

Respostas fisiológicas ao déficit hídrico em duas cultivares enxertadas de seringueira (“RRIM 600” e “GT 1”) crescidas em campo

Physiological responses to water deficit in two young field-grown scion rubber (‘RRIM 600’ and ‘GT 1’)

Elenice de Cássia Conforto¹

RESUMO

Sob condições de campo, as plantas estão sujeitas a períodos de déficit hídrico no solo e na atmosfera, durante todo o seu ciclo de vida. Foi avaliado o desempenho de duas cultivares enxertadas de seringueira (“RRIM 600” e “GT 1”), mantidas na UNESP-IBILCE, em São José do Rio Preto, SP, com e sem suplementação hídrica, a partir da idade de quatro meses. A resistência máxima ao período seco ininterrupto, considerada quando cessou a realização de fotossíntese com ganho líquido, foi de 17 e 20 dias, respectivamente. Trinta e três dias após a suspensão do estresse, a recuperação das trocas gasosas foi bastante similar para as duas cultivares, e apenas a concentração de dióxido de carbono intercelular retornou a valores equivalentes aos dos controles. Apenas o incremento relativo da área foliar, para “GT 1”, e da altura, para “RRIM 600”, não diferiram aos do grupo controle ($P=0,05$). As curvas de resposta à luz indicaram, para ambos os clones, decréscimos para a irradiância de compensação e a taxa fotossintética ($P=0,05$). Embora parcial, a melhor recuperação após o estresse foi verificada para “GT 1”.

Palavras-chave: *Hevea brasiliensis*, taxa fotossintética, taxa de transpiração, condutância estomática, crescimento, curva de resposta à luz.

ABSTRACT

During their life cycle, plants growing under field condition are subject to periods of air and soil water deficits. In this study was evaluated the performance of two scion cultivar of rubber tree (‘RRIM 600’ and ‘GT 1’) growing in São José do Rio Preto, SP, with and without water supplementation since the age of 4 months. The maximum resistance to the uninterrupted dry period, considered when net photosynthesis was ceased, was 17 and 20 days, respectively. Thirty-three days later the water stress was ceased, the gas exchange recovery for both cultivars were quite similar, but just the intercellular carbon dioxide concentration returned to similar values of the control group. Only the relative increment of leaf area to ‘GT 1’, and

plant height of ‘RRIM 600’ was similar to the control group ($P=0.05$). The light curve response showed, for both clones, decrease of the compensation irradiance and photosynthetic rate ($P=0.05$). Although partial, the best recovery after water stress was observed for ‘GT 1’.

Key words: *Hevea brasiliensis*, photosynthetic rate, transpiration rate, stomatal conductance, growth, light response curve.

INTRODUÇÃO

A cultura da seringueira expandiu-se para além de sua área de origem, sendo cultivada em climas distintos aos das condições nativas. O plantio em regiões com estação seca definida, ao mesmo tempo em que favorece o escape do mal-das-folhas (causado pelo fungo *Microcyclus ulei*), gera a necessidade da obtenção de conhecimentos a respeito da resistência e produtividade da seringueira sob condições de limitação de água. O decréscimo no suprimento hídrico afeta muitos caminhos metabólicos e processos fisiológicos das plantas, de modo ainda não totalmente claro (TEZARA et al., 2002). Sob condições de campo, onde as plantas estão sujeitas a períodos de déficit hídrico no solo e na atmosfera, durante todo o seu ciclo de vida, esses processos podem ser sinérgica ou antagonicamente modificados pela imposição simultânea de outros estresses (CHAVES et al., 2002).

As estratégias para as plantas crescerem em climas secos dependem essencialmente dos mesmos tipos de escolha, que podem ser: escapar do estresse, por exemplo, através de um curto ciclo de

¹Departamento de Zoologia e Botânica, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas (UNESP/IBILCE). Rua Cristóvão Colombo, 2265, 150054-000, São José do Rio Preto, SP, Brasil. E-mail: elenice@ibilce.unesp.br. Autor para correspondência.

desenvolvimento; evitar o déficit hídrico, através da redução da transpiração ou do aumento da absorção de água; manter o crescimento sob estresse hídrico; ou, ainda, resistir o severo déficit através de mecanismos de sobrevivência (TARDIEU, 2005). Cada uma dessas estratégias está associada a custos e benefícios, e a sua adoção está relacionada com um contexto particular, mais do que a uma solução única e geneticamente generalizada.

