








ARTIGO ORIGINAL

Eficiência nutricional de porta-enxertos de seringueira

Nutritional efficiency of rubber rootstocks

Noemi Cristina de Souza Vieira¹ , Enes Furlani Junior¹ , Raiana Crepaldi de Faria Nocchi² , Amanda Pereira Paixão¹ , Magno Pereira³ , Erivaldo José Scaloppi Junior⁴ , Dayane Bortoloto da Silva¹ 

¹Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP, Ilha Solteira, SP, Brasil

²Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá, PR, Brasil

³Autônomo, Ilha Solteira, SP, Brasil

⁴Centro de Seringueira e Sistemas Agroflorestais, Instituto Agronômico – IAC, Votuporanga, SP, Brasil

Como citar: Vieira, N. C. S., Furlani Junior, E., Nocchi, R. C. F., Paixão, A. P., Pereira, M., Scaloppi Junior, E. J., & Silva, D. B. (2022). Eficiência nutricional de porta-enxertos de seringueira. *Scientia Forestalis*, 50, e3812. <https://doi.org/10.18671/scifor.v50.12>

Resumo

O estudo da eficiência nutricional de mudas de porta-enxertos de seringueira é uma ferramenta importante para selecionar genótipos responsivos à adubação, garantindo assim, a racionalização do uso dos fertilizantes. Nesse contexto, o objetivo do estudo foi avaliar a eficiência de absorção, transporte e utilização de nutrientes nos porta-enxertos oriundos 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 demonstraram similaridade quanto a eficiência de absorção (EA) e eficiência de transporte (ET) para os macronutrientes, e eficiência de transporte (ET) de micronutrientes, porém, diferiram quanto a eficiência de utilização (EU) dos nutrientes. O IAN873 apresentou maior 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 em bancada suspenso.

Abstract

The study of the nutritional efficiency of seedlings of rubber tree rootstocks is an important tool to select genotypes responsive to fertilization, thus ensuring the rationalization of the use of fertilizers. In this context, the objective of this study was to evaluate the efficiency of absorption, transport and use of nutrients in rootstocks from seeds of clones GT1, PB235 and IAN873 cultivated in a suspended nursery in the municipality of Ilha Solteira-SP. The experiment was carried out in an open-air nursery installed at the Faculty of Engineering - UNESP, Ilha Solteira- SP campus, during the period from March/2018 to January/2019. The experimental design used was randomized blocks, in a 3 x 5 factorial scheme, with three rootstocks GT1, PB235 and IAN873 and five times of data collection 60, 120, 180, 240 and 300 days after transplanting (DAT), with three replications of 10 seedlings per plot. The rootstocks showed similarity in terms of absorption efficiency (EA) and transport efficiency (ET) for macronutrients, and transport efficiency (ET) of micronutrients, however, they differed in terms of nutrient utilization efficiency

Fonte de financiamento: Nenhuma.

Conflito de interesse: Nada a declarar.

Autor correspondente: no-cristina@hotmail.com

Recebido: 29 novembro 2021.

Aceito: 2 maio 2022.

Editor: Mauro Valdir Schumacher.



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o artigo científico seja corretamente citado.

(EU). IAN873 showed higher performance in EU of P, K and Fe, in contrast, rootstock GT1 had lower EU of Ca, Mg, Mn, Zn and Cu. Although the EA of Zn was superior to Cu, the rootstocks showed better EU of Cu in relation to Zn.

Keywords: *Hevea brasiliensis* (Willd. Ex Adr. de Juss.) Muell.-Arg.; Absorption efficiency (EA); Transport efficiency (ET); Utilization efficiency (EU); Suspended bench seedling production.

INTRODUÇÃO

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 empregues 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 PB235, GT1 (macho-estéril) e IAN873, por originarem porta-enxertos altamente compatíveis com os principais clones enxertados, resultando em plantas mais produtivas. Para Martins et al. (2000), a utilização de sementes ilegítimas dos clones GT1 e IAN873, vêm sendo apontadas como as mais aptas em termos de ganhos produtivos em perímetros de caule no Estado de São Paulo.

