

CAPACIDADE FOTOSSINTÉTICA EM *Coffea canephora* E *Coffea arabica* EM ÁREAS DE ALTITUDE ELEVADA NA REGIÃO NOROESTE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO.

Weverton Pereira Rodrigues¹, Henrique Duarte Vieira², Eliemar Campostrini³, Tiago Massi Ferraz⁴, Fábio Afonso Mazzei Moura de Assis Figueiredo⁵

¹Doutorando, Ecofisiologia da Produção, UENF/LMGV/Setor de Fisiologia Vegetal, wevertonuenf@hotmail.com

²Professor, DSc, UENF/LMGV/ Setor de Fisiologia Vegetal, campostenator@gmail.com

³Professor, DSc, UENF/LFIT/ Setor de Tecnologia de Produção de Sementes, henrique@uenf.br

⁴Bolsista TCT, DSc, UENF/LMGV/ Setor de Fisiologia Vegetal, ferraztm@gmail.com

⁵Pós-Doutorando, DSc, UENF/LMGV/ Setor de Fisiologia Vegetal, fabio_uenf@yahoo.com.br

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi comparar as respostas fisiológicas de *C. canephora* e *C. arabica* cultivados em áreas de altitude elevada. Foram utilizado genótipo de *C. arabica* cv. Catucaí Vermelho 785/15, em espaçamento 2,2 x 0,5 m, e de *C. canephora* cv. Clone 02 V da cultivar Vitória Incaper 8142 em espaçamento 3 x 1 m, com plantio realizado em dezembro de 2008. O delineamento utilizado foi o inteiramente ao acaso com 12 repetições. Entre 8:00 e 10:00, foi mensurada a taxa de assimilação de CO₂, a condutância estomática, a concentração interna de CO₂, o rendimento quântico máximo do PSII, e entre 5:00 e 6:00 horas, o potencial hídrico foliar. Todas estas medidas foram feitas em março, julho e outubro. Os resultados indicaram que as baixas temperaturas positivas afetaram a taxa de assimilação de CO₂ de ambos os genótipos, por meio dos efeitos estomáticos, sendo que o Catucaí Vermelho 785/15 apresentou melhor recuperação da assimilação fotossintética do carbono.

PALAVRAS-CHAVE: fisiologia, adaptação, café, baixas temperaturas positivas.

PHOTOSYNTHETIC CAPACITY IN *Coffea canephora* and *Coffea arabica* IN AREAS OF HIGH ALTITUDE IN THE NORTHWEST RIO DE JANEIRO STATE.

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate and compare the physiological responses of *C. canephora* and *C. arabica* when grown in high altitude areas. For this were used genotypes *C. arabica* cv. Catucaí Vermelho 785/15, in spacing 2.2 x 0.5 m, and *C. canephora* cv. Clone 02 V from Vitória Incaper 8142 cultivar in spacing 3 x 1 m, being that the planting was carried out in December 2008. The experimental design was completely randomized with 12 replications. It was measured, between 8:00 and 10:00 and the assimilation of CO₂ rate, the stomatal conductance, internal CO₂ concentration, the potential quantum yield of photosystem II (Fv/Fm) and between 5:00 and 6:00 it was measured the leaf water potential, in March, July and October. The results indicate that Low positive temperatures affect the rate of CO₂ assimilation of both genotypes were the Catucaí Vermelho785/15 showed better recovery of photosynthetic rates.

KEYWORDS: physiology, adaptation, coffee, low positive temperatures.

INTRODUÇÃO

Em condições de campo, o desempenho em termos de crescimento, desenvolvimento, acúmulo de biomassa e rendimento depende da capacidade de aclimação às mudanças ambientais, exercendo mecanismos de tolerância específicos que envolvem uma complexa rede de processos bioquímicos e moleculares (Wang et al., 2003).

Para o café Conilon, a faixa ótima de temperatura situa-se entre 24 a 30 °C (IOC, 2013), sendo muito menos adaptável a baixas temperaturas do que café arábica. As folhas e frutos não suportam temperaturas abaixo de 4-8 °C ou longos períodos a 15 °C (Partelli et al., 2009). Dessa forma, é recomendado o plantio de *C. canephora* até 500 metros de altitude.

