



Associação
Brasileira de
Irrigação e
Drenagem



IV INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING
XXVI CONIRD - CONGRESSO
NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM
III SBS - SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SALINIDADE

COMPORTAMENTO FISIOLÓGICO DE MARACUJAZEIRO AMARELO SOB SALINIDADE DA ÁGUA, ADUBAÇÃO CALCÍTICA E REVESTIMENTO DAS COVAS

M. A. F. Bezerra¹, F. T. C. Bezerra², L. F. Cavalcante³, A. R. Silva⁴,
F. F. de Oliveira⁵, S. A. da S. Medeiros⁶

RESUMO: Em plantas sensíveis à salinidade, como o maracujazeiro, o excesso de sais provoca distúrbios fisiológicos necessitando de práticas culturais que mitiguem os danos. Nesse sentido, objetivou-se avaliar os efeitos da salinidade da água, revestimento lateral das covas com filme de polietileno preto de alta resistência e doses de cálcio nos aspectos fisiológicos de plantas de maracujazeiro amarelo 'BRS Gigante amarelo'. Os tratamentos foram organizados em parcela subdividida 2A x (2R x 5Ca), correspondendo a salinidade da água (0,3 e 4,0 dS m⁻¹), revestimento da cova (sem e com) e doses de cálcio (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹). Na floração avaliou-se os índices foliares de clorofila e trocas gasosas das plantas. Os índices foliares de clorofila aumentaram até a dose de 58 kg ha⁻¹ de cálcio. A concentração interna de CO₂ foi afetada pela interação entre revestimento das covas e cálcio. O revestimento associado à dose de 50 kg ha⁻¹ de Ca²⁺ aumentou a condutância e reduziu a resistência estomática das folhas. A assimilação líquida de CO₂ e a eficiência no uso da água foram reduzidos com o revestimento e a irrigação com água salina (4,0 dS m⁻¹). O cálcio estimulou a produção de clorofila e as trocas gasosas, e a água salina prejudicou a assimilação de CO₂ e a eficiência no uso da água.

PALAVRAS-CHAVE: *Passiflora edulis* Sims., estresse salino, fisiologia.

PHYSIOLOGICAL BEHAVIOR OF YELLOW PASSION FRUIT UNDER WATER SALINITY, CALCITIC FERTILIZATION AND PIT LINING

SUMMARY: In plants sensitive to salinity, such as passion fruit, excess salts cause physiological disturbances and practices are necessary to prevent these damages. The objective

¹ Mestres, estudantes de doutorado do PPGA/CCA/UFPB, Areia-PB. E-mail: marlene_agro@hotmail.com

² Doutor, bolsista PNPB/PPGA/CCA/UFPB, Areia, PB.

³ Doutor, professor do PPGA/CCA/UFPB, Areia-PB.

⁴ Engenheiro Agrônomo, doutorando do PPG em Fisiologia e Bioquímica de Plantas/ESALQ/USP, Piracicaba-SP.

⁵ Estudante de graduação em agronomia, CCA/UFPB, Areia, PB.

⁶ Mestres, estudantes de doutorado do PPGA/CCA/UFPB, Areia, PB.

of this study was to evaluate the effects of water salinity, lateral coating of pits with high resistance black polyethylene film and calcium doses in the physiological aspects of yellow passion fruit 'BRS Gigante Amarelo' plants. The treatments were arranged in split-plot 2A x (2R x 5Ca), corresponding to water salinity (0.3 and 4.0 dS m⁻¹), pit lining (without and with) and doses of calcium (0, 30, 60, 90 and 120 kg ha⁻¹). During the flowering, leaf chlorophyll indexes were evaluated and gas exchange in plants. The leaf chlorophyll levels increased up to the dose of about 58 kg ha⁻¹ of calcium. The internal CO₂ concentration was affected by the interaction between pit lining and calcium. The coating associated with the dose of 50 kg ha⁻¹ of Ca²⁺ increased the conductance and reduced the resistance of leaf stomata. The liquid assimilation of CO₂ and water use efficiency were reduced with the pit lining and Irrigation with saline water (4.0 dS m⁻¹). Calcium stimulated chlorophyll production and gas exchange, and the saline water impaired the assimilation of CO₂ and the efficiency of water use.