Comumente os porta-enxertos 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).

No planejamento das fertilizações do substrato de plantio 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 diferenças entre elas na produção de biomassa, resultante de alterações na eficiência de utilização dos nutrientes (Eberhardt et al., 1999). 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).

As pesquisas têm 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).

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 estudo foi avaliar a eficiência de absorção, transporte e utilização de nutrientes dos porta-enxertos provenientes de sementes dos clones GT1, PB235 e IAN873 cultivados em viveiro suspenso no município de Ilha Solteira- SP.

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 advindos de sementes dos clones 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 plantios multiclonaes pertencentes 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 ocorreu 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 7º ao 10º dia após a semeadura e, quando as plântulas atingiram o estágio de “palito”, por volta do 14º dia, foram transplantadas para sacos plásticos de polietileno com dimensões de 17 cm x 30 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 homogeneizados com 6 g L⁻¹ de substrato, do adubo de liberação lenta Forth cote® 15-09-12 com liberação prevista para 5 meses, em formulação contendo N (15%), P₂O₅ (9%), K₂O (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, com o propósito de garantir condições favoráveis para o seu desenvolvimento inicial. Em abril/2018 as mudas de porta-enxertos foram transferidas para viveiro a pleno sol em bancada suspensa. A adubação de cobertura foi fornecida superficialmente, nos meses de agosto/2018 e dezembro/2018, utilizando-se 2g por saco plástico, do mesmo adubo aplicado no transplântio.

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).

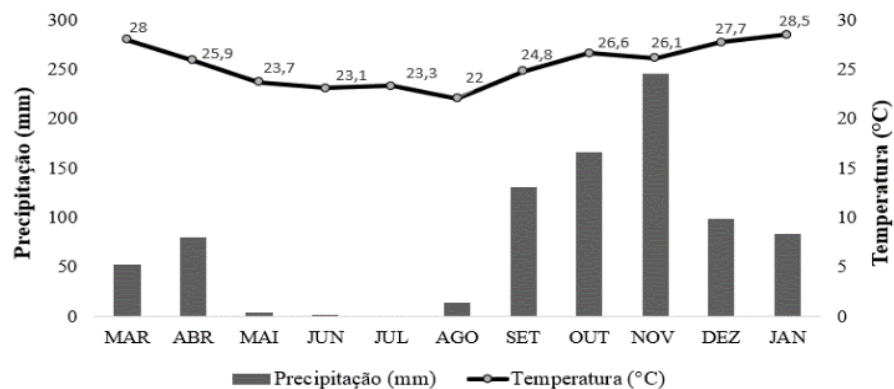


Figura 1. Médias mensais de temperatura (°C) e precipitação (mm), no período de março/2018 a janeiro/2019. Ilha Solteira-SP.

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 1,0 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 os extratos da digestão nitroperclórica foram usadas para determinar os teores de 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⁻¹), micronutrientes (mg kg⁻¹) 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)

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

Eficiência de translocação (ET)

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

Eficiência de utilização (EU)

$$EU = \frac{(\text{g massa seca total})^2}{\text{mg do nutriente na planta}}, \text{ (Siddiqi & Glass, 1981)} \tag{3}$$

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).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Eficiência de absorção, transporte e utilização de macronutrientes

Para a eficiência de absorção (EA) de macronutrientes não houve diferença significativa entre os porta-enxertos (GT1, PB235 e IAN873), no entanto, para o fator época de cultivo (dias após transplântio- DAT) foi constatado efeito significativo em relação a N, P, Ca, Mg e S (Figura 2a).