Os mecanismos fisiológicos que permitem às espécies tolerarem prolongados períodos de estresse hídrico podem envolver numerosos atributos (ALVES & SETTER, 2004). Dentre os estudos sobre os mecanismos utilizados pelas seringueiras para superar o período seco, o trabalho de MEDRI & LLERAS (1983) ainda é um dos mais minuciosos. Segundo esses autores, a importância relativa de cada um dos parâmetros para a resistência à desidratação e à seca pode ser indicada em termos percentuais: potencial hídrico e resistência do mesofilo (aproximadamente 98%), déficit de saturação (aproximadamente 94%), transpiração (87%), resistência estomática (85%), potencial hídrico (80%), relação volume/superfície (75%), espessura da folha ou área foliar (72%), diâmetro do xilema (58%), número e comprimento dos estômatos (47%).

Outros autores restringem essas características, escolhendo como parâmetros de prevenção ao dessecamento a regulação da abertura estomática e das taxas de transpiração e, como parâmetros de tolerância, a eficiência no uso da água e as taxas fotossintéticas (BRUNINI & CARDOSO, 1998), aliados à capacidade de manter alto teor hídrico na folha e ajustamento osmótico.

Para seringueiras crescidas sob condições de campo, a chuva é a principal fonte de umidade. Plantas jovens, no período de crescimento inicial de 2 a 3 anos, sob condições prolongadas de seca, devem receber uma irrigação salva-vidas (RAO et al., 1998), mas sua implantação gera custos geralmente altos para o pequeno produtor. Assim, a avaliação dos efeitos do período seco continuado, não somente com vistas à produção econômica, mas procurando esclarecer como e em quais proporções os parâmetros fisiológicos podem contribuir para a sobrevivência durante tais períodos (DaMATTA et al., 2003), são de grande importância.

No presente estudo, duas cultivares jovens de seringueira, enxertadas, crescidas em campo, foram avaliadas e comparadas quanto à sua capacidade de manutenção das taxas fotossintéticas e de transpiração, bem como quanto à abertura estomática, quando suplementadas ou não com regas artificiais, a partir da

idade de quatro meses. Após a suspensão do estresse, foi investigado se houve recuperação desses parâmetros, e analisados os caracteres secundários do desenvolvimento das plantas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no ano de 2000, na Área Experimental do Departamento de Zoologia e Botânica da UNESP-IBILCE; em São José do Rio Preto, SP, localizada na latitude Sul de 20°49'11" e longitude Oeste de 49°22'46". O solo do local de cultivo é classificado como Argissolo vermelho-amarelo, com textura arenosa média, em fase de relevo suave ondulado, variação Lins Marília (EMBRAPA, 2006). A análise laboratorial indicou teores de: matéria orgânica, 9,0g dm⁻³; Presina, 4,0g dm⁻³; K, 2,0mmol dm⁻³; Ca, 15,0mmol dm⁻³; Mg, 4,0mmol dm⁻³; CTC, 18,0mmol dm⁻³; pH (CaCl₂), 4,9.

As plantas das cultivares "GT 1" e "RRIM 600" (enxertadas sobre IAN 873) foram dispostas em parcelas lineares (15 em cada linha), espaçadas 0,8m dentro da linha, 1,50m na entrelinha e 4m entre os grupos Controle e Tratamento, totalizando 60 plantas úteis de cada cultivar. Além dos tratamentos culturais (SÃO PAULO, 1999), as plantas receberam regas em dias alternados, até saturação da cova. Após maturação do terceiro lançamento foliar (idade inicial de 130 dias), um dos grupos ficou sujeito às condições naturais de precipitação (tratamento designado como Estresse). Após suspensão do estresse hídrico, seguiu-se um período de recuperação (33 dias), com regas normais para todas as plantas, chegando-se à idade final (204 dias para "RRIM 600" e 207 para "GT 1").

