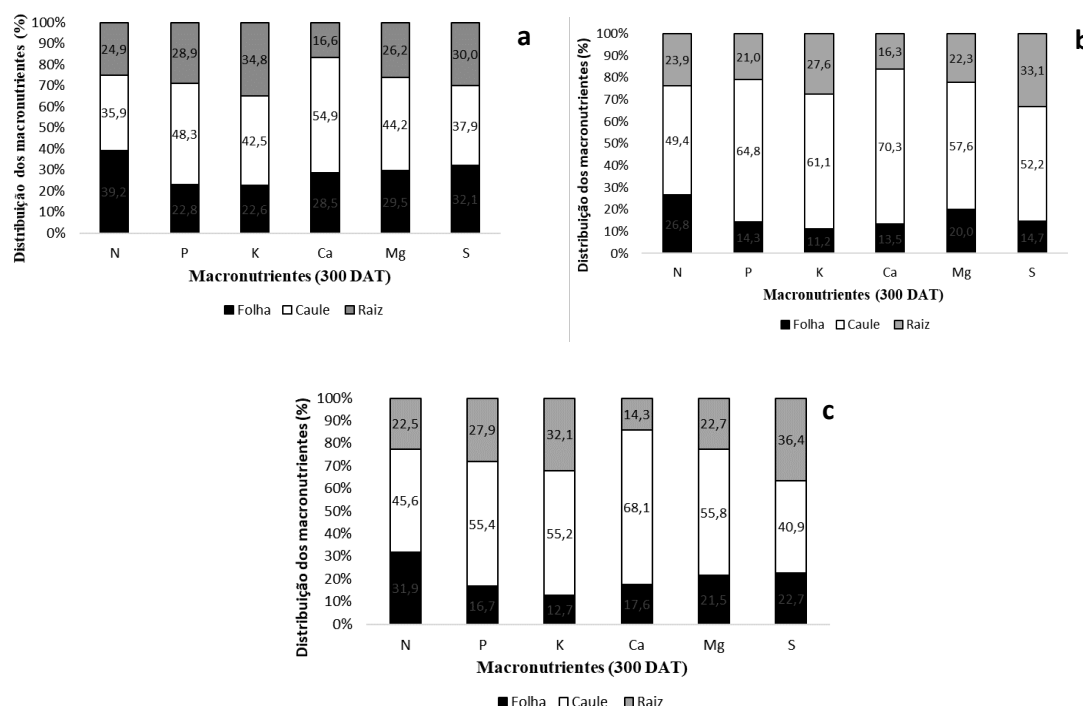
As concentrações caulinares de Ca variaram em relação ao clone e época de cultivo, no entanto, não foram influenciados de forma significativa pela interação destes fatores (Tabela 1). O porta-enxerto IAN873 exibiu maior incremento de Ca no caule, diferindo de GT1 (Tabela 1). Para as épocas de cultivo, a concentração caulinar de Ca se ajustou ao modelo linear para GT1 e ao quadrático para PB235 e IAN873 (Figura 3 b). Aos 300 DAT o acúmulo no caule de Ca foi de 113,84; 213,16 e 233,45 mg planta<sup>-1</sup> para GT1, PB235 e IAN873 respectivamente. Estes valores são superiores ao aferido por Viégas *et al.* (1992) nos primeiros 240 dias em casa de vegetação, onde o teor de Ca no caule foi de 30 mg planta<sup>-1</sup>. Por outro lado, Rezende (2009) constatou para porta-enxertos cítricos cultivados em ambiente protegido aos 300 dias o valor de 161,8 mg planta<sup>-1</sup> de Ca no caule.

Para os dados de acúmulo de macronutrientes na raiz houve diferença significativa dos fatores clones e épocas para N, P, K, Mg e S, porém, o Ca não apresentou significância para os porta-enxertos. O clone IAN873 obteve maior acúmulo de N, P, K, Mg e S nas raízes em relação ao clone GT1 (Tabela 1). Observou-se nos porta-enxertos o ajuste quadrático para a absorção radicular de N, P, K, Ca e Mg, com exceção do S, que o incremento seguiu o modelo linear para GT1 (Figura 2 e 3). Os valores acumulados nas raízes em mg planta<sup>-1</sup> aos 300 DAT foi para GT1: N=120,9; P= 21,23; K= 113,49; Ca= 34,37; Mg= 20,75; S= 26,48; para PB235: N=184,74; P=24,73; K=151; Ca= 49,42; Mg= 24,16; S= 48,68 e para IAN873 N= 189,16; P= 39; K= 195,42; Ca= 48,87; Mg= 31,99; S= 61,02 (Figura 2 e 3). Para mudas cítricas, o acúmulo radicular de nutrientes aos 300 dias foi superior ao constatado neste estudo, apresentando as quantidades de N= 512,3; P= 140,2; K= 393,4; Ca= 411,7; Mg= 137,2 e S= 64 em mg planta<sup>-1</sup> (REZENDE 2009).

A porcentagem de macronutrientes distribuídos nas folhas, caule e raiz dos porta-enxertos de seringueira aos 300 DAT encontra-se representada na Figura 5. Geralmente as concentrações foliares de macronutrientes são superiores as demais partes da planta. Segundo Marschner (1995), o N, P, K e Mg acumulam mais nas folhas em decorrência de atuarem isoladamente ou de forma conjunta na síntese de clorofila, abertura e fechamento dos estômatos e na síntese de ATP. As mudas dos porta-enxertos estudados não seguiram este parâmetro, verificando-se, para GT1 que os nutrientes P, K, Ca, Mg e S

obtiveram maior acúmulo no caule, com exceção do N, cujo conteúdo na folha foi superior aos demais órgãos da planta (Figura 5 a). No entanto, para os porta-enxertos PB235 (Figura 5 b) e IAN873 (Figura 5 c), todos os macronutrientes apresentaram maior concentração no caule. Segundo Pacheco *et al.* (2009), o caule além de ser um componente estrutural da planta, funciona também como um órgão de reserva, tal fato pode estar ligado a maior alocação dos macronutrientes nesse local.

**Figura 5.** Distribuição dos macronutrientes (%) entre folhas, caule e raiz de porta- enxertos de seringueiras GT1 (a), PB235 (b) e IAN873 (c) aos 300 DAT.



Fonte: Elaboração da própria autora.

Ao analisar a planta inteira (Folha + Caule + Raiz) é possível verificar que aos 300 DAT, o acúmulo de macronutrientes nas mudas de seringueira, obedeceram à seguinte sequência: para GT1 e IAN873 (N>K>Ca>S>Mg>P) e para PB235 (N>K>Ca>S>P>Mg). Viegas *et al.* (1992) verificaram aos 240 dias que o acúmulo de nutrientes na matéria seca de mudas de seringueira foi N>K>P>Ca>S>Mg, diferente do verificado no presente estudo. Nascimento *et al.* (2012) estudando a cultura da mamona, pertencente a mesma família da seringueira, encontraram a sequência de absorção de: N>K>Ca>Mg>S>P diferente do observado para os porta-enxertos de seringueira estudados no presente estudo.

Nota-se que o nitrogênio e o potássio foram os nutrientes mais requeridos na fase inicial do desenvolvimento dos porta-enxertos de seringueira. O nitrogênio atua na divisão celular e na produção de clorofila e o potássio, como agente osmótico, atua na síntese de proteínas e na manutenção de sua estabilidade, na permeabilidade das membranas e no controle do pH (EIPSTEIN; BLOOM, 2006; MARSCHNER, 2012). Essa alta exigência dos nutrientes pelas mudas de porta-enxerto de seringueira, possivelmente, deve-se à intensa atividade metabólica nesta fase inicial de desenvolvimento dos clones.

Os porta-enxertos diferiram entre si no acúmulo de Mn foliar, entretanto, para épocas de cultivo houve significância para Fe, Mn, Zn e Cu (Tabela 5). O IAN873 apresentou maior quantidade de Mn nas folhas em comparação ao porta-enxerto GT1 (Tabela 5).

**Tabela 5.** Acúmulo de micronutrientes (mg planta<sup>-1</sup>) nas folhas, caules e raízes de porta-enxertos de seringueira em função de épocas de cultivo (DAT). Ilha Solteira- SP.

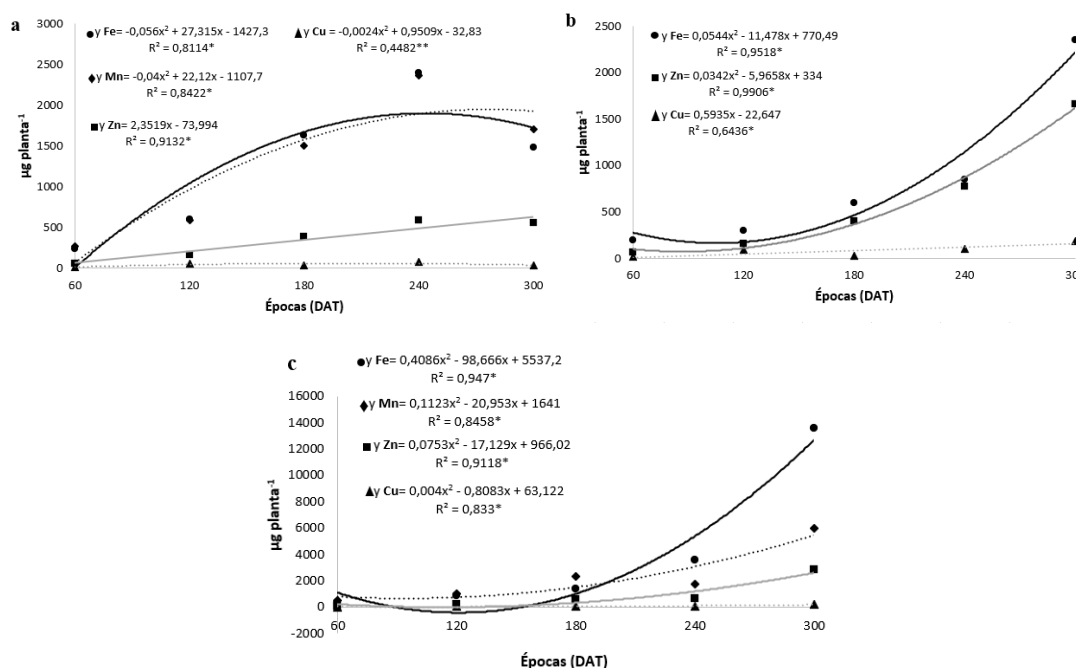
| Fatores           | Fe                                  | Mn         | Zn        | Cu       |
|-------------------|-------------------------------------|------------|-----------|----------|
| <b>Folhas</b>     |                                     |            |           |          |
| -----p>F-----     |                                     |            |           |          |
| Clones (C)        | 0,06                                | 0,01       | 0,08      | 0,62     |
| Época (E)         | 0,01                                | 0,01       | 0,01      | 0,01     |
| (CxE)             | 0,19                                | 0,11       | 0,29      | 0,91     |
| <b>Clones (C)</b> | ----- µg planta <sup>-1</sup> ----- |            |           |          |
| GT1               | 1137,03 a                           | 1080,52 b  | 308,49 a  | 36,97 a  |
| PB235             | 1111,45 a                           | 1191,01 ab | 325,34 a  | 48,87 a  |
| IAN873            | 1565,30 a                           | 1599,25 a  | 414,19 a  | 48,79 a  |
| CV (%)            | 20,92                               | 17,41      | 18,88     | 36,29    |
| D.M.S             | 519,41                              | 438,22     | 121,66    | 34,92    |
| <b>Caules</b>     |                                     |            |           |          |
| -----p>F-----     |                                     |            |           |          |
| Clones (C)        | 0,10                                | 0,01       | 0,01      | 0,22     |
| Época (E)         | 0,01                                | 0,01       | 0,01      | 0,01     |
| (CxE)             | 0,24                                | 0,03       | 0,11      | 0,33     |
| <b>Clones (C)</b> | ----- µg planta <sup>-1</sup> ----- |            |           |          |
| GT1               | 531,53 a                            | 1128,84 b  | 450,49 b  | 56,99 a  |
| PB235             | 1069,39 a                           | 1527,53 ab | 648,30 ab | 83,84 a  |
| IAN873            | 974,37 a                            | 1895,31 a  | 746,33 a  | 111,70 a |
| CV (%)            | 24,62                               | 39,78      | 37,26     | 39,72    |
| D.M.S             | 648,54                              | 545,43     | 207,13    | 75,91    |
| <b>Raiz</b>       |                                     |            |           |          |
| -----p>F-----     |                                     |            |           |          |
| Clones (C)        | 0,03                                | 0,24       | 0,34      | 0,09     |
| Época (E)         | 0,01                                | 0,01       | 0,01      | 0,01     |
| (CxE)             | 0,07                                | 0,89       | 0,73      | 0,30     |
| <b>Clones (C)</b> | ----- µg planta <sup>-1</sup> ----- |            |           |          |
| GT1               | 2805,42 b                           | 1963,02 a  | 752,42 a  | 61,83 a  |
| PB235             | 4384,92 ab                          | 2110,58 a  | 805,18 a  | 72,78 a  |
| IAN873            | 4679,34 a                           | 2872,01 a  | 1040,19 a | 90,81 a  |
| CV (%)            | 25,29                               | 33,99      | 31,79     | 25,56    |
| D.M.S             | 1809,33                             | 1403,57    | 507,62    | 31,79    |

Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DAT: dias após transplantio. Fonte: Elaboração da própria autora.

De modo geral, o acúmulo de micronutrientes nas folhas ao longo das épocas de cultivo, seguiram uma tendência quadrática para Fe, Mn e Cu, porém linear crescente para Zn (Figura 5 a). O período experimental de maiores acúmulos desses micronutrientes nas folhas foram aos 243,8 DAT para Fe, 276,5 DAT para Mn e 198,1 DAT para Cu, sendo os valores alcançados de 1903,54; 1950,39 e 61,35 µg planta<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 5 a). Aos 240 DAT, Viegas *et al.* (1992) encontraram os seguintes acúmulos de micronutrientes nas folhas em µg planta<sup>-1</sup> de 1740,50 para Mn, seguido de 708,75 de Fe e 310,75 Zn. Por outro lado, em mudas de goiabeira paluma e século XXI foram

encontrados os seguintes valores em  $\mu\text{g planta}^{-1}$ , Mn=1905; Fe=1830; Cu=69 (FRANCO *et al.*, 2008).

**Figura 6.** Acúmulo de micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn) ( $\mu\text{g planta}^{-1}$ ) nas folhas (a), caules (b) e raízes (c) de porta-enxertos de seringueira em função de épocas de cultivo (DAT). Ilha Solteira- SP.



\*Regressão significativa ( $p > 0,05$ ) e \*\* ( $p > 0,01$ ). Fonte: Elaboração da própria autora.

Para o acúmulo de micronutrientes no caule foi averiguada diferença significativa dos porta-enxertos em relação ao Zn, interação dos fatores (C\*E) para Mn e para época de cultivo significância para o Fe, Zn e Cu (Tabela 5).

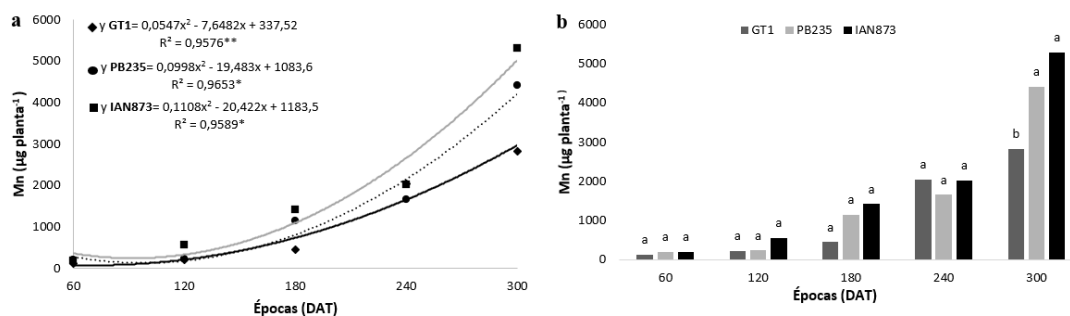
O clone IAN873 apresentou maior quantidade de Fe caulinar, diferindo de GT1 (Tabela 5). Entretanto, ao longo do período experimental o acúmulo dos nutrientes no caule seguiu tendência quadrática para Fe e Zn e linear crescente para Cu, resultando aos 300 DAT as médias de Fe=2350,85; Zn=1665,91 e Cu 190,07  $\mu\text{g planta}^{-1}$  (Figura 6 b). Frandoloso (2012), estudando nutricionalmente plantas de pinhão manso verificou que o acúmulo no caule foi de Fe= 28330; Zn= 30290 e Cu= 10030  $\mu\text{g planta}^{-1}$  aos 360 DAT. Rezende *et al.* (2010) observaram que as mudas de porta-enxertos cítricos acumularam no caule aos 300 dias os valores de Fe= 4944,5; Cu= 377,6 e Zn= 93  $\mu\text{g planta}^{-1}$ .

Em termos gerais, o Cu apresentou os menores acúmulos nos componentes da biomassa dos porta-enxertos durante todo o período experimental (Figura 5), tal fato pode ter ocorrido pois o Cu é absorvido em

pequenas quantidades, sendo considerado um elemento relativamente móvel em plantas bem nutridas, podendo ser translocado facilmente (FLOSS, 2011; MARSCHNER, 2012). Embora, segundo Lima *et al.* (2011) este micronutriente não é redistribuído na planta antes da senescência foliar.

Os valores verificados para os clones em relação ao acúmulo de Mn caulinar seguiram função quadrática, apresentando aos 300 DAT diferença entre os porta-enxertos, notando-se menor incremento de Mn no caule para GT1 (Figura 6). Ao final do experimento foram observados no caule as médias para GT1= 2826,15; PB235= 4411,90 e IAN873= 5302,06  $\mu\text{g planta}^{-1}$  de Mn (Figura 6).

**Figura 6.** Desdobramento da interação de porta-enxertos clonais x épocas de cultivo, referentes ao acúmulo de Mn no caule ( $\mu\text{g planta}^{-1}$ ). Ilha Solteira- SP.



\*Regressão significativa ( $p > 0,05$ ) e \*\* ( $p > 0,01$ ).

Fonte: Elaboração da própria autora.

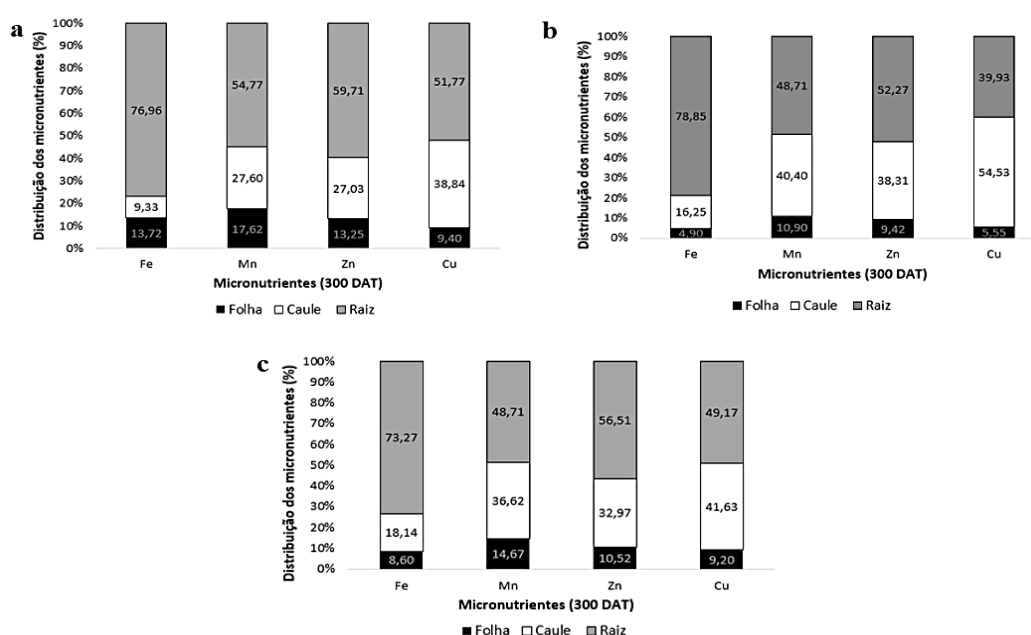
Analisando os acúmulos de micronutrientes na raiz, nota-se diferença entre os porta-enxertos para o Fe, entretanto, para épocas de cultivo ocorreu significância para Fe, Mn, Zn e Cu (Tabela 5). Assim como ocorrido no caule, o clone IAN873 exibiu elevado acúmulo de Fe na raiz em relação ao GT1 (Tabela 5).

De modo geral, os micronutrientes seguiram ajustes quadráticos das médias ao longo do período experimental, resultando aos 300 DAT os acúmulos na raiz em  $\mu\text{g planta}^{-1}$  de Fe= 13555,42; Mn= 5993,48; Zn= 2832,12 e Cu= 191,83 (Figura 6 c). Viegas *et al.* (1992) constataram para mudas de seringueira que dentre os micronutrientes o Fe foi o que apresentou maior absorção e acúmulo nas raízes ( $15.727 \mu\text{g planta}^{-1}$ ), assim como o presente estudo. Rezende *et al.* (2010), descrevendo a marcha de absorção de porta-enxertos cítricos cultivados em ambiente protegido, verificaram que aos 300 dias houve o acúmulo nas raízes de Fe= 27512; Mn= 8644; Cu= 1417 e Zn= 242  $\mu\text{g planta}^{-1}$ .

Através dos dados de distribuição (%) aos 300 DAT é possível verificar que para GT1 e IAN 873 houve maior acúmulo na raiz dos micronutrientes (Figura 7 a; c), porém para PB235 foi observada dinâmica similar, com exceção do Cu cujo conteúdo no caule foi superior ao dos demais componentes da planta (Figura 7 b). A maior concentração de Fe, Mn, Zn nas raízes do que nas folhas, demonstra que as raízes se tornaram órgão de armazenamento do excesso do nutriente absorvido pela planta o que também foi observado por Boaventura (2003) e Rezende *et al.* (2010). Tal fato, evidencia que a análise das raízes possivelmente seja a maneira mais correta para diagnóstico de toxicidade destes elementos.

Embora os porta-enxertos tenham apresentado diferenças entre a quantidade e alocação dos micronutrientes em seus componentes de biomassa aos 300 DAT, houve semelhança na seguinte sequência de absorção  $Fe > Mn > Zn > Cu$ .

**Figura 7.** Distribuição dos micronutrientes (%) entre folhas, caule e raiz de porta-enxertos de seringueiras GT1 (a), PB235 (b) e IAN873 (c) aos 300 DAT.



Fonte: Elaboração da própria autora.

A partir do acúmulo total dos nutrientes nos porta-enxertos de seringueira, calculados através da massa seca e do teor de nutrientes, foi estimado a quantidade de nutrientes necessários para o ciclo de 300 DAT (Tabela 6).

**Tabela 6.** Quantidades de macronutrientes ( $\text{g planta}^{-1}$ ) e micronutrientes ( $\text{mg planta}^{-1}$ ) sugeridos para adubação de porta-enxertos de seringueira durante o ciclo de 300 DAT.

| <b>Macronutrientes (<math>\text{g planta}^{-1}</math>)</b>  |            |              |               |
|-------------------------------------------------------------|------------|--------------|---------------|
| <b>Nutrientes</b>                                           | <b>GT1</b> | <b>PB235</b> | <b>IAN873</b> |
| N                                                           | 1,25       | 1,67         | 2,14          |
| P                                                           | 0,16       | 0,23         | 0,28          |
| K                                                           | 0,69       | 1,02         | 1,23          |
| Ca                                                          | 0,48       | 0,64         | 0,77          |
| Mg                                                          | 0,17       | 0,21         | 0,29          |
| S                                                           | 0,19       | 0,28         | 0,35          |
| <b>Micronutrientes (<math>\text{mg planta}^{-1}</math>)</b> |            |              |               |
| Fe                                                          | 22,36      | 32,82        | 36,09         |
| Mn                                                          | 20,81      | 24,14        | 31,83         |
| Zn                                                          | 7,55       | 8,89         | 11,00         |
| Cu                                                          | 0,77       | 1,02         | 1,25          |

Fonte: Elaboração da própria autora.

Em função dos resultados obtidos nessa pesquisa nota-se exigências distintas entre os genótipos utilizados, sugerindo a adequação do fornecimento dos fertilizantes de acordo com as quantidades absorvidas definidas para cada clone.

De acordo com a Tabela 6, as quantidades de macronutrientes aferidos nesse estudo estão abaixo dos encontrados por Oliveira (2006), trabalhando com mudas de seringueira obtidas através de sementes do clone IAN873, cultivadas em um latossolo amarelo de textura média em Belém- PA, sendo recomendados para 10 meses de cultivo em  $\text{g planta}^{-1}$  foram: 5 de N; 1,0 de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ; 4,0 de  $\text{K}_2\text{O}$  e 0,6 de Mg. Thitithanakul *et al.* (2017), visando determinar a exigência de N e P de mudas RRIM 600 e RRIT 251 sob fornecimento de solução nutritiva via gotejamento, constataram que ao final dos 88 dias foi absorvido por RRIM600 1,19 de N e 0,11  $\text{g planta}^{-1}$  de P e para RRIT251 1,24 de N e 0,13  $\text{g planta}^{-1}$ .

Os valores para micronutrientes encontrados na atual pesquisa (Tabela 6), com exceção ao Zn, foram inferiores aos sugeridos por Guerrini *et al.* (1983), que analisando o recrutamento de nutrientes do clone FX 3864 de 1 a 4 anos cultivadas na região de Rio Branco- AC, constataram aos 12 meses a exigência de: Fe: 37,39; Mn: 137,04; Zn: 7,06 e Cu: 2,54  $\text{mg planta}^{-1}$ .

A discrepância entre as quantidades de nutrientes recomendados na atual pesquisa e os encontrados na literatura, pode estar relacionado ao sistema de cultivo e o método de fertilização utilizado, sendo que no experimento em questão, foi desenvolvido em substrato comercial, utilizando-se como fonte nutricional o adubo de liberação lenta. Esta circunstância também foi relatada por Castle e Rouse (1990) que avaliando a extração de nutrientes por mudas cítricas cultivadas em campo e em substrato, concluíram que, apesar das doses de fertilizantes serem as mesmas nos dois sistemas, a extração de nutrientes por mudas no campo foi três vezes maior que as mudas produzidas em substrato.

No presente trabalho, os porta-enxertos de seringueira cresceram e se desenvolveram no sistema de bancada suspensa com a utilização de substrato comercial acrescido de adubo de liberação lenta, não sendo constatado sintomas de deficiência ou excesso nutricional, demonstrando ser um método eficiente para sua produção, assim como Zamunér Filho *et al.* (2012), Rocha *et al.* (2018) e Brito *et al.* (2017) demonstraram a eficiência desse sistema no cultivo de mudas de seringueira.

#### **4.4 Conclusões**

1. Os porta-enxertos GT1, PB235 e IAN873 diferiram no acúmulo de macronutrientes e micronutrientes ao longo do tempo de cultivo.
2. O IAN873 foi superior no acúmulo de N, Mg e S foliar, todavia, para os micronutrientes, diferiu de GT1 para a quantidade de Mn nas folhas, de Zn no caule e de Fe na raiz;
3. A demanda por N, P, Mg e S pelas folhas acompanham linearmente o crescimento das mudas, sendo o acúmulo desses nutrientes crescentes com a idade da planta.
4. Aos 300 DAT, o clone GT1 exibiu baixo acúmulo de Mn no caule;
5. Em geral, o Cu foi o nutriente avaliado com menor absorção pelos materiais ao longo dos 300 DAT;
6. Os porta-enxertos IAN873 e PB235 demonstraram ser mais exigentes e responsivos a adubação mineral.
7. O acúmulo de macronutrientes em porta-enxertos de seringueira obedeceu a seguinte ordem: para GT1 e IAN873 (N>K>Ca>S>Mg>P) e para PB235

(N>K>Ca>S>P>Mg). Os micronutrientes nas mudas de seringueira apresentaram a seguinte ordem de extração: Fe> Mn> Zn> Cu.

### REFERÊNCIAS

- BATAGLIA, O. C.; SANTOS, W. R. Nutrição e adubação de seringais em formação e produção. *In: CICLO DE PALESTRAS SOBRE HEVEICULTURA PAULISTA*, 1., 1998. Barretos. **Palestras [...]**. Barretos: [s.n.], 1998. 16 p.
- BIRRENKOTT, B. A.; CRAIG, J. L.; MCVEY, G. R. Effects of substrate type on plant growth and nitrate leaching in cut flower production of oriental lily. **HortScience**, Alexandria, v. 40, n. 7, p. 2135- 2137, 2005.
- CASTLE, W. S.; ROUSE, R. E. Total mineral nutrient content of Flórida citrus nursery plants. **Proceedings of Flórida State Horicultural Society**, Winter haven, v. 103, p. 42-44, 1990.
- BRITO, P. F.; MARTINS A.L.; MELLO, DeLUCA C. A.; GONÇAVES, E. C. P. **Produção de mudas de seringueira em bancadas e substrato**. Campinas: IAC, 2017, 52 p.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas, princípios e perspectivas**. Londrina: Editora Planta, 2006. 86 p.
- FERREIRA, D. F. **SISVAR - Sistema de análise de variância**. Versão 5.1. Lavras-MG: UFLA, 2010.
- FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo que está por trás do que se vê**. 5. ed. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2011. 734 p.
- FRANDOLOSO, J. F. **Acúmulo de nutrientes e crescimento do pinhão manso no oeste do Paraná**. 2012. 79 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2012.
- GALVÃO, J. R.; VIÉGAS, I. J. M.; DE OLIVEIRA, J. P.; DA SILVA, D. R.; YAKUWA, T. K. M.; FELIPE OLIVEIRO RIBEIRO, F. O. Crescimento de porta-enxertos de seringueira e teores de macronutrientes em um latossolo amarelo da Amazônia. **Revista Inova Ciência & Tecnologia**, Uberaba, v. 2, n. 3, p. 14-21, 2016.
- GODOY, A.; COLE, J. C. Phosphorus source affects phosphorus leaching and growth of containerized Spirea. **HortScience**, Alexandria, v. 35, n. 7, p. 1249-1252, 2000.
- GONÇALVES, E. C. P; BACCHIEGA, A. N. Boas Práticas em Heveicultura: da Semente à Comercialização. **Revista Casa do Agricultor**, Campinas, v. 4, n. 4, p. 13-14, 2010.

GUERRINI, I. A. **Crescimento e recrutamento de macro e micronutrientes no período de quatro anos pela *Hevea brasiliensis* clone Fx 3864, na região de Rio Branco-AC**. 1982. 105 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1982.

HAAG, H. P.; DECHEN, A. R.; SURRUGE, J. R.; GUERRINI, I. A.; WEBER, H.; TENORIO, Z. **Nutrição mineral da seringueira**: marcha de absorção de nutrientes. Campinas: Fundação Cargill. 1982. 86 p.

HAAG, H.P.; GUERRINI, I.A. Nutrição mineral da seringueira: III. ciclagem de nutrientes em um seringal na região de Rio Branco, Acre. **Anais da ESALQ**, Piracicaba, v. 41, p. 277-291, 1984.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA**. disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/cnt/brasil>. Acesso em: 30 out. 2019.

LIMA, R. L. S.; SEVERINO, L. S.; CAZETTA, J. O.; AZEVEDO, C. A.; SOFIATTI, V.; ARRIEL, N. H. C. Redistribuição de nutrientes em folhas de pinhão manso entre estádios fenológicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 11, p. 1175-1179, 2011.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. 2. ed. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. 319 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. San Diego: Academic Press, 2012. 651 p.

NASCIMENTO, M. S.; CRUSCIOL, C. A. C.; FERNANDES, A. M.; ZANOTTO, M. D. Nutrient extraction and exportation by castor bean hybrid Iyra. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 36, n. 1, p. 123-124, 2012.

OLIVEIRA, M. D. M.; GONÇALVES, E. C. P.; DE BRITO, P. F.; MARGATHO, S. M. F. Custo de produção de mudas de seringueira em bancada suspensa com utilização de substrato e impactos na implantação de seringais. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 49, n. 05, 2019.

OLIVEIRA, J. P. **Crescimento e nutrição mineral de porta-enxertos de seringueira (*Hevea spp.*) em função da idade**. 2006. 77 f. (Mestrado em Solos e Nutrição de plantas) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2006.

PACHECO, D. D.; SATURNINO, H. M.; MENDES, L. D.; PRATES, F. B. S.; SOARES, F. R.; PAULA, T. O. M.; SOUZA, L. C. A. Produção de massa vegetal e composição mineral de plantas de pinhão- manso. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA EM PINHÃO- MANSO, 1, 2009, Brasília, DF. **Anais [...]**. Brasília: Embrapa, 2009.

PRADO, R. M.; NASCIMENTO, V. M. **Manejo da adubação do cafeeiro no Brasil**. Ilha Solteira: FEIS/UNESP, 2003. 273 p.

REZENDE, C. F. A.; FERNANDES, E. P.; SILVA, M. F.; LEANDRO, W. M. Crescimento e acúmulo de nutrientes em mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 3, p. 367-375, 2010.

ROCHA, B. K.; ROCHA, J. H. T.; BATISTA, A. L.; GONÇALVES, A. N. Enxertia de mudas de seringueira em tubetes e mantidos em viveiro suspenso. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal da FAEF**, Garça, v. 31, n. 1, p. 19-28, 2018.

VIEGAS, I. J. M.; HAAG, H. P.; BUENO, N.; PEREIRA, J. P. Nutrição mineral da seringueira. XII. Absorção de macro e micronutrientes nos primeiros 240 dias. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 49, p.41-52, 1992.

ZAMUNÉR FILHO, A. N.; VENTURIN, N.; PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; MACEDO, R. L. G. Dose of controlled-release fertilizer for production of rubber tree rootstocks. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 2, p. 239-245, 2012.

## **CAPÍTULO 5: EFICIÊNCIA NUTRICIONAL DE PORTA-ENXERTOS CLONAIS DE SERINGUEIRA**

**RESUMO:** O estudo da eficiência nutricional de mudas de porta-enxertos de seringueira é uma importante ferramenta para selecionar genótipos responsivos a adubação, garantindo assim, a racionalização do uso dos fertilizantes. Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência de absorção, transporte e utilização de nutrientes nos porta-enxertos GT1, PB235 e IAN873 cultivados em viveiro suspenso no município de Ilha Solteira- SP. O experimento foi desenvolvido em viveiro a céu aberto instalado na Faculdade de Engenharia - UNESP, campus de Ilha Solteira- SP, durante o período de março/2018 a janeiro/2019. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial de 3 x 5, sendo três porta-enxertos GT1, PB235 e IAN873 e cinco épocas de coleta de dados 60, 120, 180, 240 e 300 dias após transplântio (DAT), com três repetições de 10 mudas por parcela. Os porta-enxertos demonstraram similaridade quanto a EA, ET de macronutrientes e ET de micronutrientes, porém, diferiram quanto a EU dos nutrientes. O IAN873 apresentou elevado desempenho na EU de P, K e Fe, em contrapartida, o porta-enxerto GT1 obteve menor EU de Ca, Mg, Mn, Zn e Cu. Apesar da EA de Zn ter sido superior ao Cu, os porta-enxertos exibiram melhor EU do Cu em relação ao Zn.

**Palavras-chave:** *Hevea brasiliensis* (Willd. Ex Adr. de Juss.) Muell.-Arg., eficiência de absorção (EA), eficiência de transporte (ET), eficiência de utilização (EU), produção de mudas.

## 5.1 Introdução

A seringueira é uma planta propagada pelo método da enxertia, cujas sementes são utilizadas para a obtenção dos porta-enxertos. No cultivo de mudas de seringueira a adubação possui um papel fundamental, pois contribui para antecipar a época de enxertia, atingir o máximo de uniformidade, precocidade, qualidade do sistema radicular e aumentar as taxas de aproveitamento dos porta-enxertos (BATAGLIA; SANTOS, 1998; OLIVEIRA, 2006).

O conhecimento do teor de nutrientes na planta em diversas idades é condição essencial para auxiliar no entendimento dos problemas de ordem nutricional e nas recomendações de adubação. A determinação da quantidade de nutriente a ser aplicado pode variar em função da espécie, da época do ano e do tipo de substrato (SILVEIRA *et al.*, 2003). Além disso, deve ser levado em consideração que cultivares de uma mesma espécie podem apresentar capacidades similares na absorção ou no acúmulo de determinado nutriente, podendo ocorrer grande diferença entre elas na produção de biomassa, resultante de diferenças na eficiência nutricional (EBERHARDT *et al.*, 1999).

As pesquisas tem ressaltado a importância do uso de plantas que apresentem maior eficiência nutricional com ganhos econômicos pela diminuição da aplicação de fertilizantes (ROZANE *et al.*, 2007). A estimativa da eficiência nutricional é útil para separar espécies, genótipos e cultivares por sua capacidade de absorver, translocar e utilizar os nutrientes resultando em maiores acúmulos de biomassa (BALIGAR *et al.*, 2001).

O cultivo de genótipos com alta eficiência na absorção e, ou, utilização de nutrientes permitiria a otimização do uso dos nutrientes, consequentemente alcançando o aumento da produtividade e diminuição dos custos, fundamentais para a economia e racionalização no uso dos fertilizantes, que podem ser obtidos pela combinação do potencial genético das plantas com o uso eficiente dos nutrientes (PINTO *et al.*, 2011).

Pouco se conhece sobre a eficiência nutricional de porta- enxertos de seringueira, uma vez que a maioria dos estudos nutricionais são voltados para plantas adultas em produção. Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência de absorção, transporte e utilização de nutrientes nos porta- enxertos

GT1, PB235 e IAN873 cultivados em viveiro suspenso no município de Ilha Solteira- SP.

## 5.2. Material e métodos

O experimento foi desenvolvido na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) no campus de Ilha Solteira- SP, localizada a 20°43'09" de latitude sul e 51°33'79" de longitude oeste, com altitude em torno de 335 metros.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial 3 x 5, sendo três porta-enxertos GT1, PB235 e IAN873 e cinco épocas de coleta de dados 60, 120, 180, 240, 300 dias após transplântio (DAT), com três repetições de 10 mudas por parcela.

As sementes provenientes de polinização aberta dos clones GT1, PB235 e IAN873 foram obtidas de plantio multiclonais pertencente ao Instituto Agrônômico (IAC), localizado no município de Votuporanga-SP, coletadas em março/2018. Após a coleta, as sementes foram armazenadas em sacos plásticos de polietileno com pequenos furos, para evitar a perda de seu poder germinativo durante o transporte.

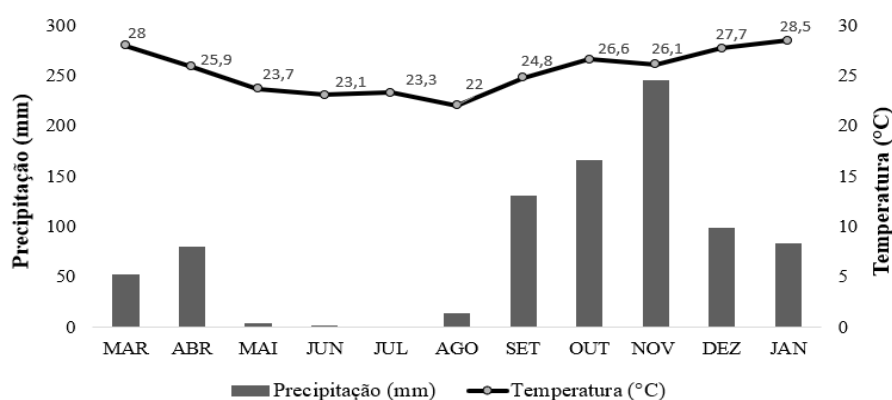
A semeadura foi em jardineiras plásticas contendo como substrato 5 litros de areia grossa, recobertas com 1 cm de pó de serra, sobre bancada suspensa em casa de vegetação do tipo Pad & Fan, com duas irrigações diárias por aspersão controladas automaticamente, e temperatura máxima de 30°C. A emergência ocorreu do 7° ao 10° dia após a semeadura e, quando as plântulas atingiram o estágio de “palito”, por volta do 14° dia, foram transplantadas para sacos plásticos de polietileno com dimensões de 17x30 cm e com volume de 2,75 litros, previamente preenchidos com substrato comercial composto por turfa, vermiculita, carvão vegetal e casca de pinus. Estes foram adubados com 6 g L<sup>-1</sup> de substrato, do adubo de liberação lenta Forth cote® 15-09-12 com liberação prevista para 5 meses, em formulação contendo N (15%), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (9%), K<sub>2</sub>O (12%), Mg (1,3%), S (6%), Cu (0,05%), Fe (0,46%), Mn (0,06%) e Mo (0,02%), como recomendado por Zamunér Filho *et al.* (2012).

Após o transplântio, as mudas permaneceram em casa de vegetação por 30 dias, a fim de garantir condições favoráveis para o seu desenvolvimento inicial. Em abril/2018 as mudas de porta-enxerto foram transferidas para viveiro

a pleno sol em bancada suspensa. A adubação de cobertura foi realizada em agosto/2018 e dezembro/2018, utilizando-se 2g por sacola do adubo de liberação lenta 15-09-12.

A irrigação foi fornecida com frequência diária no início da manhã e ao final da tarde. Os dados mensais de temperatura (°C) e precipitação (mm) ocorridos durante o período experimental foram obtidos pela Estação Meteorológica da Área de Hidráulica e Irrigação da UNESP-campus de Ilha Solteira-SP (FIGURA 1).

**Figura 1.** Médias mensais de temperatura (°C) e precipitação (mm), no período de março/2018 a janeiro/2019. Ilha Solteira-SP.



Fonte: Elaboração da própria autora.

Para a avaliação dos nutrientes foram coletadas plantas inteiras e subdivididas em raízes, caule e folhas, lavadas em água destilada e secas em estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 65°C, por um período de 72 horas. Depois de secas, as amostras foram pesadas em balança de precisão de 0,01 g, para determinação da massa seca das diferentes partes da planta (folhas, caule e raiz), em seguida o material foi moído em moinho tipo Willey, com facas e câmara de aço inoxidável e com peneiras de 0,5 ou 1,0mm de diâmetro (20-40mesh). O material vegetal seco e moído, foi submetido à digestão sulfúrica e à nitroperclórica. As amostras oriundas da digestão sulfúrica foram utilizadas para a análise do teor de N, enquanto que os extratos da digestão nitroperclórica foram usadas para determinar os teores P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn conforme a metodologia descrita por MALAVOLTA *et al.* (1997).

A partir dos teores dos nutrientes no tecido vegetal de macronutrientes (g kg<sup>-1</sup>), micronutrientes (mg kg<sup>-1</sup>) e da massa da matéria seca (MS), foi calculado

o acúmulo dos nutrientes em mg. Em seguida, foi calculada a eficiência nutricional dos clones, de acordo com as equações 1, 2 e 3.

Eficiência de absorção (EA)

$$EA = \frac{\text{mg do nutriente na planta}}{\text{g de massa seca de raiz}}, \text{ (SWIADER et al., 1994)} \quad (1)$$

Eficiência de translocação (ET)

$$ET = \frac{\text{mg do nutriente na parte aérea}}{\text{mg do nutriente na planta}} \times 100, \text{ (LI et al., 1991)} \quad (2)$$

Eficiência de utilização (EU)

$$EU = \frac{(\text{g massa seca total})^2}{\text{mg do nutriente na planta}}, \text{ (SIDDIQI; GLASS, 1981)} \quad (3)$$

Os dados de cada variável foram submetidos à análise de variância através do teste F, e as médias dos porta-enxertos, quando significativas, foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para os resultados significativos das épocas de cultivo (DAT), foram aplicados modelos de regressão que melhor se ajustaram aos efeitos obtidos. O software estatístico utilizado foi o SISVAR 5.1 (FERREIRA, 2010).

### 5.3 Resultados e discussão

#### Eficiência de absorção, transporte e utilização de macronutrientes

Observa-se para a eficiência de absorção (EA) de macronutrientes que não houve diferença significativa para os porta- enxertos (GT1, PB235 e IAN873), no entanto, para o fator época de cultivo foi constatado efeito significativo em relação a N, P, Ca, Mg e S (Tabela 1).

**Tabela 1.** Eficiência de absorção (EA) e de transporte (ET) de macronutrientes de porta-enxertos de seringueira em função de épocas de cultivo (DAT). Ilha Solteira- SP.