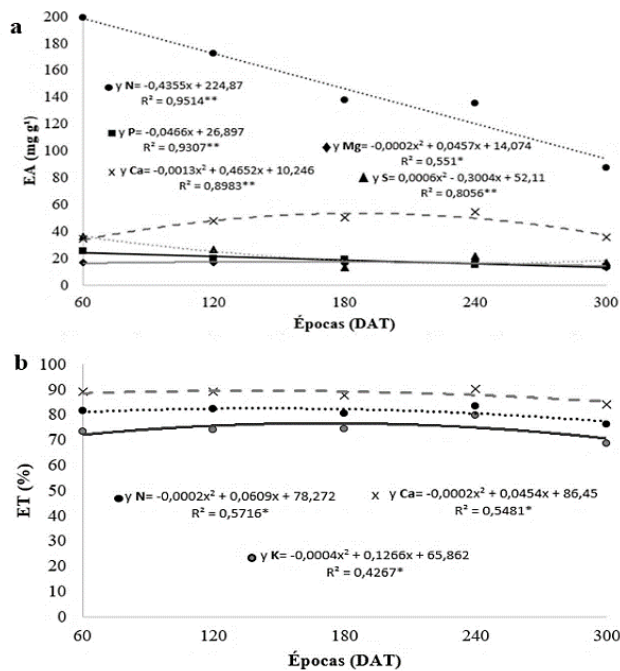


Figura 2. Eficiência de absorção (a) e de transporte (b) de macronutrientes de porta-enxertos de seringueira em função de épocas de cultivo (DAT). Ilha Solteira- SP. *Regressão significativa (p>0,05) e ** (p>0,01).

Independentemente dos porta-enxertos, verificou-se 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⁻¹) e menores aos 300 DAT (87,89 e 13,53 mg g⁻¹) respectivamente (Figura 2a). 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, consequentemente, acarretando menor absorção 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⁻¹); 112,5 DAT (16,60 mg g⁻¹) e 240 DAT (21,71 mg g⁻¹), respectivamente (Figura 2a).

A eficiência de translocação (ET) não apresentou diferença entre os porta-enxertos estudados, porém, para as épocas de cultivo foi averiguado significância (P<0,01) para N, K e Ca, exibindo ajustes ao modelo quadrático (Figura 2b). 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 2b). Relato semelhante a este foi feito por Rozane et al. (2007), que estudando a eficiência nutricional de porta-enxertos de *Averrhoa carambola* L. (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.

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 estudo, não houve diferença significativa na EA de macronutrientes dos porta-enxertos, entretanto para a EU foi constatado significância nas médias dos porta-enxertos e épocas de cultivo para N, P, K e S (Tabela 1). Resultados contrários foram relatados por Thitithanakul et al. (2017) estudando as exigências de N e P em plantas jovens de *Hevea brasiliensis* (seringueira), entre 6- 9 meses, verificaram não haver diferença significativa entre os clones RRIM600 e RRIT251 para a EU de N e P. Assim como, Pacheco et al. (2005) observaram que a EU de fósforo por diferentes clones de *Theobroma cacao* (cacaueiros) com oito meses de idade, em casa de vegetação, não foram significativamente diferentes.

Tabela 1. Análise de variância para 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
-----Quadrado Médio-----						
Clones (C)	0,25**	17,56**	0,67**	2,41**	14,80**	7,50**
Épocas (E)	2,95**	134,64**	5,50**	16,28**	111,36**	78,33**
(C*E)	0,05 ^{ns}	2,42 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,37**	2,44*	1,52 ^{ns}
Média Geral	0,56	4,27	0,94	1,48	4,05	3,49
CV (%)	33,96	33,18	24,13	25,16	25,79	29,70
----- g ² mg ⁻¹ -----						
Clones						
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
D.M.S	0,17	1,28	0,20	0,33	0,94	0,96

*,** e ^{ns} = significativo em nível de 5%; 1% e não significativo, respectivamente pelo Teste de Tukey.

O porta-enxerto IAN873 demonstrou maior EU de N e S, quando comparado ao GT1 (Tabela 1). 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 1). 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 de uso, 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 1).