Recentemente, tem crescido interesse no cultivo de café Conilon em áreas sujeitas às temperaturas mais baixas (maior altitude). Agricultores e pesquisadores acreditam que o cultivo do Conilon, pode ser mais uma alternativa de cultivo nestas condições, uma vez que a espécie apresenta maior tolerância a condições de estresse biótico e abiótico, apesar de ser mais susceptível a baixas temperaturas em comparação ao café arábica (Ramalho et al., 2003).

Além disso, segundo o IPCC (2012), há previsão de aumento da temperatura global em 1 a 3 °C até 2050. Neste cenário, poderá ocorrer a preferência pelo cultivo de *C. canephora* em relação ao *C. arabica* no Noroeste do estado do Rio de Janeiro em função do deslocamento de *C. arabica* para regiões com altitude mais elevadas do que aquela encontrada na referida região.

Neste sentido, trabalhos relacionando eventos fisiológicos e ambientes são necessários para auxiliar na compreensão dos fatores que envolvem os mecanismos de adaptação e ou quais as intervenções que podem ser realizadas por meio do

melhoramento genético possibilitando o cultivo de *C. canephora* em áreas de elevada altitude. Assim, o objetivo deste trabalho foi caracterizar as respostas fisiológicas de *C. canephora* e *C. arabica* sob baixas temperaturas positivas, em áreas de altitudes elevadas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Panorama 1, Município de Varre Sai – Rio de Janeiro, Latossolo Vermelho Amarelo, Latitude 20° 56' 16" Sul e Longitude 41° 54' 44" Oeste e altitude de 734 metros. Os tratamentos foram compostos por *C. canephora* cv. Conilon, genótipo denominado Clone 02 V da cultivar Vitória Incaper 8142 em espaçamento 3 x 1 m e *C. arabica* cv. Catucaí Vermelho 785/15, em espaçamento 2,2 x 0,5 m, plantados em dezembro de 2008, sem irrigação, em delineamento inteiramente ao acaso com 12 repetições. Os tratamentos fitossanitários, bem como as adubações foram realizados de acordo com Matiello et al. (2010). Os dados referentes às condições climáticas foram obtidos a partir de uma estação meteorológica (Thies Clima) instalada próxima à área do experimento (Figura 1). A taxa fotossintética líquida (A), a condutância estomática (g_s) e a concentração interna de CO_2 (C_i) foram determinadas por meio de um analisador de gás a infravermelho (IRGA), modelo LI-6200 (LI-COR, Lincoln, NE, USA) entre 8:00 – 10:00 horas da manhã em dias de pleno sol. Foi utilizada uma folha do terceiro par do terço superior para cada repetição alternando-se entre um lado e outro da linha de plantio. As avaliações foram realizadas nos meses de março, julho e outubro de 2012 com Déficit de Pressão de Vapor $_{folha-ar} = 3,30 \pm 0,51$ Kpa e Radiação fotossinteticamente Ativa = $1226 \pm 433,66 \mu mol CO_2 m^{-2} s^{-1}$.

A fluorescência foi determinada antes das avaliações de trocas gasosas nas mesmas folhas e épocas com auxílio do fluorímetro Pocket PEA (Plant Efficiency Analyser). Dos dados mensurados pelo equipamento, foi utilizado apenas o rendimento quântico máximo do PSII (F_v/F_m). O potencial hídrico foliar foi mensurado entre 5:00 e 6:00, em todas as épocas, com o auxílio de uma câmara de pressão do tipo Scholander, modelo *Soil Moisture* (Scholander et al., 1965). Para tal, foram retiradas folhas do terceiro par localizadas no terço superior e levadas à câmara, onde cada folha representava uma repetição. Os dados, incluindo aqueles referentes às análises anteriores, foram submetidos à análise de variância a 1 e 5% de probabilidade com auxílio do software Análises Estatísticas Genes (Cruz, 2006).