Os parâmetros climáticos do período de estudo foram obtidos junto ao CIAGRO (CIAGRO ON LINE, 2003). Os parâmetros biométricos (altura, diâmetro a 5cm do solo e área foliar) foram determinados no início e no final dos experimentos, sendo calculados os valores de incrementos relativos. A avaliação da taxa fotossintética, taxa de transpiração, condutância estomática e concentração intercelular de dióxido de carbono (três determinações por planta, em cinco plantas distintas), obtidas em alguns momentos entre as idades inicial e final, foram realizadas com um monitorador portátil por infravermelho (ADC, UK, modelo LCA-4), no horário entre 8 e 10 horas (considerado o mais propício para as trocas gasosas, segundo EAMUS et al., 1999), utilizando-se folhas intactas presas à planta, totalmente expandidas e com aparência fitossanitária apropriada. O mesmo equipamento, associado ao uso de telas de sombrite para amenização gradativa da radiação, foi utilizado

para realização das curvas de resposta da fotossíntese à radiação fotossinteticamente ativa (em três plantas distintas), no início e no final dos experimentos, em horários e folhas como descritos anteriormente.

O ajuste da curva, segundo equação proposta por NETTO & HAY (1986) e modificada por PRADO & MORAES (1997), foi feito com uso do software MICROCAL ORIGIN (1995), também utilizado para o cálculo do valor médio dos dados. As análises estatísticas das variáveis biométricas e fisiológicas foram realizadas através do teste F, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, segundo ZAR (1999), com uso do software MINITAB (1994).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Delimitados pela ocorrência do período seco natural entre final de agosto e final de outubro (Figura 1), as plantas foram submetidas a três ciclos de estresse, sendo que o primeiro e o segundo (com duração de cinco e 14 dias, respectivamente) foram interrompidos pelas chuvas. O terceiro foi interrompido quando cessou a realização da fotossíntese com ganho líquido, e sua duração máxima foi de 17 dias para a cultivar “RRIM 600” e de 20 dias para “GT 1”. Este período foi próximo ao observado por BRUNINI & CARDOSO (1998), que relataram sintomas de murchamento foliar e interromperam o estresse hídrico após 15 dias, em plantas de 11 meses de idade, mas foi superior ao valor médio de 12,3 dias relatado por RESNIK & MENDES (1979).

Os valores médios das trocas gasosas, obtidos ao longo dos experimentos, são mostrados na figura 2. Os estômatos fecharam-se totalmente após um período de 11 dias sem regas para “RRIM 600” e de

13 dias para “GT 1”. A velocidade de fechamento estomático é um indicativo da capacidade de prevenir a seca (BRUNINI & CARDOSO, 1998); sob este aspecto, o clone “RRIM 600” manifestou resposta com uma pequena antecipação.

O fechamento estomático proporciona a manutenção do conteúdo hídrico (SOUZA et al., 2005), mas, ao mesmo tempo, pode levar a folha a um estresse pelo calor (TARDIEU, 2005), sendo que se o primeiro fator auxilia a manutenção da realização da fotossíntese com ganho líquido, o segundo a impede. Porém, apesar do fechamento estomático, a taxa de transpiração não chegou a zero, provavelmente pela grande transpiração cuticular apresentada pela seringueira (KRISHNA et al., 1991). Desse modo, o aquecimento excessivo do folíolo é prevenido (TARDIEU, 2005), e o processo fotossintético pode continuar por um número variável de dias (seis para “RRIM 600” e sete para “GT 1”).

Esta elasticidade na assimilação do carbono sob condições de desidratação do tecido indica os níveis relativos de adaptação ao estresse (SOUZA et al., 2005). No presente estudo, há indicativos de uma resposta diferencial entre os clones, considerando-se que o período máximo de manutenção da fotossíntese sob condições de estresse foi 17,6% maior para “GT 1”. Segundo LAWLOR (2002), durante o estresse hídrico, o metabolismo fotossintético é mais sensível às mudanças no conteúdo de água celular em alguns tipos de plantas que em outras, embora as causas dessas diferenças ainda não sejam bem entendidas. Algumas plantas apresentam decréscimos na taxa fotossintética de modo paralelo e linear ao decréscimo no conteúdo relativo de água, enquanto outras apresentam decréscimo na taxa fotossintética apenas quando o decréscimo no conteúdo de água ultrapassa 20 a 30%. Esta variação no comportamento pode ser verificada no presente trabalho.