Ao longo das épocas de cultivo avaliadas 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 g² mg⁻¹ (Figura 3). Caldeira et al. (2002) também verificaram que depois do P, o S foi o nutriente mais eficientemente utilizado por três procedências de *Acacia mearnsii* para produção de biomassa.

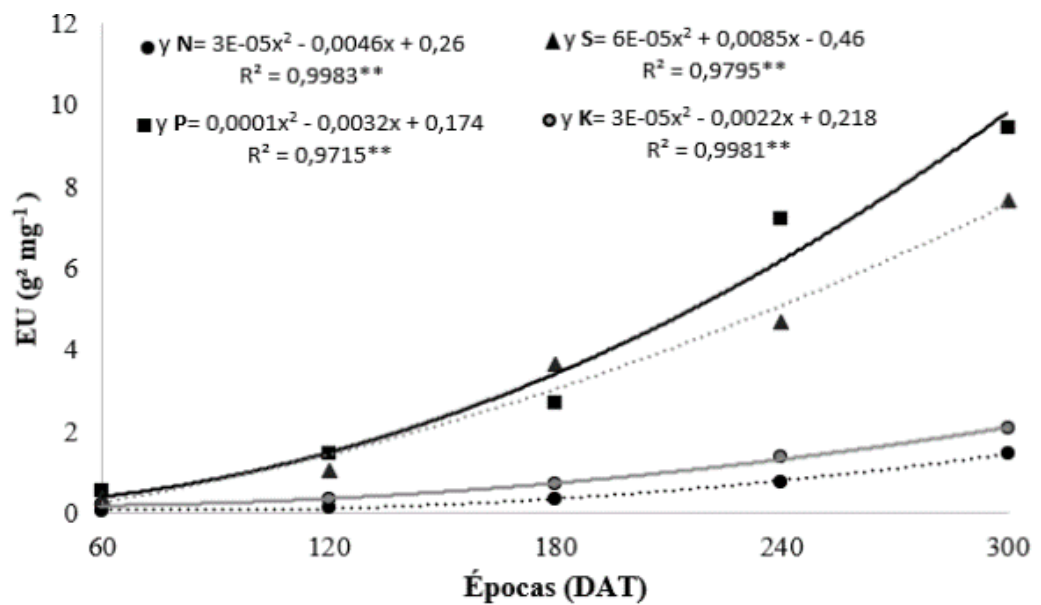


Figura 3. Eficiência de utilização (EU) de macronutrientes de porta-enxertos de seringueira em função de épocas de cultivo (DAT). Ilha Solteira- SP. *Regressão significativa (p>0,05) e ** (p>0,01).

Houve interação dos fatores (C*E) relativos aos nutrientes Ca (p<0,05) e Mg (p<0,01) (Tabela 1). De acordo com o desdobramento da interação, nota-se resposta quadrática dos porta-enxertos para a EUCa (Figura 4a) e a EUMg (Figura 4c). Aos 300 DAT os valores máximos alcançados pela EUCa foram: GT1 (2,56 g² mg⁻¹), PB235 (3,91 g² mg⁻¹) e IAN873 (4,49 g² mg⁻¹) (Figura 4a), entretanto, para a EUMg as médias ficaram em torno de: GT1 (6,69 g² mg⁻¹), PB235 (10,96 g² mg⁻¹) e IAN873 (10,68 g² mg⁻¹) (Figura 4c). O clone GT1 demonstrou aos 300 DAT menor eficiência de uso de Ca (Figura 4b) e Mg (Figura 4d). 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.