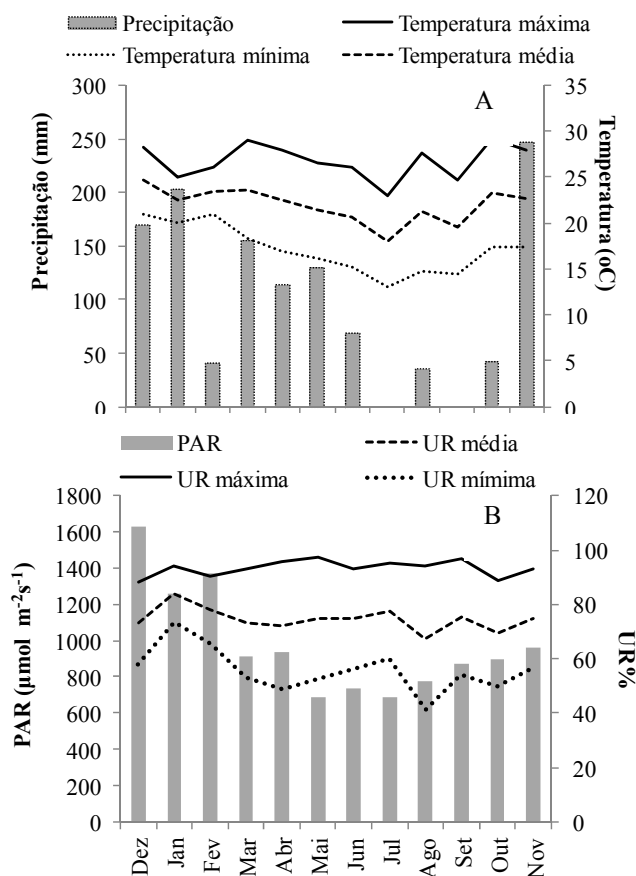


Figura 1 – Precipitação acumulada e média de Temperatura máxima, mínima e média (A) e Média de umidade relativa máxima, mínima e média e radiação fotossinteticamente ativa – PAR (B) de dezembro de 2011 a novembro de 2012 no Noroeste do Estado do Rio de Janeiro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No mês de março, os dois genótipos apresentaram taxas de assimilação de CO₂ semelhantes, embora o Catucaí Vermelho tenha apresentado valores menores *C_i*. Este fato mostra que nesta época, as condições ambientais, entre 8:00 e 10:00 horas da manhã, permitiram para ambos os genótipos boas taxas fotossintéticas (9 μmol de CO₂ m⁻² s⁻¹) (Figura 2). Em mudas de café arábica com 90% de irradiância e cultivado a pleno sol, os valores entre 8 e 12 μmol de CO₂ m⁻² s⁻¹ foram obtidos por Martins et al. (2011), respectivamente. No mês de julho, e em ambos os genótipos, ocorreu diminuição de *A* (aproximadamente 70% em Catucaí Vermelho 785/15 e 65% no Clone 02 V) e de *g_s* (Figura 2). Por outro lado, ocorreu um aumento da concentração interna de CO₂ promovido pela diminuição da taxa fotossintética em relação ao mês de março (Figura 2). O aumento da taxa de fotossíntese pode causar redução na concentração interna de CO₂, o que pode exercer um forte efeito retroativo (Machado e Lagoa, 1994). DaMatta (1995) encontrou valores de 0,02 e 2,8 μmol de CO₂ m⁻² s⁻¹ para *C. arabica* e *C. canephora* respectivamente no inverno em mudas de café de um ano de idade, no campo, por volta das 9:00 horas da manhã, na localidade de Viçosa – MG. As baixas temperaturas positivas podem causar deficiências na taxa de transporte de elétrons, redução da atividade da rubisco, na translocação de açúcares e na seletividade de membrana do cloroplasto (Batista-Santos et al., 2010) o que contribui para diminuição da taxa fotossintética. Torna-se bem provável que estas alterações no metabolismo possam ter ocorrido nas plantas de cafeeiro deste experimento.