KEYWORDS: *Passiflora edulis* Sims., saline stress, physiology.

INTRODUÇÃO

O maracujazeiro amarelo, fruteira tropical nativa, encontra no Brasil condições excelentes para seu cultivo. Segundo Faleiro & Junqueira (2016), o Brasil é o maior produtor e consumidor mundial de maracujá. Sendo produzido em todas as regiões brasileira, com destaque para o Nordeste (65%), maior produtor, seguido pelas regiões Sudeste (15%), Norte (10%), Sul (7%) e Centro-Oeste (3%) (IBGE, 2015). A cultura é considerada sensível à salinidade, com queda na produtividade quando irrigada mesmo com água ligeiramente salina (Ayers & Westcot, 1999). O problema da salinidade é rotineiramente diagnosticada no Nordeste brasileiro, principalmente na área semiárida que compreende maior parte da região.

O excesso de sais degrada o solo e afeta negativamente às plantas (Ayers & Westcot, 1999; Dias & Blanco, 2010). Segundo Prisco & Gomes Filho (2010), a salinidade compromete diretamente os processos fisiológicos e bioquímicos das plantas. Sendo que o efeito dos sais está relacionado à concentração, espécie iônica e ao tempo de permanência do estresse. Com irrigação suplementar com água de salinidade de 5,0 dS m⁻¹, Soares et al. (2008) não observaram redução no rendimento do maracujazal, mas, Dias et al. (2011) constataram redução na produtividade à cultura apenas ao elevarem a salinidade da água de 0,5 para 1,5 dS m⁻¹. Por isso, avaliar parâmetros de maior sensibilidade ou de resposta instantânea aos estresses pode auxiliar na tomada de decisão na mitigação dos problemas.

Após avaliarem os efeitos da salinidade da água de irrigação na cultura do maracujazeiro amarelo, Freira et al. (2014) observaram que o aumento dos sais refletiu-se no aumento da concentração interna de gás carbônico, mas reduziu a condutância estomática e assimilação líquida de gás carbônico e Cavalcante et al. (2011) registram diminuição nos teores foliares de clorofila *a*, *b* e *total*. O revestimento lateral das covas em plantio de maracujazeiro contribui na manutenção da umidade (Cavalcante et al., 2005), resultando na diluição de sais nas covas e consequentemente diminuição do estresse osmótico. A aplicação de cálcio, principalmente em solos com baixo teor do macronutriente, pode induzir melhoria no ambiente radicular e no ajustamento das plantas ao estresse. Para Freire & Freire (2007), o cálcio compete diretamente com o sódio pelos sítios de adsorção nos coloides do solo. Na planta o cálcio está relacionado à integridade da membrana plasmática das células vegetais (Epstein & Bloom, 2006). De acordo com os respectivos autores, o íon sódio prejudica rapidamente as funções da membrana celular quando o cálcio em carência no solo ou no tecido vegetal.

Diante do exposto objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos da salinidade da água de irrigação, do revestimento lateral da covas contra as perdas hídricas e adubação calcítica na produção de clorofila e nas trocas gasosas em folhas e maracujazeiro amarelo.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido de novembro de 2015 a julho de 2016 no sítio Macaquinhos, município de Remígio, Paraíba, Brasil. O município está sob zona climática, segunda a classificação de Köppen, do tipo *As'* que significa clima tropical com chuvas de outono à inverno. O solo da área experimental foi caracterizado como Neossolo Regolítico eutrófico de textura areia franca.