O aumento na concentração interna de dióxido de carbono (C_iCO_2), verificado em decorrência do estresse, não é uma resposta consensual, pois são relatados aumentos, diminuições e, até mesmo, manutenção de valores constantes, em diferentes plantas (KAISER, 1987; CALBO & MORAES, 1997; KRISHNA et al., 1991). O aumento, quando associado a baixos potenciais hídricos, causa uma progressiva redução na taxa fotossintética, até que esta se torne nula (LAWLOR, 2002). Dentre as causas para este efeito, são citados o decréscimo na eficiência da carboxilação, causado por uma inibição direta da maquinaria fotossintética

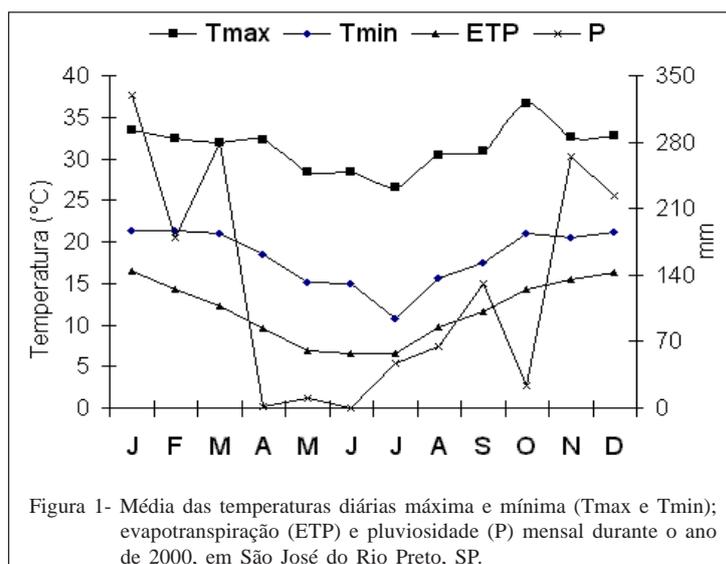


Figura 1- Média das temperaturas diárias máxima e mínima (Tmax e Tmin); evapotranspiração (ETP) e pluviosidade (P) mensal durante o ano de 2000, em São José do Rio Preto, SP.