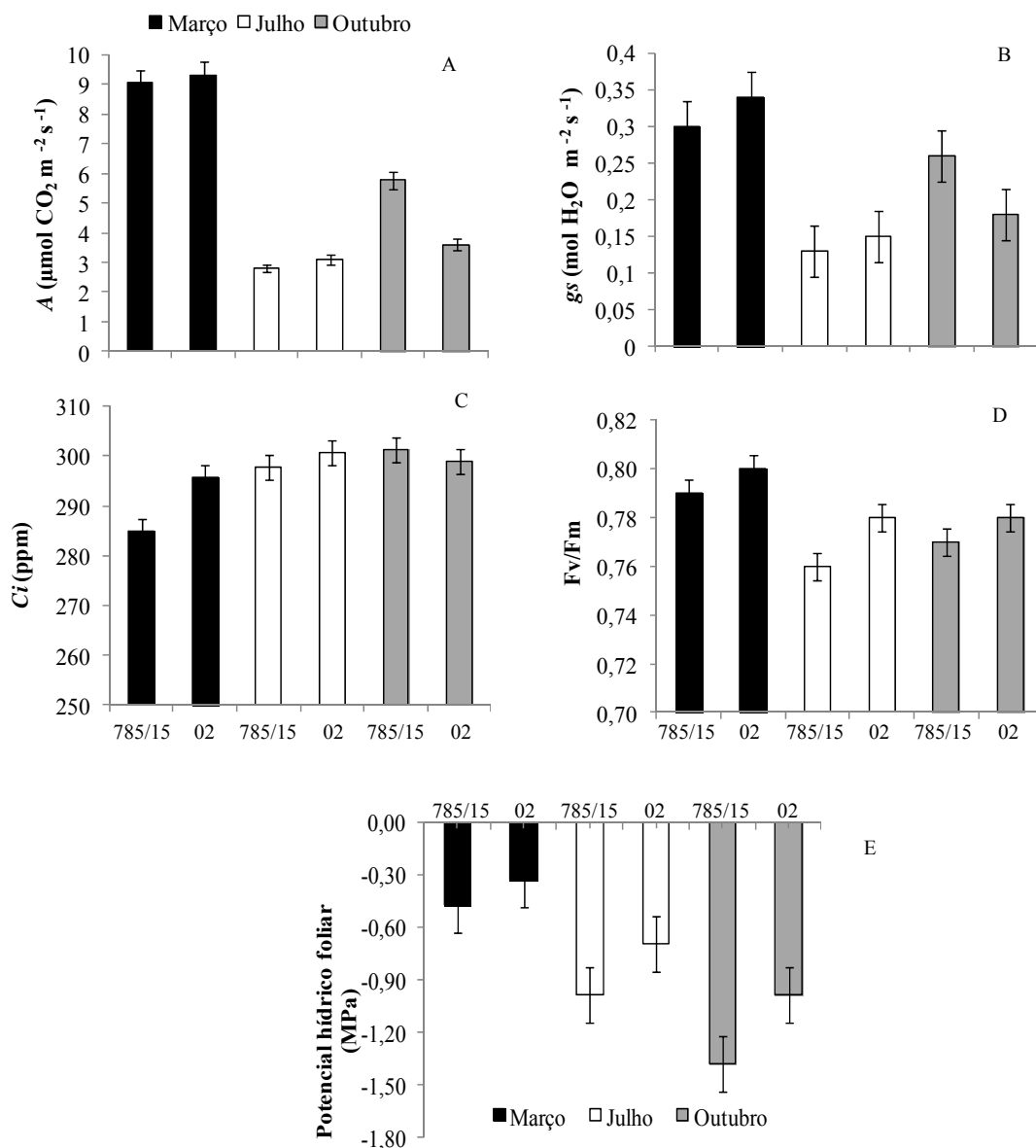


Figura 2 – Taxa de assimilação de CO₂ (A), condutância estomática (B), concentração interna de CO₂ (C) e Eficiência fotoquímica (D) entre 8:00 e 10:00 e potencial hídrico foliar entre 5:00 e 6:00 horas, nos meses de março, julho e outubro em Catucaí Vermelho 785/15 e Clone 02 V no Noroeste do Estado do Rio de Janeiro.