Os tratamentos foram organizados em parcela subdividida, no esquema 2 x (2 x 4), correspondente à condutividade elétrica da água de irrigação (0,3 e 4,0 dS m⁻¹), ao revestimento lateral da cova com filme plástico de alta densidade (sem e com) e às doses de cálcio (0, 30, 60, 90 e 120kg ha⁻¹), respectivamente. A condutividade elétrica da água de irrigação constituiu a parcela principal e a combinação entre revestimento das covas e doses de cálcio a subparcela. Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados com quatro repetições em subparcelas contendo quatro plantas.

No período da floração determinou-se os índices foliares de clorofila *a*, *b* e *total* através do medidor portátil clorofiLOG da FalKer®. Nessa época também foram obtidas leituras das trocas gasosas do limbo foliar através do analisador de gás na fase infravermelho (IRGA),

modelo LCpro-SD da BioScientific[®], sendo medida a concentração interna de gás carbônico (C_i , $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ mol}^{-1}$ de ar), condutância estomática (g_s , $\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), transpiração (E , $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e assimilação líquida de gás carbônico (A , $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), como também foram calculadas a eficiência no uso da água ($EUA = A/E$) e a eficiência instantânea de carboxilação ($EiC = A/C_i$).

Os dados foram submetidos a análise de variância, utilizando o teste F ($p \leq 0,05$), para se verificar os efeitos dos fatores isoladamente e suas interações, utilizando o software SAS/STAT[®] versão 9.3.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os índices foliares de clorofila foram afetados apenas pelas doses de cálcio (Tabela 1), aumentando com o fornecimento do nutriente (Figura 1). O aumento nas doses de cálcio até 55, 62 e 58 kg ha^{-1} proporcionaram os maiores índices de clorofila *a*, *b* e *total*, respectivamente, com valores máximos de 12,9, 33,0 e 45,9. O cálcio não participa das moléculas de clorofila (Blankenship, 2014) mas exerce função importante na absorção iônica (Epstein & Bloom, 2006). Segundo Prado (2008) o cálcio possui efeito sinérgico com o nitrogênio; o que pode justificar o aumento na clorofila ocasionada pelo aumento nas doses de cálcio. Cavalcante et al. (2014) avaliando dose de cálcio via foliar na cultura do maracujazeiro observaram maior aumento no teor foliar de nitrogênio com o aumento nas doses do macronutriente.

A condutância e a resistência estomática foram afetados pela interação entre revestimento lateral das covas e as doses de cálcio (Tabela 1). O revestimento lateral da cova reduziu a condutância estomática nas plantas de maracujazeiro amarelo quando adubadas com 30, 90 e 120 kg ha^{-1} de cálcio, mas sem adubação calcítica o revestimento não interferiu, enquanto sob a dose de 60 kg ha^{-1} de cálcio observou-se maior condutância nas plantas cultivadas em covas com revestimento (Figura 2A). Com o aumento na dose de cálcio, para as covas com revestimento, observou-se maior condutância que foi na 50 kg ha^{-1} de cálcio. A resistência estomática, apenas sob a dose de 30 kg ha^{-1} de cálcio, aumentou com o uso de revestimento da cova (Figura 2B). Sendo a menor resistência, nas covas com revestimento, na dose de 49 kg ha^{-1} de cálcio. A concentração interna de gás carbônico também foi afetada pela interação entre revestimento da cova e doses de cálcio (Tabela 1), porém o ajuste dos dados às doses de cálcio foram não significativas e não se identificou diferenças entre sem e com revestimento dentro de cada dose. Segundo Epstein & Bloom (2006), o cálcio está relacionado no controle da abertura estomática, não como fator osmótico mas como regulador. Por isso, o aplicação de

cálcio aumentou a condutância e reduziu a resistência estomática nas covas com revestimento. Visto que o revestimento ajuda a manter maior umidade do solo (Cavalcante et al., 2005).