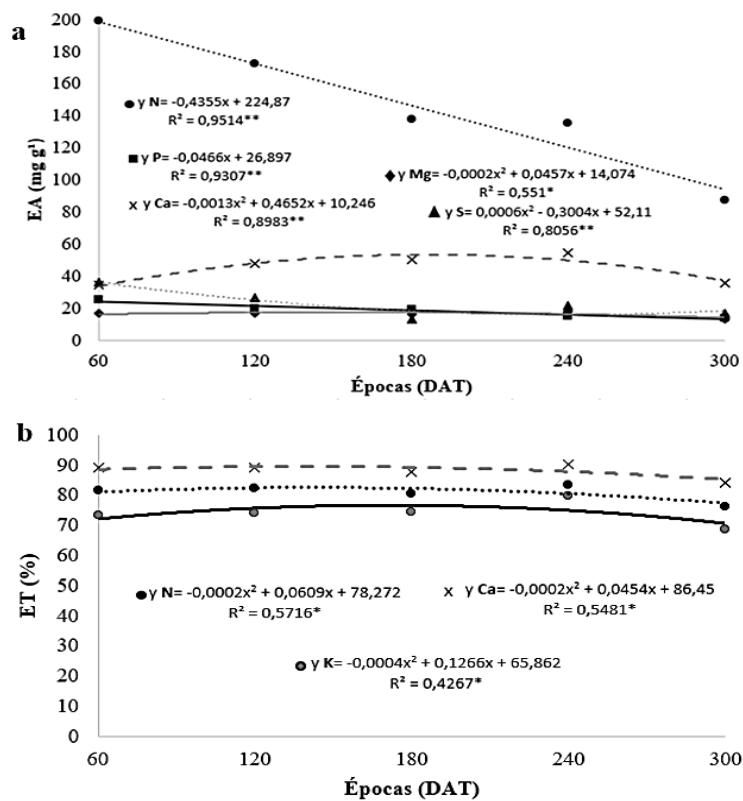
| Fatores    | EA            |       |       |       |       |       |
|------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|            | N             | P     | K     | Ca    | Mg    | S     |
|            | -----p>F----- |       |       |       |       |       |
| Clones (C) | 0,25          | 0,91  | 0,86  | 0,84  | 0,11  | 0,95  |
| Épocas (E) | 0,01          | 0,01  | 0,06  | 0,01  | 0,02  | 0,01  |
| (C*E)      | 0,16          | 0,42  | 0,52  | 0,43  | 0,48  | 0,24  |
| CV (%)     | 19,23         | 24,24 | 14,55 | 19,08 | 17,28 | 18,90 |
| D.M.S      | 25,46         | 4,05  | 8,95  | 7,66  | 2,55  | 3,90  |
| Fatores    | ET            |       |       |       |       |       |
| Clones (C) | 0,58          | 0,58  | 0,42  | 0,36  | 0,66  | 0,77  |
| Épocas (E) | 0,01          | 0,18  | 0,02  | 0,01  | 0,06  | 0,06  |
| (C*E)      | 0,53          | 0,22  | 0,86  | 0,75  | 0,13  | 0,98  |
| CV (%)     | 4,55          | 6,74  | 8,58  | 3,42  | 5,35  | 12,31 |
| D.M.S      | 3,32          | 4,71  | 5,74  | 2,72  | 3,84  | 7,91  |

Fonte: Elaboração da própria autora.

Independentemente dos porta-enxertos, verificou-se um ajuste linear decrescente para a EA dos nutrientes N e P, onde apresentaram maiores médias aos 60 DAT (199,25 e 25,09 mg g<sup>-1</sup>) e menores aos 300 DAT (87,89 e 13,53 mg g<sup>-1</sup>) respectivamente (Figura 2 a). A eficiência de absorção está relacionada à taxa de absorção de nutrientes por unidade de comprimento ou massa de raiz (FAGERIA, 1998). Possivelmente o decréscimo na EA de N e P aconteceu, pois, os porta-enxertos foram cultivados em recipientes com diâmetro reduzido, limitando o crescimento radicular, conseqüentemente, acarretando em menor influxo desses nutrientes.

Por outro lado, o resultado da EA dos demais macronutrientes ajustaram-se ao modelo quadrático de regressão. Os elementos Ca, Mg, S apresentaram sua máxima EA nas épocas de cultivo 179 DAT (51,86 mg g<sup>-1</sup>); 112,5 DAT (16,60 mg g<sup>-1</sup>) e 240 DAT (21,71 mg g<sup>-1</sup>) respectivamente (Figura 2 a).

**Figura 2.** Eficiência de absorção (a) e de transporte (b) de macronutrientes de porta-enxertos de seringueira em função de épocas de cultivo (DAT). Ilha Solteira- SP.



\*Regressão significativa ( $p > 0,05$ ) e \*\* ( $p > 0,01$ ). Fonte: Elaboração da própria autora.

A eficiência de translocação (ET) não apresentou diferença entre os clones estudados, porém, para as épocas de cultivo foi averiguado significância ( $P < 0,01$ ) para N, K e Ca (Tabela 1), exibindo ajustes ao modelo quadrático (Figura 2 b). Considerando-se a eficiência de transporte como a capacidade da planta em transportar os nutrientes das raízes para a parte aérea, verificou-se que o Ca foi o nutriente que obteve os maiores índices, independentemente do porta-enxerto utilizado (Figura 2 b). Relato semelhante a este foi feito por Rozane *et al.* (2007) que, estudando a eficiência nutricional de porta-enxertos de caramboleira, atribuíram que dentre os macronutrientes analisados o Ca obteve melhor ET.

Esses dados indicaram que a ET pode ser um mecanismo não limitante no processo metabólico de assimilação dos macronutrientes, que no presente trabalho não contribuiu para a diferenciação entre os porta-enxertos (Tabela 1).

Mesmo que genótipos de uma mesma espécie apresentem eficiência similar na absorção de determinado nutriente, pode ocorrer grande diferença

entre eles na produção de massa seca, devido às diferenças na eficiência de utilização (EBERHARDT *et al.*, 1999). No presente trabalho, não houve diferença significativa na EA de macronutrientes dos porta-enxertos (Tabela 1), entretanto para a EU foi constatado significância nas médias dos porta- enxertos e épocas de cultivo para N, P, K e S (Tabelas 2). Resultados contrários foram relatados por Thitithanakul *et al.* (2017) estudando as exigências de N e P em plantas jovens de seringueira, entre 6- 9 meses, verificaram não haver diferença significativa entre os clones RRIM600 e RRIT 251 para a EU de N e P. Assim como, Pacheco *et al.* (2006) observaram que a EU de fósforo por diferentes clones de cacauzeiros com oito meses de idade, em casa de vegetação, não foram significativamente diferentes.

**Tabela 2.** Eficiência de utilização (EU) de macronutrientes de porta-enxertos de seringueira em função de épocas de cultivo (DAT). Ilha Solteira- SP.

| Fatores       | N                                          | P      | K      | Ca     | Mg     | S       |
|---------------|--------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|---------|
|               | -----p>F-----                              |        |        |        |        |         |
| Clones (C)    | 0,01                                       | 0,01   | 0,01   | 0,01   | 0,01   | 0,01    |
| Épocas (E)    | 0,01                                       | 0,01   | 0,01   | 0,01   | 0,01   | 0,01    |
| (C*E)         | 0,18                                       | 0,33   | 0,17   | 0,02   | 0,05   | 0,23    |
| <b>Clones</b> | -----g <sup>2</sup> mg <sup>-1</sup> ----- |        |        |        |        |         |
| GT1           | 0,42 b                                     | 3,27 b | 0,73 b | 1,07 c | 2,92 b | 2,74 b  |
| PB235         | 0,58 ab                                    | 4,13 b | 0,93 b | 1,51 b | 4,44 a | 3,57 ab |
| IAN873        | 0,68 a                                     | 5,42 a | 1,16 a | 1,87 a | 4,79 a | 4,15 a  |
| CV (%)        | 33,96                                      | 33,18  | 24,13  | 25,16  | 25,79  | 29,70   |
| D.M.S         | 0,17                                       | 1,28   | 0,20   | 0,33   | 0,94   | 0,96    |

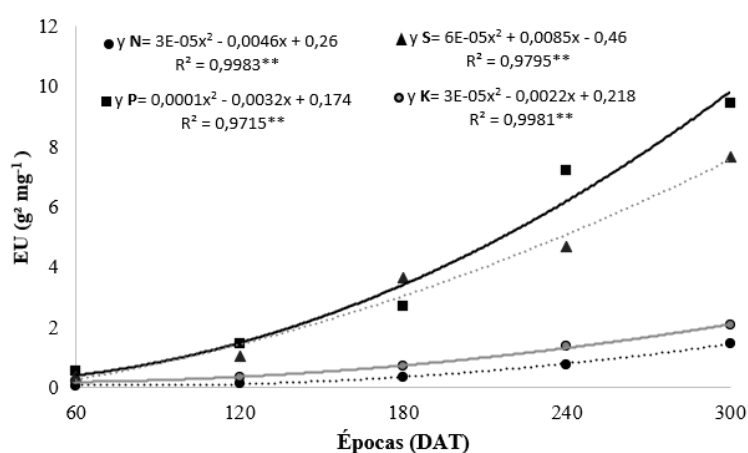
Fonte: Elaboração da própria autora.

O porta-enxerto IAN873 demonstrou maior EU de N e S, quando comparado ao GT1 (Tabela 2). De acordo com Swiader *et al.* (1994), a eficiência de utilização de nutrientes é definida como a capacidade de as plantas produzirem quantidades máximas de matéria seca por unidade de nutriente aplicado.

Apesar dos porta-enxertos receberem ao longo do período experimental a mesma quantidade de nutrientes, o IAN873 diferiu dos demais clones em termos de EU de P e K (Tabela 2). Segundo Batista *et al.* (2015), em condições limitantes de P e K, a planta com maior eficiência de uso pode apresentar maior potencial produtivo e menor exigência desses elementos. Quanto à eficiência nutricional, tanto de P como de K, o clone IAN873 se destacou em relação aos demais, o que sugere uma adaptação em locais com distintas condições de disponibilidade destes nutrientes (Tabela 2).

Ao longo das épocas de cultivo avaliada houve ajuste quadrático, quanto a EU dos macronutrientes (Figura 3). Embora tenha ocorrido similaridade geral na tendência de utilização, os valores denotam aos 300 DAT uma maior EU em ordem decrescente de P = 9,45; S = 7,98; K = 2,08 e N = 1,46 g<sup>2</sup> mg<sup>-1</sup> (Figura 3). Caldeira *et al.* (2002) também verificaram que depois do P, o S foi o nutriente mais eficientemente utilizado pelas três procedências de *Acacia mearnsii* para produção de biomassa.

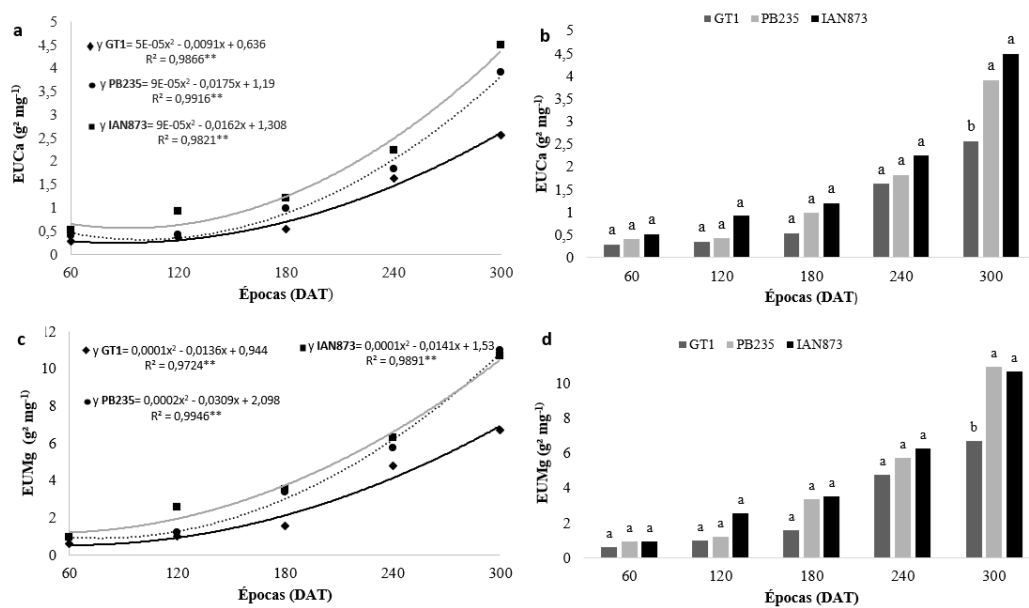
**Figura 3.** Eficiência de utilização de macronutrientes de porta-enxertos de seringueira em função de épocas de cultivo (DAT). Ilha Solteira- SP.



\*Regressão significativa ( $p > 0,05$ ) e \*\* ( $p > 0,01$ ). Fonte: Elaboração da própria autora.

Houve interação dos fatores (C\*E) relativos aos nutrientes Ca ( $p < 0,05$ ) e Mg ( $p < 0,01$ ) (Tabela 2). De acordo com o desdobramento da interação, nota-se resposta quadrática dos porta-enxertos para a EUCa (Figura 4 a) e a EUMg (Figura 4 c). Aos 300 DAT os valores máximos alcançados pela EUCa foram: GT1 (2,56 g<sup>2</sup> mg<sup>-1</sup>), PB235 (3,91 g<sup>2</sup> mg<sup>-1</sup>) e IAN873 (4,49 g<sup>2</sup> mg<sup>-1</sup>) (Figura 4 a), entretanto, para a EUMg as médias ficaram em torno de: GT1 (6,69 g<sup>2</sup> mg<sup>-1</sup>), PB235 (10,96 g<sup>2</sup> mg<sup>-1</sup>) e IAN873 (10,68 g<sup>2</sup> mg<sup>-1</sup>) (Figura 4 c). O clone GT1 demonstrou aos 300 DAT menor eficiência de uso de Ca (Figura 4 b) e Mg (Figura 4 d). A menor eficiência de utilização do Ca pelo clone GT1 pode ser atribuída, em parte, a fatores fisiológicos do genótipo e à baixa mobilidade deste nutriente no floema (MARSCHNER, 2012) e a uma possível imobilização na forma de oxalato ou fosfato de cálcio (CALDEIRA *et al.*, 2002). Faria *et al.* (2008) verificaram resultados semelhante em árvores de híbridos *Eucalyptus* spp. sob fornecimento de Ca.

**Figura 4.** Eficiência de utilização (EU) de cálcio (a e b) e magnésio (c e d) de porta-enxertos de seringueira em função de épocas de cultivo (DAT). Ilha Solteira- SP.



\*Regressão significativa ( $p > 0,05$ ) e \*\* ( $p > 0,01$ ). Fonte: Elaboração da própria autora.

### Eficiência de absorção, transporte e utilização de micronutrientes

Na tabela 3 os dados referentes a EA de micronutrientes apontaram interação significativa dos fatores (C\*E) para Fe ( $p < 0,05$ ) e Mn ( $p < 0,02$ ), contudo, para Zn e Cu ocorreu significância somente para épocas de cultivo.

**Tabela 3.** Eficiência de absorção (EA), transporte (ET) e utilização (EU) de micronutrientes de porta-enxertos de seringueira em função de épocas de cultivo (DAT). Ilha Solteira- SP.

| Fatores       | Fe                                   | Mn      | Zn      | Cu       |
|---------------|--------------------------------------|---------|---------|----------|
| <b>EA</b>     |                                      |         |         |          |
| -----p>F----- |                                      |         |         |          |
| Clones (C)    | 0,40                                 | 0,54    | 0,63    | 0,99     |
| Épocas (E)    | 0,01                                 | 0,01    | 0,01    | 0,01     |
| (C*E)         | 0,05                                 | 0,02    | 0,10    | 0,98     |
| CV (%)        | 17,87                                | 19,66   | 21,51   | 30,38    |
| D.M.S         | 292,32                               | 323,68  | 105,00  | 86,10    |
| <b>ET</b>     |                                      |         |         |          |
| -----p>F----- |                                      |         |         |          |
| Clones (C)    | 0,51                                 | 0,61    | 0,93    | 0,79     |
| Épocas (E)    | 0,01                                 | 0,01    | 0,01    | 0,01     |
| (C*E)         | 0,70                                 | 0,96    | 0,55    | 0,80     |
| CV (%)        | 21,95                                | 23,01   | 15,52   | 16,99    |
| D.M.S         | 9,85                                 | 11,97   | 8,82    | 10,69    |
| <b>EU</b>     |                                      |         |         |          |
| -----p>F----- |                                      |         |         |          |
| Clones (C)    | 0,01                                 | 0,01    | 0,01    | 0,03     |
| Épocas (E)    | 0,01                                 | 0,01    | 0,01    | 0,01     |
| (C*E)         | 0,02                                 | 0,01    | 0,18    | 0,08     |
| CV (%)        | 29,26                                | 30,09   | 30,74   | 13,56    |
| D.M.S         | 0,008                                | 0,010   | 0,030   | 0,60     |
| <b>Clones</b> | <b>g<sup>2</sup> mg<sup>-1</sup></b> |         |         |          |
| GT1           | 0,024 b                              | 0,025 b | 0,076 b | 0,816 b  |
| PB235         | 0,032 ab                             | 0,042 a | 0,115 a | 1,198 ab |
| IAN873        | 0,040 a                              | 0,046 a | 0,138 a | 1,491 a  |

Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DAT: dias após transplantio. Fonte: Elaboração da própria autora.

O desdobramento da interação (C\*E) indicou maior EAF<sub>Fe</sub> para o porta-enxerto IAN873 em comparação ao PB235 aos 60 DAT. Os materiais GT1 e PB235 apresentaram elevação linear da EAF<sub>Fe</sub> ao longo do período experimental, atingindo maiores valores aos 300 DAT, todavia, não houve ajuste ao modelo de regressão para as médias de IAN873 (Tabela 4).

**Tabela 4.** Desdobramento da interação de porta-enxertos clonais x épocas de cultivo, referentes a eficiência de absorção de ferro e manganês ( $\text{mg g}^{-1}$ ). Ilha Solteira- SP.

| Fatores                            |            | EAFe      |            |
|------------------------------------|------------|-----------|------------|
| Épocas (DAT)                       | GT1        | PB235     | IAN873     |
| -----Fe (mg g <sup>-1</sup> )----- |            |           |            |
| 60                                 | 1418,19 ab | 1344,26 b | 2010,77 a  |
| 120                                | 1726,73 a  | 1419,13 a | 1842,02 a  |
| 180                                | 1436,78 a  | 1940,37 a | 1756,81 a  |
| 240                                | 2038,23 a  | 1759,73 a | 2034,16 a  |
| 300                                | 2144,49 a  | 2413,93 a | 1864,85 a  |
| p>F (L)                            | 0,01       | 0,01      | 0,86       |
| p>F (Q)                            | 0,49       | 0,51      | 0,60       |
| r <sup>2</sup>                     | 69,56      | 82,22     | 1,80       |
| R <sup>2</sup>                     | 73,34      | 84,21     | 18,65      |
| Épocas (DAT)                       | EAMn       |           |            |
| -----Mn (mg g <sup>-1</sup> )----- |            |           |            |
| 60                                 | 1845,66 a  | 1945,76 a | 2003,31 a  |
| 120                                | 2081,12 a  | 1344,62 b | 1956,27 ab |
| 180                                | 1620,43 b  | 2454,95 a | 2270,37 ab |
| 240                                | 2119,42 a  | 1677,57 a | 1500,63 a  |
| 300                                | 1717,49 a  | 1271,66 a | 1508,93 a  |
| p>F (L)                            | 0,74       | 0,13      | 0,03       |
| p>F (Q)                            | 0,68       | 0,06      | 0,21       |
| r <sup>2</sup>                     | 2,47       | 11,05     | 46,38      |
| R <sup>2</sup>                     | 6,15       | 28,21     | 61,41      |

Médias seguidas de letras iguais na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Fonte: Elaboração da própria autora.

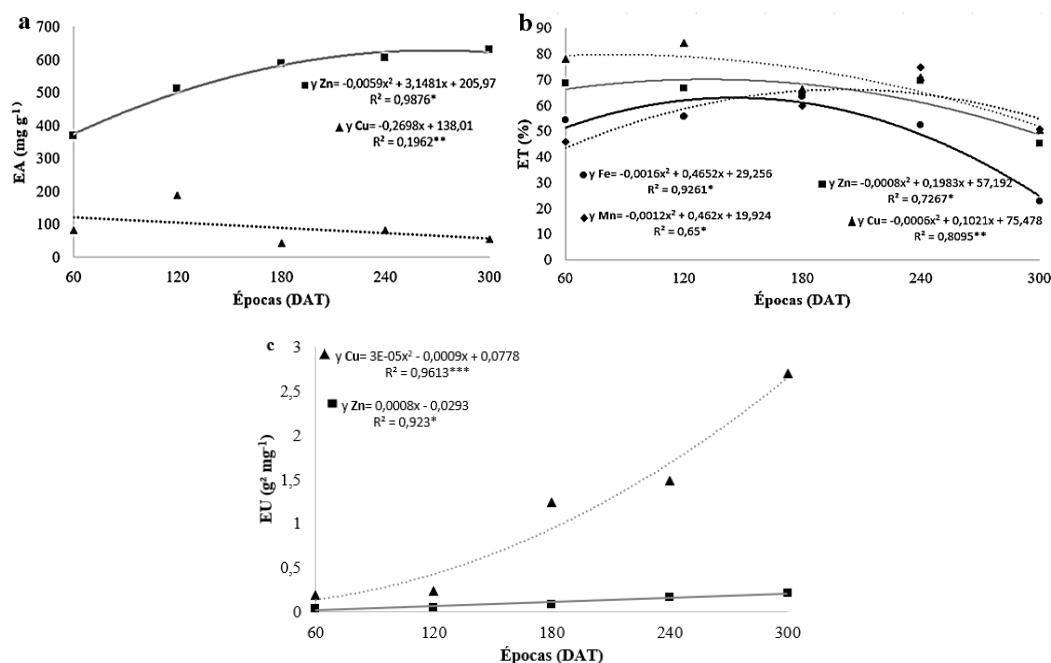
O clone GT1 apresentou maior EAM<sub>n</sub> em relação ao PB235 aos 60 DAT, contudo, situação contrária foi aferida aos 180 DAT. O IAN873 exibiu tendência linear decrescente, enquanto GT1 e PB235 não houve ajuste dos dados de EAM<sub>n</sub> ao modelo de regressão (Tabela 4).

Analisando as épocas de cultivo para a variável EAZ<sub>n</sub>, nota-se função quadrática, alcançando aos 300 DAT o valor de 629,92  $\text{mg g}^{-1}$  (Figura 5 a). Apesar do Zn ter exibido excelente EA, reposta contrária foi constatada para a EUZ<sub>n</sub>, onde apresentou baixo desempenho e ajuste linear das médias (Figura 5 c).

Observou-se baixos valores para a EACu (Figura 5 a), adequando-se ao modelo de regressão linear decrescente, no entanto ocorreu alta EUCu demonstrado pelo ajuste quadrático crescente ao longo das épocas de cultivo (Figura 5 c). Corroborando com os resultados encontrados, Vieira (2013)

estudando a eficiência nutricional de leguminosas arbóreas pioneiras e não pioneiras, verificou baixos valores para EACu dentro das espécies analisadas, enquanto que a EUCu exibiu os maiores valores se comparados aos demais nutrientes.

**Figura 5.** Eficiência de absorção (a), transporte (b) e utilização (c) de micronutrientes em porta-enxertos de seringueira em função de épocas de cultivo (DAT). Ilha Solteira-SP.



\*Regressão significativa ( $p > 0,05$ ) e \*\* ( $p > 0,01$ ). Fonte: Elaboração da própria autora.

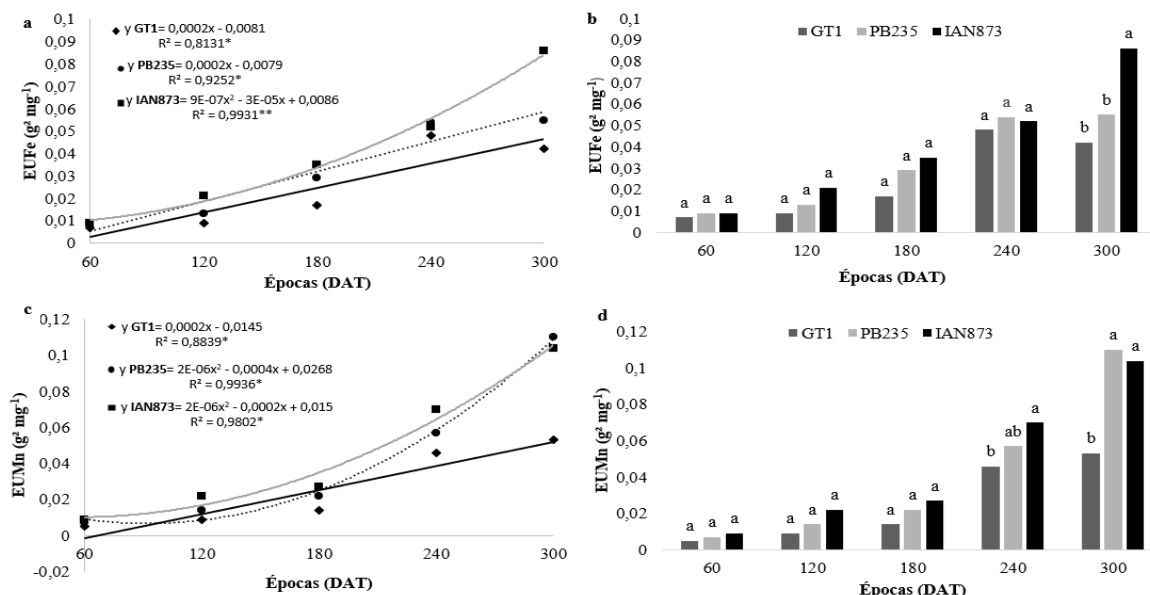
Conforme a análise de variância não houve diferença entre os porta-enxertos na eficiência de transporte (ET) de micronutrientes, entretanto foi constatado significância ( $p < 0,01$ ) para o fator época de cultivo (Tabela 3). Ocorreu resposta quadrática para as médias da ET de micronutrientes. Ao final do período experimental (300 DAT), o Fe apresentou o pior índice de ET (22,77%), seguido de Zn (45,12%), Cu (50,56%) e Mn (50,69%) (Figura 5 b). Tal fato pode ser explicado em decorrência do Fe apresentar baixa mobilidade dentro da planta (DECHEN; NACHTIGALL, 2006).

A eficiência de utilização (EU) apresentou interação (C\*E) para os micronutrientes Fe ( $p < 0,02$ ) e Mn ( $p < 0,01$ ), porém para Zn e Cu houve diferença significativa somente para os fatores isolados (Tabela 3).

Apesar dos dados da EAFe ter apontado diferença entre os clones IAN873 e PB235 somente no início experimental (Tabela 4), o mesmo não ocorreu para

a EUFe, que apenas na avaliação final (300 DAT), o porta-enxerto IAN873 demonstrou superioridade em relação a sua capacidade de uso do Fe (Figura 6 b).

**Figura 6.** Eficiência de utilização (EU) de ferro (a e b) e manganês (c e d) de porta-enxertos de seringueira em função de épocas de cultivo (DAT). Ilha Solteira- SP.



\*Regressão significativa ( $p > 0,05$ ) e \*\* ( $p > 0,01$ ). Fonte: Elaboração da própria autora.

Para a EUFe houve um aumento linear nas médias dos porta-enxertos GT1, PB235 ao longo das épocas de cultivo, enquanto para IAN873 o ajuste que melhor se adequou foi o quadrático (Figura 6 a).

Na Figura 6 d, a EUMn aos 240 DAT é maior para o clone IAN873 em comparação ao GT1, porém aos 300 DAT o IAN873 alcançou os maiores valores, destacando-se dos demais materiais avaliados. Ainda com relação a EUMn, é possível observar tendência linear para GT1 e quadrática para PB235 e IAN873.

Os resultados descritos ao longo do período experimental confirmam as diferenças de desempenho dos porta-enxertos de seringueira no tocante às características indicativas da eficiência nutricional. Diferentes genótipos podem apresentar diferenças na eficiência de aquisição do nutriente e, ou, na utilização do nutriente absorvido na produção de matéria seca (BARROS *et al.*, 2004). Como a demanda de nutrientes pela planta depende da sua taxa de crescimento e da eficiência com que ela converte o nutriente absorvido em biomassa, essas

diferenças na eficiência nutricional podem representar fator importante no emprego racional de fertilizantes.

As espécies ou genótipos distintos nem sempre reúnem todas as características desejáveis de eficiência para um ou mais nutrientes (FURTINI NETO, 1994) e que dificilmente será possível selecionar um genótipo que possua alta eficiência na utilização de todos os nutrientes (SANTANA *et al.*, 2002). Neste estudo pode-se inferir que, de forma geral, o porta-enxerto IAN873 demonstrou ser o mais eficiente na utilização dos nutrientes.

Deve-se ressaltar, entretanto, a necessidade da realização de estudos mais detalhados quanto a eficiência nutricional dos porta-enxertos, especialmente, após o processo de enxertia, buscando verificar a correlação entre porta enxerto x enxerto, uma vez que a exigência nutricional e a eficiência de utilização de nutrientes nessa fase podem não seguir o mesmo padrão dos resultados aferidos no presente trabalho.

#### 5.4 Conclusões

- 1) Os porta-enxertos demonstraram similaridade quanto a EA e ET de macronutrientes e ET de micronutrientes, porém, diferiram quanto a EU dos nutrientes.
- 2) O IAN873 apresentou elevado desempenho na EU de P, K e Fe, em contrapartida, o porta-enxerto GT1 obteve baixa EU de Ca, Mg, Mn, Zn e Cu;

#### REFERÊNCIAS

- BALIGAR, V. C.; FAGERIA, N. K.; HE, Z. L. Nutrient use efficiency in plants. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 32, p. 921-950, 2001.
- BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F. Mineral fertilizer recommendations for eucalypt plantations. *In*: GONÇALVES, J. L. M. (ed.). **Forest nutrition and fertilization**. Piracicaba: IPEF, 2004. p. 269-284.
- BATAGLIA, O. C.; SANTOS, W. R. Nutrição e adubação de seringais em formação e produção. *In*: **CICLO DE PALESTRAS SOBRE HEVEICULTURA PAULISTA**, 1., 1998. Barretos-SP. **Palestras [...]**. Barretos: 1998. 16 p.
- BATISTA, R. O.; NETO, A. E. F.; DECCETTI, S. F. C. Eficiência nutricional em clones de cedro-australiano. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n. 107, p. 647-655, 2015.

CALDEIRA, M. V. W.; RONDON NETO, R. M.; SCHUMACHER, M. V. Avaliação da eficiência nutricional de três procedências australianas de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 5, p. 615-620, 2002.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. *In*: FERNANDES, M. S. (ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/UFV. 2006, p. 327-354.

EBERHARDT, D. S.; DA SILVA, P. R. F.; NETO, S. R. R. Eficiência de absorção de nitrogênio por plantas de arroz e de dois ecótipos de arroz vermelho. **Planta Daninha**, v. 17, n. 2, 1999.

FAGERIA, N. K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, p. 6-16, 1998.

FARIA, G. E.; BARROS, N. F.; CUNHA, V. L. P.; MARTINS, I. S.; MARTINS, R. C. C. Avaliação da produtividade, conteúdo e eficiência de utilização de nutrientes em genótipos de *Eucalyptus* spp. no vale do Jequitinhonha, MG. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 3, p. 363-373, 2008.

FERREIRA, D. F. **SISVAR - Sistema de análise de variância**. Versão 5.1. Lavras: UFLA, 2010.

FURTINI NETO, A.E. **Eficiência nutricional, cinética de absorção e frações fosfatadas em *Eucalyptus* spp.** 1994. 99 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1994.

LI, B.; McKEAND, S. E.; ALLEN, H. L. Genetic variation in nitrogen use efficiency of loblolly pine seedlings. **Forest Science**, Bethesda, v. 37, n. 2, p. 613-626, 1991.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. 2. ed. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. 319 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. San Diego: Academic Press, 2012. 651 p.

OLIVEIRA, J. P. **Crescimento e nutrição mineral de porta-enxertos de seringueira (*Hevea* spp.) em função da idade**. 2006. 77 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2006.

PACHECO, R. G.; ALMEIDA, A. A. F.; SODRÉ, G. A.; CHEPOTE, R. E.; ARAUJO, Q. R.; MARROCOS, P. C. L. Produção de matéria seca e eficiência de absorção de fósforo por clones de cacaueiros aos oito meses de idade. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30, 2005, Recife. **Anais [...]**. Recife: SBCS, 2005.

PINTO, S. I. C.; NETO, A. E. F.; NEVES, J. C. L.; FAQUIN, V.; MORETTI, B. S. Eficiência nutricional de clones de eucalipto na fase de mudas cultivados em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p. 523-533, 2011.

ROZANE, D. E.; PRADO, R. M.; FRANCO, C. F.; NATALE, W. Eficiência de absorção, transporte e utilização de macronutrientes por porta-enxertos de caramboleira, cultivados em soluções nutritivas. **Ciências e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1020-1026, 2007.

SANTANA, R. C.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. Eficiência de utilização de nutrientes e sustentabilidade da produção em procedências de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em sítios florestais do Estado de São Paulo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, p. 447-457, 2002.

SIDDIQI, M. Y.; GLASS, A. D. M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient efficiency in plants. **Journal of Plant Nutrition**, Monticello, v. 4, n. 3, p. 289-302, 1981.

SILVEIRA, R. L. V. A.; LUCA, E. F.; SILVEIRA, L. V. A.; LUZ, H. F. Matéria seca, concentração e acúmulo de nutrientes em mudas de *Eucalyptus grandis* em função da idade. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 64, p. 136-149, 2003.

SWIADER, J. M.; CHYAN, Y.; FREIJI, F. G. Genotypic differences in nitrate uptake and utilization efficiency in pumpkin hybrids. **Journal of Plant Nutrition**, Monticello, v. 17, n. 10, p. 1687 - 1699, 1994.

THITITHANAKUL, S.; MA, N.; SUKKAWONG, S.; JAIKRAJANG, B. Determination of Nitrogen and Phosphorus Requirement of the RRIM 600 and RRIT 251 Young Rubber Trees. **Agricultural Technology and Biological Sciences**, v. 14, n. 7, p. 571-580, 2017.

VIEIRA, T. A. S. **Crescimento e eficiência nutricional de leguminosas arbóreas pioneiras e não pioneiras**. 2013. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciência florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

ZAMUNÉR FILHO, A. N.; VENTURIN, N.; PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; MACEDO, R. L. G. Dose of controlled-release fertilizer for production of rubber tree rootstocks. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 2, p. 239-245, 2012.

## **CAPÍTULO 6: ASPECTOS VEGETATIVOS DE MUDAS DE SERINGUEIRA CONSTITUÍDAS ATRAVÉS DE COMBINAÇÕES PORTA-ENXERTO/ COPA**

**RESUMO:** Na implantação de um seringal, são utilizadas mudas obtidas através do processo de enxertia, garantindo assim plantas mais uniformes e produtivas. Entretanto, são observadas variações de desenvolvimento entre plantas no campo, muitas vezes justificada pela influência dos porta-enxertos no desempenho dos enxertos. Tendo em vista a importância na escolha dos materiais de propagação na composição dos seringais, este trabalho teve como objetivo avaliar a influência dos porta-enxertos GT1, PB235 e IAN873 nos clones PR255 e RRIM600. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial 3x2x5, sendo três porta-enxertos (GT1, PB235 e IAN873), duas copas (PR255 e RRIM600) e cinco épocas de coleta de dados 60, 90, 120, 150 e 180 dias após transplântio (DAT), com três repetições. Os porta-enxertos oriundos de sementes clonais PB235 apresentaram baixo desempenho dos enxertos em termos de altura, diâmetro de caule, transpiração e massa seca de caule, entretanto, foram destaque para o índice SPAD. O excelente desempenho do clone RRIM600 (enxerto) para altura, diâmetro de caule, massa seca foliar, caulinar e total, indica alta compatibilidade com os porta-enxertos utilizados nesta pesquisa.

**Palavras-chave:** *Hevea brasiliensis* (Willd. Ex Adr. de Juss.) Muell.-Arg., Enxertia, propagação vegetativa, clones PR255 e RRIM600.

## 6.1 Introdução

A heveicultura possui grande destaque no setor agrícola, sendo fonte de látex, matéria-prima fundamental para a produção de borracha natural. Além disso, seu cultivo apresenta relevância para os setores econômico, ambiental e social no Brasil (GALVÃO *et al.*, 2016).

A produção de látex não tem atendido às necessidades dos mercados, gerando uma demanda maior que a oferta desta matéria-prima, tanto no âmbito nacional quanto internacional. Para solucionar esta problemática é necessário sérias interferências na cadeia produtiva, sendo este déficit suprido não apenas pela expansão da área cultivada, mas também pela introdução de clones com menor período de imaturidade e maior produção (CONFORTO *et al.*, 2011).

A escolha de mudas vigorosas e com origem genética conhecida é premissa para alcançar um bom desempenho produtivo do seringal. Nos primórdios da exploração comercial da seringueira, as mudas utilizadas eram exclusivamente provenientes de sementes, entretanto, em decorrência da grande variabilidade genética, passou-se a empregar largamente o processo de enxertia, método de propagação que visa assegurar a integridade genotípica dos clones estabelecidos, garantindo assim plantas mais homogêneas e produtivas (CARDINAL *et al.*, 2007).

Geralmente no processo de enxertia, a escolha da copa é condicionada a vários aspectos produtivos, enquanto, os porta-enxertos não seguem um padrão pré-estabelecido, desde que preencham as condições adequadas para enxertia são utilizados, não sendo levado em consideração sua influência no desenvolvimento do clone (MARTINS *et al.*, 2000).

Trabalhos de Gonçalves *et al.* (1994), Martins *et al.* (2000), Cardinal *et al.* (2007) demonstraram a existência de influência do porta-enxerto no crescimento e na produção do enxerto. Segundo Cardinal *et al.* (2007) os porta-enxertos devem ser preferencialmente produzidos a partir de sementes colhidas em seringais cultivados com os clones PB 235, GT 1 (macho-estéril) e IAN 873, por originarem porta-enxertos altamente compatíveis com os principais clones enxertados atualmente.

Tendo em vista a importância na escolha dos materiais de propagação na composição dos seringais, objetivou-se avaliar a influência dos porta-enxertos

GT1, PB235 e IAN873 no desenvolvimento das copas de seringueira PR255 e RRIM600.

## **6.2 Material e métodos**

O experimento foi desenvolvido na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) no campus de Ilha Solteira- SP, localizada a 20°43’09” de latitude sul e 51°33’79” de longitude oeste, com altitude em torno de 335 metros.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial 3x2x5, sendo combinações de três porta-enxertos (GT1, PB235 e IAN873), duas copas (PR255 e RRIM600) e cinco épocas de coleta de dados 60, 90, 120, 150 e 180 dias após transplântio (DAT), com três repetições.

As mudas de porta-enxertos de seringueira foram obtidas através de sementes proveniente de polinização aberta dos clones GT1, PB235 e IAN873 adquiridas de plantio multiclonais pertencente ao Instituto Agrônômico (IAC), localizado no município de Votuporanga-SP, coletadas em março/2018.

Para a enxertia foram selecionados porta-enxertos em perfeitas condições sanitárias e em plena atividade vegetativa. A enxertia foi realizada em dezembro/2019, utilizando-se hastes contendo os propágulos dos clones PR255 e RRIM600 coletadas anteriormente em jardim clonal instalado no Instituto Agrônômico (IAC), localizado no município de Votuporanga-SP.

A enxertia decorreu da abertura de uma janela a aproximadamente 10 cm do colo do porta-enxerto, com posterior encaixe da borbulha e amarração com fita plástica transparente (fitilho) em espiral no sentido ascendente. Transcorridos 21 dias foi constatado o “pegamento” da enxertia e em seguida procedeu-se a retirada da fita transparente.

Aos 30 dias, a parte aérea do porta-enxerto foi podada, com corte em bisel a 13 cm de altura acima do nível do substrato. Afim de evitar problemas fitossanitários por consequência da poda, foi utilizado tinta látex à base de água como tratamento impermeabilizante, pincelado no local do corte (caule).

O solo utilizado como substrato para a instalação do experimento foi o Latossolo Vermelho Distrófico típico, muito argiloso, conforme classificação brasileira dos solos (EMBRAPA, 1999), proveniente da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da UNESP (FEPE), localizada no município de Selvíria -

MS, coletado na camada de 0 – 0,20 m. O transplante das mudas enxertadas foi realizado em maio/2020 em vasos de 15 L preenchidos previamente com solo corrigido e adubado de acordo com a análise química do solo (Tabela 1) e as recomendações de Bataglia e Gonçalves *et al.* (1997) para a cultura da seringueira.

**Tabela 1.** Análise química do solo antes do plantio das mudas de seringueira.

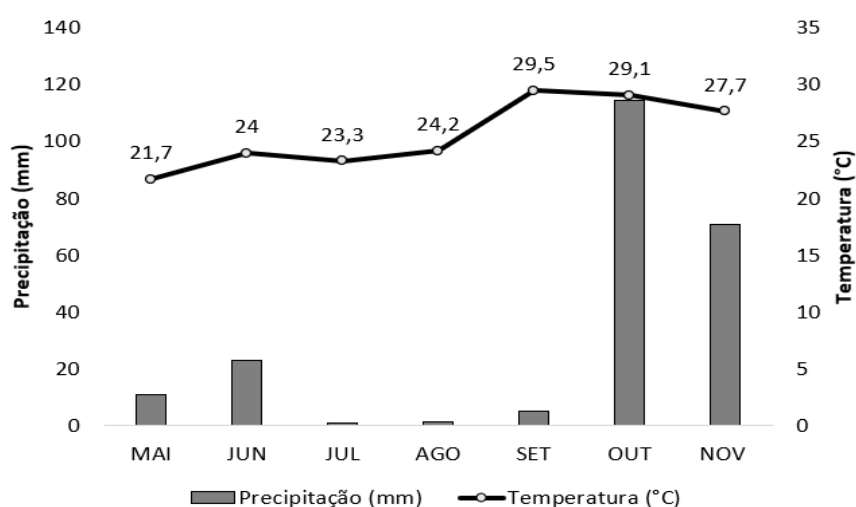
| pH<br>(CaCl <sub>2</sub> ) | K <sup>+</sup> | Ca <sup>+2</sup> | Mg <sup>+2</sup> | H+Al | Al  | SB   | CTC  | P  |
|----------------------------|----------------|------------------|------------------|------|-----|------|------|----|
| 5,0                        | 0,1            | 7                | 6                | 15   | 1   | 13,1 | 28,1 | 2  |
| Cu                         | B              | Zn               | S                | Fe   | Mn  | V    | M    | MO |
| 0,50                       | 0,10           | 0,30             | 5                | 21   | 6,6 | 47   | 7    | 16 |

Fonte: Elaboração da própria autora.

As adubações de cobertura foram realizadas aos 60 e 120 dias após o transplantio (DAT), com 3 g planta<sup>-1</sup> do formulado 10-10-10, sendo nessa mesma época aplicado via foliar a junção de 0,27 g de ZnSO<sub>4</sub>, 0,14 g MnSO<sub>4</sub> e 0,12 g de cal hidratada para cada litro de água.

Os dados mensais de temperatura (°C) e precipitação (mm) ocorridos durante o período experimental foram obtidos pela Estação Meteorológica da Área de Hidráulica e Irrigação da UNESP- campus de Ilha Solteira (Figura 1).

**Figura 1.** Médias mensais de temperatura (°C) e precipitação (mm), no período de maio/2020 a novembro/2020. Ilha Solteira-SP.



Fonte: Elaboração da própria autora.

Os parâmetros avaliados em cada época de cultivo foram: a) altura de planta (cm), mensurada da base do enxerto ao ápice da planta com uma fita métrica graduada; b) diâmetro do caule do enxerto (clone) com auxílio de paquímetro digital (mm); c) MSF: Massa seca foliar (g); d) MSC: Massa seca do caule (g); e) MSR: Massa seca de raiz (g) e f) MST: massa seca total (g).

A avaliação fisiológica foi realizada no período das 07 h às 11 h da manhã, em folhas totalmente expandidas localizada no ápice da planta, para tanto, utilizou-se um analisador de gás infravermelho (Infra Red Gas Analyser –IRGA, marca ADC BioScientific Ltd, modelo LC-Pro), sendo as condições inicialmente impostas de  $1000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  de radiação fotossinteticamente ativa (PAR), providas por lâmpadas LED, 380 ppm de  $\text{CO}_2$  e temperatura da câmara em  $28^\circ\text{C}$ . Na ocasião foram mensuradas a concentração interna de carbono ( $\text{Ci}$ -  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), condutância estomática ( $\text{gs}$ -  $\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), transpiração ( $\text{E}$ -  $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) e taxa de fotossíntese líquida ( $\text{A}$ -  $\mu\text{mol de CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). O teor de clorofila nas folhas foi determinado por meio do medidor portátil de clorofila SPAD-502 (modelo Minolta Camera Co. Ltda.), em duas folhas completamente expandidas por planta, localizadas no terço superior do dossel, cujas leituras foram realizadas entre 9 e 12 horas da manhã.

Os dados de cada variável foram submetidos à análise de variância através do teste F, e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Para os resultados significativos de épocas de coleta de dados (DAT), foram aplicados modelos de regressão que melhor se ajustaram aos efeitos obtidos. O software estatístico utilizado foi o SISVAR 5.1 (Ferreira, 2010).

### 6.3 Resultados e discussão

Analisando os dados apresentados nas Tabelas 2 e 3 é possível constatar que não houve interação significativa entre os porta-enxertos (GT1, PB235 e IAN873) e clones (PR255 e RRIM600). Esse mesmo comportamento foi relatado por Gonçalves *et al.* (1994), onde não encontraram interações significativas dos seis porta-enxertos no crescimento de seis enxertos (clones).