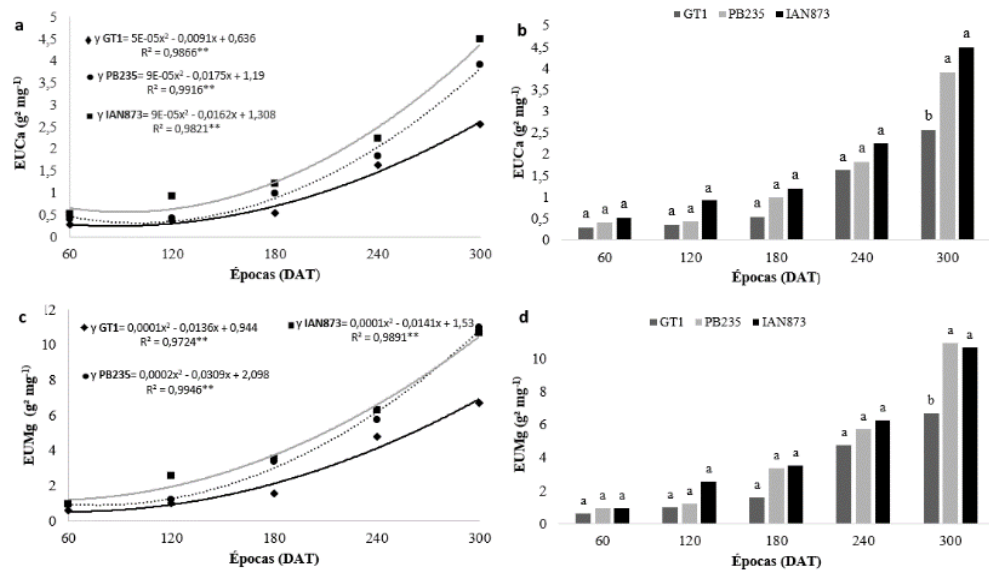


Figura 4. Eficiência de utilização (EU) de cálcio (a e b) e magnésio (c e d) de porta-enxertos de seringueira em função de épocas de cultivo (DAT). Ilha Solteira- SP. *Regressão significativa ($p > 0,05$) e ** ($p > 0,01$).

Eficiência de absorção, transporte e utilização de micronutrientes

Na Tabela 2 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 2. Análise de variância para a 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
EA				
-----Quadrado Médio-----				
Clones (C)	96502,64 ^{ns}	79337,26 ^{ns}	6143,39 ^{ns}	384,62 ^{ns}
Épocas (E)	465687,70 ^{**}	463563,99 ^{**}	101970,65 ^{**}	30031,53 ^{**}
(C*E)	236187,04 [*]	359068,72 ^{**}	25434,19 ^{ns}	865,41 ^{ns}
CV (%)	17,87	19,66	21,51	30,38
Média Geral	1810,03	1821,21	540,09	89,45
ET				
Clones (C)	80,93 ^{ns}	85,82 ^{ns}	6,27 ^{ns}	32,83 ^{ns}
Épocas (E)	2193,23 ^{**}	1115,66 ^{**}	928,28 ^{**}	1426,71 ^{**}
(C*E)	81,03 ^{ns}	52,14 ^{ns}	83,28 ^{ns}	77,18 ^{ns}
CV (%)	21,95	23,01	15,52	16,99
Média Geral	49,67	57,51	62,96	69,64
EU				
Clones (C)	0,0009 ^{**}	0,0018 ^{**}	0,014 ^{**}	1,72 ^{**}
Épocas (E)	0,0047 ^{**}	0,010 ^{**}	0,052 ^{**}	9,64 ^{**}
(C*E)	0,0002 ^{**}	0,0004 ^{**}	0,001 ^{ns}	0,86 ^{ns}
CV (%)	29,26	30,09	30,74	13,56
Média Geral	0,032	0,038	0,109	1,19
Clones g² mg⁻¹				
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

*,** e ^{ns} = significativo em nível de 5%; 1% e não significativo, respectivamente pelo Teste de Tukey. Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DAT: dias após transplantio.

O desdobramento da interação (C*E) indicou maior EAFe para o porta-enxerto IAN873 em comparação ao PB235 aos 60 DAT. Os materiais GT1 e PB235 apresentaram elevação linear da EAFe 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 3).