A assimilação líquida de gás carbônico foi influenciada pela interação entre condutividade elétrica da água de irrigação e o revestimento lateral das covas (Tabela 1), sendo reduzida em 9% com o aumento da salinidade da água nas covas com revestimento (Figura 3A). Nas covas sem revestimento não se observou-se efeito da salinidade na assimilação líquida de gás carbônico. A eficiência no uso da água também foi afetada pela interação entre condutividade elétrica da água de irrigação e revestimento da cova (Tabela 1), observando-se redução de 7% nas covas com revestimento ao se aumentar a salinidade da água (Figura 3B). Mas nas covas sem revestimento o aumento da salinidade resultou no aumento de 11% na eficiência no uso da água.

Em plantas de maracujazeiro amarelo, Freire et al. (2014) observaram redução na assimilação líquida de gás carbônico ao aumentar a salinidade da água de irrigação, mas não detectaram variação significativa na transpiração. A redução na eficiência no uso da água está relacionada à redução na assimilação líquida de gás carbônico, pois não foi observada diferença na transpiração. Quando se irrigou com água salina a redução na eficiência no uso da água promovida pelo revestimento das covas está relacionado aos efeitos tóxicos do sódio. Pois o revestimento mantém maior a umidade do solo (Cavalcante et al., 2005).

A eficiência instantânea de carboxilação foi influenciada pelos fatores condutividade elétrica da água de irrigação, revestimento das covas e doses de cálcio (Tabela 1). O revestimento aumentou a eficiência instantânea de carboxilação apenas quando se irrigou com água boa e não se aplicou e com aplicação de 30 kg ha⁻¹ de cálcio (Figura 4). Em relação ao efeito da salinidade da água observou-se, na ausência de aplicação de cálcio e com covas revestidas, redução na eficiência de carboxilação ao aumentar a salinidade da água. Com a dose de 30 kg ha⁻¹ de cálcio em covas sem revestimento o aumento da salinidade da água elevou a eficiência de carboxilação.

CONCLUSÕES

Os índices foliares de clorofila aumentaram até a dose de 58 kg ha⁻¹ de cálcio;

O revestimento lateral das covas associado à dose de 50 kg ha⁻¹ de Ca²⁺ estimularam a condutância e reduziram a resistência estomática das folhas;

A assimilação líquida de CO₂ e a eficiência no uso da água foram reduzidas com o revestimento das covas e irrigação com água salina (4,0 dS m⁻¹).

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade (INCTSal) pelo apoio financeiro ao projeto, à CAPES e CNPq pela concessão de bolsas de estudo e de produtividade em pesquisa. Ao proprietário da propriedade do sítio Macaquinhos, professor Lourival Ferreira Cavalcante, e aos funcionários pela disponibilidade da infraestrutura à condução dos trabalhos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. A qualidade da água na agricultura. 2 ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p.

BLANKENSHIP, R.E. Molecular mechanisms of photosynthesis. 2nd ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2014. 296p.

CAVALCANTE, L.F.; DANTAS, T.A.G.; ANDRADE, R.; SÁ, J.R.; MACÊDO, J.P.S.; GONDIM, S.C.; CAVALCANTE, I.H.L. Resposta do maracujazeiro-amarelo à salinidade da água sob diferentes formas de plantio. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, V.9, (Suplemento), p.314-317, 2005.

CAVALCANTE, L.F.; DIAS, T.J.; NASCIMENTO, R.; FREIRE, J.L. de O. Clorofila e carotenoides em maracujazeiro-amarelo irrigado com águas salinas no solo com biofertilizante bovino. Revista Brasileira de Fruticultura, V. especial, p.699-705, 2011.

CAVALCANTE, L.F.; LOPES, E.; DINIZ, A.A.; SEABRA FILHO, G.Q.; DANTAS, T.A.G.; NUNES, J.C. Produção e composição mineral do maracujazeiro amarelo com adubação foliar de cálcio - primeira safra. Revista Agropecuária Técnica, V.31, n.1, p.69-80, 2014.

DIAS, N. da S.; BLANCO, F.F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H.R.; DIAS, N. da S.; LACERDA, C.F. de (Eds.). Manejo da Salinidade na Agricultura: estudos básicos e aplicados. Fortaleza: INCTSal, 2010. p. 129–141.