**Tabela 2.** Médias de altura (cm), diâmetro do caule do enxerto (mm), índice SPAD, fotossíntese líquida (A-  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), condutância estomática (gs-  $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), transpiração (E-  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) e concentração interna de  $\text{CO}_2$  (Ci-  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol ar}^{-1}$ ) de mudas de seringueira em função da época de cultivo. Ilha Solteira- SP.

| Tratamentos            | Altura   | Diâmetro | SPAD     | A      | gs     | E       | Ci       |
|------------------------|----------|----------|----------|--------|--------|---------|----------|
|                        |          |          | p>F      |        |        |         |          |
| Porta- enxerto (P)     | 0,01     | 0,05     | 0,02     | 0,67   | 0,23   | 0,05    | 0,46     |
| Clones (C)             | 0,01     | 0,01     | 0,01     | 0,96   | 0,44   | 0,14    | 0,43     |
| Épocas (E)             | 0,01     | 0,01     | 0,01     | 0,12   | 0,28   | 0,88    | 0,16     |
| P*C                    | 0,09     | 0,32     | 0,13     | 0,36   | 0,31   | 0,19    | 0,37     |
| P*E                    | 0,92     | 0,80     | 0,50     | 0,39   | 0,20   | 0,96    | 0,28     |
| C*E                    | 0,82     | 0,90     | 0,01     | 0,88   | 0,16   | 0,57    | 0,70     |
| P*C*E                  | 0,97     | 0,93     | 0,24     | 0,66   | 0,11   | 0,86    | 0,93     |
| C.V(%)                 | 11,78    | 8,03     | 8,86     | 27,59  | 22,51  | 29,33   | 19,87    |
| <b>Porta- enxertos</b> |          |          |          |        |        |         |          |
| GT1                    | 87,15 a  | 9,84 a   | 38,94 b  | 9,10 a | 0,15 a | 2,45 a  | 220,66 a |
| PB235                  | 76,80 b  | 9,35 b   | 41,24 a  | 8,54 a | 0,17 a | 2,02 b  | 223,56 a |
| IAN873                 | 84,69 a  | 9,61 ab  | 39,21 ab | 8,88 a | 0,16 a | 2,24 ab | 234,30 a |
| <b>Clones</b>          |          |          |          |        |        |         |          |
| PR255                  | 65,00 b  | 9,00 b   | 41,72 a  | 8,82 a | 0,16 a | 2,13 a  | 222,44 a |
| RRIM600                | 100,76 a | 10,20 a  | 37,88 b  | 8,85 a | 0,16 a | 2,34 a  | 229,91 a |
| <b>Épocas (DAT)</b>    |          |          |          |        |        |         |          |
| 60                     | 67,88    | 7,73     | 35,46    | 7,74   | 0,16   | 2,10    | 244,77   |
| 90                     | 74,55    | 8,62     | 39,15    | 8,78   | 0,15   | 2,29    | 226,88   |
| 120                    | 82,22    | 9,81     | 41,93    | 9,64   | 0,15   | 2,27    | 208,16   |
| 150                    | 91,39    | 10,42    | 40,55    | 8,47   | 0,16   | 2,21    | 218,88   |
| 180                    | 98,37    | 11,42    | 41,90    | 9,55   | 0,18   | 2,31    | 232,16   |
| p>F (L)                | 0,01     | 0,01     | 0,01     | 0,07   | 0,09   | 0,51    | 0,32     |
| p>F (Q)                | 0,80     | 0,59     | 0,01     | 0,36   | 0,14   | 0,69    | 0,20     |
| r <sup>2</sup>         | 99,74    | 99,30    | 70,85    | 44,00  | 54,11  | 36,59   | 14,53    |
| R <sup>2</sup>         | 99,79    | 99,41    | 90,27    | 55,02  | 96,57  | 50,13   | 93,70    |

Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DAT: dias após o transplante.

Fonte: Elaboração da própria autora.

Os resultados obtidos para altura do enxerto e diâmetro do caule mostraram significância para os fatores isolados de porta-enxertos, clones e épocas de cultivo (DAT) (Tabela 2). Os porta-enxertos GT1 e IAN873 proporcionaram maiores médias de altura do enxerto, sendo o GT1 destaque também para o incremento de caule comparado ao PB235 (Tabela 2). Resultados semelhantes foram encontrados por Martins *et al.* (2000), analisando combinações de enxertos (IAN873, RRIM600, RRIM701, PB235, PR107 e GT1) vs. porta-enxertos (IAN873, RRIM600, RRIM701, PB235, GT1 e SNS) para

plantio no Estado de São Paulo, onde identificaram maiores valores de perímetro do caule em clones enxertados nos porta-enxertos GT1 e IAN873.

Independentemente do porta-enxerto utilizado o enxerto com o clone RRIM600 obteve maiores médias de altura do enxerto, diâmetro de caule (Tabela 2), massa seca de raiz e massa seca total (Tabela 3). Esse excelente desempenho do enxerto RRIM600 pode ser atribuído a sua alta compatibilidade a diferentes porta-enxertos, tal como observado por Gonçalves e Martins (2002). O genótipo RRIM600 também foi destaque para altura de plantas, aferidas aos 120 DAP (1,04 m) e 360 DAP (1,60 m), no experimento conduzido por Macedo *et al.* (2003), com o intuito de avaliar o potencial de crescimento dos clones RRIM600, IAC15, GT1, PR255, IPA1 e PB235 para o plantio na região de Lavras-MG.

Ao longo das épocas de cultivo (DAT) foi observado ajuste linear crescente para as variáveis altura e diâmetro de caule (Tabela 2). As alturas das mudas de seringueira variaram de 67,88 cm a 98,37 cm, referente aos 60 e 180 DAT, respectivamente. Enquanto o diâmetro do enxerto oscilou entre 7,73 mm aos 60 DAT a 11,42 mm aos 180 DAT (Tabela 2). Esses valores foram superiores aos relatados por Viégas *et al.* (1992), que verificaram crescimento linear em altura e diâmetro em função da idade de plantas de seringueira cultivadas em casa de vegetação, resultando nas médias de 28,15 a 61,50 cm para altura e 3,5 a 5,6 mm para diâmetro de caule, no período de 60 e 180 dias.

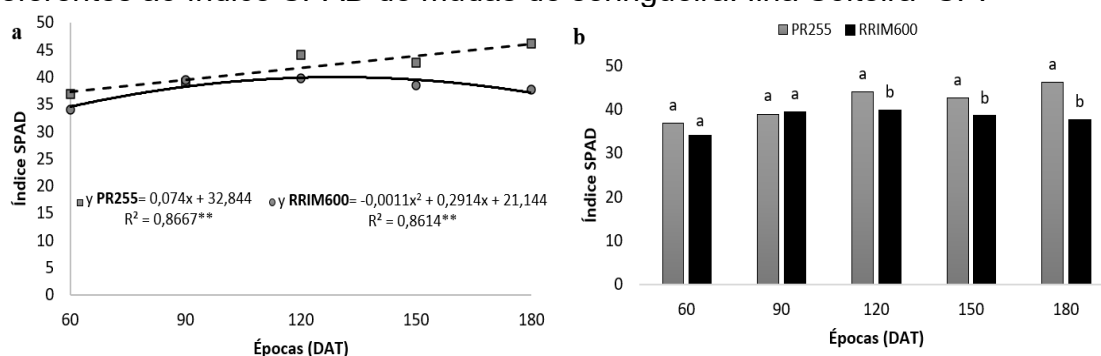
Não houve diferença entre os tratamentos para a taxa de fotossíntese líquida (A), condutância estomática (gs) e concentração interna de carbono (Ci) (Tabela 2). Assim como o presente estudo, Khotcharat *et al.* (2016), estudando o desenvolvimento e a compatibilidade de porta-enxertos de seringueira ao clone RRIM600, não constatarem diferenças significativas na taxa fotossintética (A) e condutância estomática (gs) aferidas aos seis meses após a enxertia.

Por outro lado, a transpiração (E) foi mais pronunciada no porta-enxerto GT1 ( $2,45 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) comparado ao material PB235 ( $2,02 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), porém, resposta contrária foi observada para o índice SPAD (Tabela 2). Conforme apontado por Cavalcante e Conforto (2002) os parâmetros fisiológicos acompanham as flutuações das características ambientais, sendo possível selecionar clones com melhores respostas ao período de seca. Esses mesmos autores, verificando a adaptabilidade dos clones RRIM 600, GT 1, RRIM 701,

IAN 873 e PB 235, em São José do Rio Preto (SP), relacionaram o clone PB 235 a maior redução na taxa de transpiração e maior restrição na abertura estomática, revelando este clone o mais sensível ao período seco.

O desdobramento da interação (C\*E) para o índice SPAD demonstrou tendência linear para PR255 e quadrática para RRIM600 ao longo das épocas de cultivo (Figura 2 a). Os clones apresentaram diferenças significativas no índice SPAD a partir dos 120 DAT, no qual o genótipo PR255 exibiu maiores valores até o término do período experimental (Figura 2 b).

**Figura 2.** Desdobramento da interação de clones (C) x (E) épocas de cultivo, referentes ao índice SPAD de mudas de seringueira. Ilha Solteira- SP.



\*Regressão significativa 5% e \*\* 1%. Fonte: Elaboração da própria autora.

Analisando a Tabela 3, nota-se para massa seca foliar (MSF) e de caule (MSC) interação significativa (C\*E), contudo, para massa seca de raiz (MSR) verificou-se uma interação do tipo P\*E. Todavia, para massa seca total (MST) houve significância para os fatores isolados clones e épocas.

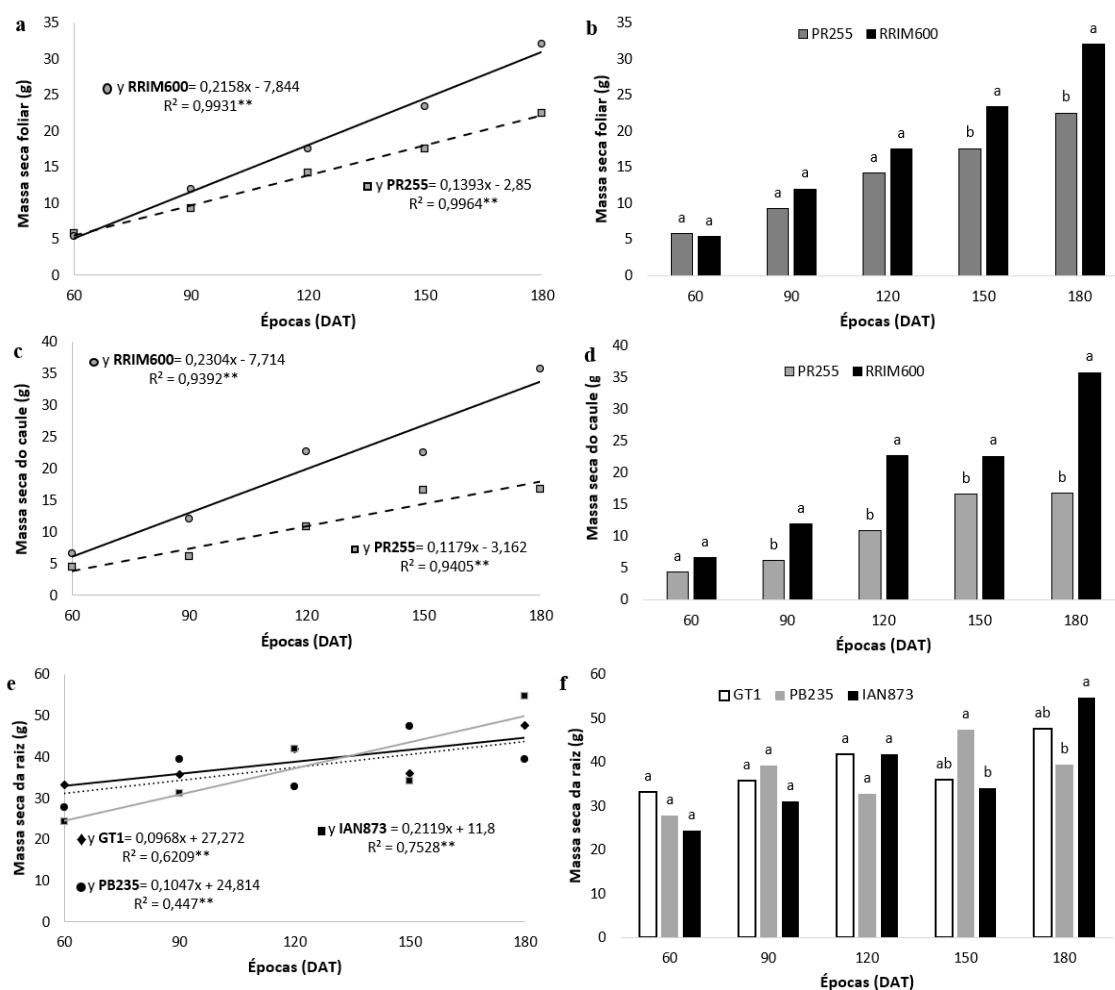
**Tabela 3.** Médias de massa seca foliar (MSF), massa seca do caule (MSC), massa seca de raiz (MSR) e massa seca total (MST) de mudas clonais de seringueira em função da época de cultivo. Ilha Solteira- SP.

| Tratamentos        | MSF     | MSC      | MSR     | MST     |
|--------------------|---------|----------|---------|---------|
|                    | p>F     |          |         |         |
| Porta- enxerto (P) | 0,69    | 0,02     | 0,72    | 0,56    |
| Clones (C)         | 0,01    | 0,01     | 0,01    | 0,01    |
| Épocas (E)         | 0,01    | 0,01     | 0,01    | 0,01    |
| P*C                | 0,96    | 0,53     | 0,54    | 0,60    |
| P*E                | 0,07    | 0,25     | 0,01    | 0,09    |
| C*E                | 0,01    | 0,01     | 0,49    | 0,06    |
| P*C*E              | 0,12    | 0,14     | 0,14    | 0,07    |
| C.V(%)             | 24,58   | 24,00    | 23,52   | 18,35   |
| GT1                | 16,45 a | 15,25 ab | 38,89 a | 70,60 a |
| PB235              | 15,66 a | 14,23 b  | 37,38 a | 67,27 a |
| IAN873             | 15,77 a | 16,89 a  | 37,23 a | 69,90 a |
| PR255              | 13,87 b | 10,98 b  | 34,29 b | 59,15 b |
| RRIM600            | 18,05 a | 19,93 a  | 41,37 a | 79,36 a |
| 60                 | 5,55    | 5,49     | 28,47   | 39,52   |
| 90                 | 10,63   | 9,08     | 35,41   | 55,13   |
| 120                | 15,88   | 16,77    | 38,83   | 71,49   |
| 150                | 20,47   | 19,63    | 39,17   | 79,29   |
| 180                | 27,27   | 26,32    | 47,26   | 100,86  |
| p>F (L)            | 0,01    | 0,01     | 0,01    | 0,01    |
| p>F (Q)            | 0,42    | 0,67     | 0,92    | 0,76    |
| r <sup>2</sup>     | 99,59   | 98,35    | 92,29   | 98,58   |
| R <sup>2</sup>     | 99,79   | 98,40    | 92,32   | 98,57   |

Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DAT: dias após o transplante. Fonte: Elaboração da própria autora.

O desdobramento da interação C\*E, demonstrou um aumento gradativo linear da MSF (Figura 3.a) e MSC (Figura 3.c) ao longo das épocas de cultivo para ambos os clones estudados, apresentando o RRIM600 melhor eficiência para o acúmulo de biomassa. A superioridade do genótipo RRIM600 pode ser constatada para MSF a partir dos 150 DAT (Figura 3.b), enquanto, que para MSC é observada mais antecipadamente aos 90 DAT (Figura 3.d).

**Figura 3.** Desdobramento da interação (C) x (E) e (P) x (E) para massa seca foliar (a; b), massa seca de caule (c; d) e massa seca de raiz (e; f) de mudas de seringueira. Ilha Solteira- SP.



\*Regressão significativa 5% e \*\* 1%. Fonte: Elaboração da própria autora.

Para MSC também foi verificado diferença significativa entre os porta-enxertos de seringueira, no qual o IAN873 alcançou maior média em relação ao PB235 (Tabela 3), concordando com os resultados obtidos por Martins *et al.* (2020) em ensaio desenvolvido no ano de (2013/2014) com sementes dos clones GT1, RRIM 600, PB 235, IAN 873 e SNS, averiguando aos 250 DAT melhor resposta do IAN873 em termos de massa seca da parte aérea (MSPA).

Os porta-enxertos apresentaram para MSR o ajuste linear crescente ao longo do período experimental, variando os valores de 33,19 a 47,63 g para GT1, 27,85 a 39,50 g para PB235 e 24,38 a 54,66 g planta<sup>-1</sup> para IAN873, referentes aos períodos de 60 DAT e 180 DAT respectivamente (Figura 3.e). A MSR encontrada nesta pesquisa está acima da mencionada por Martins *et al.* (2020),

que verificaram aos 250 DAT médias de 22,12 g para GT1, 20,48 g para PB235 e 31,59 g planta<sup>-1</sup> para IAN873.

O porta-enxerto PB235 aos 150 DAT demonstrou melhores resultados para MSR comparado ao IAN873, entretanto, o inverso ocorreu aos 180 DAT (Figura 3.f). Martins *et al.* (2020) observaram que o porta-enxerto IAN873 seguido por SNS são mais vigorosos no crescimento radicular, consequentemente, alcançando bons resultados para MSR.

A MST aumentou linearmente no decorrer das épocas de cultivo, alcançando 39,52 g planta<sup>-1</sup> aos 60 DAT e 100,86 g planta<sup>-1</sup> aos 180 DAT (Tabela 3). Esses valores divergiram dos encontrados por Galvão *et al.* (2016), no qual constataram que a produção de massa seca total aumentou conforme a idade das mudas de seringueira, variando de 3,65 a 380,03 g planta<sup>-1</sup> aos 2 e 10 meses respectivamente.

O clone RRIM600 apresentou melhor desempenho para o parâmetro de MST (Tabela 3), corroborando com os dados referente a seu desenvolvimento em altura e diâmetro de caule, conforme consta na tabela 2.

#### **6.4 Conclusões**

1. Os porta-enxertos oriundos de sementes clonais PB235 apresentaram baixo desempenho dos enxertos em termos de altura, diâmetro de caule, transpiração e massa seca de caule, entretanto, foram destaque para o índice SPAD.
2. O excelente desempenho do clone RRIM600 (enxerto) para altura do enxerto, diâmetro de caule, massas secas foliar, caulinar e total, indicam alta compatibilidade com os porta-enxertos utilizados nesta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- BATAGLIA, O. C.; GONÇALVES, P. S. "Seringueira". In: RAIJ, B. van, CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. 243 p.
- CARDINAL, A. B. B.; GONÇALVES, P. D.; MARTINS, A. L. M. Influência de seis porta-enxertos sobre a produção de clones superiores de seringueira. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 2, p. 277-284, 2007.
- CAVALCANTE, J. R.; CONFORTO, E. C. Desempenho de cinco clones jovens de seringueira na região do planalto ocidental paulista. **Bragantia**, Campinas, v. 61, n. 3, 237-245, 2002.
- CONFORTO, E. C.; BITTENCOURT JUNIOR, N. S.; SCALOPPI JUNIOR, E. J.; MORENO, R. M. B. Comparação entre folhas sombreadas de sete clones adultos de seringueira. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 1, p. 29-34, 2011.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Embrapa. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Serviço de Produção de Informação, 1999.
- GALVÃO, J.R.; VIÉGAS, I.J.M.; OLIVEIRA, J.P.; SILVA, D.R.; YAKUWA, T.K.M.; RIBEIRO, F.O. Crescimento de porta-enxertos de seringueira e teores de macronutrientes em um Latossolo Amarelo da Amazônia. **Revista Inova Ciência & Tecnologia**, Uberaba, v. 2, n. 3, p. 14-21. 2016.
- GONÇALVES, P. S.; MARTINS, A. L.M.; BORTOLETTO, N. Avaliação do crescimento de seis diferentes populações de porta-enxertos de seringueira: uma avaliação preliminar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.4, p.553-560, abr. 1994.
- GONÇALVES, P. S.; MARTINS, A. L. M. Combining ability effects of clonal rootstocks and scions in rubber trees (*Hevea*). **Cropps Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 2, n.3, p.445-452, 2002.
- KHOTCHARAT, N.; SDOODEE, S.; MEESAWATB, U. Growth performance of clonal rubber rootstocks and combining ability test with the scion of clone RRIM 600. **Agriculture and Natural Resources**, Bangkok, n. 50, p. 98-103, 2016.
- MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; DE OLIVEIRA, T. K.; GOMES, J. E.; SALGADO, B. G.; VALE, R. S. Estabelecimento e crescimento de clones de seringueira [*Hevea brasiliensis* (Willd. x Adr. de Juss) Müell Arg.] introduzidos na região de Lavras – MG. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, Garça, n. 2, v. 1, 2003.
- MARTINS, A. L. M.; RAMOS, N. P.; GONÇALVES, P. S.; DOVAL, K. S. Influência de porta-enxertos no crescimento de clones de seringueira no Estado de São Paulo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 9, p. 1743-1750, 2000.

MARTINS, A. N.; SUGUINO, E.; GAZOLA, E.; GONÇALVES, P. de S.; SCALOPPI JÚNIOR, E. J.; SILVA, J. Q.; SALES, B. T. L. da S. Desenvolvimento de porta-enxertos clonais de seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) em viveiro suspenso. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, Curitiba, v. 3, n. 3, p. 877-883, 2020.

## **CAPÍTULO 7: INFLUÊNCIA DE PORTA-ENXERTOS DE SERINGUEIRA NA MARCHA DE ABSORÇÃO DE NUTRIENTES DOS CLONES PR255 E RRIM600**

**RESUMO:** O conhecimento da marcha de absorção de nutrientes de plantas clonais de seringueira pode contribuir para definição das doses e épocas ideais para a fertilização da cultura. O objetivo desta pesquisa foi avaliar a influência dos porta-enxertos GT1, PB235 e IAN873 na marcha de absorção de nutrientes dos clones de seringueira PR255 e RRIM600. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial 3x2x5, sendo três porta-enxertos (GT1, PB235 e IAN873), duas copas (PR255 e RRIM600) e cinco épocas de coleta de dados 60, 90, 120, 150 e 180 dias após transplântio (DAT), com três repetições. O acúmulo de macro e micronutrientes nos componentes da biomassa de mudas de seringueira foi influenciada pela interação dos fatores porta-enxerto, clone e épocas de cultivo. A demanda de NF, KF, KC, KR, CaC, MgF, MgC, SC, FeF, FeC, MnF, MnC e ZnF acompanhou o crescimento das mudas, sendo o acúmulo dos nutrientes crescente com a idade da planta. As diferenças entre os tratamentos na extração e alocação desses nutrientes foram evidentes a partir de 120 DAT. Independentemente do porta-enxerto utilizado, a demanda total de nutrientes aos 180 DAT foi maior para mudas com a copa RRIM600, apresentando a combinação de IAN873+RRIM600 elevada exigência pelos micronutrientes Fe, Mn, Zn e Cu. Apesar de haver diferença de acúmulo nutricional entre as mudas formadas por clones e porta-enxertos distintos, foi constatado similaridade na ordem de extração total dos nutrientes, apresentando em sequência decrescente os macronutrientes: N>K>Mg>Ca>S>P e micronutrientes: Fe>Mn>Zn>Cu.

**Palavras-Chave:** seringais, fertilização, exigência nutricional, macronutrientes, micronutrientes, extração de nutrientes.

## 7.1 Introdução

O sucesso na implantação de um seringal está ligado diretamente com o plantio de mudas de alta qualidade, sendo primordial o conhecimento da sua origem genética, da boa formação, além do vigor e sanidade do material propagado (ANDRADE; MARTINS, 2003).

As mudas empregadas na composição de seringais, são provenientes do processo de enxertia, método de propagação que garante plantas mais homogêneas e produtivas. Comumente os enxertos são escolhidos em função da sua adaptabilidade ao local e produtividade, enquanto que os porta-enxertos, desde que apresentem diâmetro de caule ideais, são utilizados para a enxertia, não seguindo critérios pré-determinados para sua escolha (MARTINS *et al.*, 2000).

De acordo com Gonçalves *et al.* (1994), Martins *et al.* (2000), Cardinal *et al.* (2007) os porta-enxertos podem influenciar no crescimento e na produção dos clones de seringueira, contudo, não relataram suas particularidades em termos de variações nas exigências nutricionais. A composição genética de uma planta enxertada pode contribuir para diferenças na absorção e dinâmica de acúmulo de nutrientes ao longo de seu ciclo de cultivo, havendo a necessidade de estudos para que sejam compreendidas as interações entre os porta-enxertos e enxertos referentes à nutrição mineral.

O estudo da marcha de absorção é uma ferramenta importante no manejo da adubação, pois, retrata a dinâmica de acúmulo de nutrientes na massa seca ao longo do tempo de cultivo (PRADO; NASCIMENTO, 2003) e consequentemente no crescimento do enxerto. Desse modo, através dos dados gerados pelo acompanhamento da marcha de absorção é possível estabelecer estratégias de manejo nutricional, conhecer o momento adequado para o fornecimento dos nutrientes e favorecer o desenvolvimento/crescimento da planta, assim como, influenciar na redução do período de imaturidade e início produtivo do cultivo, refletindo em retorno econômico do capital investido pelo heveicultor.

Salienta-se que não há informações disponíveis na literatura sobre a demanda de nutrientes com base nas possíveis interações de porta-enxertos e enxertos, que possibilitem definir um programa de adubação mais eficiente apoiado na constituição genética das plantas utilizadas para a composição de

seringais comerciais. Portanto, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a influência dos porta-enxertos GT1, PB235 e IAN873 na marcha de absorção de nutrientes dos clones de seringueira PR255 e RRIM600.

## **7.2 Material e métodos**

O experimento foi desenvolvido na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) no campus de Ilha Solteira- SP, localizada a 20°43'09" de latitude sul e 51°33'79" de longitude oeste, com altitude em torno de 335 metros.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial 3x2x5, sendo combinações de três porta-enxertos (GT1, PB235 e IAN873), duas copas (PR255 e RRIM600) e cinco épocas de coleta de dados 60, 90, 120, 150 e 180 dias após transplântio (DAT), com três repetições.

As mudas de porta-enxertos de seringueira foram obtidas através de sementes (proveniente de polinização aberta) dos clones GT1, PB235 e IAN873 adquiridas de plantio multiclonais pertencente ao Instituto Agrônômico (IAC), localizado no município de Votuporanga-SP, coletadas em março/2018.

Para a enxertia foram selecionados porta-enxertos em adequadas condições sanitárias e em plena atividade vegetativa. A enxertia foi realizada em dezembro/2019, utilizando-se hastes contendo os propágulos dos clones PR255 e RRIM600 coletadas anteriormente em jardim clonal instalado no Instituto Agrônômico (IAC), localizado no município de Votuporanga-SP.

A enxertia decorreu da abertura de uma janela a aproximadamente 10 cm do colo do porta-enxerto, com posterior encaixe da borbulha e amarração com fita plástica transparente (fitilho) em espiral no sentido ascendente. Transcorridos 21 dias foi constatado o “pegamento” da enxertia e em seguida procedeu-se a retirada da fita transparente.

Aos 30 dias, a parte aérea do porta-enxerto foi podada, com corte em bisel a 13 cm de altura acima do nível do substrato. Afim de evitar problemas fitossanitários por consequência da poda. Foi utilizado tinta látex à base de água como tratamento impermeabilizante, pincelado no local do corte (caule).

O solo utilizado como substrato para a instalação do experimento foi o Latossolo Vermelho Distrófico típico, muito argiloso, conforme classificação brasileira dos solos (EMBRAPA, 1999), proveniente da Fazenda de Ensino,

Pesquisa e Extensão da UNESP (FEPE), localizada no município de Selvíria - MS, coletado na camada de 0 – 0,20 m. O transplante das mudas foi realizado em maio/2020 em vasos de 15 L preenchidos previamente com solo corrigido e adubado de acordo com a análise química do solo (Tabela 1) e as recomendações de Bataglia e Gonçalves *et al.* (1997) para a cultura da seringueira.

**Tabela 1.** Análise química do solo antes do plantio das mudas de seringueira.

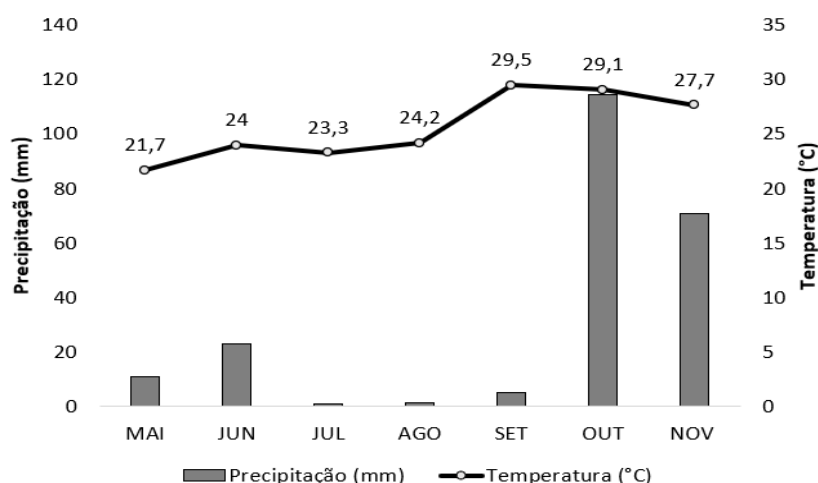
| pH<br>(CaCl <sub>2</sub> ) | K <sup>+</sup> | Ca <sup>+2</sup> | Mg <sup>+2</sup> | H+Al | Al  | SB   | CTC  | P  |
|----------------------------|----------------|------------------|------------------|------|-----|------|------|----|
| 5,0                        | 0,1            | 7                | 6                | 15   | 1   | 13,1 | 28,1 | 2  |
| Cu                         | B              | Zn               | S                | Fe   | Mn  | V    | M    | MO |
| 0,50                       | 0,10           | 0,30             | 5                | 21   | 6,6 | 47   | 7    | 16 |

Fonte: Elaboração da própria autora.

As adubações de cobertura foram realizadas aos 60 e 120 dias após o transplante (DAT), com 3 g planta<sup>-1</sup> do formulado 10-10-10 (N-P-K), sendo nessa mesma época aplicado via foliar a junção de 0,27 g de ZnSO<sub>4</sub>, 0,14 g MnSO<sub>4</sub> e 0,12 g de cal hidratada para cada litro de água.

Os dados mensais de temperatura (°C) e precipitação (mm) ocorridos durante o período experimental foram obtidos pela Estação Meteorológica da Área de Hidráulica e Irrigação da UNESP- Campus de Ilha Solteira (Figura 1).

**Figura 1.** Médias mensais de temperatura (°C) e precipitação (mm), no período de maio/2020 a novembro/2020. Ilha Solteira-SP.



Fonte: Elaboração da própria autora.

As avaliações dos macros e micronutrientes foram realizadas aos 60, 90, 120, 150 e 180 DAT, através da coleta das plantas que foram subdivididas em raízes, caule e folhas e posteriormente lavadas em água destilada e secas em

estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 65°C, por um período de 72 horas. Depois de secas, as amostras foram pesadas em balança de precisão de 0,01 g, para determinação da massa seca das diferentes partes da planta (folhas, caule e raiz), em seguida o material foi moído em moinho tipo Willey, com facas e câmara de aço inoxidável e com peneiras de 0,5 ou 1,0 mm de diâmetro (20-40 *mesh*). O material vegetal seco e moído, foi submetido à digestão sulfúrica e à nitroperclórica. As amostras oriundas da digestão sulfúrica foram utilizadas para a análise do teor de N, enquanto que as amostras processadas pela digestão nitroperclórica foram usadas para as análises dos teores P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Zn e Cu, conforme a metodologia descrita por Malavolta *et al.* (1997).

A partir dos teores (TN) no tecido vegetal de macronutrientes ( $\text{g kg}^{-1}$ ), micronutrientes ( $\text{mg Kg}^{-1}$ ) e da massa da matéria seca (MS), foi calculado o acúmulo dos nutrientes nos diferentes componentes da biomassa de mudas de seringueira, ao longo do período experimental, pela fórmula:

$$\text{Acúmulo de macronutrientes} = \frac{\text{MS da parte (g)} \times \text{TN na parte (g kg}^{-1}\text{)}}{1000} = \text{g planta}^{-1} \times 1000 = \text{mg planta}^{-1}$$

$$\text{Acúmulo de micronutrientes} = \frac{\text{MS da parte (mg)} \times \text{TN na parte (mg kg}^{-1}\text{)}}{1000} = \mu\text{g planta}^{-1}$$

Os dados de cada variável foram submetidos à análise de variância através do teste F, e as médias dos porta-enxertos comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Para os resultados significativos, foram aplicados modelos de regressão que melhor se ajustaram aos efeitos obtidos. O software estatístico utilizado foi o SISVAR 5.1 (FERREIRA, 2010).

### 7.3 Resultados e discussão

Constatou-se a ocorrência de interações significativas triplas ( $P \times C \times E$ ) entre porta-enxertos (P), clones (C) e épocas (E), para o acúmulo foliar de nitrogênio (NF), potássio (KF) e magnésio (MgF); no caule para potássio (KC), cálcio (CaC), magnésio (MgC), enxofre (SC) e na raiz para o potássio (KR) (Tabela 2). Em relação aos micronutrientes, foram observadas interações  $P \times C \times E$  nas folhas para ferro (FeF), manganês (MnF), zinco (ZnF) e cobre (CuF); no caule para ferro (FeC), manganês (MnC), cobre (CuC) e na raiz para manganês (MnR) (Tabela 3).

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância ( $p>F$ ) de macronutrientes em folhas, caules e raízes em mudas de seringueira. Ilha Solteira- SP.

| Tratamentos        | NF    | NC    | NR    | PF    | PC    | PR    | KF    | KC    | KR    | CaF   | CaC   | CaR   | MgF   | MgC   | MgR   | SF    | SC    | SR    |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                    | $p>F$ |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Porta- enxerto (P) | 0,12  | 0,01  | 0,06  | 0,01  | 0,36  | 0,49  | 0,16  | 0,01  | 0,72  | 0,47  | 0,01  | 0,37  | 0,56  | 0,13  | 0,84  | 0,34  | 0,02  | 0,02  |
| Clones (C)         | 0,01  | 0,01  | 0,01  | 0,21  | 0,01  | 0,12  | 0,01  | 0,01  | 0,19  | 0,01  | 0,98  | 0,01  | 0,01  | 0,01  | 0,01  | 0,01  | 0,01  | 0,01  |
| Épocas (E)         | 0,01  | 0,01  | 0,01  | 0,01  | 0,01  | 0,01  | 0,01  | 0,01  | 0,01  | 0,01  | 0,01  | 0,27  | 0,01  | 0,01  | 0,01  | 0,01  | 0,01  | 0,01  |
| P*C                | 0,54  | 0,42  | 0,23  | 0,06  | 0,33  | 0,38  | 0,71  | 0,89  | 0,48  | 0,30  | 0,01  | 0,80  | 0,93  | 0,09  | 0,50  | 0,27  | 0,03  | 0,56  |
| P*E                | 0,28  | 0,10  | 0,01  | 0,01  | 0,08  | 0,02  | 0,17  | 0,24  | 0,01  | 0,04  | 0,01  | 0,01  | 0,08  | 0,07  | 0,01  | 0,03  | 0,05  | 0,01  |
| C*E                | 0,01  | 0,04  | 0,62  | 0,43  | 0,01  | 0,96  | 0,03  | 0,01  | 0,32  | 0,11  | 0,45  | 0,01  | 0,01  | 0,01  | 0,29  | 0,04  | 0,01  | 0,01  |
| P*C*E              | 0,01  | 0,39  | 0,11  | 0,07  | 0,22  | 0,46  | 0,01  | 0,01  | 0,04  | 0,14  | 0,01  | 0,09  | 0,01  | 0,01  | 0,11  | 0,42  | 0,03  | 0,08  |
| C.V(%)             | 23,10 | 22,68 | 21,08 | 18,42 | 27,34 | 31,59 | 25,45 | 29,64 | 27,03 | 23,49 | 20,17 | 31,96 | 25,09 | 25,81 | 26,85 | 27,81 | 30,83 | 31,17 |

Nitrogênio foliar (NF), Caulinar (NC) e radicular (NR); Fósforo foliar (PF), Caulinar (PC) e radicular (PR); Potássio foliar (KF), Caulinar (KC) e radicular (KR); Cálcio foliar (CaF), Caulinar (CaC) e radicular (CaR); Magnésio foliar (MgF), Caulinar (MgC) e radicular (MgR); Enxofre foliar (SF), Caulinar (SC) e radicular (SR). Fonte: Elaboração da própria autora.

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância ( $p>F$ ) de micronutrientes em folhas, caules e raízes em mudas de seringueira. Ilha Solteira- SP.

| Tratamentos        | FeF   | FeC   | FeR   | MnF   | MnC   | MnR   | ZnF   | ZnC   | ZnR   | CuF   | CuC   | CuR   |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                    | $p>F$ |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Porta- enxerto (P) | 0,01  | 0,06  | 0,01  | 0,35  | 0,01  | 0,21  | 0,01  | 0,07  | 0,02  | 0,50  | 0,01  | 0,07  |
| Clones (C)         | 0,14  | 0,01  | 0,01  | 0,01  | 0,01  | 0,12  | 0,01  | 0,01  | 0,01  | 0,01  | 0,01  | 0,01  |
| Épocas (E)         | 0,01  | 0,01  | 0,01  | 0,01  | 0,01  | 0,01  | 0,01  | 0,01  | 0,01  | 0,01  | 0,01  | 0,01  |
| P*C                | 0,01  | 0,42  | 0,69  | 0,06  | 0,01  | 0,01  | 0,04  | 0,13  | 0,61  | 0,02  | 0,01  | 0,72  |
| P*E                | 0,01  | 0,01  | 0,09  | 0,03  | 0,01  | 0,04  | 0,01  | 0,29  | 0,01  | 0,32  | 0,23  | 0,09  |
| C*E                | 0,01  | 0,01  | 0,01  | 0,03  | 0,01  | 0,01  | 0,01  | 0,01  | 0,02  | 0,30  | 0,01  | 0,06  |
| P*C*E              | 0,01  | 0,02  | 0,98  | 0,03  | 0,01  | 0,01  | 0,01  | 0,35  | 0,17  | 0,01  | 0,01  | 0,84  |
| C.V(%)             | 26,61 | 34,67 | 31,79 | 36,67 | 30,78 | 30,21 | 28,44 | 27,70 | 18,60 | 25,04 | 20,03 | 26,86 |

Ferro foliar (FeF), Caulinar (FeC) e radicular (FeR); Manganês foliar (MnF), Caulinar (MnC) e radicular (MnR); Zinco foliar (ZnF), Caulinar (ZnC) e radicular (ZnR), Cobre foliar (CuF), Caulinar (CuC) e radicular (CuR).

Fonte: Elaboração da própria autora.

De acordo com o desdobramento triplo, observou-se que aos 120 DAT, o clone PR255, quando enxertados sobre GT1 ( $587,85 \text{ mg pl}^{-1}$ ), apresentou maiores acúmulos de NF em relação as mudas formadas a partir do PB235 ( $331,78 \text{ mg pl}^{-1}$ ). Contudo, para o clone RRIM600, aos 150 DAT, o porta-enxerto IAN873 ( $891,14 \text{ mg pl}^{-1}$ ) obteve melhor desempenho comparado ao PB235 ( $571,42 \text{ mg pl}^{-1}$ ), sendo o inverso constatado aos 180 DAT (Tabela 4). Verificaram-se nos porta-enxertos GT1 (150 e 180 DAT), PB235 (120 e 180 DAT) e IAN873 (150 DAT), que a copa RRIM600 demonstrou superioridade ao PR255 no acúmulo de NF (Tabela 4). Dharmakeerthi *et al.* (2012) relataram valores superiores a  $500 \text{ mg pl}^{-1}$  de N em mudas clonais de RRIC 121, após 12 semanas de cultivo, estabelecidas em um Argissolo fertilizado com de 1% e 2% de biocarvão+N+Mg.

O maior acúmulo de KF foi do porta-enxerto PB235 diferindo de IAN873, quando utilizados para formação de plantas clonais de PR255 e RRIM600 aos 150 e 180 DAT, respectivamente. A copa RRIM600 influenciou na maior quantidade de KF, aos 150 DAT para GT1 ( $313,82 \text{ mg pl}^{-1}$ ), 120 e 180 DAT para PB235 ( $255,50$  e  $536,08 \text{ mg pl}^{-1}$ ) e 150 DAT para IAN873 ( $320,40 \text{ mg pl}^{-1}$ ) (Tabela 4). Os valores aferidos na atual pesquisa são superiores aos relatados por Viégas *et al.* (1992), que estudando a extração nutricional em porta-enxertos de seringueira encontraram  $140 \text{ mg pl}^{-1}$  de K nas folhas aos 240 dias.

O clone PR255 exibiu aos 150 DAT maior quantidade de KC quando utilizado o porta-enxerto PB235 ( $355,47 \text{ mg pl}^{-1}$ ) em relação ao GT1 ( $164,15 \text{ mg pl}^{-1}$ ), porém, aos 180 DAT o IAN873 ( $345,76 \text{ mg pl}^{-1}$ ) atingiu melhores resultados quando comparado ao PB235 ( $157,49 \text{ mg pl}^{-1}$ ). Para o clone RRIM600, aos 150 DAT, os resultados indicaram maior acúmulo de KC, quando combinado ao porta-enxerto IAN873 ( $416,01 \text{ mg pl}^{-1}$ ). A partir dos 120 DAT, todos os porta-enxertos utilizados nessa pesquisa, associados ao clone RRIM600, resultaram em maiores teores de KC, do que quando empregue o genótipo PR255 (Tabela 4).

O acúmulo de potássio em plantas de seringueira em função da aplicação de doses de  $\text{K}_2\text{O}$  em solo foi pesquisado por Correia *et al.* (2017), obtendo no oitavo mês após o transplante a deposição na parte aérea de  $690 \text{ mg pl}^{-1}$  e  $820 \text{ mg pl}^{-1}$  de K para os tratamentos sem adição de  $\text{K}_2\text{O}$  e  $0,5 \text{ Kg m}^{-3}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , respectivamente.