Uma outra explicação para a redução em A , em cafeeiros cultivados sob condições de temperaturas infra-ótimas, pode ser devido às espécies reativas de oxigênio (ROS). Os estudos com vasos de plantas de vários genótipos de café, submetidos a baixas temperaturas positivas (Campos et al., 2003) mostrou que Icatú (um híbrido de *C. arabica* x *C. canephora*) exibiu melhor capacidade de aclimação ao frio do que os outros genótipos estudados. Isso poderia estar relacionado com a manutenção (ou aumento) da saturação de ácidos graxos na membrana lipídica e o reforço do sistema antioxidante (observado também em Catuaí). Na verdade, um maior nível de saturação de ácido graxo deixa as membranas mais resistentes a peroxidação, pois é o substrato preferencial para o ataque das ROS. As alterações nas plantas de café permitem manter uma maior atividade fotossintética devido a uma estrutura organizada e funcional de membrana (ainda mais rígida) menos sensível à ROS (DaMatta e Ramalho, 2006).

A tolerância a baixas temperaturas positivas baseia-se na manutenção do equilíbrio em uma rede complexa de mecanismos que permitem às plantas regular o metabolismo fotossintético (Karpinski et al., 2002), concomitantemente com o disparo de mecanismos de reparação e proteção. Desta forma, durante a exposição ao frio, as deficiências reversíveis devem dominar, sendo a aclimação apoiada por meio do fortalecimento da capacidade de enzimas-chaves (por exemplo, rubisco, enzimas do processo respiratório), promoção das características adequadas das membranas lipídicas (por exemplo, baixa insaturação dos ácidos graxos) e, principalmente, com o reforço dos mecanismos antioxidantes (por exemplo, através do aumento de zeaxantina), todos eles relacionados com expressão diferencial dos genes (DaMatta e Ramalho, 2006). Neste presente experimento, estes mecanismos não atuaram de maneira eficiente.

No mês de outubro, quando comparado ao mês de julho, observou-se um aumento na taxa de assimilação de CO_2 de ambos os genótipos, porém, ainda inferior àqueles valores observados no mês de março (Figura 2). No entanto, o Catuaí Vermelho 785/15 mostrou um desempenho superior ao Clone 02 V, corroborando com Partelli et al. (2009). Este genótipo apresentou aproximadamente 65% da taxa de assimilação, em relação ao mês de março, enquanto que o Clone 02 V apresentou somente 39%. Em outubro, ocorreu também aumento de g_s e uma diminuição C_i em relação ao mês de março.

No mês de julho, ocorreu redução significativa nas taxas de assimilação de CO_2 em ambos os genótipos em consequência de uma redução na condutância estomática. Desta forma, o desequilíbrio no uso da energia interceptada poderia provocar danos nos fotossistemas, o que também poderia contribuir para redução da fotossíntese pelos efeitos não-estomáticos. Analisando o rendimento quântico do PSII (Figura 2D), podemos observar que houve uma pequena redução nos valores de F_v/F_m no mês de julho, quando comparado ao mês de março, entre 8:00 e 10:00 horas. Porém, valores de F_v/F_m entre 0,75 e 0,85 demonstram uma eficiente conversão da energia luminosa no PSII (Taiz e Zeiger, 2009). Assim, os valores obtidos neste trabalho ainda se encontram dentro da faixa considerada ótima que não ocorram danos ao aparelho fotossintético. DaMatta (1995) obteve esta conclusão trabalhando com as mesmas espécies deste estudo. Em todas as épocas de avaliação, o Clone 02 V apresentou potenciais hídricos antemanhã superior aos de Catuaí Vermelho 785/15 (Figura 2E). Segundo Rena e Maestri (1987), os potenciais hídricos de até -1,0 MPa não afetam a fotossíntese das folhas do cafeeiro, e é reduzida apenas em 25%, quando o potencial diminui para -2,0 MPa. Assim, os valores encontrados do potencial hídrico antemanhã, no mês de março e julho, mostram que as plantas se encontravam em bom estado de hidratação. Em todas as épocas, ambos os genótipos se encontravam com potenciais hídricos maior que a -1,0 MPa, porém menores a -2,0 MPa.