DIAS, T.J.; CAVALCANTE, L.F.; LEON, M.J.; SANTOS, G.P.; ALBUQUERQUE, R.P de F. Produção do maracujazeiro e resistência mecânica do solo com biofertilizante sob irrigação com águas salinas. Revista Ciência Agronômica, V.42, n.3, p.644-651, 2011.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. 2 ed. Londrina: Editora Planta, 2006. 403p.

FALEIRO, F.G; JUNQUEIRA, N.T.V. Maracujá: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília: Embrapa, 2016. 341p.

FREIRE, J.L. de O.; DIAS, T.J.; CAVALCANTE, L.F.; FERNANDES, P.D.; LIMA NETO, A.J. de. Rendimento quântico e trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica, biofertilização e cobertura morta. Revista Ciência Agronômica, V.45, n.1, p.82-91, 2014.

FREIRE, M.B.G. dos S; FREIRE, F.J. Fertilidade do solo e seu manejo em solos afetados por sais. In: NOVAIS, R.F.; AVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F. de; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.) Fertilidade do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 929-854.

IBGE. Produção Agrícola Municipal. Lavouras Permanentes 2015. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/>. Acesso em: 17 de jun. 2016.

PRADO, R. de M. Nutrição de plantas. São Paulo: Editora UNESP, 2008. 407p.

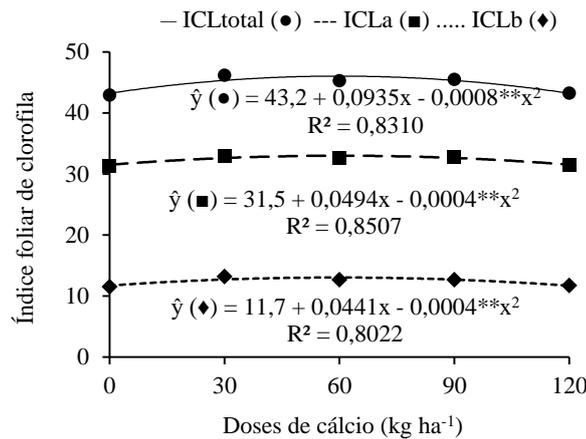
PRISCO, J.T.; GOMES FILHO, G. Fisiologia e bioquímica do estresse salino em plantas. In: GHEYI, H.R.; DIAS, N. da S.; LACERDA, C.F. de (Eds.). Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados. Fortaleza: INCTSal, 2010. p.143–159.

SOARES, F.A.L.; CARNEIRO, P.T.; GOMES, E.M.; GHEYI, H.R.; FERNANDES, P.D. Crescimento e produção do maracujazeiro amarelo sob irrigação suplementar com águas salinas. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, V.3, n.2, p.151-156, 2008.

Tabela 1. Resumo das análises de variância referentes aos índices de clorofila a (ICLa), b (ICLb) e total (ICLt), condutância estomática (gs), resistência estomática (Rs), concentração interna de gás carbônico (Ci), assimilação líquida de gás carbônico (A), transpiração (E), eficiência no uso da água (EUA) e eficiência instantânea de carboxilação (EiC) em folhas de plantas de maracujazeiro amarelo cultivar BRS Gigante Amarelo em relação aos fatores condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), revestimento lateral das covas (R) e adubação calcítica (C)