**Tabela 4.** Desdobramento da interação porta-enxertos x clones x épocas (PxCXE), referente ao acúmulo de macronutrientes (mg pl<sup>-1</sup>) em mudas de seringueira. Ilha Solteira- SP.

| N Foliar       |                |           |            |            |            |           | K Foliar       |                |           |           |            |           |           |
|----------------|----------------|-----------|------------|------------|------------|-----------|----------------|----------------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|
| Clones         |                |           |            |            |            |           | Clones         |                |           |           |            |           |           |
| Épocas         | PR255          |           |            | RRIM600    |            |           | Épocas         | PR255          |           |           | RRIM600    |           |           |
|                | Porta-Enxertos |           |            |            |            |           |                | Porta-Enxertos |           |           |            |           |           |
|                | GT1            | PB235     | IAN873     | GT1        | PB235      | IAN873    |                | GT1            | PB235     | IAN873    | GT1        | PB235     | IAN873    |
| 60             | 235,01 aA      | 139,22 aA | 197,61 aA  | 169,74 aA  | 132,91 aA  | 194,18 aA | 60             | 73,36 aA       | 39,57 aA  | 53,08 aA  | 42,42 aA   | 47,30 aA  | 72,69 aA  |
| 90             | 285,24 aA      | 211,92 aA | 360,32 aA  | 387,98 aA  | 328,72 aA  | 382,85 aA | 90             | 82,90 aA       | 70,58 aA  | 90,62 aA  | 123,66 aA  | 127,78 aA | 131,64 aA |
| 120            | 587,85 aA      | 331,78 bB | 530,67 abA | 673,80 aA  | 586,61 aA  | 531,73 aA | 120            | 218,96 aA      | 130,80 aB | 156,00 aA | 271,11 aA  | 255,50 aA | 190,64 aA |
| 150            | 462,47 aB      | 576,79 aA | 480,06 aB  | 747,38 abA | 571,42 bA  | 891,14 aA | 150            | 171,20 abB     | 264,17 aA | 155,94 bB | 313,82 aA  | 246,74 aA | 320,40 aA |
| 180            | 733,65 aB      | 700,47 aB | 820,40 aA  | 982,43 abA | 1122,53 aA | 839,03 bA | 180            | 388,93 aA      | 341,22 aB | 336,39 aA | 443,19 abA | 536,08 aA | 372,61 bA |
| p>F (L)        | 0,01           | 0,01      | 0,01       | 0,01       | 0,01       | 0,01      | p>F (L)        | 0,01           | 0,01      | 0,01      | 0,01       | 0,01      | 0,01      |
| p>F (Q)        | 0,95           | 0,37      | 0,59       | 0,48       | 0,08       | 0,28      | p>F (Q)        | 0,04           | 0,14      | 0,05      | 0,93       | 0,01      | 0,60      |
| r <sup>2</sup> | 80,02          | 96,50     | 87,73      | 97,70      | 89,36      | 91,52     | r <sup>2</sup> | 78,66          | 95,33     | 84,29     | 98,08      | 87,36     | 97,61     |
| R <sup>2</sup> | 80,03          | 98,11     | 88,34      | 98,27      | 91,83      | 93,01     | R <sup>2</sup> | 84,54          | 98,26     | 91,61     | 98,09      | 91,46     | 97,98     |

| K Caulinar     |                |           |            |            |           |           | K radicular    |                |           |           |           |           |           |
|----------------|----------------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|----------------|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Clones         |                |           |            |            |           |           | Clones         |                |           |           |           |           |           |
| Épocas         | PR255          |           |            | RRIM600    |           |           | Épocas         | PR255          |           |           | RRIM600   |           |           |
|                | Porta-Enxertos |           |            |            |           |           |                | Porta-Enxertos |           |           |           |           |           |
|                | GT1            | PB235     | IAN873     | GT1        | PB235     | IAN873    |                | GT1            | PB235     | IAN873    | GT1       | PB235     | IAN873    |
| 60             | 73,76 aA       | 15,73 aA  | 41,74 aA   | 50,36 aA   | 75,00 aA  | 72,11 aA  | 60             | 250,48 aA      | 165,93 aA | 191,69 aA | 298,13 aA | 271,38 aA | 212,12 aA |
| 90             | 50,51 aA       | 20,09 aA  | 75,82 aA   | 79,45 aA   | 123,83 aA | 154,63 aA | 90             | 269,43 aA      | 302,05 aA | 229,15 aA | 239,05 aA | 267,99 aA | 209,71 aA |
| 120            | 189,64 aB      | 131,37 aB | 213,17 aB  | 417,89 aA  | 294,11 aA | 417,89 aA | 120            | 498,85 aA      | 366,80 aA | 350,30 aA | 453,18 aA | 330,28 aA | 376,86 aA |
| 150            | 164,15 bB      | 355,47 aA | 223,32 abB | 329,05 abA | 272,37 bA | 416,01 aA | 150            | 227,75 bA      | 606,17 aA | 280,62 bB | 379,91 aA | 444,09 aB | 555,15 aA |
| 180            | 260,11 abB     | 157,49 bB | 345,76 aB  | 632,58 aA  | 695,80 aA | 687,64 aA | 180            | 495,03 aA      | 381,88 aA | 532,09 aA | 506,50 aA | 489,43 aA | 509,58 aA |
| p>F (L)        | 0,01           | 0,01      | 0,01       | 0,01       | 0,01      | 0,01      | p>F(L)         | 0,01           | 0,01      | 0,01      | 0,01      | 0,01      | 0,01      |
| p>F (Q)        | 0,64           | 0,06      | 0,74       | 0,42       | 0,01      | 0,44      | p>F(Q)         | 0,98           | 0,01      | 0,25      | 0,68      | 0,47      | 0,71      |
| r <sup>2</sup> | 79,97          | 50,04     | 94,47      | 84,62      | 80,92     | 93,49     | r <sup>2</sup> | 26,86          | 53,09     | 74,35     | 65,02     | 91,36     | 84,71     |
| R <sup>2</sup> | 81,28          | 57,98     | 94,76      | 85,07      | 90,21     | 93,88     | R <sup>2</sup> | 26,87          | 73,97     | 79,93     | 66,07     | 95,22     | 85,09     |

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha para porta-enxertos e maiúsculas na linha para clones, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Fonte: Elaboração da própria autora.

Aos 150 DAT, o clone PR255 apresentou maior acúmulo de KR quando enxertados sobre o PB235 ( $606,17 \text{ mg pl}^{-1}$ ), contudo, para o clone RRIM600 não houve diferença significativa entre os porta-enxertos estudados. Observando o desempenho do porta-enxerto em copas distintas, nota-se que para o IAN873 o clone RRIM600 ( $555,15 \text{ mg pl}^{-1}$ ) demonstrou maior concentração de KR (Tabela 4). Esses valores de KR são superiores aos descritos por Correia *et al.* (2017), que apurando os efeitos da fertilização com potássio no crescimento e resposta nutricional de mudas clonais GT1, constataram que aos 8 meses após o transplante as plantas acumularam na raiz  $350 \text{ mg pl}^{-1}$  de K, no tratamento sem adição de K, e  $500 \text{ mg pl}^{-1}$  de K quando utilizado  $0,5 \text{ Kg m}^{-3}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ .

A maior exigência de CaC foi referente ao clone PR255 combinado com o porta-enxerto GT1 ( $195,19 \text{ mg pl}^{-1}$ ) diferindo do IAN873 ( $95,91 \text{ mg pl}^{-1}$ ) aos 120 DAT, entretanto, aos 150 DAT houve destaque para o PB235 ( $307,31 \text{ mg pl}^{-1}$ ). A copa RRIM600 em junção ao IAN873 aos 120 DAT e GT1 aos 180 DAT, conferiram altos teores de CaC. Em relação aos porta-enxertos, para GT1 o RRIM600 obteve maior CaC a partir dos 150 DAT, todavia, para PB235 os melhores resultados foram encontrados com o PR255 aos 120 e 150 DAT (Tabela 4.1). Estes valores são superiores ao aferido por Viégas *et al.* (1992) nos primeiros 240 dias em casa de vegetação, onde o teor de Ca no caule foi de  $30 \text{ mg pl}^{-1}$ . Por outro lado, Frandoloso (2012) encontrou para pinhão manso aos 180 dias o valor de  $405,1 \text{ mg pl}^{-1}$  de Ca no caule.

A copa PR255 enxertada sobre GT1 apresentou maior acúmulo de MgF comparado ao PB235 aos 120 DAT, sendo tendência inversa verificada aos 150 DAT. Para a copa RRIM600, aos 150 DAT, em junção ao IAN873 resultou em maior quantidade de MgF em relação ao PB235, porém, PB235 se destacou na última avaliação experimental. Para os porta-enxertos GT1 (150 e 180 DAT), PB235 (120 e 180 DAT) e IAN873 (150 DAT) a maior exigência por MgF foi associada ao clone RRIM600 (Tabela 4.1). Resultados divergentes do presente estudo foram obtidos por Diniz (2018), que estudando os atributos nutricionais dos clones de seringueira FDR5788, FX3864 e RRIM600 não averiguaram diferenças significativa para os teores de Mg foliares.

**Tabela 4.1.** Desdobramento da interação porta-enxertos x clones x épocas (PxCXE), referente ao acúmulo de macronutrientes (mg pl<sup>-1</sup>) em mudas de seringueira. Ilha Solteira- SP.

| Mg Foliar      |                |           |           |            |           |           | Mg caulinar    |                |           |           |            |           |           |
|----------------|----------------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|----------------|----------------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|
| Clones         |                |           |           |            |           |           | Clones         |                |           |           |            |           |           |
| Épocas         | PR255          |           |           | RRIM600    |           |           | Épocas         | PR255          |           |           | RRIM600    |           |           |
|                | Porta-Enxertos |           |           |            |           |           |                | Porta-Enxertos |           |           |            |           |           |
|                | GT1            | PB235     | IAN873    | GT1        | PB235     | IAN873    |                | GT1            | PB235     | IAN873    | GT1        | PB235     | IAN873    |
| 60             | 25,83 aA       | 14,45 aA  | 17,36 aA  | 17,11 aA   | 17,82 aA  | 23,09 aA  | 60             | 18,29 aA       | 9,79 aA   | 12,39 aA  | 14,86 aA   | 19,75 aA  | 16,67 aA  |
| 90             | 33,43 aA       | 20,56 aA  | 37,36 aA  | 49,17 aA   | 38,04 aA  | 51,92 aA  | 90             | 27,08 aA       | 25,27 aA  | 34,88 aA  | 25,63 aA   | 30,60 aA  | 58,07 aA  |
| 120            | 123,19 aA      | 69,57 bB  | 92,53 abA | 145,41 aA  | 124,06 aA | 108,61 aA | 120            | 97,34 aB       | 67,73 aB  | 83,44 aB  | 173,71 abA | 127,26 bA | 177,28 aA |
| 150            | 88,40 bB       | 142,76 aA | 99,39 abB | 165,66 abA | 120,83 bA | 192,24 aA | 150            | 70,59 bB       | 170,32 aA | 111,77 bB | 154,36 abA | 110,54 bB | 191,63 aA |
| 180            | 157,21 aB      | 136,51 aB | 151,63 aA | 205,82 bA  | 260,73 aA | 189,37 bA | 180            | 125,81 aB      | 96,66 aB  | 121,05 aB | 227,93 aA  | 242,32 aA | 219,54 aA |
| p>F (L)        | 0,01           | 0,01      | 0,01      | 0,01       | 0,01      | 0,01      | p>F (L)        | 0,01           | 0,01      | 0,01      | 0,01       | 0,01      | 0,01      |
| p>F (Q)        | 0,96           | 0,99      | 0,76      | 0,26       | 0,01      | 0,49      | p>F (Q)        | 0,93           | 0,03      | 0,38      | 0,43       | 0,01      | 0,01      |
| r <sup>2</sup> | 78,61          | 89,35     | 95,81     | 95,13      | 88,14     | 93,39     | r <sup>2</sup> | 80,01          | 62,24     | 95,68     | 86,31      | 85,68     | 90,79     |
| R <sup>2</sup> | 78,61          | 89,35     | 95,97     | 96,13      | 92,52     | 93,78     | R <sup>2</sup> | 80,03          | 68,35     | 97,39     | 86,66      | 89,34     | 94,67     |

| Ca caulinar    |                |            |           |            |           |           | S caulinar     |                |          |           |          |          |           |
|----------------|----------------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|----------------|----------------|----------|-----------|----------|----------|-----------|
| Clones         |                |            |           |            |           |           | Clones         |                |          |           |          |          |           |
| Épocas         | PR255          |            |           | RRIM600    |           |           | Épocas         | PR255          |          |           | RRIM600  |          |           |
|                | Porta-Enxertos |            |           |            |           |           |                | Porta-Enxertos |          |           |          |          |           |
|                | GT1            | PB235      | IAN873    | GT1        | PB235     | IAN873    |                | GT1            | PB235    | IAN873    | GT1      | PB235    | IAN873    |
| 60             | 86,69 aA       | 18,63 aA   | 44,65 aA  | 56,59 aA   | 68,83 aA  | 54,13 aA  | 60             | 17,59 aA       | 7,34 aA  | 11,32 aA  | 16,21 aA | 18,86 aA | 22,67 aA  |
| 90             | 54,64 aA       | 57,44 aA   | 57,06 aA  | 66,05 aA   | 52,68 aA  | 92,68 aA  | 90             | 18,95 aA       | 13,94 aA | 24,95 aA  | 21,07 aA | 30,40 aA | 36,48 aA  |
| 120            | 195,19 aA      | 179,86 abA | 95,91 bA  | 150,04 abA | 68,64 bB  | 162,76 aA | 120            | 43,43 aB       | 42,36 aA | 45,40 aB  | 75,38 bA | 51,03 bA | 110,12 aA |
| 150            | 84,28 bB       | 307,31 aA  | 61,26 bA  | 169,97 aA  | 102,19 aB | 138,35 aA | 150            | 18,23 bB       | 45,26 aA | 37,88 abA | 47,53 aA | 37,29 aA | 49,68 aA  |
| 180            | 191,75 aB      | 179,98 aA  | 143,68 aA | 320,28 aA  | 129,63 bA | 129,48 bA | 180            | 42,03 aB       | 41,61 aB | 33,40 aB  | 92,66 aA | 81,39 aA | 87,67 aA  |
| p>F (L)        | 0,01           | 0,01       | 0,02      | 0,01       | 0,05      | 0,02      | p>F(L)         | 0,04           | 0,01     | 0,01      | 0,01     | 0,01     | 0,01      |
| p>F (Q)        | 0,78           | 0,01       | 0,51      | 0,03       | 0,30      | 0,07      | p>F(Q)         | 0,86           | 0,09     | 0,02      | 0,95     | 0,26     | 0,01      |
| r <sup>2</sup> | 32,98          | 62,62      | 63,58     | 88,30      | 75,68     | 53,28     | r <sup>2</sup> | 32,20          | 77,19    | 47,71     | 72,34    | 75,40    | 38,53     |
| R <sup>2</sup> | 33,30          | 77,27      | 68,49     | 95,80      | 96,18     | 88,65     | R <sup>2</sup> | 32,42          | 88,91    | 90,75     | 72,35    | 78,33    | 48,39     |

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha para porta-enxertos e maiúsculas na linha para clones, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.  
 Fonte: Elaboração da própria autora.

O MgC demonstrou maior concentração no clone PR255 associado ao PB235 (170,32 mg pl<sup>-1</sup>) aos 150 DAT, entretanto, para o clone RRIM600 o melhor desempenho foi averiguado para IAN873 (177,28 e 191,63 mg pl<sup>-1</sup>) em comparativo ao PB235 (127,26 e 110,54 mg pl<sup>-1</sup>) aos 120 e 150 DAT, respectivamente. Analisando o comportamento dos porta-enxertos em clones distintos, nota-se que a partir dos 120 DAT, o clone RRIM600 foi o que acumulou maior MgC (Tabela 4.1). Valores distintos foram relatados por Oliveira (2006) no caule de mudas de seringueira, verificando os valores de 2,18 mg pl<sup>-1</sup> a 390,48 mg pl<sup>-1</sup> de Mg obtido no segundo ao décimo mês de idade.

A quantidade de SC foi maior na copa PR255 quando associada ao PB235 (45,26 mg pl<sup>-1</sup>) em relação ao GT1 (18,23 mg pl<sup>-1</sup>), contudo, para RRIM600 as melhores médias foram em junção ao IAN873 (110,12 mg pl<sup>-1</sup>) aos 120 DAT. Os porta-enxertos GT1 (a partir 120 DAT), PB235 (180 DAT) e IAN873 (120 e 180 DAT) foi observado superioridade do clone RRIM600 em relação ao PR255, para os teores de SC (Tabela 4.1). Oliveira (2006) identificou o enxofre como o elemento de menor alocação no caule de porta-enxertos de seringueira, exibindo uma amplitude de 1,19 mg pl<sup>-1</sup> de S no segundo mês a 174,92 mg pl<sup>-1</sup> de S no décimo mês.

De modo geral, no estudo do desdobramento da interação tripla dos macronutrientes, foi possível observar que as diferenças significativas entre os tratamentos foram evidentes a partir de 120 DAT. Esse fato pode estar interligado a adaptação da muda à campo, no qual, essa fase normalmente pode durar de um a três meses pós-plantio, onde as taxas de acúmulo de nutrientes ainda são pequenas (GONÇALVES *et al.*, 2004).

De modo geral, o acompanhamento nutricional dos tratamentos clonais de mudas de seringueira ao longo do período experimental exibiu ajuste linear crescente na demanda por NF, KF, KC, KR, CaC, MgF, MgC, SC, FeF, FeC, MnF, MnC e ZnF (Tabela 5). Essa resposta já era esperada, visto que, a exigência nutricional cresce à medida que há o aumento de produção de matéria seca pela planta. Hytönen *et al.* (2019) constataram que a quantidade de nutrientes contidos nas plantações de seringueira é diretamente relacionada com o ganho de biomassa do povoamento.

**Tabela 5.** Equações de regressões das interações triplas referentes aos acúmulos de macronutrientes e micronutrientes de mudas provenientes das combinações de porta-enxerto X enxertos. Ilha Solteira-SP.

| Equações Polinomiais<br>Macronutrientes |                          |                          |                                 |                           |                          |                                 |
|-----------------------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| Variável                                | GT1                      | PR255<br>PB235           | IAN873                          | GT1                       | RRIM600<br>PB235         | IAN873                          |
| NF                                      | $Y = 3,9150X - 8,953$    | $Y = 4,9579X - 202,914$  | $Y = 4,5510X - 68,308$          | $Y = 6,6159X - 201,643$   | $Y = 7,4064X - 340,332$  | $Y = 5,9932X - 151,405$         |
| KF                                      | $Y = 2,3981X - 100,705$  | $Y = 2,6562X - 149,478$  | $Y = 2,1064X - 94,360$          | $Y = 3,3056X - 157,834$   | $Y = 3,6550X - 195,928$  | $Y = 2,6286X - 97,844$          |
| KC                                      | $Y = 1,6211X - 46,904$   | $Y = 2,0629X - 111,523$  | $Y = 2,5184X - 122,246$         | $Y = 4,7134X - 263,743$   | $Y = 4,6338X - 263,834$  | $Y = 4,9747X - 247,470$         |
| KR                                      | $Y = 1,4913X + 169,344$  | $Y = 2,4533X + 70,163$   | $Y = 2,4409X + 23,861$          | $Y = 1,8586X + 152,317$   | $Y = 2,040X + 115,760$   | $Y = 3,1345X - 3,453$           |
| CaC                                     | $Y = 0,7991X + 26,610$   | $Y = 1,9086X - 80,385$   | $Y = 0,6742X - 0,385$           | $Y = 2,1043X - 99,934$    | $Y = 0,5703X + 15,898$   | $Y = 0,6545X + 36,934$          |
| MgF                                     | $Y = 1,059X - 41,480$    | $Y = 1,2210X - 69,756$   | $Y = 1,1019X - 52,571$          | $Y = 1,6464X - 80,934$    | $Y = 1,8953X - 115,144$  | $Y = 1,5762X - 76,102$          |
| MgC                                     | $Y = 0,8618X - 35,60$    | $Y = 1,062X - 53,558$    | $Y = 0,9807X - 44,973$          | $Y = 1,8495X - 102,648$   | $Y = 1,7502X - 103,93$   | $Y = 1,7976X - 83,08$           |
| SC                                      | $Y = 0,1605X + 8,78$     | $Y = 0,3328X - 9,83$     | $Y = 0,1903X + 7,748$           | $Y = 0,5978X - 21,17$     | $Y = 0,4398X - 8,982$    | $Y = 0,4773X + 4,05$            |
| Micronutrientes                         |                          |                          |                                 |                           |                          |                                 |
| FeF                                     | $Y = 55,566X - 2363,39$  | $Y = 177,94X - 10400,28$ | $Y = 42,313X - 1935,69$         | $Y = 76,128X - 3967,44$   | $Y = 118,768X - 7970,84$ | $Y = 70,574X - 2980,42$         |
| FeC                                     | $Y = 7,908X + 259,15$    | $Y = 23,854X - 1445,69$  | $Y = 18,078X - 663,92$          | $Y = 22,987X - 648,70$    | $Y = 37,198X - 1774,40$  | $Y = 21,485X - 197,95$          |
| MnF                                     | $Y = 89,810X - 4558,19$  | $Y = 101,00X - 6193,14$  | $Y = 63,016X - 3398,12$         | $Y = 121,575X - 6441,66$  | $Y = 127,869X - 8091,04$ | $Y = 124,76X - 6579,32$         |
| MnC                                     | $Y = 123,508X - 7691,26$ | $Y = 140,87X - 10128,6$  | $Y = 78,587X - 4325,16$         | $Y = 230,483X - 15090,52$ | $Y = 114,167X - 7089,57$ | $Y = 138,00X - 7203,80$         |
| MnR                                     | $Y = 138,267X - 2492,70$ | $Y = 196,587X - 6930,18$ | $Y = 3,61X^2 - 674,6 + 35515,5$ | $Y = 190,564X - 3685,32$  | $Y = 148,60X - 4845,66$  | $Y = 236,65X - 12032,07$        |
| ZnF                                     | $Y = 18,815X - 750,61$   | $Y = 35,947X - 2360,19$  | $Y = 21,449X - 1341,42$         | $Y = 28,933X - 1510,45$   | $Y = 33,106X - 2033,11$  | $Y = 29,096X - 1630,13$         |
| CuF                                     | $Y = 1,689X - 39,74$     | $Y = 2,590X - 111,17$    | --                              | $Y = 1,653X - 11,58$      | $Y = 2,802X - 136,26$    | $Y = 5,207X - 315,28$           |
| CuC                                     | $Y = 1,038X + 2,73$      | $Y = 1,512X - 90,27$     | $Y = 1,433X - 31,91$            | $Y = 1,833X - 58,19$      | $Y = 2,51X - 99,20$      | $Y = -0,04X^2 + 13,23 - 635,55$ |

Fonte: Elaboração da própria autora.

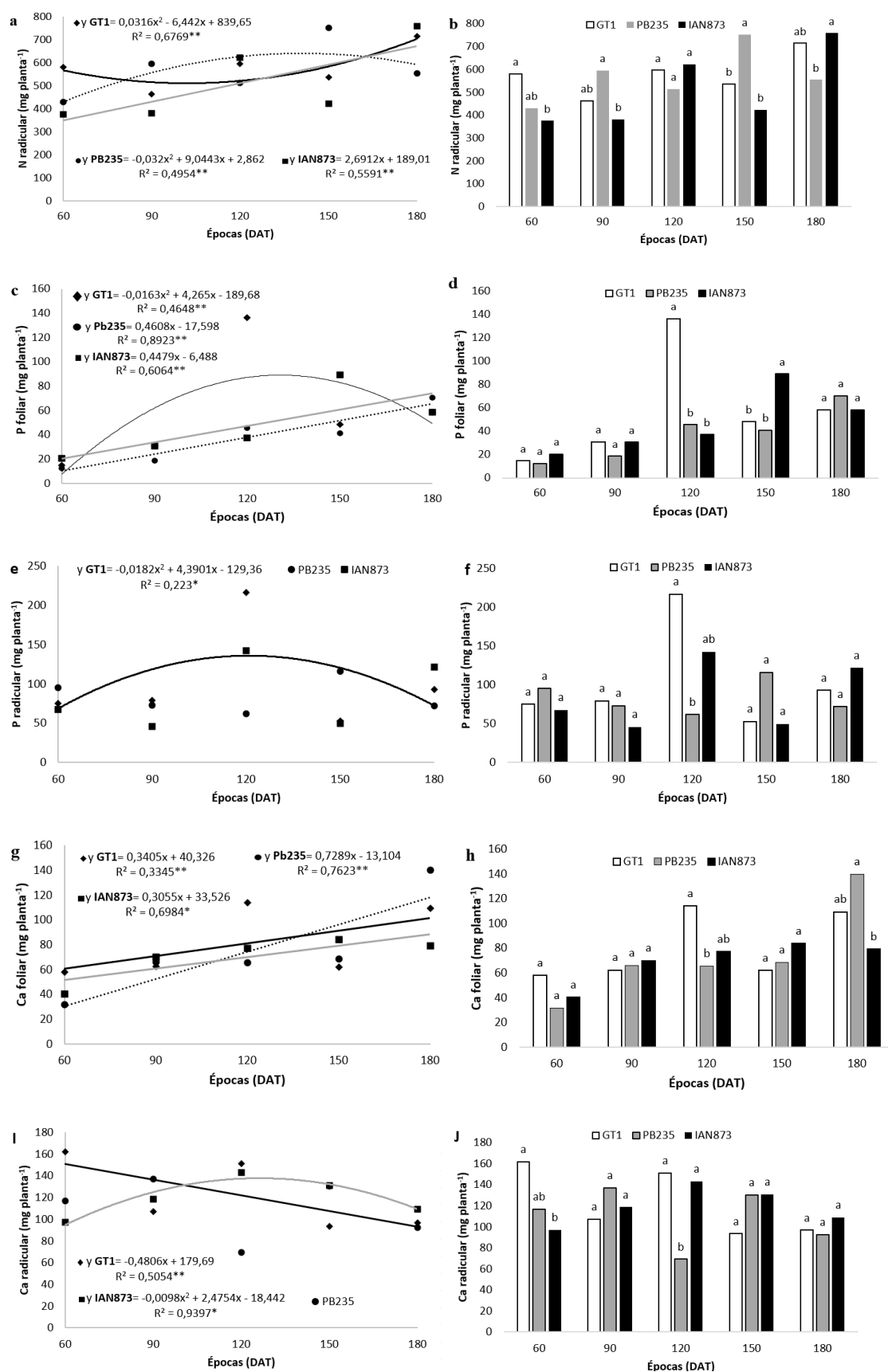
Além da interação tripla, também foi determinada influência das épocas de cultivo no acúmulo de macronutrientes tanto nos porta-enxertos, quanto nos clones. Constatou-se a interação (P\*E) para NR, PF, PR, CaF, CaR, MgR, SF e SR, contudo, para NC, PC, CaR, SF e SR, houve o predomínio da interação (C\*E) (Tabela 2).

Nota-se que o padrão de acúmulo de N radicular foi linear crescente para o porta-enxerto IAN873 e quadrático para GT1 e PB235, atingindo os valores de 758,32 mg  $pl^{-1}$  para IAN873 aos 180 DAT, 641,91 mg  $pl^{-1}$  para PB235 aos 141 DAS, entretanto, para GT1 a menor média foi de 511,33 mg  $pl^{-1}$  aos 101 DAT (Figura 2.a). O acúmulo de NR foi bastante heterogêneo entre os porta-enxertos ao longo do período experimental, não havendo diferença significativa somente aos 120 DAT, data esta que foi disponibilizada a segunda adubação de cobertura (Figura 2.b). Geralmente, as necessidades de elementos minerais tendem a modificar-se ao longo do crescimento e desenvolvimento da planta (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Para a quantidades de P foliares ajustaram-se os modelos quadrático para GT1, com ponto de máximo aos 130,81 DAT no valor de 89,31 mg  $planta^{-1}$ , e linear para PB235 e IAN873, contendo ao final do período avaliado 70,53 e 58,46 mg  $planta^{-1}$  de PF, respectivamente (Figura 2.c). Em mudas do clone Fx3864, cultivadas em Rio Branco-AC, com o dobro da idade das utilizadas nessa pesquisa, Guerrini *et al.* (1993) encontraram 250 mg  $planta^{-1}$  de PF. O acúmulo de PF foi maior para o porta-enxerto GT1 aos 120 DAT, apresentando um decréscimo na avaliação subsequente, existindo nesta data exigência maior por esse elemento em IAN873 (Figura 2.d).

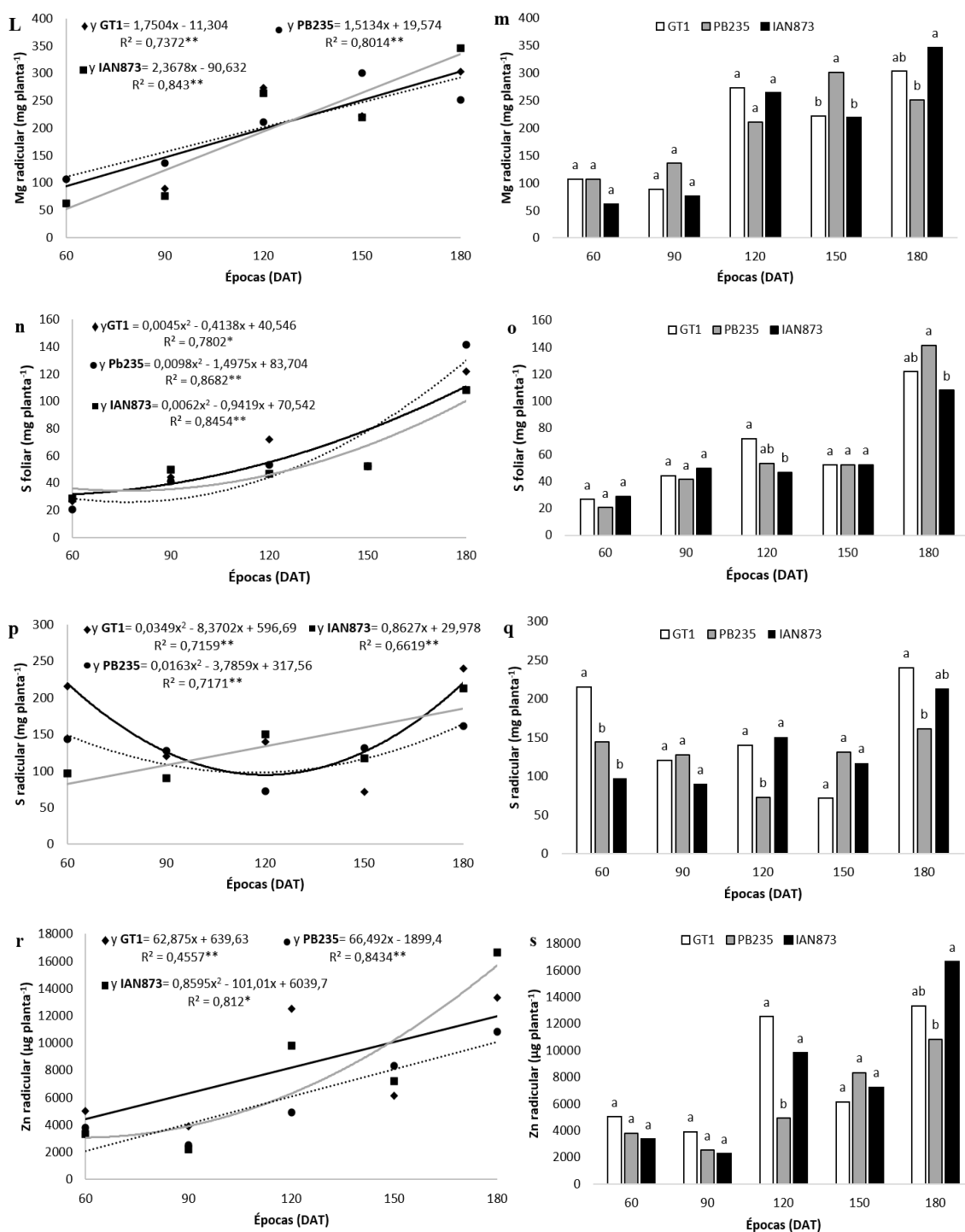
As médias de P radicular seguiram a tendência quadrática para GT1, porém, não houve ajuste aos modelos matemáticos para PB235 e IAN873 (Figura 2.e). Aos 120 DAT, o porta-enxerto GT1 apresentou maior demanda por PR (216,21 mg), diferindo do material PB235 (61,71 mg) (Figura 2.f).

**Figura 2.** Desdobramento da interação de porta-enxerto (P) x (E) épocas de cultivo de mudas de seringueira. Ilha Solteira- SP.



Fonte: Elaboração da própria autora.

Continuação...



Fonte: Elaboração da própria autora.

Os porta-enxertos de seringueira apresentaram incremento linear crescente para Ca foliar no decorrer de seu ciclo, alcançando ao término da pesquisa os valores de 109,24 mg para GT1, 139,82 mg para PB235 e 79,35 mg  $\text{pl}^{-1}$  para IAN873 (Figura 2.g). Nota-se que aos 120 DAT o material GT1 exibiu maiores teores de CaF diferindo de PB235, entretanto, aos 180 DAT o PB235 demonstrou ser mais exigente que IAN873 (Figura 2.g). Em plantas de seringueira com idade superior à do presente trabalho, Guerrini (1983) observou aos 360 dias nas folhas 940 mg  $\text{planta}^{-1}$  de Ca.

O aporte de MgR aumentou linearmente em função da época de cultivo, apresentando ao final dos 180 DAT os valores de 303 mg; 251,33 mg e 346,08 mg  $\text{pl}^{-1}$  de MgR para GT1; PB235 e IAN873, respectivamente (Figura 2.L). Aos 150 DAT o porta-enxerto PB235 foi o mais exigente em MgR, contudo, aos 180 DAT o IAN873 apresentou maior quantidade de MgR em relação ao PB235 (Figura 2.m).

O NC e PC seguiram padrões semelhantes de acúmulos, apresentando modelo quadrático para ambos os clones estudados (Figura 3.a e 3.c). A equação de regressão revelou máxima deposição de NC para o clone RRIM600 aos 144,06 DAT no valor de 381,50 mg  $\text{pl}^{-1}$  de NC, enquanto para PR255 foi aos 148,87 DAT na média de 220,87 mg  $\text{pl}^{-1}$  (Figura 3.a). Contudo, o cálculo apontou maior quantidade de PC para PR255 (51,93 mg  $\text{pl}^{-1}$ ) aos 137,93 DAT e aos 170,98 DAT para RRIM600 (93,70 mg  $\text{pl}^{-1}$ ) (Figura 3.c). Dentre as épocas de avaliação, o clone RRIM600 exibiu maior exigência de NC e PC aos 120 e 180 DAT, diferindo do PR255 (Figura 3.b e 3.d).

Dados contrários a esta pesquisa foram descritos por Thitithanakul *et al.* (2017), não encontrando diferenças significativas na exigência de N e P em plantas jovens de seringueira dos clones RRIM600 e RRIT25, sendo absorvido no início e final do experimento cerca de 1191,08 a 1241,09 mg  $\text{planta}^{-1}$  de N e 112,52 a 131,81 mg  $\text{planta}^{-1}$  de P, respectivamente.

Analisando as variáveis CaR, SF e SR foi possível observar as interações P\*E e C\*E (Tabela 2).

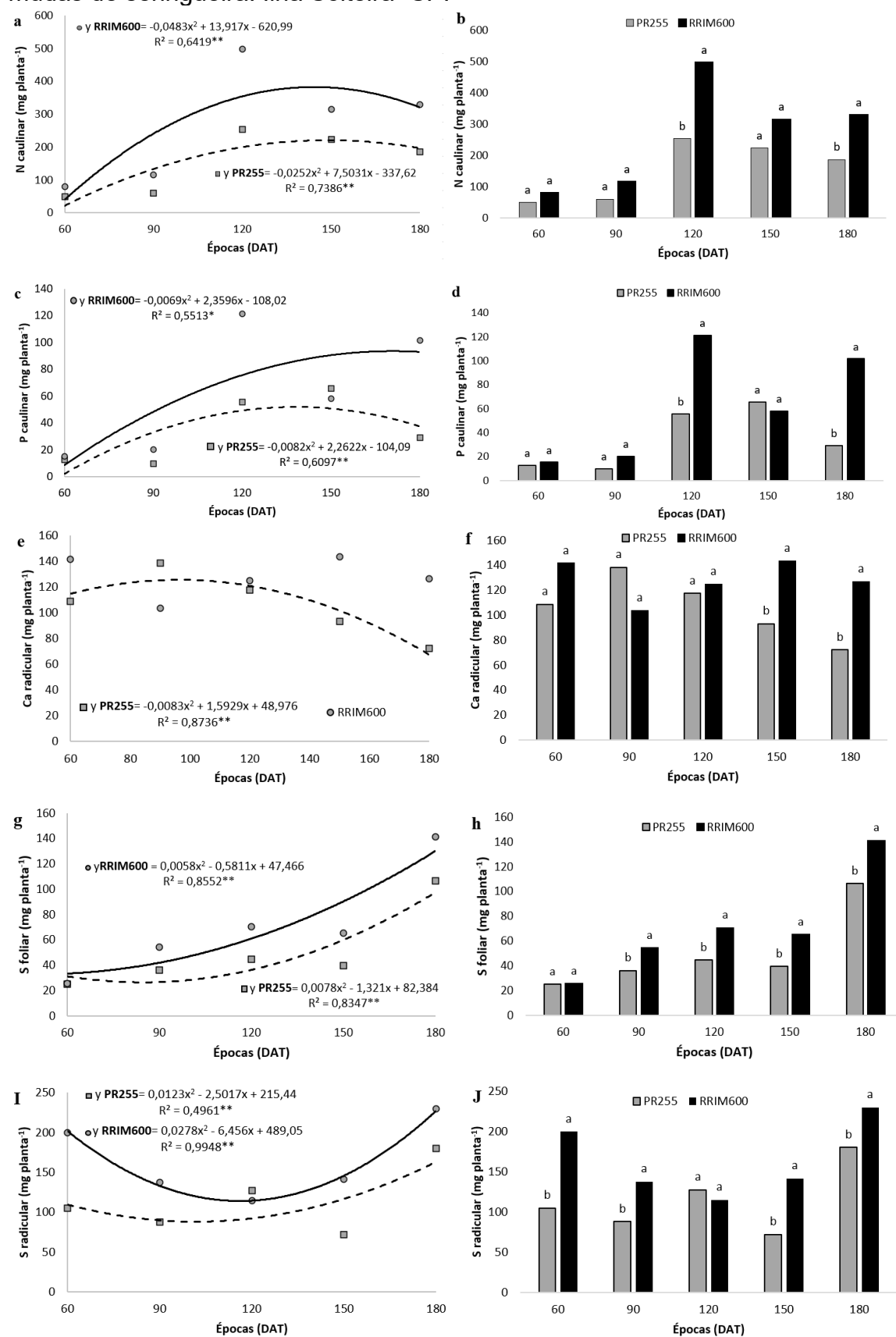
Para o desdobramento de P\*E, nota-se que ao longo do período de cultivo houve um decréscimo linear de CaR para GT1, porém, para o IAN873 foi definido ajuste quadrático, alcançando a melhor média de 137,87 mg  $\text{pl}^{-1}$  aos 126,29 DAT (Figura 2.I). No início experimental (60 DAT) GT1 (161,87 mg  $\text{pl}^{-1}$ ) se mostrou

mais exigente em CaR diferindo do IAN873 (96,97 mg pl<sup>-1</sup>), entretanto, aos 120 DAT o IAN873 (143,01 mg pl<sup>-1</sup>) igualou-se aos padrões de acúmulo de CaR de GT1 (151,03 mg pl<sup>-1</sup>), sendo estes superiores ao PB235 (69,26 mg pl<sup>-1</sup>) (Figura 2.J).

O clone PR255 demonstrou tendência quadrática para a alocação de CaR, atingindo aos 95,95 DAT o valor de 125,40 mg pl<sup>-1</sup> (Figura 3.e). Todavia, o clone RRIM600 foi destaque aos 150 e 180 DAT acumulando 143,32 mg pl<sup>-1</sup> e 126,61 mg pl<sup>-1</sup> de CaR, respectivamente (Figura 3.f). Bueno *et al.* (1990), analisando a influência na quantidade de Al<sup>3+</sup> na absorção de cálcio de mudas de seringueira, averiguaram o acúmulo de 15 mg pl<sup>-1</sup> e 160 mg pl<sup>-1</sup> de Ca nas raízes referentes as concentrações de 0 e 0,300 ppm de Al<sup>3+</sup>.

Os porta-enxertos e clones seguiram tendência quadrática de acúmulo de SF ao longo das épocas de cultivo, alcançando no final do período avaliativo os valores de 121,91; 141,60 e 108,11 mg pl<sup>-1</sup> para os porta-enxertos GT1, PB235 e IAN873 (Figura 2.n), sendo encontrado 106,51 e 141,24 mg pl<sup>-1</sup> para os clones PR255 e RRIM600 (Figura 3.g), respectivamente. Esses valores são próximos do encontrado por Guerrini *et al.* (1993), em plantas do clone Fx3864, que aos 12 meses de idade exibiram o total de 130 mg pl<sup>-1</sup> de S foliar. O IAN873 apresentou menor alocação de SF em comparação ao GT1 aos 120 DAT e PB235 aos 180 DAT (Figura 2.m). O genótipo RRIM600 destacou-se no incremento de SF a partir dos 90 DAT (Figura 3.h).

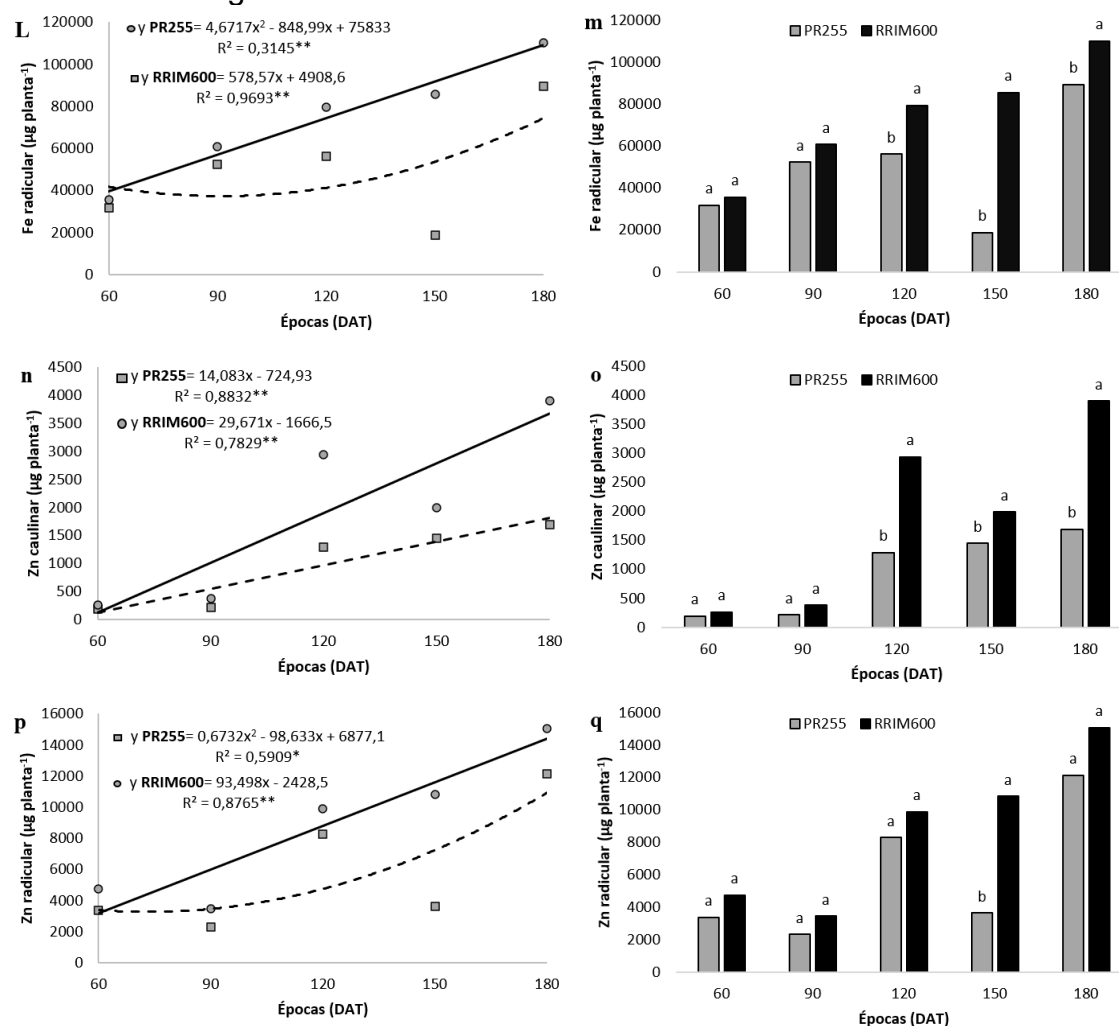
**Figura 3.** Desdobramento da interação de clone (C) x (E) épocas de cultivo de mudas de seringueira. Ilha Solteira- SP.



Fonte: Elaboração da própria autora.

Continuação...

**Figura 3.** Desdobramento da interação de clone (C) x (E) épocas de cultivo de mudas de seringueira. Ilha Solteira- SP.



Fonte: Elaboração da própria autora.

Em relação ao acúmulo de SR, o desdobramento da interação P\*E apontou ajuste linear para IAN873 e quadrático para GT1 e PB335 (Figura 2.p). A comparação estatística entre os porta-enxertos demonstrou não haver diferenças nas quantidades exigidas de SR aos 90 e 150 DAT (Figura 2.q). Para esse mesmo parâmetro a interação C\*E exibiu modelo quadrático de regressão para os clones PR255 e RRIM600 (Figura 3.I). O clone RRIM600 apresentou elevado teor de SR durante o experimento, com exceção da época 120 DAT (Figura 3.J).

Nota-se que o acúmulo de FeF foi maior para o clone PR255 aos 150 DAT ( $40433,10 \mu\text{g pl}^{-1}$ ) e para o genótipo RRIM600 aos 180 DAT ( $18140,38 \mu\text{g pl}^{-1}$ ) quando enxertados sobre o PB235. Não foi identificado significância para os

teores de FeF no porta-enxerto GT1 combinado com ambos os clones, porém, para PB235 aos 150 DAT houve destaque para a associação com PR255 e aos 180 DAT com RRIM600, já para IAN873 o melhor desempenho foi decorrente do uso de RRIM600 (Tabela 6). GUERRINI (1983) acompanhando o recrutamento de micronutrientes por mudas de seringueira, verificaram média de acúmulo de Fe nas folhas de  $25366 \mu\text{g pl}^{-1}$  aos 12 meses de idade.

Em mudas formadas a partir do clone PR255 em junção com porta-enxerto PB235 ( $2868,31 \mu\text{g pl}^{-1}$ ) apresentou maior quantidade de FeC em comparação ao GT1 ( $972,84 \mu\text{g pl}^{-1}$ ) aos 150 DAT, contudo, para o clone RRIM600 os melhores resultados foram obtidos com o porta-enxerto PB235 ( $6371,63 \mu\text{g pl}^{-1}$ ) aos 180 DAT. Analisando os porta-enxertos utilizados, aos 120 e 180 DAT, o RRIM600 exibiu maiores médias de FeC (Tabela 6). Todos os tratamentos avaliados, com exceção das mudas formadas por PB235+RRIM600, exibiram concentrações de FeC inferiores ao citado por Frandoloso (2013) na cultura do pinhão-manso aos 180 DAT, onde encontrou o valor de  $5940 \mu\text{g pl}^{-1}$  de Fe no caule.