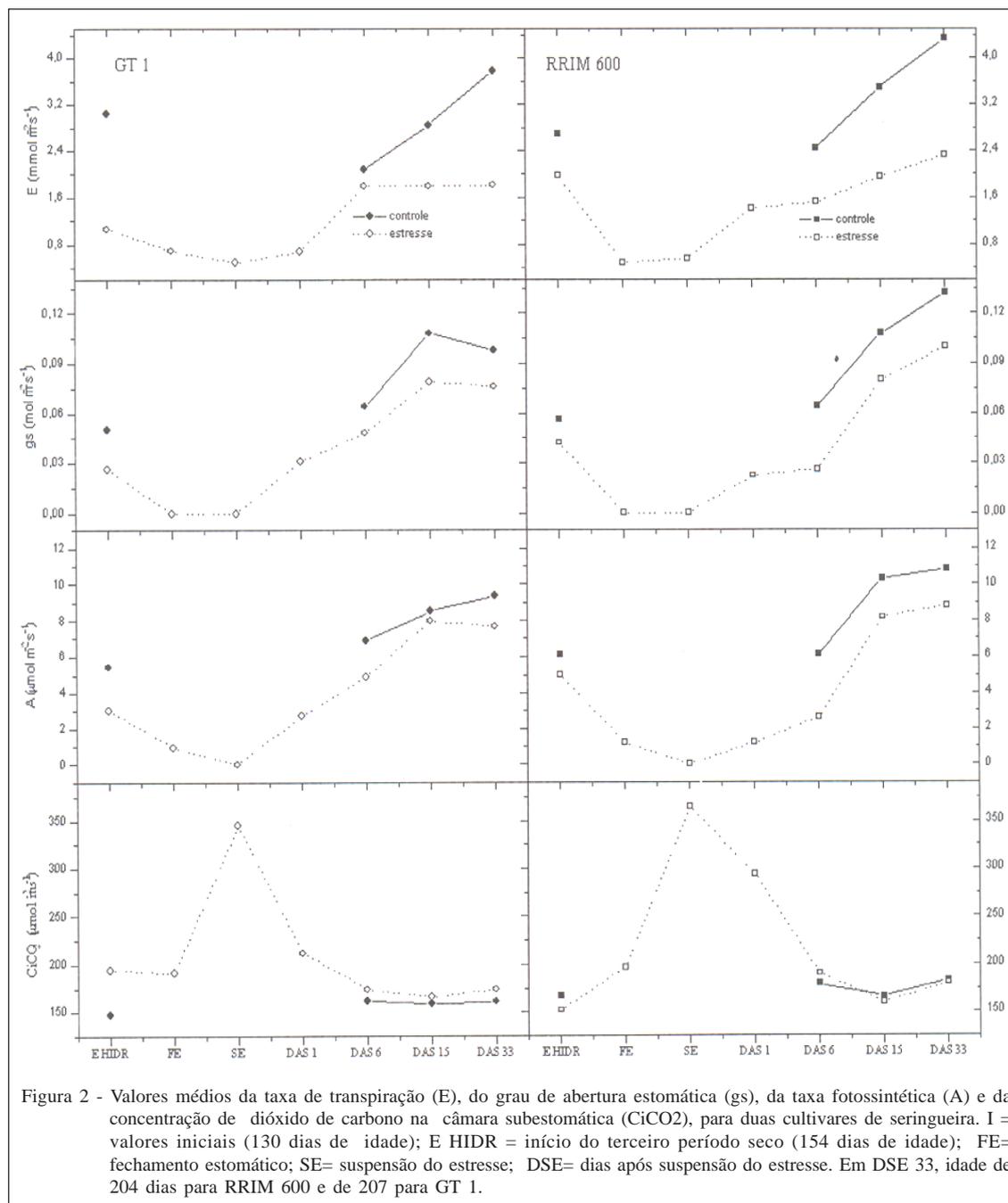


Figura 2 - Valores médios da taxa de transpiração (E), do grau de abertura estomática (gs), da taxa fotossintética (A) e da concentração de dióxido de carbono na câmara subestomática (CiCO₂), para duas cultivares de seringueira. I = valores iniciais (130 dias de idade); E HIDR = início do terceiro período seco (154 dias de idade); FE= fechamento estomático; SE= suspensão do estresse; DSE= dias após suspensão do estresse. Em DSE 33, idade de 204 dias para RRIM 600 e de 207 para GT 1.

devido ao dessecamento (KAISER, 1987), além de um déficit na taxa de regeneração da Rubisco (TEZARA et al., 2002).

Após suspensão do estresse, para ambas as cultivares, aliada à abertura dos estômatos, houve uma retomada das trocas gasosas e queda acentuada na CiCO₂. Contudo, para os demais parâmetros, mesmo após 33 dias, a recuperação não foi totalmente eficiente. Os valores da taxa fotossintética do grupo estressado indicaram um decréscimo com relação ao grupo controle

de 17,7% para “GT 1” e de 18,4% para “RRIM 600”. Assim, para a taxa de transpiração, os decréscimos foram de 52,1 e 46,7%, respectivamente para as duas cultivares, e para a condutância estomática, de 24,4 e 24,2%, respectivamente.

Com relação ao desenvolvimento vegetativo, os valores referentes aos incrementos relativos são indicados na tabela 1. As plantas estressadas de “GT 1” atingiram, com relação ao grupo controle, valores de 59,6% do incremento em altura;

Tabela 1 - Valores médios do incremento relativo da altura da planta (AP), do diâmetro do caule a 5cm do solo (DIAC) e da área foliar (AF) para duas cultivares de seringueira, do grupo controle (Controle) e do grupo estressado (Estressado).

Parâmetro	-----GT 1-----		-----RRIM 600-----	
	Controle	Estressado	Controle	Estressado
AP	0,94(0,19) a	0,56(0,03) b	0,56(0,04) b	0,49(0,05) b
DIAC	0,33(0,01) b	0,24(0,01) c	0,45(0,01) a	0,28(0,01) d
AF	2,19(0,27) b	1,74(0,29) b	6,39(0,52) a	2,13(0,12) b

Letras diferentes nas linhas indicam significância estatística entre as médias com $P=0,05$ pelo teste "F".

72,7% do incremento do diâmetro do caule e de 79,4% para a área foliar. Para a cultivar "RRIM 600", os percentuais foram, respectivamente, de 87,5%, 62,2% e 33,3%.