Tabela 3. Desdobramento da interação de porta-enxertos clonais x épocas de cultivo, referentes à eficiência de absorção de ferro e manganês (mg g^{-1}). Ilha Solteira- SP.

Fatores	EAFe		
	GT1	PB235	IAN873
Épocas (DAT)	-----Fe (mg g^{-1})-----		
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 ²	69,56	82,22	1,80
R ²	73,34	84,21	18,65
Épocas (DAT)	EAMn		
	-----Mn (mg g^{-1})-----		
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 ²	2,47	11,05	46,38
R ²	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.

O clone GT1 apresentou maior EAMn 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 EAMn ao modelo de regressão (Tabela 3).

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

Observou-se baixos valores para a EACu (Figura 5a), 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 5c). 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.

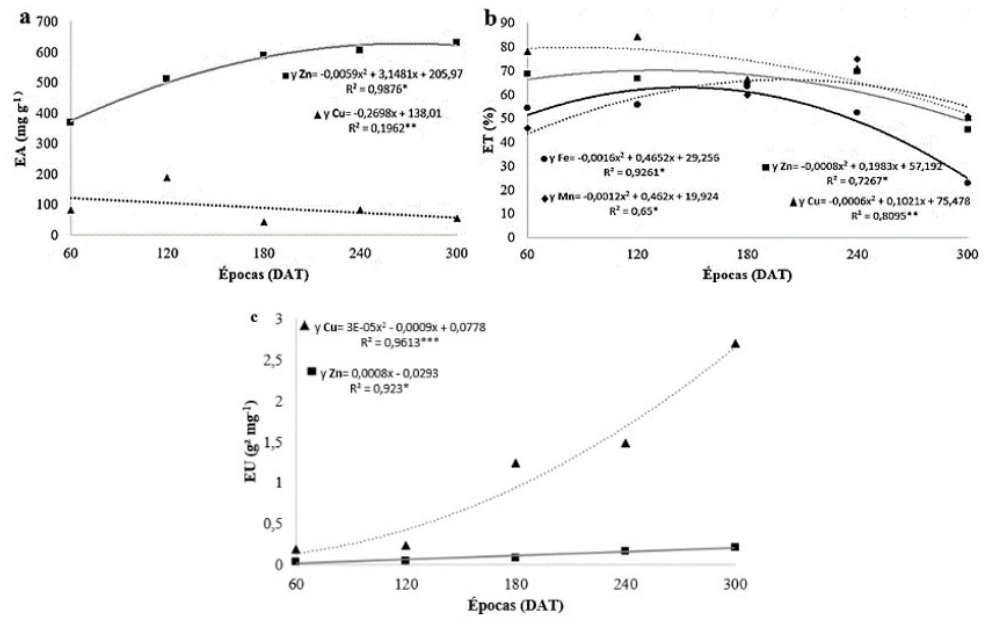


Figura 5. Eficiência de absorção (a), transporte (b) e utilização (c) de micronutrientes em porta-enxertos de seringueira em função de épocas de cultivo (DAT). Ilha Solteira- SP. *Regressão significativa ($p > 0,05$) e ** ($p > 0,01$).

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 2). 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 5b). 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 2).

Apesar dos dados da EAFe ter apontado diferença entre os clones IAN873 e PB235 somente no início experimental (Tabela 3), 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 6b).