**Tabela 6.** Desdobramento da interação porta-enxertos x clones x épocas (PxCXE), referente ao acúmulo de micronutrientes ( $\mu\text{g pl}^{-1}$ ) em mudas de seringueira. Ilha Solteira- SP.

| Fe Foliar      |                |            |            |             |             |            | Fe Caulinar    |                |            |             |            |            |            |
|----------------|----------------|------------|------------|-------------|-------------|------------|----------------|----------------|------------|-------------|------------|------------|------------|
| Clones         |                |            |            |             |             |            | Clones         |                |            |             |            |            |            |
| Épocas         | PR255          |            |            | RRIM600     |             |            | Épocas         | PR255          |            |             | RRIM600    |            |            |
|                | Porta-Enxertos |            |            |             |             |            |                | Porta-Enxertos |            |             |            |            |            |
|                | GT1            | PB235      | IAN873     | GT1         | PB235       | IAN873     |                | GT1            | PB235      | IAN873      | GT1        | PB235      | IAN873     |
| 60             | 1777,68 aA     | 1050,58 aA | 907,88 aA  | 1012,99 aA  | 917,33 aA   | 1969,30 aA | 60             | 908,44 aA      | 224,05 aA  | 488,35 aA   | 901,46 aA  | 1115,78 aA | 958,98 aA  |
| 90             | 2380,79 aA     | 2131,88 aA | 2805,72 aA | 2845,93 aA  | 3143,68 aA  | 3075,79 aA | 90             | 827,94 aA      | 398,81 aA  | 940,60 aA   | 1185,14 aA | 1326,06 aA | 1649,82 aA |
| 120            | 4308,43 aA     | 2560,35 aA | 2113,61 aA | 5482,90 aA  | 4877,20 aA  | 4044,58 aA | 120            | 1309,36 aB     | 1025,41 aB | 1335,90 aB  | 2543,04 aA | 2659,80 aA | 3062,27 aA |
| 150            | 3506,06 bA     | 40433,1 aA | 2449,72 bB | 5285,36 bA  | 4328,01 bB  | 8518,67 aA | 150            | 972,84 bA      | 2868,31 aA | 2184,84 abA | 1954,02 aA | 1974,05 aA | 2447,03 aA |
| 180            | 9550,03 aA     | 8592,42 aB | 7432,97 aA | 11212,51 bA | 18140,38 aA | 9833,96 bA | 180            | 2022,25 aB     | 2567,43 aB | 2578,07 aB  | 3965,10 bA | 6371,63 aA | 3783,13 bA |
| p>F (L)        | 0,01           | 0,01       | 0,01       | 0,01        | 0,01        | 0,01       | p>F (L)        | 0,05           | 0,01       | 0,01        | 0,01       | 0,01       | 0,01       |
| p>F (Q)        | 0,01           | 0,01       | 0,03       | 0,11        | 0,01        | 0,25       | p>F (Q)        | 0,31           | 0,85       | 0,81        | 0,28       | 0,01       | 0,60       |
| r <sup>2</sup> | 72,67          | 25,42      | 64,32      | 87,95       | 68,61       | 92,70      | r <sup>2</sup> | 58,47          | 84,75      | 98,24       | 79,67      | 67,66      | 83,24      |
| R <sup>2</sup> | 85,08          | 30,56      | 79,09      | 91,40       | 85,45       | 94,97      | R <sup>2</sup> | 73,89          | 84,83      | 98,51       | 82,39      | 83,33      | 84,01      |

| Mn Foliar      |                |             |            |              |             |             | Mn Caulinar    |                |             |             |             |             |             |
|----------------|----------------|-------------|------------|--------------|-------------|-------------|----------------|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Clones         |                |             |            |              |             |             | Clones         |                |             |             |             |             |             |
| Épocas         | PR255          |             |            | RRIM600      |             |             | Épocas         | PR255          |             |             | RRIM600     |             |             |
|                | Porta-Enxertos |             |            |              |             |             |                | Porta-Enxertos |             |             |             |             |             |
|                | GT1            | PB235       | IAN873     | GT1          | PB235       | IAN873      |                | GT1            | PB235       | IAN873      | GT1         | PB235       | IAN873      |
| 60             | 1381,84 aA     | 607,98 aA   | 778,62 aA  | 1079,62 aA   | 888,70 aA   | 1607,76 aA  | 60             | 1254,31 aA     | 477,45 aA   | 1088,10 aA  | 1217,02 aA  | 1257,56 aA  | 1509,70 aA  |
| 90             | 1794,54 aA     | 1371,39 aA  | 1714,58 aA | 2667,42 aA   | 2290,65 aA  | 2981,40 aA  | 90             | 1254,84 aA     | 1120,63 aA  | 1239,31 aA  | 1903,26 aA  | 1483,04 aA  | 2946,79 aA  |
| 120            | 9794,57 aA     | 5093,36 abA | 4436,09 bA | 10573,90 aA  | 8400,17 aA  | 7549,16 aA  | 120            | 9476,28 aB     | 1453,78 bB  | 7004,26 aB  | 13875,19 aA | 6783,82 bA  | 13290,23 aA |
| 150            | 4747,70 bB     | 12235,84 aA | 5602,75 bB | 11532,47 abA | 6945,09 bB  | 16018,45 aA | 150            | 6510,83 bB     | 17317,26 aA | 5398,01 bB  | 18201,31 aA | 8807,64 bB  | 10702,29 bA |
| 180            | 13376,89 aA    | 10325,7 abB | 8286,94 bB | 14883,39 aA  | 17741,92 aA | 13803,44 aA | 180            | 17152,63 aB    | 13509,6 abA | 10796,84 bB | 27640,46 aA | 14720,33 bA | 18331,96 bA |
| p>F (L)        | 0,01           | 0,01        | 0,01       | 0,01         | 0,01        | 0,01        | p>F(L)         | 0,01           | 0,01        | 0,01        | 0,01        | 0,01        | 0,01        |
| p>F (Q)        | 0,52           | 0,71        | 0,71       | 0,52         | 0,03        | 0,53        | p>F(Q)         | 0,06           | 0,21        | 0,55        | 0,06        | 0,12        | 0,91        |
| r <sup>2</sup> | 66,50          | 84,31       | 97,64      | 93,22        | 83,35       | 85,70       | r <sup>2</sup> | 78,28          | 69,65       | 82,75       | 95,01       | 93,42       | 85,48       |
| R <sup>2</sup> | 67,25          | 84,56       | 98,38      | 93,80        | 88,44       | 86,17       | R <sup>2</sup> | 82,43          | 70,87       | 83,79       | 96,36       | 97,15       | 85,49       |

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha para porta-enxertos e maiúsculas na linha para clones, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração da própria autora.

Para o clone PR255, nos períodos de 120 e 180 DAT, o porta-enxerto GT1 exibiu maior acúmulo de MnF em relação ao IAN873, sendo verificado para o clone RRIM600, aos 150 DAT, superioridade do IAN873 perante ao uso do PB235. Analisando o porta-enxerto GT1, houve melhor desempenho em conjunto ao RRIM600 aos 150 DAT para a quantidade de  $11532,47 \mu\text{g pl}^{-1}$  de MnF, assim como, para PB235 aos 180 DAT ( $17741,92 \mu\text{g pl}^{-1}$ ) e para IAN873 a partir dos 150 DAT ( $16018,45 \mu\text{g pl}^{-1}$ ) (Tabela 6). Na atual pesquisa, os acúmulos de Mn foliar observados após os 90 DAT são superiores aos relatados por Viégas *et al.* (1992), que alcançaram  $1740,50 \mu\text{g pl}^{-1}$  aos 240 DAT.

A partir dos 120 DAT houve diferença significativa dentro dos clones em relação aos porta-enxertos utilizados nessa pesquisa, sendo averiguado na última avaliação para PR255 e RRIM600 maiores acúmulos de MnC quando enxertados em GT1. Contudo, os porta-enxertos GT1 e IAN873 apresentaram maiores exigências MnC, aos 120 e 180 DAT, quando associados ao clone RRIM600 (Tabela 6).

Para o acúmulo de MnR foi constatado no clone PR255 melhores respostas do IAN873 comparado ao GT1 aos 180 DAT, diferentemente do observado para o clone RRIM600, que no mesmo período apresentou maiores médias associado com GT1 em relação ao PB235. Os porta-enxertos obtiveram tendência semelhante aos 150 DAT, exibindo maiores teores de MnR no clone RRIM 600 (Tabela 6.1).

Resposta divergente a este estudo foi observada por Ramos (2016), onde não constatarem significância entre os genótipos de jabuticabeira (J001, J005 e J012) e tampouco para interação destas com as épocas de cultivo para o acúmulo de Mn no caule e na raiz, verificando médias de  $1496 \mu\text{g pl}^{-1}$  de MnC e  $571 \mu\text{g pl}^{-1}$  de MnR aos 360 DAT.

**Tabela 6.1.** Desdobramento da interação clones x porta-enxertos x épocas (DAT), referente ao acúmulo de micronutrientes ( $\mu\text{g pl}^{-1}$ ) em mudas de seringueira. Ilha Solteira- SP.

| Mn Radicular   |                |             |            |             |             |             | Zn Foliar      |                |            |            |            |            |            |
|----------------|----------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|----------------|----------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Clones         |                |             |            |             |             |             | Clones         |                |            |            |            |            |            |
| Épocas         | PR255          |             |            | RRIM600     |             |             | Épocas         | PR255          |            |            | RRIM600    |            |            |
|                | Porta-Enxertos |             |            |             |             |             |                | Porta-Enxertos |            |            |            |            |            |
|                | GT1            | PB235       | IAN873     | GT1         | PB235       | IAN873      |                | GT1            | PB235      | IAN873     | GT1        | PB235      | IAN873     |
| 60             | 4513,34 aA     | 3115,37 aA  | 7085,96 aA | 11577,38 aA | 6147,79 aA  | 4222,98 aA  | 60             | 488,12 aA      | 245,02 aA  | 241,90 aA  | 239,45 aA  | 245,53 aA  | 377,10 aA  |
| 90             | 6601,75 aA     | 6156,60 aA  | 3329,78 aA | 8848,47 aA  | 5761,68 aA  | 4386,49 aA  | 90             | 366,46 aA      | 220,91 aA  | 415,94 aA  | 618,67 aA  | 390,76 aA  | 521,64 aA  |
| 120            | 26031,83 aA    | 31711,3 aA  | 14871,5 bA | 21176,2 aA  | 10281,15 bB | 17706,6 abA | 120            | 2353,36 aA     | 1120,17 bB | 1278,81 aA | 2824,31 aA | 2542,09 aA | 1943,17 aA |
| 150            | 9591,81 aB     | 13273,03 aB | 5569,04 aB | 19447,52 aA | 22850,11 aA | 27203,85 aA | 150            | 1669,13 bA     | 4867,67 aA | 1117,18 bB | 2473,20 aA | 2226,48 aB | 2926,10 aA |
| 180            | 23758,5 bB     | 29045,3 abA | 35029,3 aA | 34862,5 aA  | 19894,4 bB  | 28312,5 abA | 180            | 2659,09 aB     | 3313,77 aB | 3108,69 aA | 3652,23 aA | 4293,71 aA | 3539,40 aA |
| p>F (L)        | 0,01           | 0,01        | 0,01       | 0,01        | 0,01        | 0,01        | p>F (L)        | 0,01           | 0,01       | 0,01       | 0,01       | 0,01       | 0,01       |
| p>F (Q)        | 0,24           | 0,07        | 0,01       | 0,03        | 0,77        | 0,84        | p>F (Q)        | 0,67           | 0,84       | 0,01       | 0,37       | 0,20       | 0,64       |
| r <sup>2</sup> | 42,58          | 50,76       | 50,25      | 78,84       | 79,09       | 91,16       | r <sup>2</sup> | 72,27          | 68,58      | 79,88      | 87,27      | 87,64      | 95,80      |
| R <sup>2</sup> | 45,00          | 54,34       | 72,33      | 87,36       | 79,33       | 91,21       | R <sup>2</sup> | 72,59          | 68,60      | 89,27      | 88,03      | 88,84      | 96,02      |

| Cu Foliar      |                |           |           |           |            |           | Cu Caulinar    |                |           |           |           |            |           |
|----------------|----------------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|----------------|----------------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|
| Clones         |                |           |           |           |            |           | Clones         |                |           |           |           |            |           |
| Épocas         | PR255          |           |           | RRIM600   |            |           | Épocas         | PR255          |           |           | RRIM600   |            |           |
|                | Porta-Enxertos |           |           |           |            |           |                | Porta-Enxertos |           |           |           |            |           |
|                | GT1            | PB235     | IAN873    | GT1       | PB235      | IAN873    |                | GT1            | PB235     | IAN873    | GT1       | PB235      | IAN873    |
| 60             | 67,91 aA       | 26,39 aA  | 72,74 aA  | 38,18 aA  | 46,65 aA   | 41,66 aA  | 60             | 54,26 aA       | 17,13 aA  | 36,00 aA  | 29,62 aA  | 56,40 aA   | 41,06 aA  |
| 90             | 121,14 aA      | 111,58 aA | 76,35 aA  | 179,94 aA | 88,98 aA   | 119,20 aA | 90             | 69,51 aA       | 10,84 aA  | 143,61 aA | 104,04 aA | 91,32 aA   | 81,53 aA  |
| 120            | 149,32 aA      | 111,47 aA | 90,52 aA  | 217,81 aA | 248,62 aA  | 230,25 aA | 120            | 210,19 aA      | 98,37 aB  | 99,54 aB  | 215,08 bA | 296,50 bA  | 579,70 aA |
| 150            | 189,33 bA      | 556,57 aA | 90,35 bB  | 243,99 bA | 209,16 bB  | 549,43 aA | 150            | 116,35 aA      | 160,51 aA | 197,26 aA | 207,08 aA | 174,52 aA  | 255,29 aA |
| 180            | 287,24 aA      | 192,49 aA | 282,76 aB | 254,15 bA | 407,00 abA | 607,71 aA | 180            | 186,67 aA      | 169,15 aB | 224,24 aB | 253,07 bA | 391,33 abA | 445,48 aA |
| p>F (L)        | 0,04           | 0,01      | 0,08      | 0,05      | 0,01       | 0,01      | p>F(L)         | 0,02           | 0,01      | 0,01      | 0,01      | 0,01       | 0,01      |
| p>F (Q)        | 0,73           | 0,13      | 0,22      | 0,35      | 0,70       | 0,57      | p>F(Q)         | 0,42           | 0,97      | 0,90      | 0,26      | 0,81       | 0,01      |
| r <sup>2</sup> | 94,76          | 34,92     | 58,24     | 79,61     | 87,14      | 93,62     | r <sup>2</sup> | 50,61          | 89,99     | 81,00     | 88,88     | 71,80      | 45,05     |
| R <sup>2</sup> | 97,46          | 43,40     | 87,38     | 97,07     | 88,25      | 94,41     | R <sup>2</sup> | 56,37          | 89,99     | 81,12     | 95,38     | 71,92      | 54,18     |

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha para porta-enxertos e maiúsculas na linha para clones, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração da própria autora.

O clone PR255 enxertado em PB235 apresentou menor acúmulo de ZnF aos 120 DAT ( $1120,17 \mu\text{g pl}^{-1}$ ), obtendo destaque aos 150 DAT ( $4867,67 \mu\text{g pl}^{-1}$ ) frente aos demais porta-enxertos estudados. O porta-enxerto GT1 e PB235 demonstraram maior alocação de ZnF no clone RRIM600, sendo essa mesma resposta encontrada para IAN873 aos 150 DAT (Tabela 6.1). Ao final dos 360 DAT, Guerrini (1983) aferiram para plantas de seringueira do clone Fx 3864 a concentração de  $3783 \mu\text{g pl}^{-1}$  de Zn foliar.

Aos 150 DAT, o CuF foi superior em mudas do clone PR255 enxertado sobre PB235 ( $556,57 \mu\text{g pl}^{-1}$ ), no entanto, nesse mesmo período para o clone RRIM600 houve destaque para IAN873 ( $549,43 \mu\text{g pl}^{-1}$ ). Para PB235, aos 150 DAT, e para IAN873 aos 150 e 180 DAT, o clone RRIM600 exibiu maior exigência por CuF (Tabela 6.1).

A quantidade de CuC foi maior no clone RRIM600 quando enxertados sobre IAN873 ( $579,70 \mu\text{g pl}^{-1}$ ) aos 120 DAT, sendo esse mesmo tratamento superior a plantas formadas com GT1 ( $253,07 \mu\text{g pl}^{-1}$ ) aos 180 DAT. Os porta-enxertos PB235 e IAN873 apresentaram melhor desempenho na alocação de CuC associados ao clone RRIM600 nos períodos de 120 e 180 DAT (Tabela 6.1).

Outros valores foram relatados por Frandoloso (2013), estudando o acúmulo de nutrientes no pinhão-manso, cultura da mesma família da seringueira, verificou aos 180 DAT as médias de  $380 \mu\text{g pl}^{-1}$  de Cu foliar e  $2380 \mu\text{g pl}^{-1}$  de Cu caulinar.

Durante o período experimental houve um ajuste linear crescente dos tratamentos na demanda por micronutrientes, com exceção do MnR em mudas formadas por PR255+IAN873 e para RRIM600+IAN873 no acúmulo de CuC que apresentaram tendência quadrática, não sendo constatado ajuste aos modelos estatísticos para PR255+IAN873 nas médias de CuF (Tabela 5).

Para o ZnR foi observado interações significativas para PxE e CxE (Tabela 3). O acúmulo de ZnR seguiu o ajuste linear crescente para os porta-enxertos GT1 e PB235, todavia, o modelo quadrático foi constatado para IAN873 (Figura 2.r). Aos 120 DAT, o PB235 apresentou menor quantidade de ZnR comparado aos demais materiais em estudo, entretanto, aos 180 DAT o IAN873 exibiu destaque em relação ao PB235 (Figura 2.s).

O modelo estatístico que melhor se adequou para a exigência de ZnR foi quadrático para PR255 e linear para RRIM600, alcançando aos 180 DAT valores de 12138,66  $\mu\text{g pl}^{-1}$  e 15065,83  $\mu\text{g pl}^{-1}$ , respectivamente (Figura 3.p). O clone RRIM600 foi significativamente superior no acúmulo de ZnR aos 150 DAT (Figura 3.q). Quantidades inferiores a encontrada nesse estudo foi descrita por Franco *et al.* (2008) em mudas de goiabeira cv. Paluma, apresentando aos 120 DAT o acúmulo de Zn nas raízes de 176  $\mu\text{g pl}^{-1}$ , enquanto Natale *et al.* (2002) aos 135 dias em vaso com solo obtiveram 233  $\mu\text{g pl}^{-1}$  de ZnR.

O acúmulo de FeR seguiu o padrão quadrático para PR255 e linear para RRIM600, atingindo aos 180 DAT as médias de 89357,02  $\mu\text{g pl}^{-1}$  e 110130,60  $\mu\text{g pl}^{-1}$  (Figura 3.L). A partir dos 120 DAT o clone RRIM600 apresentou maior concentração de FeR em comparação ao PR255 (Figura 3.m). Ramos (2016) também averiguou diferença na exigência de Fe radicular em genótipos de jaboticabeira, descrevendo para J001 maior alocação de Fe na raiz aos 300 e 360 DAT, com respectivas médias de 1717,12 e 2512,96  $\mu\text{g pl}^{-1}$  de FeR.

Nos clones a quantidade de ZnC elevou-se linearmente ao longo do tempo de cultivo, apresentando aos 180 DAT os valores de 1688,65 e 3904,30  $\mu\text{g pl}^{-1}$  para PR255 e RRIM600, respectivamente (Figura 3.n). Nota-se que a partir dos 120 DAT o clone RRIM600 demonstrou ser mais exigente em ZnC que o PR255 (Figura 3.o). Guerrini (1983) aferiram aos 360 dias de cultivo a quantidade total de 3283,1 Zn no caule de mudas de seringueira conduzidas na região de Rio Branco- AC.

De acordo com o acúmulo total dos nutrientes das mudas de seringueira formadas a partir das combinações de clones e porta-enxertos, foi estimada a quantidade de nutrientes necessários para o ciclo de 180 DAT (Tabela 7 e 8).

De modo geral, as mudas de seringueira exibiram similaridade na ordem de extração total dos nutrientes, apresentando em sequência decrescente os macronutrientes: N>K>Mg>Ca>S>P (Tabela 7) e micronutrientes: Fe>Mn>Zn>Cu (Tabela 8). Viégas *et al.* (1992) analisando a ordem da extração nutricional em mudas de seringueira aos 180 DAT, descreveram a seguinte ordem de absorção para macronutrientes: N>K>P>Ca>Mg>S e para micronutriente: Fe>Mn>Zn. Por outro lado, Oliveira (2006) identificou em mudas obtidas a partir de sementes ilegítimas do clone IAN873 aos 240 DAT a exigência por macronutrientes de N>K>P>Ca>Mg=S.

Nota-se que independentemente do porta-enxerto utilizado, mudas constituídas da copa RRIM600 demandaram maiores teores de macronutrientes e micronutrientes totais em relação ao clone PR255 (Tabela 7 e 8). Dentre esses tratamentos, o IAN873+RRIM600 demonstrou exigência elevada em termos de micronutrientes comparado aos demais materiais em estudo (Tabela 8).

Com exceção de K e Ca, a quantidade total de macronutrientes aferidas nesse estudo (Tabela 7) foi superior as sugeridas por Frandoloso (2013) para mudas de pinhão-manso aos 180 DAT, onde apresentaram valores em  $\text{g pl}^{-1}$  de: N=3,14; P=0,36; K=6,46; Ca=4,79; Mg=0,97 e S=0,23. Todavia, Viégas *et al.* (1992) em mudas de seringueira aos 240 DAT de cultivo em solução nutritiva constataram as concentrações em  $\text{mg pl}^{-1}$  de N=148; P=76; K=47; Ca=29; Mg=18 e S=13.

Assim como o presente estudo, Franco *et al.* (2008) também identificaram diferença de acúmulo de micronutrientes entre os genótipos de goiabeira, contatando para as variedades Paluma e Século XXI aos 120 dias de plantio a absorção em  $\mu\text{g pl}^{-1}$  de Cu (134 e 158), Fe (8103 e 5534), Mn (3052 e 3709) e Zn (760 e 997) respectivamente. Em mudas de seringueira do clone FX3864 Guerrini (1983) observaram aos 12 meses de idade o acúmulo em  $\mu\text{g pl}^{-1}$  de 2542,8 de Cu, 37393,8 de Fe, 137048,1 de Mn e 7064,0 de Zn.

**Tabela 7.** Acúmulo total de macronutrientes (g pl<sup>-1</sup>) e sugestão para adubação (kg ha<sup>-1</sup>) de mudas de seringueira formadas a partir de combinações porta-enxertos x copas, no período de cultivo de 180 (DAT). Ilha Solteira- SP.

| Tratamentos<br>PXC | Macronutrientes    |                       |                    |                     |                    |                     |                    |                     |                    |                     |                    |                     |
|--------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
|                    | N                  |                       | P                  |                     | K                  |                     | Ca                 |                     | Mg                 |                     | S                  |                     |
|                    | g pl <sup>-1</sup> | kg ha <sup>-1</sup> * | g pl <sup>-1</sup> | kg ha <sup>-1</sup> | g pl <sup>-1</sup> | kg ha <sup>-1</sup> | g pl <sup>-1</sup> | kg ha <sup>-1</sup> | g pl <sup>-1</sup> | kg ha <sup>-1</sup> | g pl <sup>-1</sup> | kg ha <sup>-1</sup> |
| GT1+PR255          | 5,57               | 2,78                  | 0,97               | 0,48                | 3,41               | 1,70                | 1,51               | 0,75                | 1,66               | 0,83                | 1,12               | 0,56                |
| GT1+RRIM600        | 7,25               | 3,62                  | 1,06               | 0,53                | 4,58               | 2,29                | 1,89               | 0,94                | 2,26               | 1,13                | 1,48               | 0,74                |
| PB235+PR255        | 5,34               | 2,67                  | 0,66               | 0,33                | 3,34               | 1,67                | 1,52               | 0,76                | 1,70               | 0,85                | 0,89               | 0,44                |
| PB235+RRIM600      | 6,96               | 3,48                  | 1,02               | 0,51                | 4,47               | 2,23                | 1,47               | 0,73                | 2,15               | 1,07                | 1,36               | 0,68                |
| IAN873+PR255       | 5,82               | 2,91                  | 0,73               | 0,36                | 3,27               | 1,63                | 1,20               | 0,60                | 1,59               | 0,79                | 0,89               | 0,44                |
| IAN873+RRIM600     | 7,15               | 3,57                  | 1,14               | 0,57                | 4,69               | 2,34                | 1,67               | 0,83                | 2,33               | 1,16                | 1,47               | 0,73                |

\*Kg há<sup>-1</sup>: Cálculo baseado em uma densidade de plantio de 500 plantas por hectare.

Fonte: Elaboração da própria autora.

**Tabela 8.** Acúmulo total de micronutrientes (mg pl<sup>-1</sup>) e sugestão para adubação (kg ha<sup>-1</sup>) de mudas de seringueira formadas a partir de combinações porta-enxertos x copas, no período de cultivo de 180 (DAT). Ilha Solteira- SP.

| Tratamentos<br>(PXC) | Micronutrientes     |                      |                     |                    |                     |                    |                     |                    |
|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
|                      | Fe                  |                      | Mn                  |                    | Zn                  |                    | Cu                  |                    |
|                      | mg pl <sup>-1</sup> | g ha <sup>-1</sup> * | mg pl <sup>-1</sup> | g ha <sup>-1</sup> | mg pl <sup>-1</sup> | g ha <sup>-1</sup> | mg pl <sup>-1</sup> | g ha <sup>-1</sup> |
| GT1+PR255            | 305,34              | 152,67               | 137,24              | 68,62              | 44,74               | 22,37              | 7,89                | 3,94               |
| GT1+RRIM600          | 412,52              | 206,26               | 199,48              | 99,74              | 69,69               | 34,84              | 10,64               | 5,32               |
| PB235+PR255          | 247,74              | 123,87               | 146,81              | 73,40              | 36,68               | 18,34              | 4,72                | 2,36               |
| PB235+RRIM600        | 367,74              | 183,87               | 134,25              | 67,12              | 56,53               | 28,26              | 9,02                | 4,51               |
| IAN873+PR255         | 304,10              | 152,05               | 112,23              | 56,11              | 45,71               | 22,85              | 7,05                | 3,52               |
| IAN873+RRIM600       | 1366,10             | 683,05               | 511,72              | 255,86             | 188,58              | 94,29              | 32,11               | 16,05              |

\*g há<sup>-1</sup>: Cálculo baseado em uma densidade de plantio de 500 plantas por hectare.

Fonte: Elaboração da própria autora.

Diante dos resultados obtidos nessa pesquisa nota-se exigências distintas entre os genótipos utilizados, sugerindo a adequação do fornecimento dos fertilizantes de acordo com as quantidades de nutrientes absorvidas definidas para cada combinação de porta-enxerto x clone.

#### 7.4 Conclusões

1. O acúmulo de macro e micronutrientes em mudas de seringueira foi influenciada pela interação dos fatores porta-enxerto, clone e épocas de cultivo.
2. A demanda de NF, KF, KC, KR, CaC, MgF, MgC, SC, FeF, FeC, MnF, MnC e ZnF acompanhou o crescimento das mudas, sendo o acúmulo dos nutrientes crescente com a idade da planta. As diferenças entre os tratamentos na extração e alocação desses nutrientes foram evidentes a partir de 120 DAT.
3. Independentemente do porta-enxerto, a demanda total de nutrientes aos 180 DAT foi maior para mudas com a copa RRIM600, apresentando a combinação de IAN873+RRIM600 maior acúmulo de micronutrientes.
4. Apesar de haver diferença de acúmulo nutricional entre as mudas formadas por clones e porta-enxertos distintos, foi constatado similaridade na ordem de extração total dos nutrientes, apresentando em sequência decrescente os macronutrientes: N>K>Mg>Ca>S>P e micronutrientes: Fe>Mn>Zn>Cu.

#### REFERÊNCIAS

- ANDRADE, R. A.; MARTINS, A. B. G. Propagação vegetativa de porta-enxertos para citros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 134-136, 2003.
- BATAGLIA, O. C.; GONÇALVES, P. S. "Seringueira". In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C (ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. p. 243.
- BUENO, N.; HAAG, H. P.; PEREIRA, J. DA P.; VIÉGAS, I. DE J. M. Nutrição mineral de seringueira XII. quantidade de Al no substrato afetando a concentração e o acúmulo de Ca, Mg e S em seringueira (*Hevea* spp). **Anais da Esalq**, Piracicaba, v. 47, p. 519-540, 1990.

CARDINAL, A. B. B.; GONÇALVES, P. de S.; MARTINS, A. L. M. Influência de seis porta-enxertos sobre a produção de clones superiores de seringueira. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.2, p.277-284, 2007.

CORREIA, M. A. R.; MARANHÃO, D. D. C.; FLORES, R. A.; SILVA JÚNIOR, S. F.; de ARAÚJO, M. A.; de LIMA LEITE, R. L. Growth, nutrition and production of dry matter of rubber tree (*Hevea brasiliensis*) in function of K fertilization. **Australian Journal Crop Science**, Lismore, v. 11, n.1, p. 95-101, 2017.

DHARMAKEERTHI, R. S.; CHANDRASIRI, J. A. S.; EDIRIMANNE, V. U. Effect of rubber wood biochar on nutrition and growth of nursery plants of *Hevea brasiliensis* established in an Ultisol. **SpringerPlus**, Heidelberg, v. 1, n. 84, p. 1-12, 2012.

DINIZ, A. R. **Aspectos nutricionais e adubação da seringueira (*Hevea brasiliensis* M. Arg.) no estado do Rio de Janeiro**. 2018. 107 f. Tese (Doutorado)- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Embrapa. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Serviço de Produção de Informação, 1999.

FERREIRA, D. F. **SISVAR - Sistema de análise de variância**. Versão 5.1. Lavras-MG: UFLA, 2010.

FRANCO, C. F.; PRADO, R. M.; LUIZ FERNANDO BRAGHIROLI, L. F.; ROZANE, D. E. Marcha de absorção dos micronutrientes para mudas de goiabeiras cultivares Paluma e Século XXI. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 1, p. 83-90, 2008.

FRANDOLOSO, F. J. **Acúmulo de nutrientes e crescimento do pinhão manso no oeste do Paraná**. 2012. 79 f. Tese (Doutorado em agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Candido Rondon, 2012.

GONÇALVES, P. S.; CARDOSO, M.; MENTE, E. M.; MARTINS, A. L. M.; GOTTARDI, M. V. C., ORTOLANI, A. A. Desempenho preliminar de clones de seringueira na região de São José do Rio Preto, planalto do Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 52, n. 2, p. 119-130, 1994.

GONÇALVES, J. L. M. *et al.* An evaluation of minimum and intensive soil preparation regarding fertility and tree nutrition. *In*: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (ed.). **Forest nutrition and fertilization**. Translation: Ken McNabb. Piracicaba: IPEF, 2004. p. 13-64.

GUERRINI, I.; HAAG, H.P.; WEBER, H.; DECHEN, A.R. Nutrição mineral da seringueira I crescimento e recrutamento de macronutrientes no período de quatro anos pelo clone Fx 3864 na região de Rio Branco, AC. **Anais da E.S.A "Luiz de Queiroz"**, v. 40, p. 615-667, 1983.

GUERRINI, I. A. **Crescimento e recrutamento de macro e micronutrientes no período de quatro anos pela *Hevea brasiliensis* clone Fx 3864, na região de Rio Branco-AC**. 1983. 105 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1983.

HYTÖNEN, J.; NURMI, J.; KAAKKURIVAARA, N.; KAAKKURIVAARA, T. Rubber Tree (*Hevea brasiliensis*) Biomass, Nutrient Content, and Heating Values in Southern Thailand. **Forests**, Basel, v. 10, n. 638, p. 1-11, 2019.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. 2. ed. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. 319 p.

MARTINS, A. L. M.; RAMOS, N. P.; GONÇALVES, P. S. *et al.* Influência de porta-enxertos no crescimento de clones de seringueira no estado de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 9, p. 1743-1750, 2000.

NATALE, W.; PRADO, R. M.; CORRÊA, M. C. M.; SILVA, M. A. C.; PEREIRA, L. Resposta de mudas de goiabeira à aplicação de zinco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 770-773, 2002.

OLIVEIRA, J. P. **Crescimento e nutrição mineral de porta-enxertos de seringueira (*Hevea spp.*) em função da idade**. 2006. 77 f. (Mestrado em Solos e Nutrição de plantas) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2006.

PRADO, R. M.; NASCIMENTO, V. M. **Manejo da adubação do cafeeiro no Brasil**. Ilha Solteira: FEIS/UNESP, 2003. 273 p.

RAMOS, M. C. P. **Crescimento e marcha de absorção de nutrientes em genótipos de jabuticabeira Sabará**. 2016. 62 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São João Del-Rei, São João Del-Rei, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

THITITHANAKUL, S.; Nada M. A.; SUKKAWONG, S.; JAIKRAJANG, B. Determination of Nitrogen and Phosphorus Requirement of the RRIM 600 and RRIT 251 Young Rubber Trees. **Walailak Journal of Science and Technology**, Nakhon Si Thammarat, v. 14, n. 7, p. 571-580, 2017.

VIEGAS, I. J. M.; HAAG, H. P.; BUENO, N.; PEREIRA, J. P. Nutrição mineral da seringueira. XII. Absorção de macro e micronutrientes nos primeiros 240 dias. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 49, p. 41-52, 1992.

## **CAPÍTULO 8: DOSES DE ADUBO DE LIBERAÇÃO LENTA ASSOCIADO AO PARCELAMENTO DA FERTIRRIGAÇÃO DE N-P-K PARA PRODUÇÃO DE PORTA-ENXERTO DE SERINGUEIRA**

**RESUMO:** No método de produção de porta-enxertos de seringueira em viveiro suspenso uma alternativa promissora para melhorar a eficiência das adubações é a utilização de combinações de fontes de adubo de liberação lenta e prontamente solúveis fornecidos por fertirrigação. O objetivo do trabalho foi avaliar doses de adubo de liberação lenta (ALL) associado ao parcelamento da fertirrigação de N-P-K para produção de porta-enxerto de seringueira em bancada suspensa. O experimento foi desenvolvido em viveiro a céu aberto instalado na Faculdade de Engenharia - UNESP, Campus de Ilha Solteira- SP. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial 5 x 4, sendo cinco doses de adubo de liberação lenta 0, 4, 6, 8, 9 g L<sup>-1</sup> de substrato e quatro frequências de parcelamento da fertirrigação de N-P-K, totalizando 20 tratamentos com três repetições de três mudas por parcela. A interação entre as doses do adubo de liberação lenta (ALL) e a frequência (F) de aplicação da fertirrigação com NPK foi significativa para todos os parâmetros analisados, com exceção da altura de planta, porém esses resultados não apresentaram tendência comum, que permitisse recomendar qual a melhor combinação (ALL\*F) para a fase de crescimento dos porta-enxertos de seringueira. As maiores alturas de planta foram alcançadas com a utilização da solução nutritiva de N-P-K fornecida a cada 120 dias (F3). O índice SPAD aumentou conforme as doses crescentes do ALL, independentemente da frequência de fertirrigação empregada.

**Palavras-Chave:** *Hevea brasiliensis*, nutrição mineral, viveiro suspenso, solução nutritiva, fertilizante de eficiência aprimorada.

## 8.1 Introdução

A cultura da seringueira *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. é explorada em diversas regiões no Brasil, sendo o Estado de São Paulo o maior produtor nacional de borracha natural (IAC, 2017).

Na seringueira, a adubação bem manejada no processo de formação de mudas é capaz de antecipar a época de enxertia, atingindo o máximo de uniformidade, precocidade, qualidade do sistema radicular e aumentar as taxas de aproveitamento dos porta-enxertos (BATAGLIA; SANTOS, 1998; OLIVEIRA, 2006).

Entre as técnicas de fertilização do substrato em viveiros florestais, o emprego de fertilizantes de liberação lenta representa umas das mais viáveis e racionais alternativas (BOCKMAN; OLFS, 1998; SHAVIV, 1999). Como principal desvantagem, os fertilizantes de liberação lenta apresentam custos superiores aos das fontes solúveis, demandando adequação das doses nos diferentes sistemas de produção, visando otimizar o uso do insumo e garantir a produção econômica de mudas (SCIVITTARO *et al.*, 2004). Entretanto sua utilização pode reduzir problemas de excesso de solubilidade, perdas por lixiviação de nutrientes (BARBIZAN *et al.*, 2002) e a mortalidade de plantas por efeito salino no plantio (LANG, 2008).

Trabalhos com combinações de fontes de adubo de liberação lenta e prontamente solúveis vem sendo desenvolvidos, afim de melhorar a eficiência das adubações, visando aumentar a disponibilidade de nutrientes as plantas, complementando possíveis deficiências ao longo de seu ciclo, além de diminuir o custo produtivo. Uma técnica promissora e com aceitação crescente entre viveiristas consiste na aplicação de fertilizantes via fertirrigação, pois, diminui as perdas por evaporação superficial, reduz a demanda por mão de obra e o custo com máquinas, além de flexibilizar a época de aplicação, podendo as doses recomendadas serem fracionadas, conforme a necessidade da cultura (ZAMUNER FILHO *et al.*, 2012). No entanto, para a produção de porta-enxertos de seringueira em viveiro suspenso, são desconhecidas informações científicas sobre as concentrações ideais do formulado N, P e K, de aplicação prática e simples em solução nutritiva, que proporcione um crescimento satisfatório das plantas (BARRETO *et al.*, 2016).

Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar doses de adubo de liberação lenta associado ao parcelamento da fertirrigação com N-P-K para produção de porta-enxerto de seringueira em bancada suspensa.

## 8.2 Material e métodos

O experimento foi desenvolvido na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) no campus de Ilha Solteira- SP, localizada a 20°43'09" de latitude sul e 51°33'79" de longitude oeste, com altitude em torno de 335 metros.

As sementes provenientes de polinização aberta do clone PB235 foram obtidas de plantio multiclonais pertencente ao Instituto Agrônômico (IAC), localizado no município de Votuporanga-SP, coletadas em março/2018.

A semeadura foi em jardineiras plásticas contendo como substrato 5 litros de areia grossa, recobertas com 1 cm de pó de serra, sobre bancada suspensa em casa de vegetação do tipo Pad & Fan, com duas irrigações diárias por aspersão controladas automaticamente, e temperatura máxima de 30°C. A emergência ocorreu do 7° ao 10° dia após a semeadura e, quando as plântulas atingiram o estágio de “palito”, por volta do 14° dia, foram transplantadas para sacos plásticos de polietileno com dimensões de 17x30 cm e com volume de 2,75 litros, previamente preenchidos com substrato comercial composto de turfa, vermiculita, carvão vegetal e casca de pinus, fertilizados de acordo com os tratamentos (Tabela 1).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial 5 x 4, sendo cinco doses de adubo de liberação lenta (ALL) e quatro frequências de parcelamento da fertirrigação, totalizando 20 tratamentos com três repetições de três mudas por parcela. Os tratamentos foram constituídos pelas doses 0, 4, 6, 8, 9 g do ALL L<sup>-1</sup> de substrato, fornecidos na semeadura. O adubo de liberação lenta utilizado foi o Forth cote® com liberação prevista de 5 meses, com formulação comercial de 15-09-12, contendo N (15%), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (9%), K<sub>2</sub>O (12%), Mg (1%), S (2,3%), B (0,02%), Cu (0,05%), Fe (1%), Mn (0,06%), Mo (0,02%), Zn (0,05). Para o preparo da solução nutritiva aplicada via fertirrigação utilizou-se os fertilizantes: fosfato monoamônio (MAP) que possui aproximadamente 50% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 11% de N e o cloreto de potássio (KCL) contendo 60% de K<sub>2</sub>O, diluídos em água (Tabela 1). A quantidade de N-P-K total

aplicada via fertirrigação foi a mesma para todos os tratamentos, porém parcelados em diferentes intervalos de fornecimento (dias), totalizando um ciclo de 300 dias após transplante.

**Tabela 1** – Fertilizantes, doses e épocas de parcelamento da fertirrigação em mudas de porta-enxerto de seringueira.

| Tratamentos | Doses de ALL*<br>(g. L <sup>-1</sup> ) | Doses parceladas via fertirrigação (g. L <sup>-1</sup> ) | Intervalo de parcelamento (DAT) | Número de fertirrigações (MAP+KCl) |
|-------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| T1          | 0                                      | F1**                                                     | 60                              | 4                                  |
| T2          |                                        | F2                                                       | 90                              | 3                                  |
| T3          |                                        | F3                                                       | 120                             | 2                                  |
| T4          |                                        | F4                                                       | 150                             | 1                                  |
| T5          | 4                                      | F1                                                       | 60                              | 4                                  |
| T6          |                                        | F2                                                       | 90                              | 3                                  |
| T7          |                                        | F3                                                       | 120                             | 2                                  |
| T8          |                                        | F4                                                       | 150                             | 1                                  |
| T9          | 6                                      | F1                                                       | 60                              | 4                                  |
| T10         |                                        | F2                                                       | 90                              | 3                                  |
| T11         |                                        | F3                                                       | 120                             | 2                                  |
| T12         |                                        | F4                                                       | 150                             | 1                                  |
| T13         | 8                                      | F1                                                       | 60                              | 4                                  |
| T14         |                                        | F2                                                       | 90                              | 3                                  |
| T15         |                                        | F3                                                       | 120                             | 2                                  |
| T16         |                                        | F4                                                       | 150                             | 1                                  |
| T17         | 9                                      | F1                                                       | 60                              | 4                                  |
| T18         |                                        | F2                                                       | 90                              | 3                                  |
| T19         |                                        | F3                                                       | 120                             | 2                                  |
| T20         |                                        | F4                                                       | 150                             | 1                                  |

\*Adubo de liberação lenta incorporado ao substrato de plantio (g. L<sup>-1</sup> de substrato);

\*\*Doses dos adubos diluídos em água para o preparo da solução nutritiva (g. L<sup>-1</sup> de água):

F1: 0,93 de MAP + 0,30 de KCl;

F2: 1,24 de MAP + 0,40 de KCl;

F3: 1,86 de MAP + 0,60 de KCl;

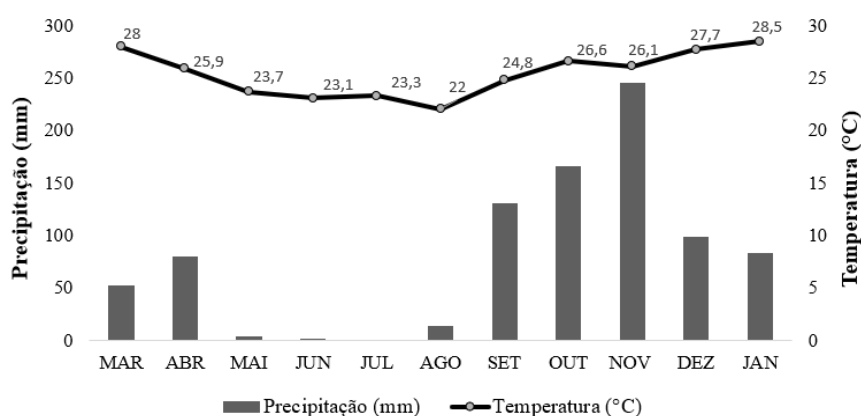
F4: 3,72 de MAP + 1,20 de KCl;

Os porta-enxertos receberam em cada aplicação da fertirrigação o equivalente a 200 mL da solução nutritiva.

Fonte: Elaboração da própria autora.

A irrigação durante o período experimental foi com frequência diária no início da manhã e ao final da tarde. Os dados mensais de temperatura (°C) e precipitação (mm) ocorridos durante o período experimental foram obtidos através da Estação Meteorológica da Área de Hidráulica e Irrigação da UNESP-Campus de Ilha Solteira e estão representados na Figura 1.

**Figura 1.** Médias mensais de temperatura (°C) e precipitação (mm). Ilha Solteira-SP.



Fonte: Elaboração da própria autora.

No decorrer da condução do experimento houve a ocorrência de pragas e doenças sendo necessário seu controle fitossanitário. Em relação às pragas ocorreu incidência de mandarová (*Erinnyis ello*) e mosca-branca (*Bemisia tabaci*), controladas respectivamente com deltrametrina na dosagem 1 mL p.c L<sup>-1</sup> de água e tiametoxam na proporção de 3 g p.c L<sup>-1</sup> de água. A doença que afetou os porta-enxertos foi o mal-das-folhas (*Microcyclus ulei*), sendo seu controle realizado através da aplicação de tiofanato metílico na quantidade de 1 g p.c L<sup>-1</sup> de água.