O crescimento depende da divisão celular, do alongamento e da diferenciação, e todos estes processos são afetados pelo déficit hídrico, devido à perda da turgescência (TEZARA et al., 2002). Como o alongamento celular cessa antes da interrupção da fotossíntese, alguns autores sugerem que metabólitos osmoprotetores que possam ter sido acumulados durante o período em que o alongamento foi inibido pela falta de turgescência sejam depois utilizados para a síntese da parede celular e para outros processos associados com o crescimento, após a turgescência ter sido restabelecida (CHAVES et al., 2002).

No presente estudo, a alocação destas reservas foi diferenciada entre as cultivares. Este comportamento diferencial, embora as plantas estivessem sujeitas às mesmas condições de estresse, também é relatado por CONCEIÇÃO et al. (1986), que verificaram uma modificação na preferência dos drenos, com alocação preferencial para a raiz nos clones Fx 3899 e IAN 873; para o caule, nos clones IAN 3087 e IAN 6323; e para a folha, nos clones IAN 717 e IAN 2903.

A análise das curvas de resposta à luz (Tabela 2) demonstrou que, nas plantas do grupo

controle, na idade final, houve um incremento da taxa fotossintética e uma redução da irradiância de compensação, indicando a possibilidade de melhor exploração do ambiente, dentro de faixas mais amplas de radiância, conforme a planta atingiu maior idade. Esta observação está de acordo com LARCHER (2000), que afirma que a capacidade fotossintética altera-se durante o curso do desenvolvimento, sendo baixa no começo da fase de crescimento do vegetal e máxima quando a folhagem jovem está totalmente diferenciada. Com o aumento da idade, a taxa fotossintética diminui progressivamente, chegando a tornar-se nula em áreas senescentes, devido à degradação da clorofila e à degeneração do cloroplasto. Conforme discutido anteriormente, esses efeitos deletérios também seriam proporcionados pelo estresse hídrico.

As plantas de RRIM 600 que sofreram o estresse hídrico mostraram, além da queda da eficiência fotossintética, indícios de sensibilidade à fotoinibição, representada pelo decréscimo da quantidade de radiação, que satura 90% do processo fotossintético (irradiância de saturação). Esses dados, aliados ao fraco desempenho de RRIM 600 quanto ao incremento de área foliar sob condição de estresse, indicam que esta cultivar sofreu mais severamente os efeitos do período seco.

Contudo, a persistência das diferenças de valores entre o grupo controle e o estressado, para

Tabela 2 - Valores médios da taxa fotossintética ($A=\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$), radiação que satura 90% da fotossíntese líquida ($I_s=\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$) e irradiância de compensação ($I_c=\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$), obtidos através de curvas de resposta à luz, em duas cultivares de seringueira, no grupo controle (Controle) e estressado (Estressado).

Parâmetros	-----GT 1-----		-----RRIM 600-----			
	Inicial	-----Final-----		Inicial	-----Final-----	
		Controle	estresse		controle	Estresse
A	7,17 e	11,26 a	9,11 b	8,53 bc	10,97 a	7,92 d
I_s	976 bc	1233 a	1029 abc	1016 abc	1196ab	945 c
I_c	35 a	23 c	29 b	29 b	16 d	18 d

Letras diferentes nas linhas indicam significância estatística entre as médias com $P=0,05$ pelo teste "F".

ambas as cultivares, sugerem que a capacitação estrutural ao estresse, ou aclimação (CHAVES et al., 2002), não foi suficiente.

CONCLUSÃO

Em enxertos de seringueira com idade de quatro meses, a sobrevivência em campo sem regas artificiais ocorre durante curto período, sendo as trocas gasosas e o crescimento vegetativo afetados em níveis diferentes para as duas cultivares. A recuperação após o estresse, embora parcial para ambas, é mais eficiente para "GT 1".