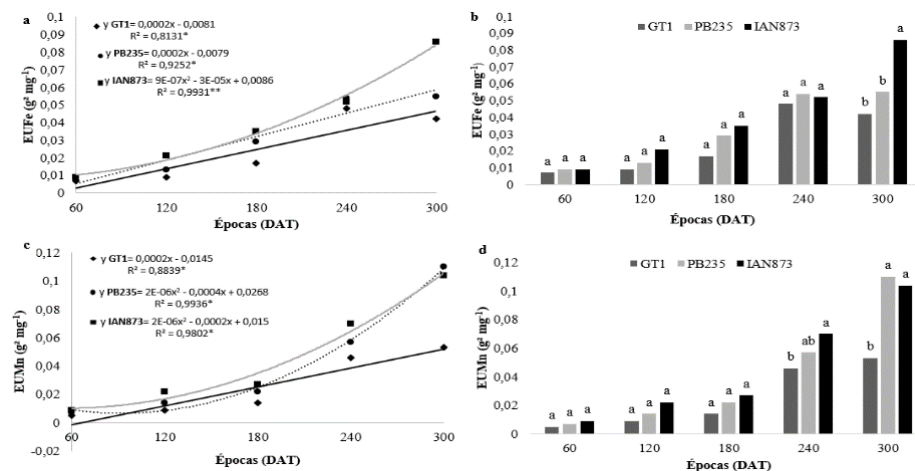


Figura 6. Eficiência de utilização (EU) de ferro (a e b) e manganês (c e d) de porta-enxertos de seringueira em função de épocas de cultivo (DAT). Ilha Solteira- SP. *Regressão significativa ($p > 0,05$) e ** ($p > 0,01$).

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 6a).

Na Figura 6d, 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).

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.

CONCLUSÕES

- 1) Os porta-enxertos GT1, PB235 e IAN873 demonstraram similaridade quanto a eficiência de absorção (EA) e eficiência de transporte (ET) de macronutrientes, e ET de micronutrientes, porém, diferiram quanto a eficiência de utilização (EU) dos nutrientes.
- 2) O IAN873 apresentou maior desempenho na eficiência de utilização (EU) de P, K e Fe, em contrapartida, o porta-enxerto GT1 obteve menor EU de Ca, Mg, Mn, Zn e Cu.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela bolsa de doutorado concedida e a empresa Tecnutri do Brasil® por fornecer o fertilizante utilizado na presente pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baligar, V. C., Fageria, N. K., & He, Z. L. (2001). Nutrient use efficiency in plants. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 32(7-8), 921-950. <http://dx.doi.org/10.1081/CSS-100104098>.
- Barros, N. F., Neves, J. C. L., & Novais, R. F. (2004). Mineral fertilizer recommendations for eucalypt plantations. In J. L. M. Gonçalves (Ed.), (pp. 269-284). *Forest nutrition and fertilization*. Piracicaba: IPEF.
- Batista, R. O., Neto, A. E. F., & Deccetti, S. F. C. (2015). Eficiência nutricional em clones de cedro-australiano. *Scientia Forestalis*, 43(107), 647-655.
- Caldeira, M. V. W., Rondon Neto, R. M., & Schumacher, M. V. (2002). Avaliação da eficiência nutricional de três procedências australianas de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.). *Revista Árvore*, 26(5), 615-620. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622002000500012>.
- Cardinal, A. B., Gonçalves, P. de S., & Martins, A. L. M. (2007). Influência de seis porta-enxertos sobre a produção de clones superiores de seringueira. *Bragantia*, 66(2), 277-284. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052007000200011>.
- Dechen, A. R., & Nachtigall, G. R. (2006). Micronutrientes. In M. S. Fernandes (Ed.), *Nutrição mineral de plantas* (pp. 327-354). Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/UFV.