Os efeitos dos tratamentos aplicados sobre os porta-enxertos de seringueira foram avaliados aos 300 dias após transplântio (DAT). As variáveis analisadas foram: a) altura, mensurada do coleto ao ápice com uma régua graduada (cm); b) diâmetro do caule aferido com auxílio de paquímetro digital (mm); c) índice de qualidade de Dickson *et al.* (1960) “obtido pela fórmula IQD= [matéria seca total / (altura (cm) / diâmetro (mm) + massa seca da parte aérea (g) / massa seca da raiz (g)]”; d) Massa seca total (g); e) teor de clorofila nas folhas determinado por meio do medidor portátil de clorofila SPAD-502 (modelo Minolta Camera Co. Ltda.), em duas folhas completamente expandidas por planta, localizadas no terço superior do dossel, cujas leituras foram realizadas entre 9 e 12 horas da manhã; e) Concentração interna de carbono (Ci-  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), condutância estomática (gs-  $\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), transpiração (E-  $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) e taxa de fotossíntese líquida (A-  $\mu\text{mol de CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) avaliadas no período das 07 h às 11 h da manhã, em folhas totalmente expandidas localizada no ápice da planta, para tanto, utilizou-se o equipamento portátil de trocas

gasosas, (Infra Red Gas Analyser –IRGA, marca ADC BioScientific Ltd, modelo LC-Pro), sendo as condições inicialmente impostas para realização das medidas de  $1000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  de radiação fotossinteticamente ativa (PAR), providas por lâmpadas LED; 380 ppm de  $\text{CO}_2$  e temperatura da câmara em  $28^\circ\text{C}$ .

Os dados de cada variável foram submetidos à análise de variância através do teste F, e as médias das frequências de parcelamento da fertirrigação foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Para os resultados significativos de doses de ALL, foram aplicados modelos de regressão que melhor se ajustaram aos efeitos obtidos. O software estatístico utilizado foi o SISVAR 5.1 (FERREIRA, 2010).

### 8.3 Resultados e discussão

As médias de altura dos porta-enxertos foram significativamente influenciadas pela frequência de aplicação da solução nutritiva de N-P-K (Tabela 2). De acordo com os resultados obtidos as mudas que receberam a solução nutritiva no parcelamento F3 (a cada 120 dias) apresentaram maior altura quando comparado ao F2 (a cada 90 dias) (Tabela 2). Segundo MARTINS *et al.* (2013), a adubação de mudas de seringueira em bancadas e substrato deve ser feita a partir do início da formação, preferencialmente por fertirrigação, e realizada a cada dois ou três dias. No presente trabalho, a fertirrigação com N-P-K foi associada ao ALL, o que possibilitou um intervalo maior entre as aplicações da solução nutritiva.

**Tabela 2.** Médias de altura de plantas (cm), diâmetro de caule (mm), massa seca total (MST), índice SPAD e índice de qualidade de Dickson (IQD) de porta-enxertos de seringueira em função de doses de adubo de liberação lenta e frequência de aplicação de solução nutritiva (F). Ilha Solteira- SP.

| Tratamentos           | Altura    | Diâmetro | MST   | SPAD  | IQD   |
|-----------------------|-----------|----------|-------|-------|-------|
|                       |           |          | p>F   |       |       |
| Doses (ALL)           | 0,63      | 0,03     | 0,22  | 0,01  | 0,13  |
| Frequência (F)        | 0,01      | 0,12     | 0,01  | 0,01  | 0,01  |
| (ALL*F)               | 0,68      | 0,01     | 0,01  | 0,01  | 0,01  |
| <b>Frequência (F)</b> |           |          |       |       |       |
| F1                    | 118,33 ab | 9,41     | 67,18 | 52,21 | 4,45  |
| F2                    | 116,44 b  | 9,44     | 51,42 | 55,64 | 3,39  |
| F3                    | 122,46 a  | 9,69     | 53,50 | 52,94 | 3,50  |
| F4                    | 118,33 ab | 9,46     | 48,72 | 52,72 | 3,20  |
| C.V(%)                | 4,23      | 3,72     | 27,52 | 4,20  | 27,96 |
| D.M.S                 | 4,93      | 0,34     | 14,91 | 2,20  | 0,99  |

Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Frequência de aplicação da fertirrigação com N-P-K: F1 (a cada 60 dias); F2 (a cada 90 dias); F3 (a cada 120 dias) e F4 (a cada 150 dias).

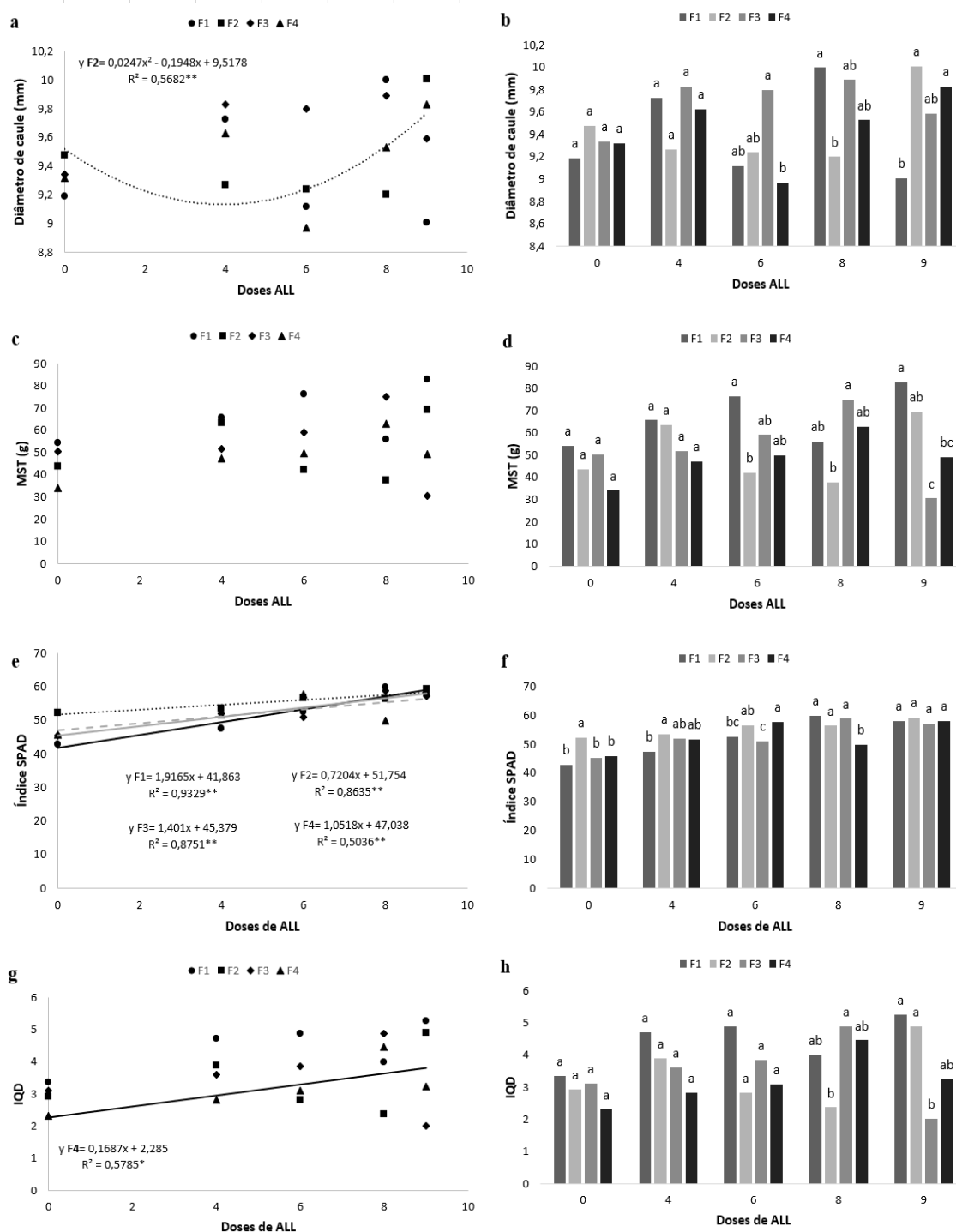
Fonte: Elaboração da própria autora.

Constatou-se interação significativa entre os fatores doses de ALL e as frequências de fornecimento de N-P-K (ALL\*F) para as variáveis diâmetro de caule, MST, índice SPAD e IQD (Tabela 2). As doses 0 e 4 g de ALL associadas aos parcelamentos de N-P-K não acarretaram em diferenças significativas no diâmetro de caule (Figura 2.b) e na MST (Figura 2.d).

Através do desdobramento da equação quadrática obtida para o parcelamento F2, foi possível constatar que o menor desenvolvimento do diâmetro de caule (9,13 mm) foi ocasionado pela combinação de 3,94 g ALL L<sup>-1</sup> de substrato + F2, entretanto, para as demais frequências estudadas não houve ajuste das médias aos modelos de regressões (Figura 2.a). Diferentemente dos dados aferidos nessa pesquisa, Barbizan *et al.* (2002), estudando mudas de cafeeiro fertilizados com doses de adubo de liberação lenta associado ou não a fertirrigação, constataram não haver interação entre tratamentos aplicados e que o maior diâmetro do caule foi alcançado pela dose de 7,7 g ALL L<sup>-1</sup> de substrato. Por outro lado, Scivittaro *et al.* (2004) avaliando o desenvolvimento de mudas de porta-enxertos 'Trifoliata' em função da adubação com fertilizantes solúveis e de liberação controlada (FLC), observaram que as plantas que receberam aplicações quinzenais dos fertilizantes solúveis exibiram maiores médias de diâmetro do caule em relação as doses do FLC.

Os porta-enxertos cultivados com as combinações nutricionais de 6 e 8 g ALL + F2 (42,29 e 37,82 g planta<sup>-1</sup> respectivamente) e 9 g ALL+ F3 (30,62 g planta<sup>-1</sup>) demonstraram baixa eficiência no acúmulo de MST (Figura 2.d). Spada *et al.* (2019) constataram que mudas de Pau-d'alho cultivadas com o fornecimento da fertirrigação uma vez por semana apresentaram menor acúmulo de MST, comparado aos tratamentos F2: 2 vezes por semana e F15: a cada 15 dias.

**Figura 2.** Desdobramento da interação de doses de adubo de liberação lenta (ALL) x frequência de aplicação de solução nutritiva (F), referentes à diâmetro de caule (a; b), massa seca total (c; d), índice SPAD (e; f) e IQD (g; h) de porta-enxertos de seringueira. Ilha Solteira- SP.



\*Regressão significativa 5% e \*\* 1%. Frequência de aplicação da fertirrigação com N-P-K: F1 (a cada 60 dias); F2 (a cada 90 dias); F3 (a cada 120 dias) e F4 (a cada 150 dias).  
Fonte: Elaboração da própria autora.

O índice SPAD dos porta-enxertos de seringueira apresentou uma resposta linear crescente para as frequências de aplicação de N-P-K em relação ao aumento das doses de ALL (Figura 2.e). Segundo Barbosa Filho *et al.* (2009) e Godoy *et al.* (2007), o índice SPAD mensura a intensidade da cor verde da folha e estima a quantidade de clorofila, ou seja, com base nos resultados do presente estudo, para cada uma das doses do ALL houve o parcelamento que gerou melhores resultados para este parâmetro, sendo eles: 0 g ALL + F2 (52,31); 4 g ALL + F2 (53,49); 6 g ALL + F4 (57,84) e 8 g ALL + F1/ F2/ F3 (59,83; 56,46 e 58,90 respectivamente) (Figura 2.f). Embora, a aplicação da dose mais concentrada do ALL (9 g ALL L<sup>-1</sup> de substrato) não exibiu significância quando associada aos parcelamentos de N-P-K (Figura 2.f).

O IQD é um dos mais completos parâmetros para avaliação da qualidade de mudas florestais, pois em seu cálculo são considerados a robustez (relação H/DC) e o equilíbrio da distribuição da biomassa (MSPA/MSR), ponderando os resultados de várias características morfológicas importantes empregados para avaliação da qualidade (FONSECA *et al.*, 2002; CALDEIRA *et al.*, 2008). Segundo Caldeira *et al.* (2012), quanto maior os valores do IQD, melhor é a qualidade da muda produzida. Na atual pesquisa, os maiores valores do IQD foram alcançados mediante as combinações de aplicações de 8 g de ALL+ F3 (4,90), 9 g ALL + F1 (5,27) e 9 g de ALL+ F2 (4,91), levando esses tratamentos a serem considerados uma ótima opção para a produção de porta-enxertos de seringueira (Figura 2.h).

Em termos gerais as combinações nutricionais fornecidas aos porta-enxertos de seringueira mostraram uma variação de valores IQD entre 2,02 (9 g ALL + F3) a 5,27 (9 g ALL + F1) (Figura 2.h), ficando acima do valor mínimo ideal para espécies florestais, pois de acordo com Hunt (1990), o IQD deve ser maior 0,20 e menor que 10, para que a muda apresente alta qualidade e, conseqüentemente, alta sobrevivência após o plantio.

A análise de variância mostrou efeito significativo para a interação dos tratamentos (ALL\*F) sobre as variáveis de fotossíntese líquida (A), transpiração (E) condutância estomática (g<sub>s</sub>) e concentração interna de CO<sub>2</sub> (C<sub>i</sub>) (Tabela 4).

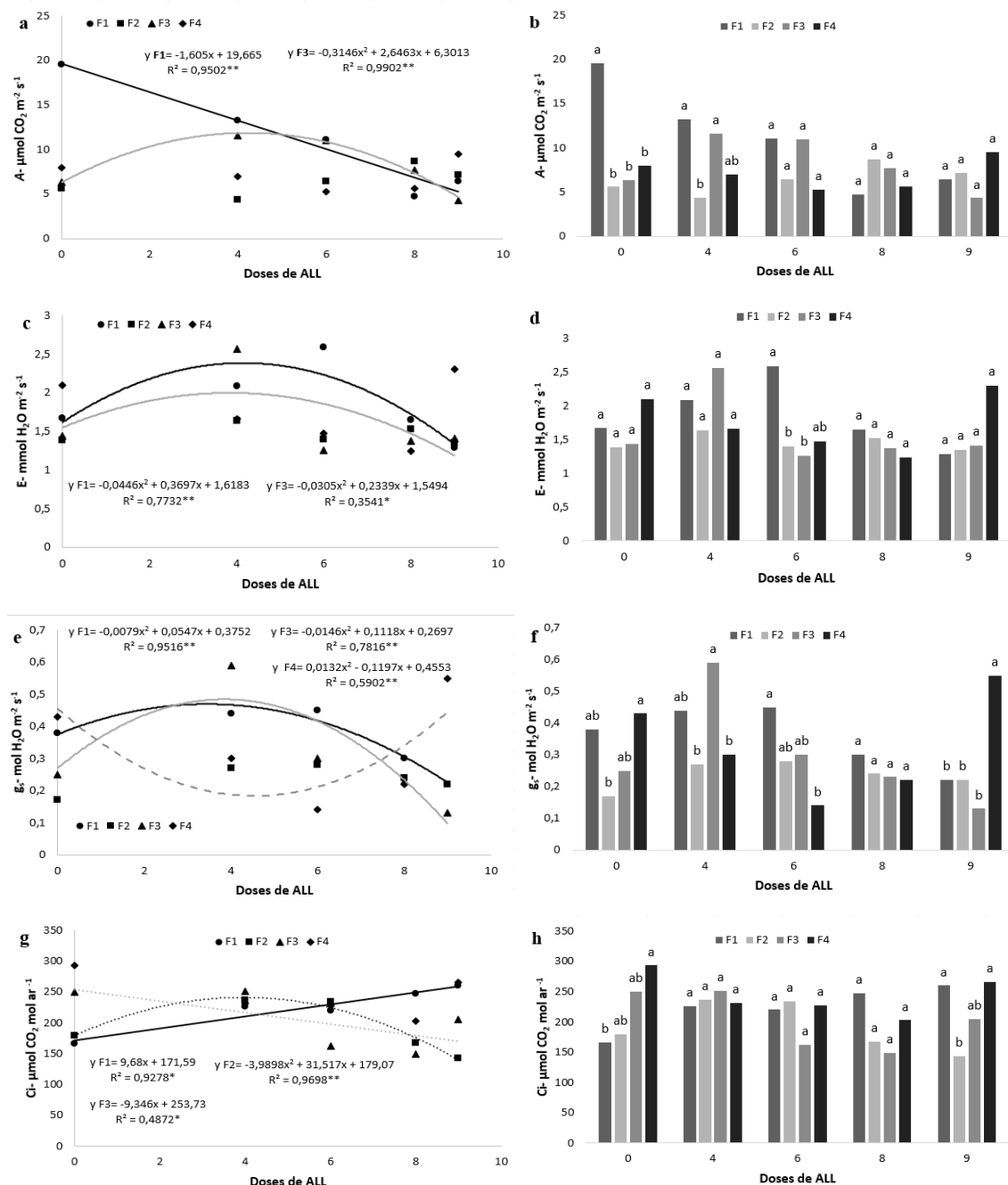
**Tabela 4-** Análise de variância ( $p>F$ ) da fotossíntese líquida (A-  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), condutância estomática ( $g_s$ -  $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), transpiração (E-  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) e a concentração interna de  $\text{CO}_2$  (Ci-  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol ar}^{-1}$ ), obtida aos 300 DAT, em porta-enxertos de seringueira em função de doses de adubo de liberação lenta (ALL) e frequência de aplicação de solução nutritiva (F). Ilha Solteira- SP.

| Tratamentos    | A     | E     | $g_s$ | Ci    |
|----------------|-------|-------|-------|-------|
|                | $p>F$ |       |       |       |
| Doses (ALL)    | 0,04  | 0,15  | 0,01  | 0,32  |
| Frequência (F) | 0,01  | 0,18  | 0,02  | 0,04  |
| (ALL*F)        | 0,01  | 0,03  | 0,01  | 0,04  |
| C.V(%)         | 35,30 | 30,99 | 34,13 | 24,08 |
| D.M.S          | 2,83  | 0,50  | 0,10  | 51,00 |

Fonte: Elaboração da própria autora.

O desdobramento da interação para fotossíntese (A) apontou que o aumento das doses de ALL, ocasionou para a aplicação da fertirrigação (F1), uma diminuição na atividade fotossintética dos porta-enxertos, ajustando-se os dados o modelo de regressão linear decrescente (Figura 3.a).

**Figura 3.** Desdobramento da interação de doses de adubo de liberação lenta (ALL) x frequência de aplicação de solução nutritiva (F), referentes fotossíntese líquida (a; b), condutância estomática (c; d), transpiração (e; f) e a concentração interna de CO<sub>2</sub> (g; h) de porta-enxertos de seringueira. Ilha Solteira- SP.



\*Regressão significativa ( $p > 0,05$ ) e \*\* ( $p > 0,01$ ). Frequência de aplicação da fertirrigação com N-P-K: F1 (a cada 60 dias); F2 (a cada 90 dias); F3 (a cada 120 dias) e F4 (a cada 150 dias).

Fonte: Elaboração da própria autora.

Por outro lado, para o fornecimento da solução nutritiva na regularidade F3, perante as doses do ALL, obteve-se tendência quadrática para as médias de fotossíntese dos porta-enxertos (Figura 3.a). As doses 6, 8 e 9 g do ALL L<sup>-1</sup> de substrato não proporcionaram diferenças significativas na fotossíntese (A) independentemente das frequências utilizadas para o parcelamento de N-P-K. Contudo, para cada dose do ALL foi definido os tratamentos que apresentaram as maiores taxas fotossintéticas dos porta-enxertos de seringueira, sendo eles: 0 g ALL + F1 (19,56  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ); 4 g ALL+ F1 (13,24  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) e 4 g ALL + F3 (11,56  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) (Figura 3.b).

Os maiores valores de transpiração (E) foram observados em porta-enxertos que receberam a dose de 6 g do ALL L<sup>-1</sup> de substrato + F1 (2,59 E- mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), diferindo estatisticamente de quando utilizada em conjunto com F2 (1,40 E- mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) e F3 (1,26 E- mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>). As demais doses do ALL, não obtiveram significância combinadas com as frequências de fertirrigação, para esta mesma variável (Figura 3.d).

Para a condutância estomática (g<sub>s</sub>), as frequências de fornecimento da solução nutritiva F1, F3 e F4 demonstraram efeito quadrático em função das doses do ALL. De acordo com as equações obtidas, foi possível determinar que as maiores médias de g<sub>s</sub> foram ocasionadas pelos tratamentos F1+ 3,46 g ALL (0,46 mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) e F3+ 4,04 g ALL (0,48 mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), em contrapartida o ponto mínimo da curva para F4 foi associado a dose de 4,53 g ALL (0,18 mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) (Figura 3.e). Contudo, a condutância estomática (g<sub>s</sub>) das mudas que receberam a dose 8 g do ALL L<sup>-1</sup> de substrato não apresentaram resultados significativos quando correlacionadas as frequências de fornecimento de N-P-K (Figura 3.f).

Os dados da concentração interna de CO<sub>2</sub> (CiCO<sub>2</sub>) seguiram ajuste linear crescente para F1, quadrática para F2 e linear decrescente para F3 em relação a elevação das doses do ALL (Figura 3.g). O ponto máximo da curva para o parcelamento em F2 foi associado a dose de 3,94 g de ALL, refletindo na CiCO<sub>2</sub> de 241,31  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol ar}^{-1}$  (Figura 3.g).

Para os porta-enxertos cultivados com a dose 0 g ALL+F4 (293,33  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol ar}^{-1}$ ) apresentaram maiores CiCO<sub>2</sub> comparado aos que foram nutridos com 0 g ALL+F1 (166,33  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol ar}^{-1}$ ). Por outro lado, para a dose de 9 g de ALL as combinações com F1 (260  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol ar}^{-1}$ ) ou F2 (265,66  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol ar}^{-1}$ ) apresentaram maiores CiCO<sub>2</sub> comparado aos que foram nutridos com 0 g ALL+F4 (293,33  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol ar}^{-1}$ ).

CO<sub>2</sub> mol ar<sup>-1</sup>) acarretaram em CiCO<sub>2</sub> superior em relação as mudas cultivadas com 9 g de ALL+ F2 (143,33 µmol CO<sub>2</sub> mol ar<sup>-1</sup>) (Figura 3.h).

Nota-se com base nos dados apresentados, que houve diferença nos valores entre as doses do ALL e sua interação com a frequência de aplicação da fertirrigação, sendo difícil a realização de uma recomendação padrão. Fato este, que reforça a ideia da necessidade de mais pesquisas voltados para área de nutrição mineral, buscando um melhor desenvolvimento dos porta-enxertos e a otimização no uso de novas técnicas.

#### 8.4 Conclusões

A interação entre as doses do adubo de liberação lenta (ALL) e a frequência (F) de aplicação da fertirrigação com NPK foi significativa para todos os parâmetros analisados, com exceção da altura, porém esses resultados não apresentaram tendência comum, que permitisse recomendar qual a melhor combinação (ALL\*F) para a fase de crescimento dos porta-enxertos de seringueira.

As maiores alturas de planta foram alcançadas com a utilização da solução nutritiva de N-P-K fornecida a cada 120 dias (F3).

O índice SPAD aumentou conforme as doses crescentes do ALL, independentemente da frequência de fertirrigação empregada.

#### REFERÊNCIAS

- BARBOSA FILHO, M. P.; COBUCCI, T.; FAGERIA, N. K.; MENDES, P. N. Época de aplicação de nitrogênio no feijoeiro irrigado monitorada com auxílio de sensor portátil. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 3, n. 2, p. 425-431, 2009.
- BARBIZAN, E.L.; LANA, R. M. Q.; MENDONÇA, F. C.; MELO de B.; SANTOS, C. M. dos.; MENDES, A. F. Produção de mudas de cafeeiro em tubetes associada a diferentes formas de aplicação de fertilizantes. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 26, p. 1471-1480, 2002.
- BARRETO, R. F.; MARUYAMA, W. I.; BARDIVIESSO, D. M.; RODRIGUES, T. DA. S.; SERAGUZI, E. F.; BARBOSA, A. V. Adubação de porta-enxertos de seringueira em viveiro suspenso. **Floresta**, Curitiba-PR, v. 46, n. 1, p. 1-9, 2016.
- BATAGLIA, O. C.; SANTOS, W. R. Nutrição e adubação de seringais em formação e produção. In: CICLO DE PALESTRAS SOBRE HEVEICULTURA PAULISTA, 1., 1998, Barretos. **Anais** [...]. Barreto: [s.n.], 1998. 16 p.

BIASI, L. A. Emprego do estiolamento na propagação de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 26, n. 2, p. 309-315, 1996.

BOCKMAN, O. C.; OLFS, H. W. Fertilizers, agronomy and N<sub>2</sub>O. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 52, n. 2/3, p. 165- 170, 1998.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF; Campos: UENF, 1995. p. 57 – 92.

ENGEL, V. L.; POGGIANI, F. Influência do sombreamento sobre o crescimento de mudas de algumas essências nativas e suas implicações ecológicas e silviculturais. **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais- IPEF**, Piracicaba, n. 43/44, p.1-10, 1990.

FERREIRA, D. F. **SISVAR - Sistema de análise de variância**. Versão 5.1. Lavras-MG: UFLA, 2010.

GODOY, L. J. G.; SOUTO, L. S.; FERNANDEZ, D. M.; BÔAS, R. L. V. Uso do clorofilômetro no manejo da adubação nitrogenada para milho em sucessão a pastagem de *Brachiaria decumbens*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 1, p. 38-44, 2007.

HUNT, G. A. Effect of styroblock design and cooper treatment on morphology of conifer seedlings. *In*: 281 TARGET SEEDLIN ASSOCIATIONS, GENERAL TECHNICAL REPORT RM-200, 1990, Roseburg: **Proceedings** [...]. Fort Collins: United States Department of Agriculture, Forest Service, 1990. p. 218-222.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS-IAC. **A importância da borracha natural**. 2011. Campinas-IAC. Disponível: [www.iac.sp.gov.br/areasdepesquisa/seringueira/](http://www.iac.sp.gov.br/areasdepesquisa/seringueira/). Acesso em: 13 abr. 2017.

JADOSKI, S. O.; KLAR, A. E.; SALVADOR, E. D. Relações hídricas e fisiológicas em plantas de pimentão ao longo de um dia. **Ambiência**, Guarapuava, v. 1, n. 1, p. 11-19, 2005.

LANG, A. **Efeitos da aplicação de fertilizante de liberação lenta no estabelecimento de mudas de ipê roxo e angico branco em área de domínio ciliar**. 1998. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 1998.

MARTINS, A. L. M. *et al.* **Produção de mudas de seringueira em bancadas e substrato**. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 2013. 16 p. Circular técnica.

OLIVEIRA, J. P. **Crescimento e nutrição mineral de porta-enxertos de seringueira (*Hevea spp.*) em função da idade**. 2006. 77 f. (Mestrado em Solos e Nutrição de plantas) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2006.

SCIVITTARO, W. B.; OLIVEIRA, R. P.; RADMANN, E. B. Doses de fertilizante de liberação lenta na formação do porta-enxerto 'Trifoliata'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 520-523, 2004.

SHAVIV, A. Preparation methods and release mechanisms of controlled release fertilizers: agronomic efficiency and environmental significance. **Proceeding International Fertility Society**, New York, n. 41, p.1-35, 1999.

ZAMUNÉR FILHO, A. N.; VENTURIN, N.; PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; MACEDO, R. L. G. Dose of controlled-release fertilizer for production of rubber tree rootstocks. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 2, p. 239-245, 2012.



## **CAPÍTULO 9: RESPOSTA NUTRICIONAL DE PORTA-ENXERTOS DE SERINGUEIRA FERTILIZADOS COM ADUBO DE LIBERAÇÃO LENTA E FERTIRRIGAÇÃO DE NPK**

**RESUMO:** O objetivo do trabalho foi determinar a resposta nutricional de porta-enxertos de seringueiras cultivados com doses de adubo de liberação lenta associado ao parcelamento da fertirrigação de NPK. O experimento foi desenvolvido em viveiro a céu aberto instalado na Faculdade de Engenharia - UNESP, Campus de Ilha Solteira- SP. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial 5 x 4, sendo cinco doses de adubo de liberação lenta 0, 4, 6, 8, 9 g L<sup>-1</sup> de substrato e quatro frequências de parcelamento da fertirrigação de N-P-K, totalizando 20 tratamentos com três repetições de três mudas por parcela. Os teores nutricionais encontrados nos porta-enxertos de seringueira variaram de acordo com a interação das doses do ALL e as frequências de fertirrigação com N-P-K. O aumento das doses do ALL proporcionou redução dos teores de S e Cu nas folhas e de P e Cu nas raízes. A aplicação de doses crescentes do ALL juntamente com a fertirrigação a cada 120 dias (F3) aumentou linearmente os teores de N, P, K nas folhas e Fe no caule, porém, acarretou em decréscimo de K, S, Fe e Zn radicular. No geral, visando o uso mais racional dos fertilizantes, o tratamento 4 g do ALL+ F4 demonstrou ser uma boa alternativa de escolha para nutrição dos porta-enxertos, pois proporcionou teores de nutrientes adequados conforme as respectivas faixas de suficiência para cultura.

**Palavras-Chave:** *Hevea brasiliensis*, nutrição mineral, viveiro suspenso, solução nutritiva, teores de nutrientes foliar.

### 9.1 Introdução

A produção de mudas com qualidade fitossanitária e bem desenvolvidas é um fator de extrema importância para qualquer cultura, principalmente para aquelas que apresentam caráter perene, como é o caso da seringueira. Neste sentido, a etapa de produção de mudas de seringueira deve ser bem planejada, afim de alcançar o sucesso na implantação do seringal, considerando que o seu período produtivo pode atingir até 50 anos (OLIVEIRA *et al.*, 2017).

Nos viveiros, a adoção de técnicas de fertilização do substrato é uma das práticas mais importante para obtenção de expressivos aumentos no crescimento, especialmente quando as mudas são produzidas em recipientes que limitam o seu desenvolvimento (BRONDANI *et al.*, 2008). A eficiência das adubações depende basicamente das doses e fontes dos adubos utilizados, da capacidade de troca catiônica e das características físicas do substrato (SGARBI *et al.*, 1999).

O cultivo de mudas em substrato requer práticas de adubações diferentes das adotadas no sistema convencional (solo). Normalmente são utilizados nas adubações em viveiros os fertilizantes prontamente solúveis que favorecem a rápida absorção e lixiviação dos nutrientes, as quais não são adequados para a adubação de mudas em substratos leves, porosos e sujeitos a irrigação diária (ZAMUNÉR FILHO *et al.*, 2012). Uma alternativa para melhoria da eficiência das adubações, seria a utilização do adubo de liberação lenta homogeneizado ao substrato de plantio associado ao fornecimento de macro e micronutrientes via fertirrigação, permitindo o suprimento contínuo de nutrientes durante todo o período de crescimento das plantas (MARTINS *et al.*, 2013).

A frequência de fertirrigação de mudas produzidas em substrato deve ser ajustada de acordo com a demanda hídrica da cultura (ANDRIOLO, 1996) e a determinação da quantidade de nutriente e a fonte do fertilizante a ser utilizado deve ser escolhido em função da espécie, da época do ano e do tipo de substrato (SILVEIRA *et al.*, 2001). Contudo, para a produção de porta-enxertos de seringueira, ainda são insuficientes as publicações científicas que definam as doses, concentrações e parcelamentos de aplicações do adubo de liberação lenta e da solução nutritiva em sistema de viveiro suspenso. Nesse contexto, o trabalho teve como objetivo determinar a resposta nutricional de porta-enxertos

de seringueiras cultivados com adubo de liberação lenta associado ao parcelamento da fertirrigação de NPK.

## 9.2 Material e métodos

O experimento foi desenvolvido na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) no campus de Ilha Solteira- SP, localizada a 20°43'09" de latitude sul e 51°33'79" de longitude oeste, com altitude em torno de 335 metros.

As sementes provenientes de polinização aberta do clone PB235 foram obtidas de plantio multiclonais pertencente ao Instituto Agrônômico (IAC), localizado no município de Votuporanga-SP, coletadas em março/2018.

A semeadura foi em jardineiras plásticas contendo como substrato 5 litros de areia grossa, recobertas com 1 cm de pó de serra, sobre bancada suspensa em casa de vegetação do tipo Pad & Fan, com duas irrigações diárias por aspersão controladas automaticamente, e temperatura máxima de 30°C. A emergência ocorreu do 7° ao 10° dia após a semeadura e, quando as plântulas atingiram o estágio de “palito”, por volta do 14° dia, foram transplantadas para sacos plásticos de polietileno com dimensões de 17x30 cm e com volume de 2,75 litros, previamente preenchidos com substrato comercial composto de turfa, vermiculita, carvão vegetal e casca de pinus, fertilizados de acordo com os tratamentos (Tabela 1).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial 5 x 4, sendo cinco doses de adubo de liberação lenta (ALL) e quatro frequências de parcelamento da fertirrigação, totalizando 20 tratamentos com três repetições de três mudas por parcela. Os tratamentos foram constituídos pelas doses 0, 4, 6, 8, 9 g do ALL L<sup>-1</sup> de substrato, fornecidos na semeadura. O adubo de liberação lenta utilizado foi o Forthcote® com liberação prevista de 5 meses, com formulação comercial de 15-09-12, contendo N (15%), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (9%), K<sub>2</sub>O (12%), Mg (1%), S (2,3%), B (0,02%), Cu (0,05%), Fe (1%), Mn (0,06%), Mo (0,02%), Zn (0,05). Para o preparo da solução nutritiva aplicada via fertirrigação utilizou-se os fertilizantes: fosfato monoamônio (MAP) que possui aproximadamente 50% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 11% de N e o cloreto de potássio (KCL) contendo 60% de K<sub>2</sub>O, diluídos em água (Tabela 1). A quantidade de N-P-K total aplicada via fertirrigação foi a mesma para todos os tratamentos, porém

parcelados em diferentes intervalos de fornecimento (dias), totalizando um ciclo de 300 dias após transplantio.

**Tabela 1** – Fertilizantes, doses e épocas de parcelamento da fertirrigação em mudas de porta-enxerto de seringueira.

| Tratamentos | Doses de ALL*<br>(g. L <sup>-1</sup> ) | Doses parceladas via fertirrigação (g. L <sup>-1</sup> ) | Intervalo de parcelamento (DAT) | Número de fertirrigações (MAP+KCl) |
|-------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| T1          | 0                                      | F1**                                                     | 60                              | 4                                  |
| T2          |                                        | F2                                                       | 90                              | 3                                  |
| T3          |                                        | F3                                                       | 120                             | 2                                  |
| T4          |                                        | F4                                                       | 150                             | 1                                  |
| T5          | 4                                      | F1                                                       | 60                              | 4                                  |
| T6          |                                        | F2                                                       | 90                              | 3                                  |
| T7          |                                        | F3                                                       | 120                             | 2                                  |
| T8          |                                        | F4                                                       | 150                             | 1                                  |
| T9          | 6                                      | F1                                                       | 60                              | 4                                  |
| T10         |                                        | F2                                                       | 90                              | 3                                  |
| T11         |                                        | F3                                                       | 120                             | 2                                  |
| T12         |                                        | F4                                                       | 150                             | 1                                  |
| T13         | 8                                      | F1                                                       | 60                              | 4                                  |
| T14         |                                        | F2                                                       | 90                              | 3                                  |
| T15         |                                        | F3                                                       | 120                             | 2                                  |
| T16         |                                        | F4                                                       | 150                             | 1                                  |
| T17         | 9                                      | F1                                                       | 60                              | 4                                  |
| T18         |                                        | F2                                                       | 90                              | 3                                  |
| T19         |                                        | F3                                                       | 120                             | 2                                  |
| T20         |                                        | F4                                                       | 150                             | 1                                  |

\*Adubo de liberação lenta incorporado ao substrato de plantio (g. L<sup>-1</sup> de substrato);

\*\*Doses dos adubos que serão diluídos em água para o preparo da solução nutritiva (g. L<sup>-1</sup> de água):

F1: 0,93 de MAP + 0,30 de KCl;

F2: 1,24 de MAP + 0,40 de KCl;

F3: 1,86 de MAP + 0,60 de KCl;

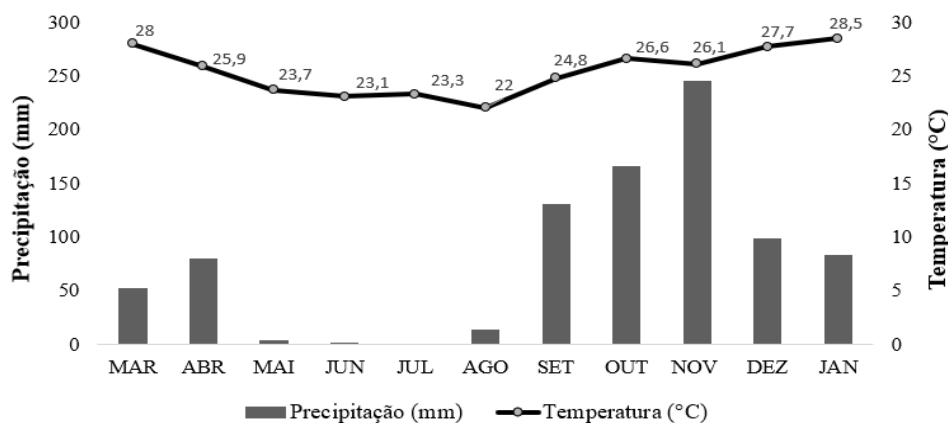
F4: 3,72 de MAP + 1,20 de KCl;

Os porta-enxertos receberam em cada aplicação da fertirrigação o equivalente a 200 mL da solução nutritiva.

Fonte: Elaboração da própria autora.

A irrigação durante o período experimental foi com frequência diária no início da manhã e ao final da tarde. Os dados mensais de temperatura (°C) e precipitação (mm) ocorridos durante o período experimental foram obtidos através da Estação Meteorológica da Área de Hidráulica e Irrigação da UNESP-Campus de Ilha Solteira e estão representados na Figura1.

**Figura 1.** Médias mensais de temperatura (°C) e precipitação (mm). Ilha Solteira-SP.



Fonte: Elaboração da própria autora.

No decorrer da condução do experimento houve ocorrência de pragas e doenças sendo necessário seu controle fitossanitário. Em relação às pragas ocorreu incidência de mandarová (*Erinnyis ello*) e mosca-branca (*Bemisia tabaci*), controladas respectivamente com deltrametrina na dosagem 1 mL p.c L<sup>-1</sup> de água e tiametoxam na proporção de 3 g p.c L<sup>-1</sup> de água. A doença que afetou os porta-enxertos foi o mal-das-folhas (*Microcyclus ulei*), sendo seu controle realizado através da aplicação de tiofanato metílico na quantidade de 1 g p.c L<sup>-1</sup> de água.

Os efeitos dos tratamentos aplicados sobre os porta-enxertos de seringueira foram avaliados aos 300 dias após transplântio (DAT). Para a avaliação nutricional, as mudas foram coletadas e subdivididas em raízes, caules e folhas, lavadas em água destilada e secas em estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 65°C, por um período de 72 horas. Depois de secas, o material foi moído em moinho tipo Willey, com facas e câmara de aço inoxidável e com peneiras de 0,5 ou 1,0 mm de diâmetro (20-40 mesh). O material vegetal seco e moído, foi submetido à digestão sulfúrica e à nitroperclórica. As amostras oriundas da digestão sulfúrica foram utilizadas para a análise do teor de N, enquanto que as amostras processadas pela digestão nitroperclórica foram usadas para as análises dos teores P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Zn e Cu, conforme a metodologia descrita por Malavolta *et al.* (1997).

Os dados de cada variável foram submetidos à análise de variância através do teste F, e as médias dos porta-enxertos comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Para os resultados significativos, foram aplicados modelos de regressão que melhor se ajustaram aos efeitos obtidos. O software estatístico utilizado foi o SISVAR 5.1 (FERREIRA, 2010).

### 9.3 Resultados e discussão

De acordo com os dados apresentados na tabela 1 é possível constatar a interação significativa entre as doses do adubo de liberação lenta e as frequências de aplicações da fertirrigação de N-P-K (ALL x F) para os teores de N, P, K e Mg nas folhas; N, P, K, Ca, Mg e S no caule e N, K, Mg e S na raiz de porta-enxertos de seringueira.

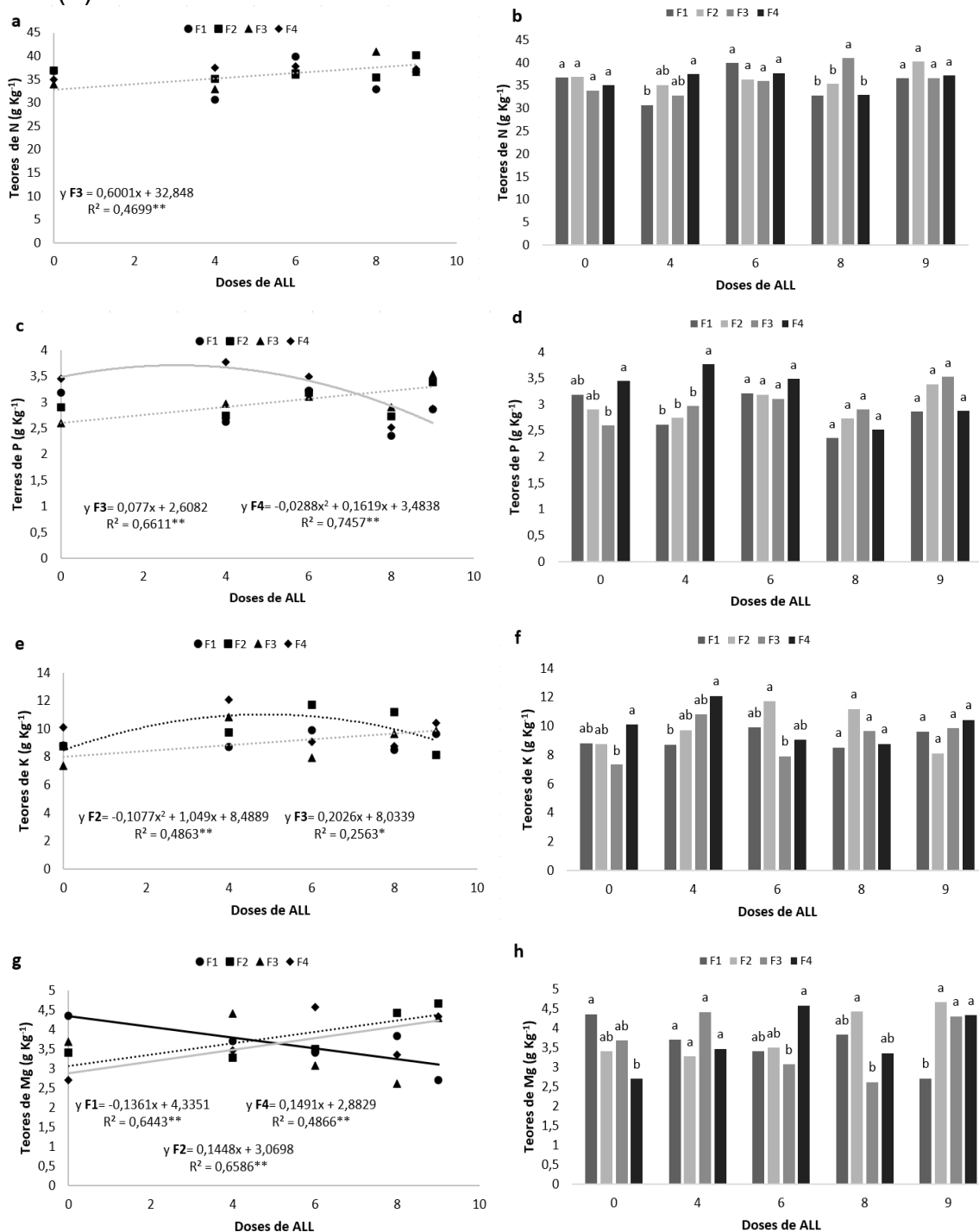
**Tabela 1.** Análise de variância ( $p > F$ ) de macronutrientes nas folhas, caule e raiz de porta-enxertos de seringueira em função de doses de adubo de liberação lenta e frequência de aplicação de solução nutritiva (F). Ilha Solteira-SP.

| Folhas          |       |       |       |       |       |       |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Fatores         | N     | P     | K     | Ca    | Mg    | S     |
| -----p>F-----   |       |       |       |       |       |       |
| Doses (ALL)     | 0,01  | 0,01  | 0,05  | 0,59  | 0,43  | 0,04  |
| Frequências (F) | 0,49  | 0,02  | 0,06  | 0,25  | 0,72  | 0,13  |
| (ALLxF)         | 0,01  | 0,01  | 0,01  | 0,14  | 0,01  | 0,06  |
| CV (%)          | 7,05  | 10,60 | 13,03 | 25,86 | 17,86 | 13,83 |
| Caule           |       |       |       |       |       |       |
| -----p>F-----   |       |       |       |       |       |       |
| Doses (ALL)     | 0,06  | 0,06  | 0,28  | 0,65  | 0,26  | 0,01  |
| Frequências (F) | 0,08  | 0,46  | 0,27  | 0,08  | 0,01  | 0,01  |
| (ALLxF)         | 0,01  | 0,03  | 0,01  | 0,02  | 0,01  | 0,01  |
| CV (%)          | 21,45 | 34,42 | 21,89 | 23,40 | 20,39 | 14,33 |
| Raiz            |       |       |       |       |       |       |
| -----p>F-----   |       |       |       |       |       |       |
| Doses (ALL)     | 0,94  | 0,01  | 0,76  | 0,14  | 0,18  | 0,10  |
| Frequências (F) | 0,85  | 0,53  | 0,32  | 0,53  | 0,42  | 0,03  |
| (ALLxF)         | 0,01  | 0,06  | 0,01  | 0,12  | 0,01  | 0,03  |
| CV (%)          | 10,93 | 24,02 | 28,90 | 20,46 | 16,25 | 17,79 |

Fonte: Elaboração da própria autora.