CONCLUSÕES

O Catuaí Vermelho 785/15 e Clone 02 V apresentaram declínio na taxa de assimilação de CO_2 , redução da condutância estomática e aumento da concentração de CO_2 quando ocorreram temperaturas mais baixas no mês de julho. O Catuaí Vermelho apresenta melhor recuperação apresentando melhor taxa de assimilação de CO_2 em outubro. No mês de julho, e em ambos os genótipos, as reduções na taxa fotossintética foram associadas aos efeitos estomáticos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATISTA-SANTOS, P., LIDON, F. C., FORTUNATO, A., LEITÃO, A. E., LOPES, E., F. PARTELLI, F. L., RIBEIRO, A. I., RAMALHO, J. C. (2011) The impact of cold on photosynthesis in genotypes of *Coffea* spp.—Photosystem sensitivity, photoprotective mechanisms and gene expression. *Journal of Plant Physiology* 168 (1): 792 – 806.
- CAMPOS, P. S., QUARTIN, V., RAMALHO, J. C., NUNES, M. A. (2003) Electrolyte leakage and lipid degradation account for cold sensitivity in leaves of *Coffea* sp. *Plants. Journal of Plant Physiology*, 160 (3): 283 – 292.
- CRUZ, C. D. (2006) *Programa Genes (versão Windows): aplicativos computacionais em genética e estatística*. Viçosa: UFV, 648p.
- DAMATTA, F. M. (1995) Desempenho fotossintético do cafeeiro em resposta às tensões abióticas. Tese (Doutorado Fisiologia Vegetal) – Viçosa – MG, Universidade Federal de Viçosa – UFV, 76p.
- DAMATTA, F. M., RAMALHO, D. C. (2006) Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 18 (1): 55 – 81.

- ICO - International Coffee Organization (2013): Botanical Aspects. <http://www.ico.org/botanical.asp> em 05/03/2013. Página mantida pela ICO.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2012). Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation: <[http:// http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/SREX_Full_Report.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/SREX_Full_Report.pdf).em 20/03/13. Página mantida pelo IPCC.
- KARPINSKI, S., WINGSLE, G., KARPINSKA, B., HÄLLGREN, J. E. (2002) Low-temperature stress and antioxidant defense mechanisms in higher plants. *In: Inzé, D., Van Montagu, M. (eds). Oxidative Stress in Plants*. London: Taylor & Francis, p.69-103.
- MACHADO, E. C., LAGOA, A. M. M. A. (1994) Trocas gasosas e condutância estomática em três espécies de gramíneas. *Bragantia* 52(2): 141 – 149.
- MARTINS, S. C. V., PEREIRA, L. F., REIS, J. V., SANGLARD, L. M. V. P., LOPÉS, N. F. R.; DETMANN, K. C. S., MORAIS, L. E., SILVA, P. E. M, CAVATTE, P. C., DAMATTA, F. M. (2011) Limitações e potencialidades da fotossíntese no cafeeiro em função da irradiância. *Simpósio de Pesquisa dos Cafês do Brasil, 7*, Araxá. Brasília: Embrapa Café.
- MATIELLO, J. B., GARCIA, A. W. R., ALMEIDA, S. R., FERNANDES, D. R. (2010) *Cultura de café no Brasil: manual de recomendações*. 3 ed. Rio de Janeiro: Bom Pastor, 542p.
- PARTELLI, F. L., VIEIRA, H. D., VIANA, A. P., SANTOS, P. B., RODRIGUES, A. P., LEITÃO, A. L., RAMALHO, J. C. (2009) Low temperature impact on photosynthetic parameters of coffee genotypes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44 (11): 1404 – 1415.
- RAMALHO, J. C., QUARTIN, V. L., LEITÃO, E., CAMPOS, P. S., CARELLI, M. L. C., FAHL, J. I., NUNES, M. A. (2003) Cold acclimation ability and photosynthesis among species of the tropical *Coffea* genus. *Plant Biology*, 5 (11): 631 – 641.
- SCHOLANDER, P.F.; HAMMEL, H.T.; HEMINGSEN, E.A.; BRADSTREET, E.D. (1965) Hydrostatic pressure and osmotic potentials in leaves of mangroves and some other plants. *Proceedings of the National Academy Science*, v.51, p.119-125.
- TAIZ, L., ZEIGER, E. (2009) *Fisiologia vegetal*. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 819p.
- WANG, H., MIYAZAKI, S., KAWAI, K., DEYHOLOS, M., GALBRAITH, D. W., BOHNERT, H.J. (2003) Temporal progression of gene expression responses to salt shock in maize roots. *Plant Molecular Biology*, 52 (4): 873 – 891.