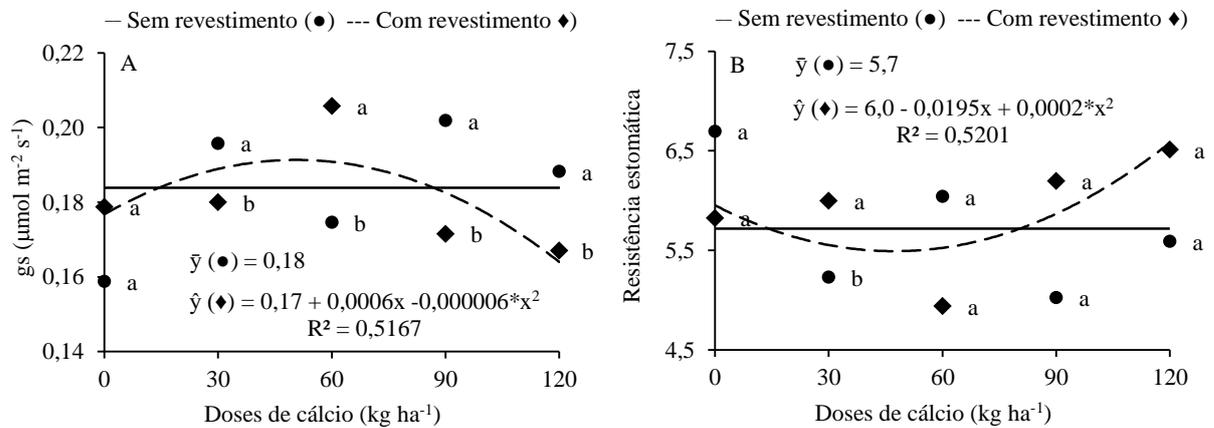
Fontes de Variações	Gl	Quadrado Médio									
		ICLa	ICLb	ICLt	gs	Rs	Ci	A	E	EUA	EiC
Bloco	3	45,20*	9,35 ^{ns}	92,03*	0,017**	22,47**	1,247 ^{ns}	16,74*	3,92 ^{ns}	6,561*	0,00003 ^{ns}
CEai	1	12,14 ^{ns}	12,62 ^{ns}	49,52 ^{ns}	0,003 ^{ns}	3,11 ^{ns}	0,28 ^{ns}	4,25 ^{ns}	1,07 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,00008 ^{ns}
Resíduo (a)	3	1,83	1,33	6,02	0,001	0,64	136,91	1,69	0,59	0,242	0,00004
Cálcio (C)	4	9,00*	7,73*	33,25*	0,001 ^{ns}	1,58 ^{ns}	86,90 ^{ns}	2,36 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,00003 ^{ns}
Revest. (R)	1	1,10 ^{ns}	0,97 ^{ns}	4,14 ^{ns}	0,001 ^{ns}	1,59 ^{ns}	42,33 ^{ns}	0,75 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,00001 ^{ns}
R x C	4	3,13 ^{ns}	2,20 ^{ns}	10,50 ^{ns}	0,004**	5,46**	844,36*	5,49 ^{ns}	0,71 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,00012 ^{ns}
CEai x C	4	0,59 ^{ns}	1,52 ^{ns}	3,18 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,66 ^{ns}	99,06 ^{ns}	2,64 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,00006 ^{ns}
CEai x R	1	1,80 ^{ns}	6,57 ^{ns}	15,24 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,27 ^{ns}	911,41 ^{ns}	13,25*	0,346 ^{ns}	2,14**	0,00040*
CEai x R x C	4	0,35 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,54 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,82 ^{ns}	492,15 ^{ns}	6,42 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,59 ^{ns}	0,00019*
Resíduo (b)	54	2,84	2,70	10,70	0,001	1,40	296,74	2,53	0,45	0,26	0,00007
CV (a)		4,19	9,32	5,50	13,10	13,63	4,75	11,30	18,31	17,31	12,51
CV (b)		5,22	13,25	7,34	16,61	20,22	7,00	13,85	16,94	18,09	17,33
Médias		32,3	12,4	44,6	0,18	5,86	246,21	11,49	4,20	2,82	0,047

^{ns}, * e **: não significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.