Ao analisar o desdobramento da interação (ALLxF), nota-se que a adoção da fertirrigação contendo N-P-K a cada 120 DAT (F3), gerou um aumento linear dos teores foliares de N (Figura 2.a), P (Figura 2.c) e K (Figura 2.e) em relação as doses crescentes do ALL.

**Figura 2.** Desdobramento dos teores de N (a, b); P (c, d); K (e, f) e Mg (g, h) em g Kg<sup>-1</sup> nas folhas de porta-enxertos de seringueira cultivados com doses de adubo de liberação lenta e frequência de aplicação de solução nutritiva com N-P-K (F). Ilha Solteira-SP.



\*Regressão significativa 5% e \*\* 1%. Frequência de aplicação da fertirrigação com N-P-K: F1 (a cada 60 dias); F2 (a cada 90 dias); F3 (a cada 120 dias) e F4 (a cada 150 dias). Fonte: Elaboração da própria autora.

Os porta-enxertos que receberam o tratamento constituído de 4 g de ALL + F4 apresentaram maiores teores foliares de N ( $37,48 \text{ g kg}^{-1}$ ) quando comparado a utilização de 4 g de ALL + F1 ( $30,78 \text{ g kg}^{-1}$ ). Esses valores são próximos do encontrado por Amaral (1990), que estudando a aplicação de soluções nutritivas diariamente constataram teores foliares de  $34,0 \text{ g kg}^{-1}$  de N. Contudo, as mudas fertilizadas com 8 g de ALL e fertirrigadas a cada 120 DAT (F3) exibiram  $40,98 \text{ g kg}^{-1}$  de N foliar (Figura 2.b), sendo este valor superior aos níveis adequados citados por Murbach *et al.* (2013), que se situam entre 29,0 e  $35 \text{ g kg}^{-1}$ .

Houve um ajuste quadrático para o fornecimento F4 da solução nutritiva para os teores foliares de P, sendo definido a dose de 2,81 g de ALL ( $3,71 \text{ g kg}^{-1}$  de P) como o ponto máximo da curva (Figura 2.c). Entretanto, para o fator dose, nota-se que o tratamento 0 g de ALL + F4 ( $3,45 \text{ g kg}^{-1}$ ) diferiu do 0 g de ALL + F3 ( $2,60 \text{ g kg}^{-1}$ ) nos teores foliares de P, porém, para a dose 4 g de ALL os melhores resultados foram averiguados através da associação com F4 ( $3,77 \text{ g kg}^{-1}$  de P) (Figura 2.d). As médias de P foliar obtidas neste trabalho são superiores as relatadas por Nobile *et al.* (2017), onde constataram teores de 2,14 a  $2,51 \text{ g Kg}^{-1}$  de P, através de aplicação da fertirrigação com diferentes concentrações nutricionais a cada dois dias em porta-enxertos de seringueira.

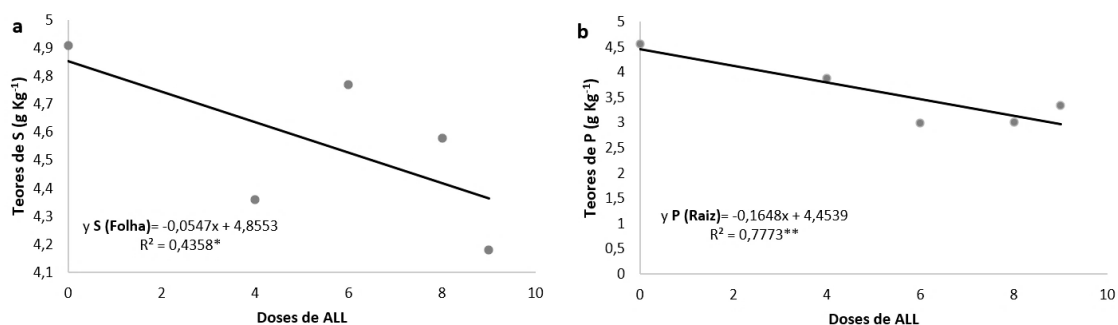
Os teores de K nas folhas seguiram tendência quadrática para os porta-enxertos que receberam a fertirrigação na periodicidade (F2). De acordo com a equação obtida, foi possível estimar que a dose de 4,87 g de ALL alcançado o teor de  $11,04 \text{ g kg}^{-1}$  de K nas folhas (Figura 2.e). Em contrapartida, as adubações constituídas de 0 g de ALL + F3 ( $7,38 \text{ g kg}^{-1}$ ), 4 g de ALL + F1 ( $8,73 \text{ g kg}^{-1}$ ) e 6 g de ALL + F3 ( $7,92 \text{ g kg}^{-1}$ ) apresentaram as menores médias de K (Figura 2.f), ficando abaixo da faixa sugerida por Cantarutti *et al.* (2007) de 10 a  $14 \text{ g Kg}^{-1}$ .

O aumento das doses do ALL gerou uma diminuição linear dos teores de Mg foliar em porta-enxertos que receberam a fertirrigação no parcelamento F1, entretanto, resposta contrária foi observada para F2 e F4 que exibiram tendência linear crescente (Figura 2.g). Os tratamentos 0 g de ALL + F4 ( $2,70 \text{ g kg}^{-1}$ ), 6 g de ALL + F3 ( $3,07 \text{ g kg}^{-1}$ ), 8 g de ALL + F3 ( $2,62 \text{ g kg}^{-1}$ ) e 9 g de ALL + F1 ( $2,71 \text{ g kg}^{-1}$ ) indicaram baixos teores foliares de Mg (Figura 2.h). Borelli (2016), avaliando os efeitos da fertirrigação aplicada duas vezes ao dia com diferentes concentrações de nutrientes sobre a produção de hastes verdes de um

minijardim clonal de seringueira, observou que na estação verão teores de Mg de 1,3 a 2,2 g kg<sup>-1</sup>, porém para Nobile *et al.* (2017) ficaram em torno de 2,83 a 3,93 g kg<sup>-1</sup>, valores similares aos da atual pesquisa.

Os teores foliares de S apresentaram diferença significativa para as doses do ALL (Tabela 1). O aumento das doses do ALL refletiu em uma diminuição no conteúdo de S alocado nas folhas dos porta-enxertos de seringueira (Figura 3.a). Esses resultados são divergentes aos descritos por Zamunér Filho *et al.* (2012) em experimento com porta-enxertos de seringueira, onde constataram que a elevação das doses do ALL propiciou o aumento dos teores de S nas folhas, sendo os valores aferidos de acordo com cada tratamento de 1,8 g kg<sup>-1</sup> de S para 3 g L<sup>-1</sup> ALL, 1,9 g kg<sup>-1</sup> de S para 6 g kg<sup>-1</sup> e 2,3 g kg<sup>-1</sup> de S para 9 g L<sup>-1</sup> do ALL. Contudo, neste experimento todas as doses do ALL apresentaram médias de S foliar superiores as mencionadas por Zamunér Filho *et al.* (2012).

**Figura 3:** Teores de S nas folhas (a) e P nas raízes (b) de porta-enxertos de seringueira em função de doses de adubo de liberação lenta. Ilha Solteira-SP.



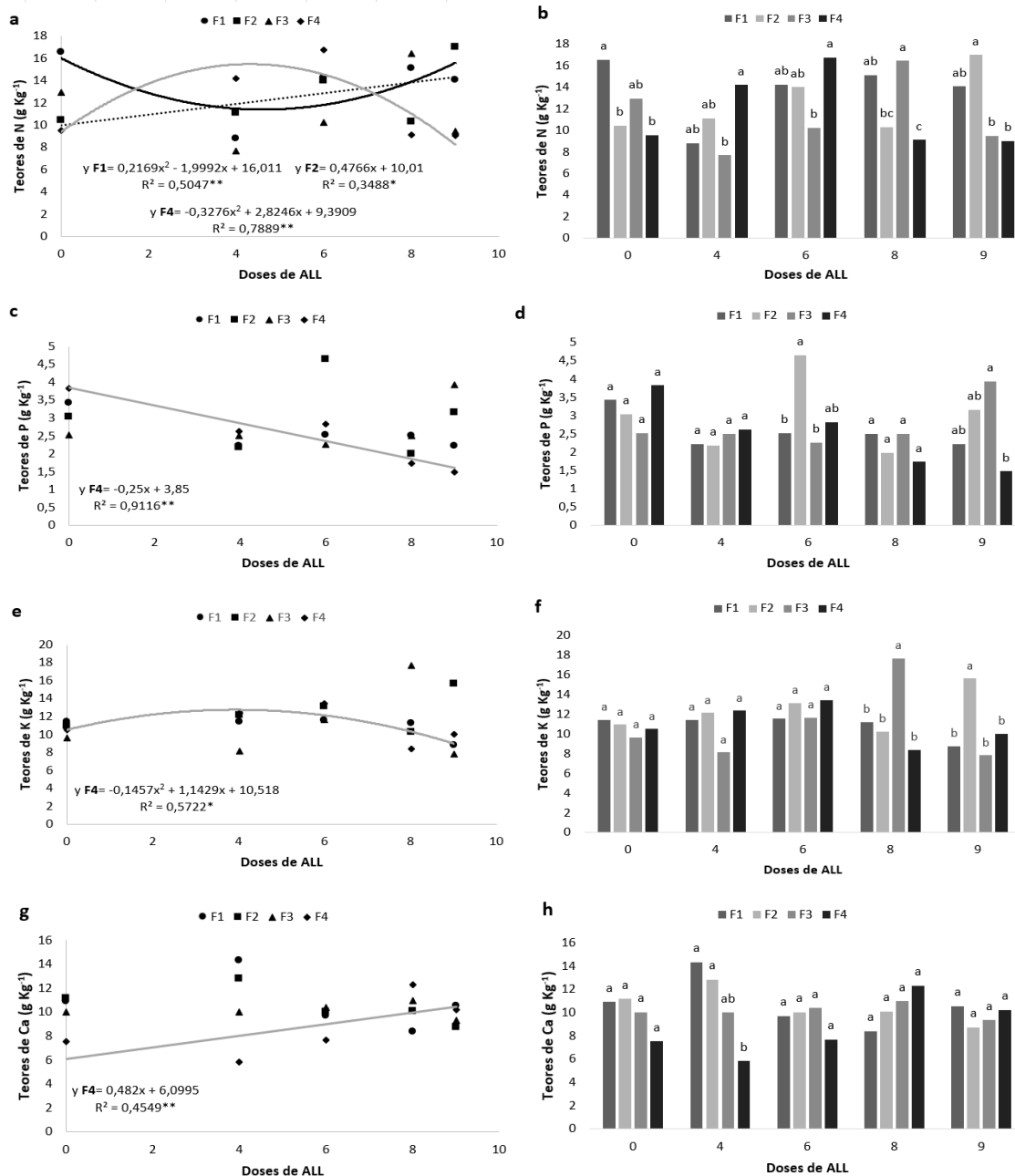
\*Regressão significativa 5% e \*\* 1%. Fonte: Elaboração da própria autora.

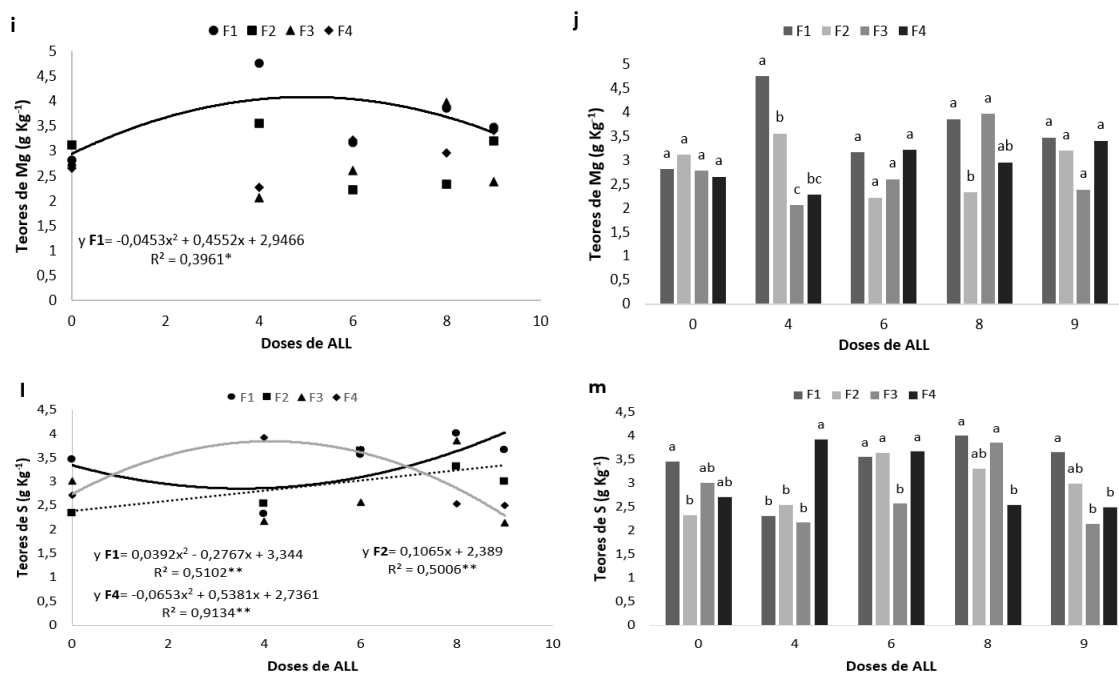
O teor de N no caule de mudas fertirrigadas na regularidade F1 e F4 seguiram tendência quadrática e F2 linear crescente em relação as doses de ALL (Figura 4.a). O ponto de mínimo da curva para F1 foi definido na dose de 4,60 g ALL e para F4 o ponto máximo na dose de 4,31 g ALL, resultando nos teores de N caulinares de 11,40 g kg<sup>-1</sup> e 15,47 g kg<sup>-1</sup> respectivamente (Figura 4.a).

Os dados contidos na Figura 4.b demonstram que para cada dose houve uma interação significativa distinta relacionada ao intervalo de disponibilização da fertirrigação, sendo que dentre os tratamentos utilizados os que apresentaram melhores teores de N no caule foram: 0 g ALL +F1 (16,55 g kg<sup>-1</sup>), 4 g ALL+F4 (14,21 g kg<sup>-1</sup>), 6 g ALL +F4 (16,76 g kg<sup>-1</sup>), 8 g ALL+F3 (16,45 g kg<sup>-1</sup>)

e 9 g ALL+F2 (17,01 g kg<sup>-1</sup>). Esses resultados foram similares aos descritos por Guerrini (1982) que pesquisando o recrutamento de nutrientes de *Hevea brasiliensis* clone Fx 3864 na região do Rio Branco – AC, verificou para plantas de 12 meses o teor de 16,2 g kg<sup>-1</sup> de N no caule.

**Figura 4.** Desdobramento dos teores de N (a, b); P (c, d); K (e, f); Ca (g, h); Mg (i, j) e S (l, m) em g Kg<sup>-1</sup> no caule de porta-enxertos de seringueira cultivados com doses de adubo de liberação lenta e frequência de aplicação de solução nutritiva com N-P-K (F). Ilha Solteira-SP.





\*Regressão significativa 5% e \*\* 1%. Frequência de aplicação da fertirrigação com N-P-K: F1 (a cada 60 dias); F2 (a cada 90 dias); F3 (a cada 120 dias) e F4 (a cada 150 dias).

Fonte: Elaboração da própria autora.

Os teores de P no caule dos porta-enxertos submetidos a fertirrigação F4 decresceram linearmente (Figura 4.c), sendo as doses de 8 (1,74 g kg<sup>-1</sup>) e 9 (1,48 g kg<sup>-1</sup>) g ALL responsáveis por teores inferiores aos relatados por Amaral (1983), que obteve para plantas de seringueira sem deficiência de fósforo o valor de 2,2 g kg<sup>-1</sup> de P no caule. Entretanto, as fertilizações constituídas de 6 g ALL + F2 (4,65 g kg<sup>-1</sup>) e 9 g ALL + F3 (3,94 g kg<sup>-1</sup>) demonstraram efeitos benéficos no acúmulo de P no caule (Figura 4.d), ficando acima do teor citado por Amaral (1990).

O fornecimento da fertirrigação F4 desencadeou um efeito quadrático, sendo estimado a dose de 3,92 g ALL como a de melhor desempenho nos teores de K no caule, alcançando o valor de 12,75 g kg<sup>-1</sup> de K (Figura 4.e). Entre as combinações (ALL\*F) os maiores teores de K no caule foi verificado para 8 g ALL + F3 e 9 g ALL + F2, apresentando respectivamente as médias de 17,67 e 15,64 g kg<sup>-1</sup> (Figura 4.f). Os níveis de K no caule encontrados nessa pesquisa ficaram acima dos estabelecidos por Viégas *et al.* (1990), 7,5 g kg<sup>-1</sup> a 9,6 g kg<sup>-1</sup> de K, em porta-enxertos de seringueira cultivados em sacos plásticos no Pará. Contudo, porta-enxertos cultivados em casa de vegetação, apresentaram segundo Viégas *et al.* (1992) um teor de 12,8 kg<sup>-1</sup> de K no caule aos dois meses de idade.

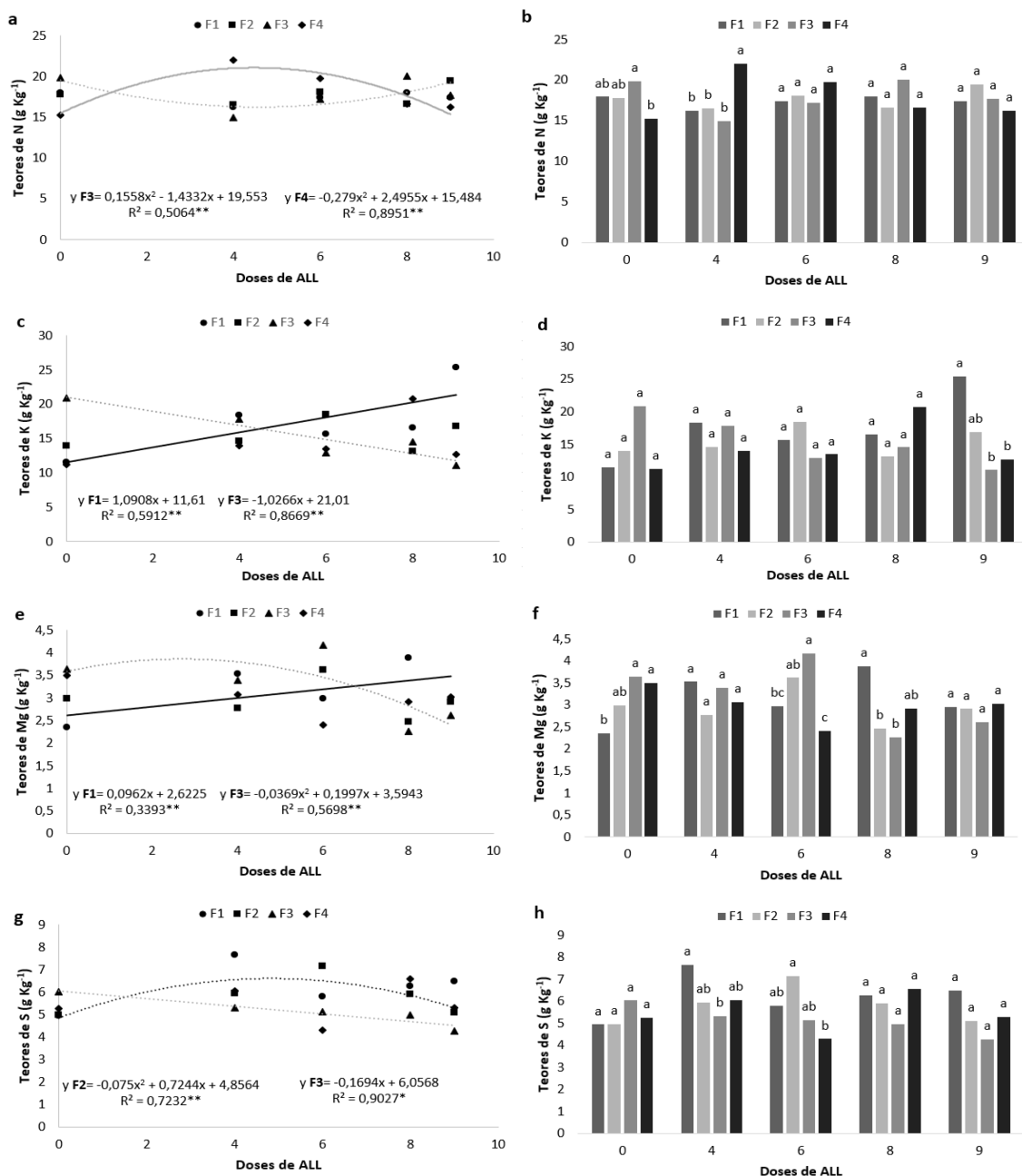
Para os teores de Ca no caule, os porta-enxertos fertirrigados a cada 150 DAT (F4) seguiram tendência linear crescente com o aumento das doses do ALL. Os tratamentos formados por 4 g ALL +F1 (14,34 g kg<sup>-1</sup>) e 4 g ALL +F2 (12,81 g kg<sup>-1</sup>) são significativamente superiores ao 4 g ALL +F4 (5,81 g kg<sup>-1</sup>) para os teores caulinares de Ca. A adubação formada por 4 g ALL +F4 demonstrou a necessidade de ajuste na concentração de Ca, pois os valores aferidos foram inferiores aos obtidos por Oliveira (2006), que observando o recrutamento de nutrientes por porta-enxertos de seringueira, constataram no caule o teor de 7,57 g kg<sup>-1</sup> de Ca aos 6 meses de idade.

O emprego de N-P-K a cada 60 DAT (F1) acarretou em um ajuste quadrático em função das doses de ALL para os teores de Mg no caule, sendo definido o ponto máximo da curva na dose de 5,02 g ALL, resultando em 4,09 g kg<sup>-1</sup> de Mg (Figura 4.i). A adubação proveniente de 4 g ALL+F3 (2,06 g kg<sup>-1</sup>) e 8 g ALL+F2 (2,33 g kg<sup>-1</sup>) (Figura 4.j) exibiram conteúdos de Mg nos caules inferiores aos observados por Viégas *et al.* (1992) em porta-enxertos de seringueira, que aos 240 dias atingiram 2,90 g kg<sup>-1</sup> de Ca.

O teor de S no caule seguiu ajuste linear crescente para F2 e quadrático para F1 e F4, no qual, o ponto mínimo foi estabelecido na dose de 3,52 g ALL (2,85 g kg<sup>-1</sup>) para F1 e o máximo na dose de 4,12 g ALL (3,84 g kg<sup>-1</sup>) para F4 (Figura 4.l). Para cada dose houve uma interação distinta para as associações com as frequências de fertirrigação (Figura 4.m), apresentando as combinações 4+F1, 0+F2, 4+F2, 4+F3, 6+F3, 9+F3, 0+F4, 8+F4 e 9+F4 necessidade de correção do S fornecido, pois os dados apontaram teores desse elemento no caule menores 3 g kg<sup>-1</sup> de S relatados por Viégas *et al.* (1992) em porta-enxerto aos 240 dias.

Na raiz, os teores de N adequaram-se ao modelo de regressão quadrático para a aplicação da fertirrigação F3 e F4, sendo a dose de 4,59 g ALL definida como de baixa eficiência quando associada a F3 (16,25 g kg<sup>-1</sup>), por outro lado, a dose de 4,47 g ALL resultou em alto desempenho para F4 (21,06 g kg<sup>-1</sup>) (Figura 5.a). O tratamento composto de 0 g ALL+F3 (19,88 g kg<sup>-1</sup>) foi significativamente superior ao 0 g ALL+F4 (15,26 g kg<sup>-1</sup>), entretanto, o uso de 4 g ALL+F4 (22,01 g kg<sup>-1</sup>) exibiu maior acúmulo de N radicular (Figura 5.b). Os teores radiculares de N obtidos na atual pesquisa divergem do mencionado por Viégas (1985) de 26 g kg<sup>-1</sup> de N para seringueira em fase de viveiro.

**Figura 5.** Desdobramento dos teores de N (a, b); K (c, d); Mg (e, f) e S (g, h) em g Kg<sup>-1</sup> na raiz de porta-enxertos de seringueira cultivados com doses de adubo de liberação lenta e frequência de aplicação de solução nutritiva com N-P-K (F). Ilha Solteira-SP.



\*Regressão significativa 5% e \*\* 1%. Frequência de aplicação da fertirrigação com N-P-K: F1 (a cada 60 dias); F2 (a cada 90 dias); F3 (a cada 120 dias) e F4 (a cada 150 dias).

Fonte: Elaboração da própria autora.

O P radicular sofreu um decréscimo linear com a elevação das doses do ALL, variando de 4,57 a 3,35 g Kg<sup>-1</sup> para 0 e 9 g ALL respectivamente (Figura 3.b). Por outro lado, Zamunér filho *et al.* (2012) verificaram que o aumento das

doses do ALL gerou acréscimo nos teores de P nos folíolos, apresentando para 3 e 9 g ALL as quantidades de 0,9 e 2,5 g Kg<sup>-1</sup> de P.

Os porta-enxertos fertirrigados via F1 apresentaram aumento linear dos teores de K na raiz, entretanto, tendência diferente foi observada para F3, conforme houve o aumento das doses do ALL (Figura 5.c). O tratamento 9 g ALL+F1 (25,39 g kg<sup>-1</sup>) obteve teor superior de K na raiz, quando comparado a 9 g ALL+F3 (11,06 g kg<sup>-1</sup>) e 9 g ALL+F4 (12,68 g kg<sup>-1</sup>) (Figura 5.d). Valores similares foram relatados por Garcia *et al.* (1999), onde sugeriram a concentração ideal entre 12 e 15 g Kg<sup>-1</sup> de K.

Os teores de Mg na raiz ajustaram-se aos modelos linear para F1 e quadrático para F3 (Figura 5.e). Os maiores teores de Mg radicular foram decorrentes das aplicações combinadas de 0 g ALL+F3, 0 g ALL+F4, 6 g ALL+F3 e 8 g ALL+F1 resultando nessa mesma ordem, os valores de 3,65; 3,50; 4,17; e 3,89 g kg<sup>-1</sup> de Mg (Figura 5.e). Na presente pesquisa somente as mudas fertilizadas com 6 g ALL+F3 atingiram a faixa de 4 g kg<sup>-1</sup> Mg radicular proposta por Viégas (1985).

Os teores de S radicular seguiram a tendência quadrática para F2, alcançando na dose de 4,82 g ALL o ponto máximo da curva de 6,60 g kg<sup>-1</sup> de S, entretanto, para F3 ajustou-se o modelo linear decrescente, conforme houve o aumento das doses do ALL (Figura 5 g). Os tratamentos que exibiram os maiores teores de S foram o 4 g ALL+F1 e 6 g ALL+F2, resultando em 7,66 e 7,15 g Kg<sup>-1</sup> de S radicular respectivamente (Figura 5 h). Os teores de S anteriormente mencionados são altos quando comparados ao de Viégas (1985), onde descreveram o valor de 2,6 g Kg<sup>-1</sup> de S nas raízes de mudas de seringueira.

Em relação aos micronutrientes, nota-se interação significativa (ALL x F) nas folhas e raízes para os teores de Fe e Zn e no caule para Fe e Mn. Contudo, as doses do ALL influenciaram significativamente nos teores de Cu presentes nos diferentes tecidos analisados da planta (Tabela 2).

**Tabela 2.** Análise de variância dos teores dos micronutrientes nas folhas, caule e raiz de porta-enxertos de seringueira fertilizados com doses de adubo de liberação lenta e solução nutritiva (F). Ilha Solteira-SP.

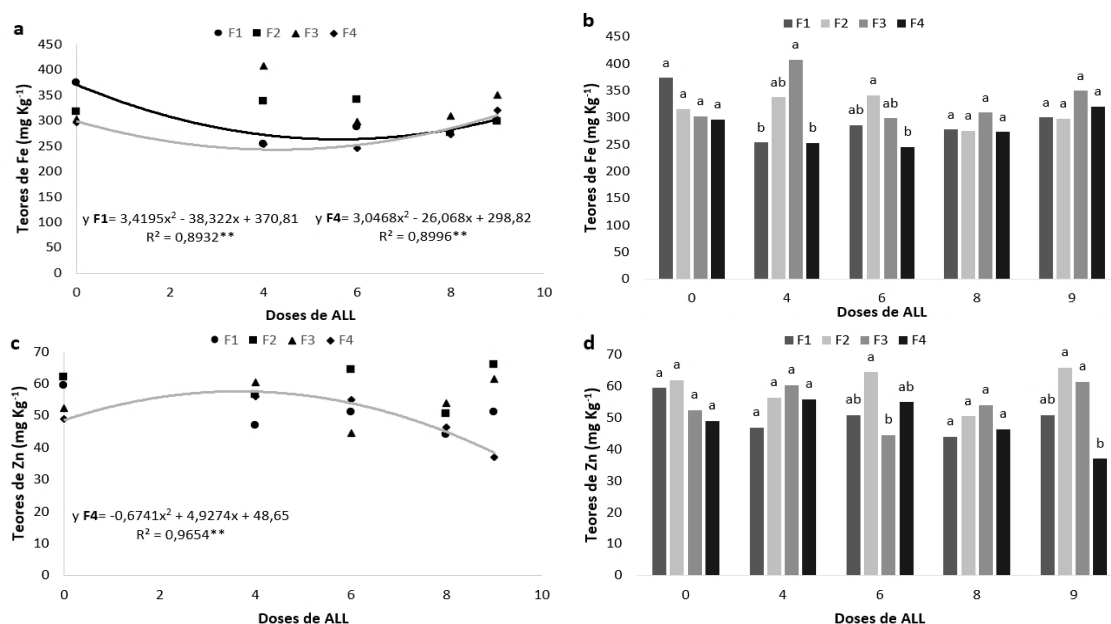
| Folhas          |               |       |       |       |
|-----------------|---------------|-------|-------|-------|
| Fatores         | Fe            | Mn    | Zn    | Cu    |
|                 | -----p>F----- |       |       |       |
| Doses (ALL)     | 0,16          | 0,44  | 0,33  | 0,01  |
| Frequências (F) | 0,01          | 0,09  | 0,01  | 0,06  |
| (ALLxF)         | 0,01          | 0,10  | 0,05  | 0,07  |
| CV (%)          | 14,20         | 29,23 | 16,44 | 17,26 |
| Caule           |               |       |       |       |
|                 | -----p>F----- |       |       |       |
| Doses (ALL)     | 0,07          | 0,01  | 0,99  | 0,01  |
| Frequências (F) | 0,54          | 0,01  | 0,15  | 0,38  |
| (ALLxF)         | 0,02          | 0,01  | 0,06  | 0,09  |
| CV (%)          | 18,01         | 24,96 | 20,01 | 19,49 |
| Raiz            |               |       |       |       |
|                 | -----p>F----- |       |       |       |
| Doses (ALL)     | 0,87          | 0,17  | 0,41  | 0,01  |
| Frequências (F) | 0,95          | 0,16  | 0,26  | 0,61  |
| (ALLxF)         | 0,02          | 0,06  | 0,01  | 0,23  |
| CV (%)          | 25,41         | 20,49 | 25,66 | 30,63 |

Fonte: Elaboração da própria autora.

Os porta-enxertos que receberam a fertirrigação F1 e F4 seguiram o modelo quadrático em função das doses crescentes do ALL para os teores de Fe nas folhas (Figura 6.a). Dentre as doses do ALL houve significância do tratamento 4 g ALL+F3, quando comparado com o 4 g ALL+F4 e para 6 g ALL+F2 em relação ao 6 g ALL+F4, resultando nos teores foliares de 408; 235,5; 341,5 e 246 mg kg<sup>-1</sup> de Fe, respectivamente (Figura 6.b). Esses valores são superiores aos aferidos por Nobile *et al.* (2017), trabalhando com fertirrigação para a produção de mudas de seringueira, constataram que para soluções nutritivas com menores e maiores concentrações de nutrientes, os teores foliares de Fe variaram de 132,31 a 218,66 mg kg<sup>-1</sup> respectivamente.

Os teores de Zn foliar ajustaram-se ao modelo quadrático de regressão para a fertirrigação F4, alcançando na dose de 3,65 g ALL o valor de 57,65 mg kg<sup>-1</sup> de Zn (Figura 6.c). A adubação com 6 g ALL+F2 (64,5 mg kg<sup>-1</sup>) diferiu de 6 g ALL+F3 (44,5 mg kg<sup>-1</sup>), assim como 9 g ALL+F2 (66 mg kg<sup>-1</sup>) e 9 g ALL+F3 (61,5 mg kg<sup>-1</sup>) demonstraram superioridade ao 9 g ALL+F4 (37 mg kg<sup>-1</sup>), em termos de acúmulo de Zn no tecido foliar (Figura 6.d). Todas fertilizações usadas neste experimento foram capazes de suprir à quantidade de Zn necessária para a produção mudas de seringueira, possibilitando teores foliares acima dos recomendados de 20 a 30 mg kg<sup>-1</sup> por Cantarutti *et al.* (2007).

**Figura 6.** Desdobramento dos teores de Fe (a, b) e Zn (c, d) em mg Kg<sup>-1</sup> nas folhas de porta-enxertos de seringueira cultivados com doses de adubo de liberação lenta e frequência de aplicação de solução nutritiva com N-P-K (F). Ilha Solteira-SP.

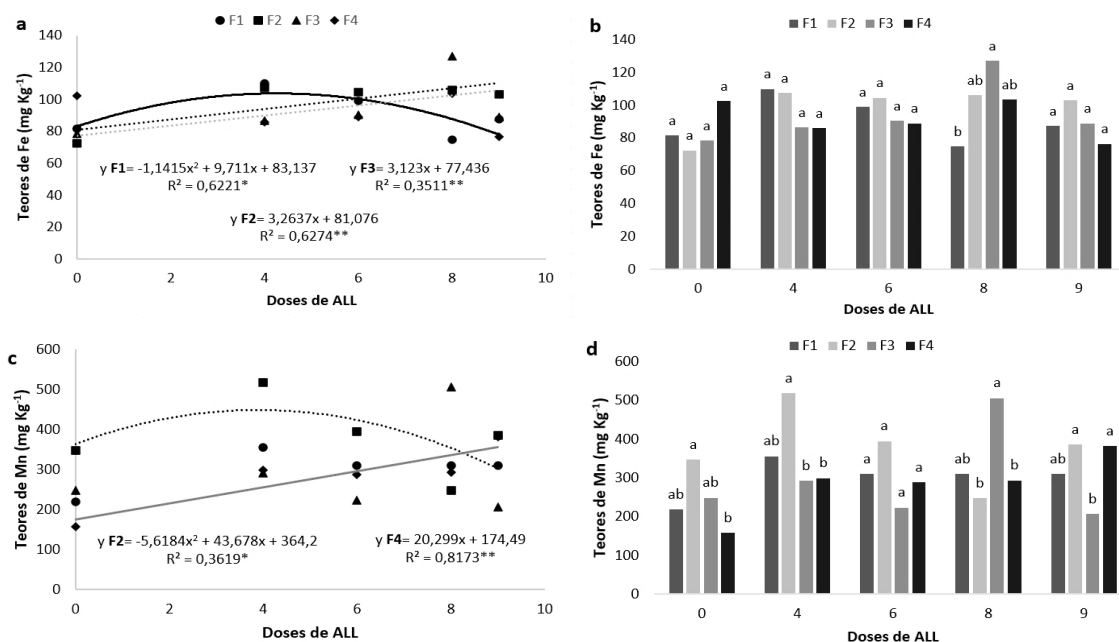


\*Regressão significativa 5% e \*\* 1%. Frequência de aplicação da fertirrigação com N-P-K: F1 (a cada 60 dias); F2 (a cada 90 dias); F3 (a cada 120 dias) e F4 (a cada 150 dias). Fonte: Elaboração da própria autora.

No caule, os teores de Fe variaram quadraticamente com o uso da fertirrigação em F1 e linearmente em F2 e F3, conforme houve o aumento da dosagem do ALL (Figura 7.a). O fornecimento da adubação 8 g ALL+F3 diferiu de 8 g ALL+F1, refletindo em teores de 127 mg kg<sup>-1</sup> e 75 mg kg<sup>-1</sup> de Fe caulinar (Figura 7.b). Guerrini *et al.* (1983) estudando a nutrição mineral de seringueira na região do Rio Branco- AC, observaram aos 12 meses os teores no caule de 90,1 mg kg<sup>-1</sup> de Fe.

O fornecimento da solução nutritiva em F2 acarretou em um ajuste quadrático, alcançando na dose de 3,88 g do ALL o acúmulo de 449,08 mg kg<sup>-1</sup> de Mn caulinar. Contudo, para F1 foi verificado que o aumento das doses do ALL refletiu linearmente sobre os teores de Mn no caule (Figura 7.c). A dose 6 g de ALL associada as fertirrigações de N-P-K não acarretaram em diferenças significativas nos teores de Mn do caule (Figura 7.d).

**Figura 7.** Desdobramento dos teores de Fe (a, b) e Mn (c, d) em mg Kg<sup>-1</sup> no caule de porta-enxertos de seringueira cultivados com doses de adubo de liberação lenta e frequência de aplicação de solução nutritiva com N-P-K (F). Ilha Solteira-SP.

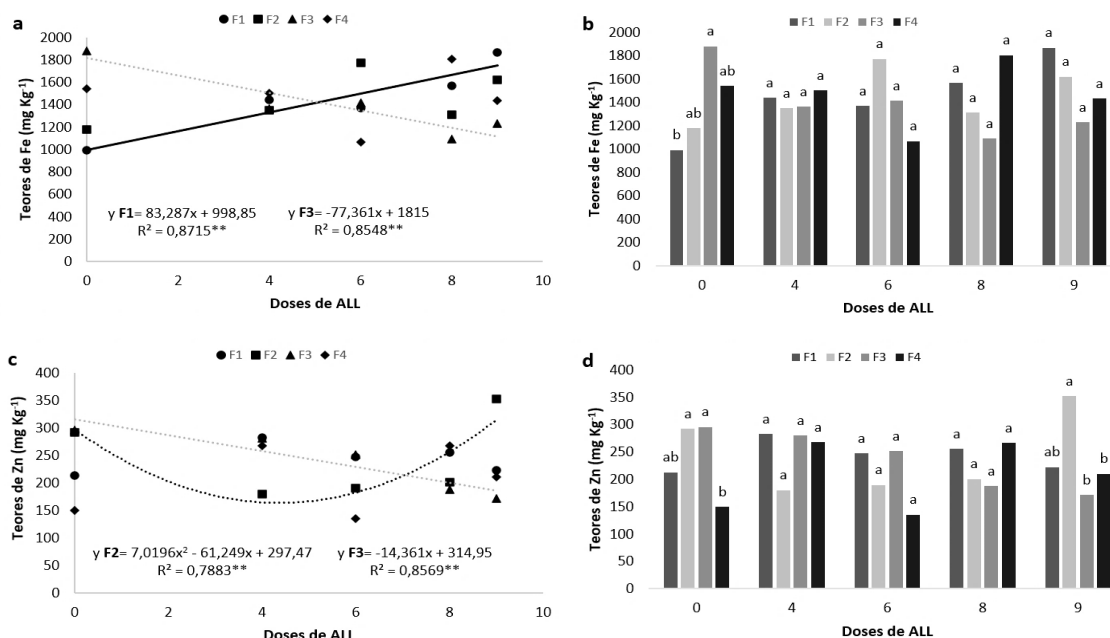


\*Regressão significativa 5% e \*\* 1%. Frequência de aplicação da fertirrigação com N-P-K: F1 (a cada 60 dias); F2 (a cada 90 dias); F3 (a cada 120 dias) e F4 (a cada 150 dias). Fonte: Elaboração da própria autora.

O emprego da fertirrigação F1 resultou no aumento linear dos teores de Fe radicular em função das doses crescentes do ALL, entretanto, efeito contrário foi verificado para F2 (Figura 8.a). O tratamento 0 g ALL+F3 diferiu do 0 g ALL+F1, apresentando respectivos valores de 1883 mg kg<sup>-1</sup> e 991,5 mg kg<sup>-1</sup> de Fe na raiz (Figura 8.b). Esses resultados são próximos aos relatados por Viégas *et al.* (1992) para mudas seringueira aos 240 dias, onde apresentaram 1214,25 mg kg<sup>-1</sup> de Fe na raiz.

Os porta- enxertos fertirrigados com F2 exibiram função quadrática para os teores de Zn radicular, porém, para F3 foi contatado o modelo linear decrescente em função do aumento das doses do ALL (Figura 8.c). As fertilizações formadas por 0 g ALL+F2 (292,5 mg kg<sup>-1</sup>), 0 g ALL+F3 (296 mg kg<sup>-1</sup>) e 9 g ALL+F2 (352,5 mg kg<sup>-1</sup>) expressaram maiores valores de Zn na raiz (Figura 8.d).

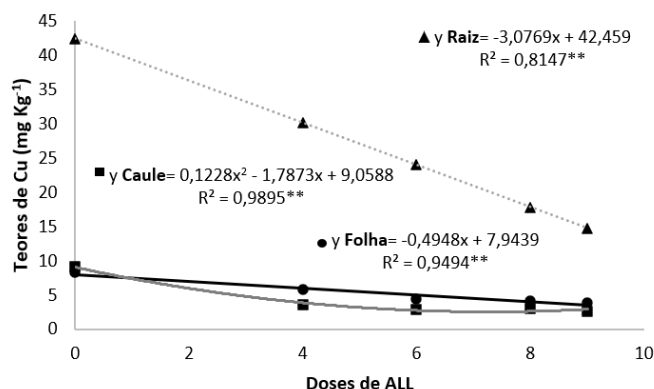
**Figura 8.** Desdobramento dos teores de Fe (a, b) e Zn (c, d) em mg Kg<sup>-1</sup> na raiz de porta-enxertos de seringueira cultivados com doses de adubo de liberação lenta e frequência de aplicação de solução nutritiva com N-P-K (F). Ilha Solteira-SP.



\*Regressão significativa 5% e \*\* 1%. Frequência de aplicação da fertirrigação com N-P-K: F1 (a cada 60 dias); F2 (a cada 90 dias); F3 (a cada 120 dias) e F4 (a cada 150 dias). Fonte: Elaboração da própria autora.

Os teores de Cu nas folhas e raízes decaíram linearmente com o aumento do ALL, apresentando nas doses 0 e 9 g L<sup>-1</sup> as respectivas médias de 8,25 e 3,87 mg Kg<sup>-1</sup> de Cu foliar e 42,46 e 14,77 mg Kg<sup>-1</sup> de Cu radicular (Figura 9). Os teores foliares de Cu aferidos por Zamuner Filho *et al.* (2012) trabalhando com porta-enxertos de seringueira e adubo de liberação lenta, foram superiores aos relatados nesta pesquisa, sendo as doses 3 g, 6 g e 9 g L<sup>-1</sup> ALL responsáveis pelos teores de 23,8; 26,7 e 25,5 mg Kg<sup>-1</sup> de Cu.

**Figura 9:** Teor de Cu nas folhas, caule e raiz de porta-enxertos de seringueira em função de doses de adubo de liberação lenta. Ilha Solteira-SP.



\*Regressão significativa 5% e \*\* 1%. Fonte: Elaboração da própria autora.

Contudo, para o caule houve resposta quadrática, sendo o menor teor de  $2,55 \text{ mg Kg}^{-1}$  de Cu correspondente a dose de  $7,27 \text{ g L}^{-1}$  ALL (Figura 9).

Com base nos resultados obtidos não foi possível estabelecer um tratamento como padrão para a nutrição dos porta-enxerto, pois para cada nutriente avaliado nos diferentes órgãos da seringueira houve uma ou mais combinações das doses de ALL e época de fertirrigação que surtiram efeitos benéficos nutricionais.

#### 9.4 Conclusões

- Os teores nutricionais encontrados nos porta-enxertos de seringueira variaram de acordo com a interação das doses do ALL e as frequências de fertirrigação com N-P-K.
- O aumento das doses do ALL proporcionou redução dos teores de S e Cu nas folhas e de P e Cu nas raízes.
- A aplicação de doses crescentes do ALL juntamente com a fertirrigação a cada 120 dias (F3) aumentou linearmente os teores de N, P, K nas folhas e Fe no caule, porém, acarretou em decréscimo de K, S, Fe e Zn radicular.
- No geral, visando o uso racional dos fertilizantes, o tratamento  $4 \text{ g do ALL} + \text{F4}$  demonstrou ser uma boa alternativa de escolha para nutrição dos porta-enxertos, pois obteve teores nutrientes adequados conforme as respectivas faixas de suficiência para cultura.