- Eberhardt, D. S., Da Silva, P. R. F., & Rieffel Neto, S. R. (1999). Eficiência de absorção de nitrogênio por plantas de arroz e de dois ecótipos de arroz vermelho. *Planta Daninha*, 17(2), 309-323. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83581999000200015>.
- Fageria, N. K. (1998). Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 2(1), 6-16. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v02n01p6-16>.
- Faria, G. E., Barros, N. F., Cunha, V. L. P., Martins, I. S., & Martins, R. C. C. (2008). Avaliação da produtividade, conteúdo e eficiência de utilização de nutrientes em genótipos de *Eucalyptus* spp. no vale do Jequitinhonha, MG. *Revista Ciência Florestal*, 18(3), 363-373. <http://dx.doi.org/10.5902/19805098448>.
- Ferreira, D. F. (2010). *SISVAR - Sistema de análise de variância. Versão 5.1*. Lavras: UFLA.
- Furtini Neto, A. E. (1994). *Eficiência nutricional, cinética de absorção e frações fosfatadas em Eucalyptus ssp.* (Tese de doutorado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- Li, B., Mckeand, S. E., & Allen, H. L. (1991). Genetic variation in nitrogen use efficiency of loblolly pine seedlings. *Forest Science*, 37(2), 613-626. <http://dx.doi.org/10.1093/forestscience/37.2.613>.
- Malavolta, E., Vitti, G. C., & Oliveira, S. (1997). *Avaliação do estado nutricional das plantas* (2. ed., 319 p.). Piracicaba: POTAFÓS.
- Marschner, H. (2012). *Mineral nutrition of higher plants* (3rd ed., 651 p.). San Diego: Academic Press.
- Martins, A. L. M., Ramos, N. P., Gonçalves, P. S., & Doval, K. S. (2000). Influência de porta-enxertos no crescimento de clones de seringueira no estado de São Paulo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35(9), 1743-1750. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X200000900006>.
- Pacheco, R. G., Almeida, A. A. F., Sodr e, G. A., Chepote, R. E., Araujo, Q. R., & Marrocos, P. C. L. (2005). Produção de matéria seca e eficiência de absorção de fósforo por clones de cacauzeiros aos oito meses de idade. In *Anais do 30º Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*, Recife.
- Pereira, A. V., Zamunér Filho, A. N., Silva, R. S., & Antonini, J. C. A., Vocurca, H., & Pereira, E. B. C. (2007). Produção de mudas de seringueira em viveiro suspenso. In *Anais do Congresso Brasileiro de Heveicultura* (CD-ROM), Guarapari. Guarapari: Incaper.
- Pinto, S. I. C., Furtini Neto, A. E., Neves, J. C. L., Faquin, V., & Moretti, B. S. (2011). Eficiência nutricional de clones de eucalipto na fase de mudas cultivados em solução nutritiva. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35(2), 523-533. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832011000200021>.
- Rozane, D. E., Prado, R. M., Franco, C. F., & Natale, W. (2007). Eficiência de absorção, transporte e utilização de macronutrientes por porta-enxertos de caramboleira, cultivados em soluções nutritivas. *Ciência e Agrotecnologia*, 31(4), 1020-1026. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542007000400012>.
- Santana, R. C., Barros, N. F., & Neves, J. C. L. (2002). 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*, 26(4), 447-457. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622002000400007>.
- Siddiqi, M. Y., & Glass, A. D. M. (1981). Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient efficiency in plants. *Journal of Plant Nutrition*, 4(3), 289-302. <http://dx.doi.org/10.1080/01904168109362919>.
- Swiader, J. M., Chyan, Y., & Freiji, F. G. (1994). Genotypic differences in nitrate uptake and utilization efficiency in pumpkin hybrids. *Journal of Plant Nutrition*, 17(10), 1687-1699. <http://dx.doi.org/10.1080/01904169409364840>.
- Thitithanakul, S., Ma, N., Sukkawong, S., & Jaikrajang, B. (2017). Determination of nitrogen and phosphorus requirement of the RRIM 600 and RRIT 251 Young Rubber Trees. *Agricultural Technology and Biological Sciences*, 14(7), 571-580.
- Vieira, T. A. S. (2013). *Crescimento e eficiência nutricional de leguminosas arbóreas pioneiras e não pioneiras* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- Zamunér Filho, A. N., Venturin, N., Pereira, A. V., Pereira, E. B. C., & Macedo, R. L. G. (2012). Dose of controlled-release fertilizer for production of rubber tree rootstocks. *Cerne*, 18(2), 239-245. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-77602012000200008>.

Contribuição dos Autores: EFJ: Administração do Projeto, Supervisão; RCFN, MP, APP e DBS: Escrita – Primeira Redação, Visualização, Investigação; EJSJ: Análise Formal.