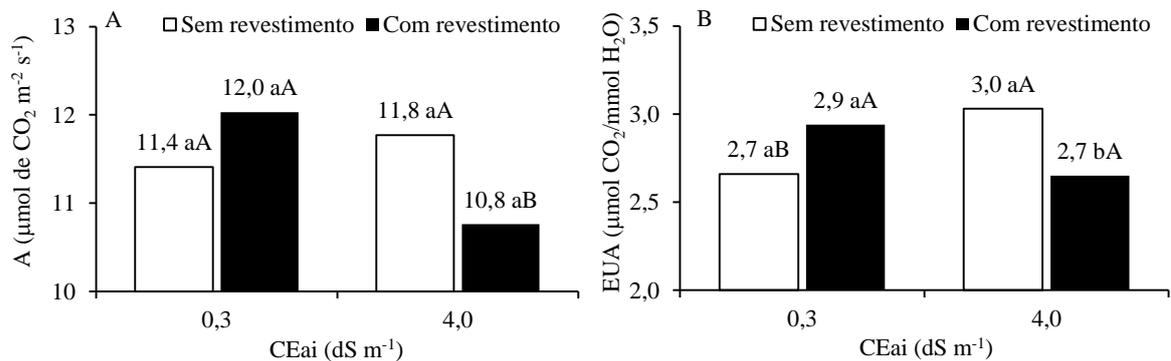
** : significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Figura 1. Índices foliares de clorofila *b* (◆), *a* (■) e total (●) em folhas de plantas de maracujazeiro amarelo em função de doses de cálcio.



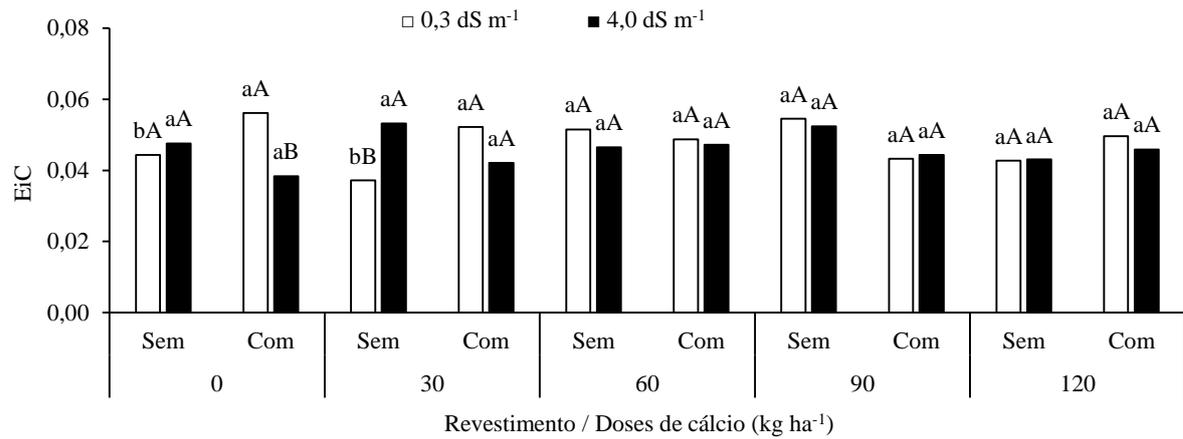
* : significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Figura 2. Condutância estomática (A) e resistência estomática (B) de folhas de plantas de maracujazeiro amarelo em função de doses de cálcio, cultivadas em covas sem (●) e com revestimento (◆).



Médias seguidas pela mesma letra, minúscula entre revestimento da cova e maiúscula entre condutividade elétrica da água de irrigação, não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).

Figura 3. Assimilação líquida de gás carbônico (A) e eficiência no uso da água (B) em plantas de maracujazeiro amarelo cultivadas em covas sem e com revestimento lateral e irrigadas com água de condutividade elétrica de 0,3 e 4,0 dS m⁻¹.



Médias seguidas pela mesma letra, minúscula entre revestimento da cova e maiúscula entre condutividade elétrica da água de irrigação, sob cada dose de cálcio não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).

Figura 4. Eficiência instantânea de carboxilação em folhas de plantas de maracujazeiro amarelo irrigadas com água de 0,3 e 4,0 dS m⁻¹ de condutividade elétrica, em covas sem e com revestimento, sob os efeitos de doses cálcio.