## REFERÊNCIAS

- AMARAL, W. do. **Deficiências de macronutrientes e de boro em seringueira (*Hevea Brasiliensis*)**. 1990. 44 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição Mineral de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.
- ANDRIOLO, J. L. **O cultivo de plantas com fertirrigação**. Santa Maria: UFSM, 1996. 47 p.
- BORELLI, K. **Produção de mudas de seringueira em viveiro suspenso**. 2016. 87p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Universidade Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.
- BRONDANI, G. E.; SILVA, A. J. C.; REGO, S. S.; GRISI, F. A.; NOGUEIRA, A. C.; WENDLING, I.; ARAUJO, M. A. Fertilização de Liberação Controlada no Crescimento Inicial de Angicobranco. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 2, p. 167- 176, 2008.
- CANTARUTTI, R. B. *et al.* Avaliação da fertilização do solo e recomendação de fertilizantes, p. 769-850. *In*: NOVAIS, R. F. *et al.* **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.
- FERREIRA, D. F. **SISVAR - Sistema de análise de variância**. Versão 5.1. Lavras: UFLA, 2010.
- GARCIA, N. C. P.; PEREIRA, A. V.; LIMA, P. C.; SALGADO, L. T.; CARVALHO, J. G.; BRITO, S. A.; CARMO, C. A. F. S. Seringueira. *In*: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. (ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª aproximação**. Viçosa: CFSEMG, 1999. p. 317-322.
- GUERRINI, I. A.; HAAG, H. P.; WEBER, H.; DECHEN, A. R. Nutrição mineral da seringueira II. Recrutamento de micronutrientes no período de quatro anos na região de Rio Branco-AC. **Anais da Esalq**, Piracicaba, v. 40, p. 1031-1066, 1983.
- GUERRINI, I. A. **Crescimento e recrutamento de macro e micronutrientes no período de quatro anos pela *Hevea brasiliensis* clone Fx 3864, na região de Rio Branco-AC**. 1982. 105 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1982.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997.

MARTINS, A. L. M.; LUCA, C. A.; GONÇALVES, E. C. P.; BRITO, P. F. **Produção de mudas de seringueira em bancadas e substrato**. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 2013. 17 p. Circular técnica.

MURBACH, M. R.; BOARETTO, A. E.; MURAOKA, T.; DE SOUZA, E. C. A. Nutrient cycling in a RRIM 600 clone rubber plantation. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 60, n. 2, p. 353-357, 2013.

NOBILE, F. O.; PARO, G. F.; FARINELLI, R. Soluções nutritivas para produção de porta-enxertos de seringueira. **Brazilian Journal of Forestry Research**, Colombo, v. 37, n. 89, p. 73-80, 2017.

OLIVEIRA, M. D. M.; GONÇALVES, E. C. P.; BRITO, P.F.; MARGATHO, S. M.F. Custo de produção de mudas de seringueira em bancada suspensa e substrato. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HEVEICULTURA, 5, 2017, Goiânia. **Anais** [...]. Jaboticabal: Fundação de Apoio a Pesquisa, Ensino e Extensão, 2017. p. 1-5.

OLIVEIRA, J. P. **Crescimento e nutrição mineral de porta-enxertos de seringueira (*Hevea spp.*) em função da idade**. 2006. 77 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de plantas) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2006.

SILVEIRA, R. L. V. A.; HIGASHI, E. N.; SGARBI, F.; MUNIZ, M. R. A. Seja doutor do seu eucalipto. **Informações Agrônômicas**, Piracicaba, n. 93, p. 1-31, 2001. POTAFOS. Arquivo do Agrônomo, 12.

SGARBI, F.; SILVEIRA, R. L. V. A.; HIGASHI, E. N.; ANDRADE E PAULA, T.; MOREIRA, A.; RIBEIRO, F. A. Influência da aplicação de fertilizante de liberação controlada na produção de mudas de um clone de *Eucalyptus urophylla*. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZAÇÃO E NUTRIÇÃO FLORESTAL, 1., 1999, Piracicaba. **Anais** [...] Piracicaba: Esalq, 1999. 4 p.

VIEGAS, I. J. M.; HAAG, H. P.; BUENO, N.; PEREIRA, J. P. Nutrição mineral da seringueira. XII. Absorção de macro e micronutrientes nos primeiros 240 dias. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 49, p. 41-52, 1992.

VIÉGAS, I. J. M.; CUNHA, R. L. M.; CARVALHO, R. A. **Avaliação de fontes de magnésio em porta enxerto de seringueira**. Belém: Embrapa UEPAE de Belém, 1990. 15 p. Embrapa – UEPAE de Belém, Boletim de pesquisa, 7.

VIEGAS, I. J. M. **Doses de NPK em viveiros de *Hevea spp* na obtenção de plântulas aptas para enxertia em latossolo amarelo textura média na ilha do Mosqueiro- PA**. 1985. 71 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Uniersidade de São Paulo, Piracicaba, 1985.

ZAMUNÉR FILHO, A. N.; VENTURIN, N.; PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; MACEDO, R. L. G. Dose of controlled-release fertilizer for production of rubber tree rootstocks. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 2, p. 239-245, 2012.

## **CAPÍTULO 10: SOLUÇÕES NUTRITIVAS PARA FERTIRRIGAÇÃO DE PORTA-ENXERTOS DE SERINGUEIRA**

**RESUMO:** A fertirrigação é uma prática de adubação promissora para a produção de porta-enxertos de seringueira em viveiro suspenso, pois diminui as perdas de nutrientes aumentando a eficiência dos fertilizantes. Sendo assim, o objetivo do trabalho foi avaliar soluções nutritivas para fertirrigação de mudas de porta-enxertos de seringueira. O experimento foi desenvolvido em viveiro a céu aberto instalado na Faculdade de Engenharia - UNESP, Campus de Ilha Solteira-SP. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com 27 tratamentos compostos das combinações de três doses de N, P e K em quatro repetições. Em termos gerais, a solução nutritiva N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>2</sub> contendo 0,42 (N<sub>2</sub>); 0,96 (P<sub>2</sub>) e 0,36 (K<sub>2</sub>) g L<sup>-1</sup> de água aplicada via fertirrigação na regularidade trimestral demonstrou ser uma boa alternativa para o manejo nutricional de porta-enxertos de seringueira.

**Palavras-Chave:** *Hevea brasiliensis*, produção de mudas, nutrição mineral.

## 10.1 Introdução

A fertirrigação é uma prática de adubação em que os nutrientes são aplicados de forma parcelada, juntamente a água de irrigação. Desde que realizada com critério, apresentam uma série de vantagens técnicas e econômicas em relação aos métodos convencionais de adubação. Isso em razão do parcelamento permitir maior economia de mão-de-obra, melhor distribuição do adubo no substrato reduzindo assim as perdas de nutrientes e aumentando a eficiência de uso pelas plantas (SOUSA *et al.*, 2011).

A frequência de fertirrigação de mudas produzidas em substrato deve ser ajustada de acordo com a demanda hídrica da cultura (ANDRIOLO, 1996). Contudo, informações da literatura sobre o uso de solução nutritiva na produção de porta-enxerto de seringueira em sistema de viveiro suspenso, ainda são insuficientes.

Segundo Silveira *et al.* (2001) a determinação da quantidade do nutriente aplicada e a escolha da fonte do fertilizante variam em função da espécie, da época do ano, do tipo de substrato.

Martins *et al.* (2017) recomendam que a adubação de plantio dos porta-enxertos de seringueira cultivados em sistema de bancadas suspensas, seja realizada com fertilizantes de liberação lenta à base de fósforo, incorporados ao substrato. Os mesmos autores também sugerem a utilização da fertirrigação a partir do início da formação dos porta-enxertos, em frequência de dois ou três dias, empregando-se macro e micronutrientes em pequenas doses por muda.

De acordo com Nobile *et al.* (2017), para a adequada nutrição de porta-enxertos de seringueira produzidos em sistema de viveiro suspenso, os teores adequados de macro e micronutrientes para a formulação da solução nutritiva, aplicados via fertirrigação, deverá conter:  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  2,5g 5 L<sup>-1</sup>;  $\text{MgSO}_4$  1,75g 5 L<sup>-1</sup>;  $\text{KNO}_3$  1,5g 5 L<sup>-1</sup>;  $(\text{NH}_4)(\text{NO}_3)$  1,0g 5 L<sup>-1</sup>;  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  0,9g 5 L<sup>-1</sup>;  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$  0,30g 5 L<sup>-1</sup>;  $\text{CuSO}_4$  0,20g 5 L<sup>-1</sup>;  $\text{EDTA}(\text{Fe}^{+2})$  0,15g 5 L<sup>-1</sup>.

As publicações científicas a respeito da aplicação de fertilizantes via fertirrigação, para a cultura da seringueira ainda é pequena e apresenta necessidade de pesquisas sobre doses, concentração e parcelamento, uma vez que existem muitas variáveis envolvidas no emprego dessa técnica. Sendo assim, o objetivo do trabalho foi avaliar soluções nutritivas para fertirrigação de mudas de porta-enxertos de seringueira.

## 10.2 Material e métodos

O experimento foi desenvolvido na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) no campus de Ilha Solteira- SP, localizada a 20°43’09” de latitude sul e 51°33’79” de longitude oeste, com altitude em torno de 335 metros.

As sementes provenientes de polinização aberta do clone PB235 foram obtidas de plantio multiclonais pertencente ao Instituto Agrônômico (IAC), localizado no município de Votuporanga-SP, coletadas em março/2018.

A semeadura foi em jardineiras plásticas contendo como substrato 5 litros de areia grossa, recobertas com 1 cm de pó de serra, sobre bancada suspensa em casa de vegetação do tipo Pad & Fan, com duas irrigações diárias por aspersão controladas automaticamente, e temperatura máxima de 30°C. A emergência ocorreu do 7° ao 10° dia após a semeadura e, quando as plântulas atingiram o estágio de “palito”, por volta do 14° dia, foram transplantadas para sacos plásticos de polietileno com dimensões de 17x30 cm e com volume de 2,75 litros, previamente preenchidos com substrato comercial composto de turfa, vermiculita, carvão vegetal e casca de pinus, fertilizados com 6 g L<sup>-1</sup> de substrato, do adubo de liberação lenta 15-09-12 com liberação prevista para 5 meses, em formulação contendo N (15%), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (9%), K<sub>2</sub>O (12%), Mg (1,3%), S (6%), Cu (0,05%), Fe (0,46%), Mn (0,06%), Mo (0,02%), como recomendado por Zamuner Filho *et al.* (2012).

Após o transplântio, as mudas permaneceram em casa de vegetação por 30 dias, afim de garantir condições ideais para o seu desenvolvimento inicial. Em abril/2018 as mudas de porta-enxerto foram transferidas para viveiro suspenso a pleno sol.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com 27 tratamentos compostos das combinações de três doses de N, P e K e quatro repetições (Tabela 1). A solução de Hoagland & Arnon (1950) foi utilizada como base para o preparo das soluções nutritivas, com ajustes para a obtenção das doses de N, P e K. Foram efetuadas quatro aplicações com o sistema de fertirrigação manual, sendo realizadas a cada três meses, durante o ciclo de 12 meses de cultivo dos porta-enxertos de seringueira.

**Tabela 1** – Fertilizantes, doses e épocas de parcelamento da fertirrigação em mudas de porta-enxerto de seringueira.

| Tratamentos | Doses ALL           | Doses parceladas via fertirrigação |   |   | CE (dS m <sup>-1</sup> ) |
|-------------|---------------------|------------------------------------|---|---|--------------------------|
|             |                     | N                                  | P | K |                          |
| N0P0K0      | 6 g L <sup>-1</sup> | 0                                  | 0 | 0 | 0,11                     |
| N0P0K1      |                     | 0                                  | 0 | 1 | 0,46                     |
| N0P0K2      |                     | 0                                  | 0 | 2 | 0,84                     |
| N0P1K0      |                     | 0                                  | 1 | 0 | 0,74                     |
| N0P1K1      |                     | 0                                  | 1 | 1 | 1,05                     |
| N0P1K2      |                     | 0                                  | 1 | 2 | 1,44                     |
| N0P2K0      |                     | 0                                  | 2 | 0 | 1,27                     |
| N0P2K1      |                     | 0                                  | 2 | 1 | 1,54                     |
| N0P2K2      |                     | 0                                  | 2 | 2 | 1,86                     |
| N1P0K0      |                     | 1                                  | 0 | 0 | 0,30                     |
| N1P0K1      |                     | 1                                  | 0 | 1 | 0,46                     |
| N1P0K2      |                     | 1                                  | 0 | 2 | 0,90                     |
| N1P1K0      |                     | 1                                  | 1 | 0 | 1,04                     |
| N1P1K1      |                     | 1                                  | 1 | 1 | 1,12                     |
| N1P1K2      |                     | 1                                  | 1 | 2 | 1,37                     |
| N1P2K0      |                     | 1                                  | 2 | 0 | 1,31                     |
| N1P2K1      |                     | 1                                  | 2 | 1 | 1,71                     |
| N1P2K2      |                     | 1                                  | 2 | 2 | 1,87                     |
| N2P0K0      |                     | 2                                  | 0 | 0 | 0,52                     |
| N2P0K1      |                     | 2                                  | 0 | 1 | 0,86                     |
| N2P0K2      |                     | 2                                  | 0 | 2 | 1,17                     |
| N2P1K0      |                     | 2                                  | 1 | 0 | 0,94                     |
| N2P1K1      |                     | 2                                  | 1 | 1 | 1,20                     |
| N2P1K2      |                     | 2                                  | 1 | 2 | 1,60                     |
| N2P2K0      |                     | 2                                  | 2 | 0 | 1,54                     |
| N2P2K1      |                     | 2                                  | 2 | 1 | 1,77                     |
| N2P2K2      |                     | 2                                  | 2 | 2 | 2,00                     |

\*Adubo de liberação lenta incorporado ao substrato de plantio (g L<sup>-1</sup> de substrato);

\*\*Doses dos nutrientes que serão diluídos em água para o preparo da solução nutritiva (g. L<sup>-1</sup> de água):

\*\*N0: 0,0; N1: 0,21; N2: 0,42

\*\*P0: 0,0; P1: 0,48; P2: 0,96

\*\*K0: 0,0; K1: 0,18; K2: 0,36

Os porta-enxertos receberam o equivalente a 200 mL da solução nutritiva em intervalos de três meses. As fertirrigações foram constituídas de todos os nutrientes, sendo somente o N-P-K modificado conforme os tratamentos pré-estabelecidos (Tabela1).

Fonte: Elaboração da própria autora.

Os efeitos dos tratamentos aplicados sobre os porta-enxertos de seringueira foram avaliados aos 390 dias após o transplante (DAT). As variáveis analisadas foram: a) altura, mensurada do coleto ao ápice com uma régua graduada (cm); b) diâmetro do caule aferido com auxílio de um paquímetro digital (mm); c) Índice SPAD, determinado mediante a três leituras por planta, com clorofilômetro, modelo Minolta SPAD-502; d) taxa de fotossíntese líquida (A-

$\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ); e) transpiração ( $E$ -  $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ); f) Concentração interna de carbono ( $C_i$ -  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) e g) condutância estomática ( $g_s$ -  $\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), avaliadas no período das 07 h às 11 h da manhã, em folhas totalmente expandidas localizada no ápice da planta, para tanto, utilizou-se o equipamento portátil de trocas gasosas, (Infra Red Gas Analyser –IRGA, marca ADC BioScientific Ltd, modelo LC-Pro), sendo as condições inicialmente impostas para realização das medidas de  $1000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  de radiação fotossinteticamente ativa (PAR), providas por lâmpadas LED; 380 ppm de  $\text{CO}_2$  e temperatura da câmara em  $28^\circ\text{C}$ .

Para a avaliação nutricional, foram coletadas folhas dos porta-enxertos de seringueira, em seguida, lavadas em água destilada e secas em estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de  $65^\circ\text{C}$ , por um período de 72 horas. Depois de secas, o material foi moído em moinho tipo Willey, com facas e câmara de aço inoxidável e com peneiras de 0,5 ou 1,0 mm de diâmetro (20-40 *mesh*). O material vegetal seco e moído, foi submetido à digestão sulfúrica e à nitroperclórica. As amostras oriundas da digestão sulfúrica foram utilizadas para a análise do teor de N, enquanto que as amostras processadas pela digestão nitroperclórica foram usadas para as análises dos teores P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Zn e Cu, conforme a metodologia descrita por Malavolta *et al.* (1997).

Os dados de cada variável foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Skott Knott ao nível de 5% de probabilidade pelo programa SISVAR 5.1 (FERREIRA, 2010).

### 10.3 Resultados e discussão

As aplicações das soluções nutritivas formuladas a partir de doses de N, P e K apresentaram efeitos significativos no desenvolvimento dos porta-enxertos de seringueira nos parâmetros altura, índice Spad, fotossíntese líquida (A) e condutância estomática (gs) (Tabela 2).

**Tabela 2.** Médias de altura (cm), diâmetro de caule (mm), índice SPAD, fotossíntese líquida (A-  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), transpiração (E-  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), concentração interna de  $\text{CO}_2$  (Ci-  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol ar}^{-1}$ ) e condutância estomática (gs-  $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) de porta-enxertos de seringueira fertirrigados com diferentes concentrações de N-P-K na solução nutritiva. Ilha Solteira- SP.

| Tratamentos                                  | Altura   | Diâmetro           | Spad    | A       | E                  | Ci                 | gs     |
|----------------------------------------------|----------|--------------------|---------|---------|--------------------|--------------------|--------|
| N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub> | 112,50 b | 9,92 a             | 53,57 c | 8,02 b  | 2,09 a             | 189,50 a           | 0,15 b |
| N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>1</sub> | 118,00 b | 10,65 a            | 52,35 d | 8,80 b  | 1,62 a             | 208,25 a           | 0,15 b |
| N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>2</sub> | 114,25 b | 10,95 a            | 53,72 c | 8,58 b  | 2,03 a             | 241,25 a           | 0,14 b |
| N <sub>0</sub> P <sub>1</sub> K <sub>0</sub> | 121,00 b | 10,62 a            | 55,05 c | 8,84 b  | 1,93 a             | 255,50 a           | 0,16 b |
| N <sub>0</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub> | 124,25 b | 10,30 a            | 52,50 d | 8,96 b  | 1,98 a             | 266,75 a           | 0,16 b |
| N <sub>0</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub> | 120,00 b | 9,57 a             | 55,90 c | 9,12 b  | 1,74 a             | 200,00 a           | 0,15 b |
| N <sub>0</sub> P <sub>2</sub> K <sub>0</sub> | 105,25 b | 8,60 a             | 54,02 c | 8,47 b  | 1,77 a             | 245,50 a           | 0,14 b |
| N <sub>0</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub> | 122,75 b | 10,82 a            | 57,82 b | 7,09 b  | 1,87 a             | 279,50 a           | 0,12 b |
| N <sub>0</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub> | 124,00 b | 10,27 a            | 52,97 c | 6,09 b  | 1,44 a             | 244,00 a           | 0,17 b |
| N <sub>1</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub> | 123,00 b | 9,75 a             | 49,65 d | 6,09 b  | 1,58 a             | 262,25 a           | 0,15 b |
| N <sub>1</sub> P <sub>0</sub> K <sub>1</sub> | 115,50 b | 10,20 a            | 60,85 a | 9,79 a  | 1,64 a             | 213,00 a           | 0,16 b |
| N <sub>1</sub> P <sub>0</sub> K <sub>2</sub> | 120,50 b | 9,37 a             | 59,20 b | 7,24 b  | 1,48 a             | 234,25 a           | 0,15 b |
| N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>0</sub> | 129,75 a | 10,22 a            | 56,50 c | 7,61 b  | 1,77 a             | 227,50 a           | 0,12 b |
| N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub> | 135,75 a | 10,30 a            | 51,57 d | 7,04 b  | 1,74 a             | 240,75 a           | 0,15 b |
| N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub> | 123,25 b | 9,60 a             | 54,30 c | 7,43 b  | 1,65 a             | 227,25 a           | 0,14 b |
| N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>0</sub> | 137,75 a | 11,47 a            | 58,05 b | 12,23 a | 1,64 a             | 212,50 a           | 0,16 b |
| N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub> | 141,75 a | 10,17 a            | 57,10 b | 11,36 a | 1,71 a             | 157,75 a           | 0,13 b |
| N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub> | 127,00 a | 9,82 a             | 59,60 b | 12,30 a | 1,30 a             | 206,75 a           | 0,17 b |
| N <sub>2</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub> | 127,25 a | 10,82 a            | 57,65 b | 10,57 a | 1,26 a             | 150,50 a           | 0,18 b |
| N <sub>2</sub> P <sub>0</sub> K <sub>1</sub> | 129,00 a | 10,37 a            | 64,30 a | 10,42 a | 1,65 a             | 190,25 a           | 0,16 b |
| N <sub>2</sub> P <sub>0</sub> K <sub>2</sub> | 114,75 b | 9,85 a             | 53,52 c | 11,26 a | 1,76 a             | 230,50 a           | 0,20 b |
| N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>0</sub> | 120,25 b | 9,35 a             | 49,65 d | 13,83 a | 1,93 a             | 234,25 a           | 0,16 b |
| N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub> | 121,75 b | 9,52 a             | 61,77 a | 12,38 a | 2,00 a             | 245,50 a           | 0,18 b |
| N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub> | 132,25 a | 10,60 a            | 52,57 d | 12,10 a | 1,75 a             | 222,75 a           | 0,19 b |
| N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>0</sub> | 132,25 a | 9,85 a             | 59,32 b | 11,99 a | 1,61 a             | 222,25 a           | 0,15 b |
| N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub> | 129,25 a | 9,60 a             | 63,25 a | 10,08 a | 1,71 a             | 250,25 a           | 0,13 b |
| N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub> | 139,00 a | 10,22 a            | 64,35 a | 12,46 a | 2,00 a             | 233,75 a           | 0,27 a |
| Teste F                                      | 2,77**   | 0,77 <sup>ns</sup> | 13,56** | 5,49**  | 1,95 <sup>ns</sup> | 1,49 <sup>ns</sup> | 2,41** |
| Média                                        | 124,68   | 10,10              | 57,30   | 9,78    | 1,73               | 227,18             | 0,16   |
| CV (%)                                       | 8,34     | 13,62              | 4,10    | 19,41   | 17,47              | 21,89              | 23,25  |

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. <sup>ns</sup> não significativo e \*,\*\* significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F. Doses de N, P e K utilizadas para o preparo das soluções nutritivas (g. L<sup>-1</sup> de água): N0: 0,0; N1: 0,21; N2: 0,42; P0: 0,0; P1: 0,48; P2: 0,96 e K0: 0,0; K1: 0,18; K2: 0,36.

Fonte: Elaboração da própria autora.

Uma tendência comum foi averiguada nos nove tratamentos sem adição de nitrogênio (N0), independentemente das combinações com as doses de P ou K, acarretaram aos porta-enxertos baixos valores relacionados à altura, índice Spad, fotossíntese e condutância estomática (Tabela 2). Esses

resultados evidenciam a importância da inclusão de N nas soluções nutritivas aplicadas via fertirrigação, visto que dentre os nutrientes, o N é o mais absorvido pela seringueira, além de ser o principal responsável pelo crescimento da planta e expansão foliar (MEDRADO *et al.*, 1992).

Analisando os tratamentos com as maiores condutividades elétricas (Tabela 1) N1P1K2 (1,71 dS m<sup>-1</sup>), N1P2K2 (1,87 dS m<sup>-1</sup>), N2P1K2 (1,60 dS m<sup>-1</sup>), N2P2K0 (1,54 dS m<sup>-1</sup>), N2P2K1 (1,77 dS m<sup>-1</sup>) e N2P2K2 (2,0 dS m<sup>-1</sup>), é possível constatar efeito benéfico sobre a altura e fotossíntese dos porta-enxertos de seringueira. As melhores respostas relacionadas as condutividades elétricas aferidas no presente trabalho concordam com as encontradas por Rocha *et al.* (2018), onde recomendaram que as soluções nutritivas empregues na fertirrigação de minijardim clonal de seringueira deve situar-se na faixa 1,5 a 2,0 dS m<sup>-1</sup>.

De acordo com a Tabela 2 foram observadas as maiores alturas de mudas fertirrigadas com as soluções nutritivas constituídas de N1P1K0, N1P1K1, N1P2K0, N1P2K1, N1P2K2, N2P0K0, N2P0K1, N2P1K2, N2P2K0, N2P2K1 e N2P2K2. Contudo, o diâmetro de caule, transpiração (E) e concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci) não diferiram em relação as doses de N, P e K utilizadas para a composição das fertirrigações.

As leituras do medidor portátil SPAD-502 são utilizadas afim de mensurar a intensidade da cor verde da folha e estimar a quantidade de clorofila presente nas plantas (BARBOSA FILHO *et al.*, 2009; GODOY *et al.*, 2007), sendo assim, com base nos resultados descritos na tabela 2 é possível constatar que as soluções nutritivas N1P0K1, N2P0K1, N2P1K1, N2P2K1 e N2P2K2 apresentaram melhores médias para o índice SPAD, acarretando em maiores medidas indiretas do teor de clorofila incorporado em suas folhas. Nota-se que o N e K foram preponderantes para o alcance das maiores leituras SPAD, porém, a presença ou ausência de fosforo não foi capaz de influenciar nos resultados obtidos (Tabela 2). Divergindo dos resultados obtidos neste trabalho, Prado e Vale (2008) verificaram que o efeito positivo do N sobre a leitura SPAD de porta-enxertos de limoeiro cravo era dependente da fertilização com P.

Todos os tratamentos citados acima como destaque nas leituras SPAD apresentaram também bons valores de fotossíntese líquida (A), juntamente

com as soluções nutritivas compostas de N1P2K0, N1P2K1, N1P2K2, N2P0K0, N2P0K2, N2P1K0, N2P1K2 e N2P2K0 (Tabela 2). Por outro lado, a condutância estomática foi maior no tratamento N2P2K2 (Tabela 2).

Assim como no presente estudo, a importância da inclusão de fontes nitrogenadas nas formulações das soluções nutritivas para o metabolismo de mudas de seringueira foi demonstrada por Carneiro *et al* (2015), em experimento com soluções nutritivas, constataram que a fotossíntese foi favorecida pela presença de N, principalmente nas soluções contendo  $\text{NO}_3^-$ , enquanto para gs, E e Ci não apresentou variação entre os tratamentos.

De acordo com a Tabela 3, nota-se que as soluções nutritivas sem adição de N implicaram em teores foliares de N abaixo da faixa de suficiência recomendada por Murbach *et al.* (2013) que é em torno de 29 a 35 g  $\text{Kg}^{-1}$  de N para a cultura da seringueira. Todavia, os tratamentos N1P0K0, N1P1K0, N1P1K2, N1P2K1, N2P0K0, N2P0K1, N2P1K1, N2P2K0 e N2P2K2 ficaram dentro do intervalo ideal estabelecidos na literatura para os teores de N foliar (Tabela 3).

**Tabela 3.** Teores de macronutrientes de porta-enxertos de seringueira fertirrigados com diferentes concentrações de N-P-K em solução nutritiva. Ilha Solteira- SP.

| Tratamentos                                  | N                  | P      | K       | Ca      | Mg     | S      |
|----------------------------------------------|--------------------|--------|---------|---------|--------|--------|
|                                              | g Kg <sup>-1</sup> |        |         |         |        |        |
| N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub> | 23,99 b            | 1,79 b | 6,60 b  | 10,47 b | 2,68 c | 3,62 b |
| N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>1</sub> | 21,77 b            | 1,85 b | 8,20 b  | 10,34 b | 2,84 c | 2,66 c |
| N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>2</sub> | 24,97 b            | 1,94 b | 8,96 b  | 10,37 b | 3,92 b | 3,12 c |
| N <sub>0</sub> P <sub>1</sub> K <sub>0</sub> | 24,30 b            | 1,96 b | 8,91 b  | 10,67 b | 4,14 b | 3,96 b |
| N <sub>0</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub> | 24,73 b            | 1,97 b | 8,82 b  | 11,07 b | 3,40 c | 2,79 c |
| N <sub>0</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub> | 25,62 b            | 2,00 b | 8,42 b  | 9,26 b  | 3,99 b | 3,12 c |
| N <sub>0</sub> P <sub>2</sub> K <sub>0</sub> | 25,32 b            | 2,00 b | 8,87 b  | 10,35 b | 2,83 c | 3,74 b |
| N <sub>0</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub> | 25,07 b            | 2,57 a | 9,42 a  | 8,27 b  | 4,14 b | 3,40 c |
| N <sub>0</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub> | 25,95 b            | 2,26 a | 9,21 a  | 11,35 b | 4,09 b | 3,24 c |
| N <sub>1</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub> | 31,37 a            | 2,18 b | 8,97 b  | 10,59 b | 4,06 b | 3,37 c |
| N <sub>1</sub> P <sub>0</sub> K <sub>1</sub> | 26,60 b            | 2,07 b | 9,59 a  | 9,95 b  | 3,22 c | 3,71 b |
| N <sub>1</sub> P <sub>0</sub> K <sub>2</sub> | 28,04 a            | 2,00 b | 10,97 a | 10,12 b | 3,99 b | 4,47 a |
| N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>0</sub> | 33,35 a            | 2,05 b | 9,91 a  | 12,03 a | 3,50 c | 3,63 b |
| N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub> | 20,96 b            | 2,09 b | 9,53 a  | 14,07 a | 3,79 b | 3,49 c |
| N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub> | 30,90 a            | 2,12 b | 8,29 b  | 12,14 a | 4,98 a | 3,58 b |
| N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>0</sub> | 25,35 b            | 2,51 a | 8,12 b  | 13,00 a | 4,95 a | 3,76 b |
| N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub> | 30,06 a            | 2,38 a | 10,95 a | 8,56 b  | 3,26 c | 3,05 c |
| N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub> | 24,71 b            | 2,38 a | 9,79 a  | 14,40 a | 4,09 b | 3,34 c |
| N <sub>2</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub> | 30,68 a            | 2,00 b | 8,82 b  | 9,20 b  | 4,13 b | 3,77 b |
| N <sub>2</sub> P <sub>0</sub> K <sub>1</sub> | 30,67 a            | 2,11 b | 8,49 b  | 9,56 b  | 3,26 c | 2,87 c |
| N <sub>2</sub> P <sub>0</sub> K <sub>2</sub> | 28,83 a            | 1,96 b | 8,09 b  | 10,67 b | 3,43 c | 3,39 c |
| N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>0</sub> | 24,76 b            | 2,15 b | 8,21 b  | 11,82 a | 3,12 c | 3,41 c |
| N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub> | 29,61 a            | 2,06 b | 9,69 a  | 10,30 b | 3,54 c | 3,33 c |
| N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub> | 28,16 a            | 2,04 b | 9,83 a  | 9,06 b  | 3,72 b | 4,32 a |
| N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>0</sub> | 29,57 a            | 2,30 a | 9,01 b  | 11,40 b | 4,20 b | 3,27 c |
| N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub> | 24,42 b            | 2,36 a | 9,27 a  | 8,67 b  | 2,97 c | 3,04 c |
| N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub> | 29,26 a            | 2,68 a | 10,54 a | 15,64 a | 5,11 a | 4,59 a |
| Teste F                                      | 4,67**             | 3,25** | 3,72**  | 2,44**  | 3,68** | 4,24** |
| Média                                        | 27,00              | 2,18   | 9,09    | 10,86   | 3,75   | 3,48   |
| CV (%)                                       | 10,71              | 11,52  | 10,78   | 21,23   | 17,91  | 13,16  |

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. \*\* não significativo e \* significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Doses de N, P e K utilizadas para o preparo das soluções nutritivas (g. L<sup>-1</sup> de água): N0: 0,0; N1: 0,21; N2: 0,42; P0: 0,0; P1: 0,48; P2: 0,96 e K0: 0,0; K1: 0,18; K2: 0,36.

Fonte: Elaboração da própria autora.

Os porta-enxertos fertirrigados com N0P2K1, N0P2K2, N1P2K0, N1P2K1, N1P2K2, N2P2K0, N2P2K1 e N2P2K2 apresentaram os maiores níveis de P foliares, embora, as demais soluções nutritivas não terem sido destaque para esta variável se mantiveram dentro da variação adequada de 1,8 a 2,6 g Kg<sup>-1</sup> de P, citada por Cantarutti *et al.* (2007) (Tabela 3).

Para os teores de K foliar, Nobile *et al.* (2017), estudando o desenvolvimento de mudas de seringueira fertilizadas via solução nutritiva, relataram valores entre 7,36 a 12,27 g Kg<sup>-1</sup> para fertirrigações com menor e maior concentração nutricional, respectivamente. No presente trabalho, apenas o tratamento constituído sem a adição de N0-P0-K0 apresentou desempenho

insatisfatório nos porta-enxertos de seringueira, resultando teores de  $6,60 \text{ g Kg}^{-1}$  de K foliar (Tabela 3), ficando abaixo do menor valor encontrado por Nobile *et al.* (2017).

Analisando os teores de Ca (Tabela 3), as fertirrigações compostas de N1P1K0, N1P1K1, N1P1K2, N1P2K0, N1P2K2, N2P1K0 e N2P2K2 exibiram melhores médias, variando de  $12,03$  a  $15,64 \text{ g Kg}^{-1}$ , enquadrando-se na faixa de  $10$  a  $14 \text{ g kg}^{-1}$  sugerida por Cantarutti *et al.* (2007), para a cultura da seringueira.

Os teores de Mg foram maiores quando utilizado as soluções nutritivas N1P1K2 ( $4,98 \text{ g kg}^{-1}$ ), N1P2K0 ( $4,95 \text{ g kg}^{-1}$ ) e N2P2K2 ( $5,11 \text{ g kg}^{-1}$ ), porém, para os teores de S foram constatadas melhores respostas para as combinações de N1P0K2 ( $4,47 \text{ g kg}^{-1}$ ), N2P1K2 ( $4,32 \text{ g kg}^{-1}$ ) e N2P2K2 ( $4,59 \text{ g kg}^{-1}$ ) (Tabela 3). Divergindo dos dados obtidos nessa pesquisa, Nobile *et al.* (2017), não verificou significância entre as diferentes concentrações nutricionais nas soluções nutritivas para os teores de Mg e S foliar em porta-enxertos de seringueira, variando de  $2,92$  a  $3,93 \text{ g kg}^{-1}$  de Mg e  $1,47$  a  $1,85 \text{ g kg}^{-1}$  de S.

Observa-se na Tabela 4 maior concentração de Fe foliar em mudas fertirrigadas com N0P0K0 ( $505,87 \text{ mg Kg}^{-1}$ ), N0P1K2 ( $524,12 \text{ mg Kg}^{-1}$ ), N0P2K0 ( $591,25 \text{ mg Kg}^{-1}$ ) e N2P2K2 ( $507,37 \text{ mg Kg}^{-1}$ ). Valores inferiores de Fe foram descritos por Zamuner Filho *et al.* (2012), avaliando doses de fertilizantes de  $3$ ,  $6$  e  $9 \text{ g L}^{-1}$  de substrato, com médias entre  $154,9 \text{ mg Kg}^{-1}$  a  $177,2 \text{ mg Kg}^{-1}$  para a menor e maior dose, respectivamente.

**Tabela 4.** Teores de micronutrientes de porta-enxertos de seringueira fertirrigados com diferentes concentrações de N-P-K em solução nutritiva. Ilha Solteira- SP.

| Tratamentos                                  | Fe       | Mn       | Zn      | Cu      |
|----------------------------------------------|----------|----------|---------|---------|
| -----mg Kg <sup>-1</sup> -----               |          |          |         |         |
| N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub> | 505,87 a | 378,25 b | 54,12 c | 13,37 a |
| N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>1</sub> | 380,00 c | 477,00 b | 59,75 b | 10,25 a |
| N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>2</sub> | 358,62 c | 411,75 b | 52,37 c | 10,12 a |
| N <sub>0</sub> P <sub>1</sub> K <sub>0</sub> | 360,00 c | 451,25 b | 57,25 b | 4,25 b  |
| N <sub>0</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub> | 351,25 c | 322,62 c | 57,75 b | 6,50 b  |
| N <sub>0</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub> | 524,12 a | 319,62 c | 47,50 c | 3,25 b  |
| N <sub>0</sub> P <sub>2</sub> K <sub>0</sub> | 591,25 a | 255,62 c | 57,25 b | 1,62 b  |
| N <sub>0</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub> | 452,00 b | 305,62 c | 42,00 c | 1,00 b  |
| N <sub>0</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub> | 417,87 c | 307,12 c | 63,00 b | 1,00 b  |
| N <sub>1</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub> | 319,87 c | 447,62 b | 76,00 a | 1,62 b  |
| N <sub>1</sub> P <sub>0</sub> K <sub>1</sub> | 395,62 c | 305,00 c | 50,62 c | 1,75 b  |
| N <sub>1</sub> P <sub>0</sub> K <sub>2</sub> | 433,25 b | 348,00 c | 49,50 c | 2,37 b  |
| N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>0</sub> | 331,62 c | 397,25 b | 47,00 c | 1,00 b  |
| N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub> | 446,75 b | 433,25 b | 43,25 c | 2,00 b  |
| N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub> | 406,00 c | 423,12 b | 57,00 b | 1,00 b  |
| N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>0</sub> | 489,00 b | 339,00 c | 51,37 c | 1,00 b  |
| N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub> | 450,12 b | 313,12 c | 45,62 c | 5,12 b  |
| N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub> | 444,12 b | 383,50 b | 64,25 b | 1,37 b  |
| N <sub>2</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub> | 373,87 c | 215,25 c | 46,75 c | 2,00 b  |
| N <sub>2</sub> P <sub>0</sub> K <sub>1</sub> | 422,12 c | 272,00 c | 47,50 c | 2,37 b  |
| N <sub>2</sub> P <sub>0</sub> K <sub>2</sub> | 432,37 b | 396,25 b | 38,75 c | 1,62 b  |
| N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>0</sub> | 477,12 b | 548,00 a | 43,75 c | 1,00 b  |
| N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub> | 330,25 c | 374,50 b | 50,50 c | 2,37 b  |
| N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub> | 424,50 c | 305,25 c | 43,87 c | 5,12 b  |
| N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>0</sub> | 379,62 c | 375,50 b | 57,75 b | 1,00 b  |
| N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub> | 404,87 c | 224,62 c | 34,75 c | 1,00 b  |
| N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub> | 507,37 a | 649,50 a | 82,87 a | 14,87 a |
| Teste F                                      | 4,35**   | 2,92**   | 5,29**  | 5,34**  |
| Média                                        | 422,57   | 369,61   | 52,67   | 3,70    |
| CV (%)                                       | 14,81    | 30,28    | 17,52   | 26,37   |

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. <sup>ns</sup> não significativo e \* significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Doses de N, P e K utilizadas para o preparo das soluções nutritivas (g. L<sup>-1</sup> de água): N0: 0,0; N1: 0,21; N2: 0,42; P0: 0,0; P1: 0,48; P2: 0,96 e K0: 0,0; K1: 0,18; K2: 0,36.

Fonte: Elaboração da própria autora.

Os teores de Mn foram superiores nos tratamentos N2P1K0 (548 mg Kg<sup>-1</sup>) e N2P2K2 (649,50 mg Kg<sup>-1</sup>), entretanto, para o Zn houve destaque para as fertirrigações com N1P0K0 (76 mg Kg<sup>-1</sup>) e N2P2K2 (82,87 mg Kg<sup>-1</sup>) (Tabela 4). Os tratamentos anteriormente citados estão acima da faixa de suficiência para a cultura da seringueira relatada por Garcia *et al.* (1999), que variam de 40 - 200 mg kg<sup>-1</sup> Mn e 25 - 50 mg kg<sup>-1</sup> Zn.

Apesar de todas as plantas terem recebido a mesma quantidade de Cu, nota-se que com exceção de N2P2K2, os tratamentos sem adição de N e P (N0P0K0, N0P0K1, N0P0K2) demonstraram teores de Cu superiores aos demais

(Tabela 4), permanecendo dentro do limite ideal citado por Cantarutti *et al.* (2007) de 10-15 mg kg<sup>-1</sup> de Cu.

Os baixos teores de Cu em plantas que receberam N e P, pode ser justificada pelo excesso dos mesmos no substrato, no qual, podem interferir diretamente na absorção do Cu, como demonstrado por Moura (2009), na cultura da alface, utilizando NPK + esterco, onde o aumento das doses de N resultou em redução dos níveis de Cu nas plantas.

#### 10.4 Conclusões

Em termos gerais, a solução nutritiva N2P2K2 contendo 0,42 (N2); 0,96 (P2) e 0,36 (K2) g L<sup>-1</sup> de água aplicada via fertirrigação na regularidade trimestral demonstrou ser uma boa alternativa para o manejo nutricional de porta-enxertos de seringueira.

#### REFERÊNCIAS

- ANDRIOLO, J. L. **O cultivo de plantas com fertirrigação**. Santa Maria: UFSM, 1996. 47 p.
- BARBOSA FILHO, M. P.; COBUCCI, T.; FAGERIA, N. K.; MENDES, P. N. Época de aplicação de nitrogênio no feijoeiro irrigado monitorada com auxílio de sensor portátil. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras-MG, v. 3, n. 2, p. 425-431, 2009.
- CANTARUTTI, R. B.; BARROS, N. F.; MARTINEZ, H. E. P.; NOVAIS, R. F. Avaliação da fertilização do solo e recomendação de fertilizantes, p. 769-850. *In*: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.
- CARNEIRO, M. M. L. C.; GOMES, M. P.; SANTOS, H. R. B.; DOS REIS, M. V.; MENDONÇA, A. M. C.; DE OLIVEIRA, L. E. Fotorrespiração e metabolismo antioxidante em plantas jovens de seringueira cultivadas sob diferentes fontes de nitrogênio (NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.10, n. 1, p. 66-73, 2015.
- FERREIRA, D. F. **SISVAR - Sistema de análise de variância**. Versão 5.1. Lavras: UFLA, 2010.
- GARCIA, N. C. P.; PEREIRA, A.V.; LIMA, P.C.; SALGADO, L.T.; CARVALHO, J.G.; BRITO, S.A.; CARMO, C.A.F.S. Seringueira. *In*: COMISSÃO de fertilidade do solo do Estado de Minas Gerais. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: Ed da UFV, 1999. p. 317-322.
- GODOY, L. J. G.; SOUTO, L. S.; FERNANDEZ, D. M.; BÔAS, R. L. V. Uso do clorofilômetro no manejo da adubação nitrogenada para milho em sucessão a

pastagem de *Brachiaria decumbens*. **Ciência Rural**, Santa Maria-RS, v. 37, n. 1, p. 38-44, 2007.

HOAGLAND, D.R.; ARNON, D. I. **The water culture method for growing plants without soils**. Berkeley: California Agricultural Experimental Station, 1950. 347 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira de Potassa e do Fósforo, 1997. 319 p.

MARTINS, A. L. M.; LUCA, C. A.; GONÇALVES, E. C. P.; BRITO, P. F. **Produção de mudas de seringueira em bancadas e substrato**. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 2017. 52 p. Circular técnica.

MEDRADO, M. J. S.; LEMOS FILHO, J. P.; PEREIRA, J. P.; COSTA, J. D.; KITAZAWA, I. H.; BERNARDES, M. S.; FERNANDES, A. L. T.; POMPERMAYER, S. A. Perspectivas da micro-garfagem em seringueira. *In*: MEDRADO, M. J. S.; BERNARDES, M. S.; COSTA, J. D.; MARTINS, A. N. (ed.). **Formação de mudas e plantio de seringueira**. Piracicaba: ESALQ-Departamento de Agricultura, 1992. p.158.

MOURA, V. V. **Efeitos de adubações de solo e doses de N em cobertura na cultura da alface**. 2009. 59 f. Dissertação (Mestrado – Curso de Pós Graduação em Ciências Agrárias. Área de concentração: Produção Vegetal) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2009.

MURBACH, M. R.; BOARETTO, A. E; MURAOKA, T.; SOUZA, E. C. A. Nutrient cycling in a RRIM 600 clone rubber plantation. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 2, p. 353-357, 2013.

NOBILE, F. O.; PARO, G. F.; FARINELLI, R. Soluções nutritivas para produção de porta-enxertos de seringueira. **Brazilian Journal of Forestry Research**, Colombo, v. 37, n. 89, p. 73-80, 2017.

PRADO, R. M.; VALE, D. W. Nitrogênio, fósforo e potássio na leitura spad em porta-enxerto de limoeiro cravo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 38, n. 4, p. 227-232, 2008.

ROCHA, K. B.; ROCHA, J. H. T.; GONÇALVES, A. N. Métodos de enxertia para a produção de mudas de seringueira em viveiro suspenso. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 46, n. 120, p. 646-656, 2018.

SILVEIRA, R. L. V. A.; HIGASHI, E. N.; SGARBI, F.; MUNIZ, M. R. A. Seja doutor do seu eucalipto. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 93, p. 1-31, 2001. POTAFOS. Arquivo do Agrônomo, 12.

SOUZA, V. F.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. 771 p.

ZAMUNÉR FILHO, A. N.; VENTURIN, N.; PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; MACEDO, R. L. G. Dose of controlled-release fertilizer for production of rubber tree rootstocks. **Cerne**, Lavras-MG, v. 18, n. 2, p. 239-245, 2012.