AGRADECIMENTOS

Ao Sr. José Donizete Buzatto (Fazenda São João, Olímpia, SP), pelas informações práticas; à Bióloga Regiane Peres Andreoli, pelo auxílio na parte de campo, e à FAPESP, pela concessão do auxílio-pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ALVES, A.A.C.; SETTER, T.L. Abscisic acid accumulation and osmotic adjustment in cassava under water deficit. **Environmental and Experimental Botany**, Amsterdam, v.51, n.3, p.259-271, 2004.
- BRUNINI, O.; CARDOSO, M. Efeito do déficit hídrico do solo sobre o comportamento estomático e potencial da água em mudas de seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.7, p.1053-60, 1998.
- CALBO, M.E.R.; MORAES, J.A.P.V. Fotossíntese, condutância estomática, transpiração e ajustamento osmótico de plantas de buriti submetidas a estresse hídrico. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v.9, n.2, p.117-123, 1997.
- CHAVES, M.M. et al. How plants cope with water stress in the field. Photosynthesis and growth. **Annals of Botany**, London, v.89, n.2-3, p.907-916, 2002.
- CIAGRO. **Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas**. Capturado em 01.04.2003. Online. Disponível em: <http://ciiagro.iac.sp.gov.br/ciiagroonline>.
- CONCEIÇÃO, H.E.O. et al. Resistência à seca em seringueira: II. Crescimento e partição de assimilados em clones submetidos à déficit hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.21, n.2, p.141-53, 1986.
- DaMATTA, F.M. et al. Drought tolerance of two field-grown clones of Coffea canephora. **Plant Science**, Ireland, v.164, n.1, p.111-117, 2003.
- EAMUS, D. et al. Ecophysiological traits of deciduous and evergreen woody species in the seasonally dry tropics. **Tree Physiology**, Canadá, v.14, n.1, p.11-16, 1999.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 306p.
- KAISER, W.M. Effects of water deficit on photosynthetic capacity. **Physiologia Plantarum**, Prague, v.71, n.1, p.142-149, 1987.
- KRISHNA, T.M. et al. Effect of irrigation on physiological performance of immature plants of *Hevea brasiliensis* in North Konkan. **Indian Journal of Natural Rubber Research**, Kottayam, v.4, n.1, p.36-45, 1991.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. Trad. Carlos Henrique B. A. Prado. São Carlos: RiMa, 2000. 531p.
- LAWLOR, D.W. Limitation to photosynthesis in water-stressed leaves: stomata vs. metabolism and the role of ATP. **Annals of Botany**, Oxford, v.89, n.2-3, p.871-885, 2002.
- MEDRI, M.E.; LLERAS, E. Quantificação e uso de caracteres anatômicos e fisiológicos de folhas na determinação de eficiência hídrica em clones de *Hevea* spp. **Acta Amazônica**, Manaus, v.13, n.2, p.261-288, 1983.
- MICROCAL ORIGIN. Origin Version 4.0. **Microcal Software**, Inc: Northampton, MA, USA, 1995. (Número de Série 6025888). Disquete. 3 disquetes de 3,5". Para uso em PC.
- MINITAB. **Release 10.1**. Minitab Inc: Enterprise Drive State College, PA. 1994. (Número de série: 814-238-3280). CD-rom. 1 CD. Para uso em PC.
- NETTO, A.B.P.; HAY, J.D. Fotossíntese em Caryocar brasiliensis no cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.9, n.2, p.259-262, 1986.
- PRADO, C.H.B.A.; MORAES, J.A.P.V. Photosynthetic capacity and specific leaf mass in twenty woody species of Cerrado vegetation under field conditions. **Photosynthetica**, Prague, v.33, n.1, p.103-112, 1997.
- RAO, P.S. et al. Studies on the relationship between yield and meteorological parameters of para rubber tree (*Hevea brasiliensis*). **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.90, n.3, p.235-245, 1998.
- RESNIK, M.E.; MENDES, L.F. Water relations of young potted rubber plants subjected to various degrees of water stress. **Revista Theobroma**, Itabuna, v.9, n.4, p.185-195, 1979.
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Comissão Técnica da Seringueira. **A cultura da seringueira para o Estado de São Paulo**. Campinas: CATI, 1999. 91p. (Manual 72).
- SOUZA, C.R. et al. Control of stomatal aperture and carbon uptake by deficit irrigation in two grapevine cultivars. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.106, n.2-3, p.261-274, 2005.
- TARDIEU, F. Plant tolerance to water deficit: physical limits and possibilities for progress. **Comptes Rendus Geoscience**, Paris, v.337, n.1-2, p.57-67, 2005.
- TEZARA, W. et al. Effects of water deficit and its interaction with CO₂ supply on the biochemistry and physiology of photosynthesis in sunflower. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.53, n.375, p.1781-1791, 2002.
- ZAR, J.H. **Biostatistical analysis**. New Jersey: Prentice Hall, 1999. 663p.