



Trocas gasosas de mudas de pereiro (*Aspidosperma piryfolium* Mart.) sob déficit hídrico progressivo e recuperação

Éverton da Silva Alves¹, Antonio Lucineudo de Oliveira Freire¹, Débora Raquel dos Santos Ferreira França¹, George Martins de França¹, Cheila Deisy Ferreira¹

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo verificar o comportamento estomático de mudas de pereiro em função da redução progressiva na disponibilidade de água no substrato e posterior recuperação. O experimento foi conduzido em ambiente telado (50% luminosidade), com mudas mantidas em sacos plásticos contendo 5 kg de substrato (terra:esterco na proporção 2:1 (v/v)). Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com tratamento irrigado (controle), correspondendo a 80% da capacidade de retenção do substrato e o tratamento déficit hídrico (irrigação suspensa), até a fotossíntese das mudas atingir valores iguais ou próximo de zero, sendo reidratadas posteriormente. Durante a suspensão e recuperação, a cada três dias, foram avaliados o teor relativo de água (*TRA*), transpiração (*E*), condutância estomática (*g_s*) e fotossíntese (*A*). Ocorreu decréscimo progressivo em todos os parâmetros após a imposição do déficit hídrico, com mudas tolerando 21 dias sem irrigação. Houve alteração significativa no *TRA* após seis dias de irrigação suspensa. O déficit hídrico afetou os parâmetros fisiológicos, com efeitos mais rapidamente na *g_s* e *A* do que *E*. As mudas se recuperaram de forma lenta, ocorrendo completo restabelecimento das funções fisiológicas doze dias após a retomada da irrigação.

Palavras-chave: caatinga, comportamento estomático, escassez de água.

Gas exchange of *Aspidosperma piryfolium* Mart seedlings under progressive water deficit and recovery

ABSTRACT: This research aimed to verify the stomatic behavior of 'pereiro' seedlings as a function of the progressive reduction in water availability in the substrate. The experiment was conducted in a screened environment (50% luminosity), with seedlings kept in plastic bags containing 5 kg of substrate (soil:manure in ratio 2:1 (v/v)). We used a completely randomized design, with irrigated treatment (control), corresponding to 80% of the retention capacity and the water deficit treatment (suspended irrigation), until the photosynthesis of the seedlings reached values equal to or close to zero, being rehydrated after. During suspension and recovery, every three days, the relative water content (*TRA*), transpiration (*E*), stomatic conductance (*g_s*) and photosynthesis (*A*) were evaluated. There was a progressive decrease in all parameters after the imposition of water deficit, with seedlings tolerating 21 days without irrigation. There was a significant change in *THE* after six days of suspended irrigation. The water deficit affected the physiological parameters, with effects more rapidly in *g_s* and *A* than *E*. Seedlings recover slowly, with complete restoration of physiological functions twelve days after the resumption of irrigation.

Keywords: caatinga, stomatic behavior, water scarcity.

INTRODUÇÃO

A Caatinga, Bioma exclusivamente brasileiro, abrange uma área de 912.529 km² (TABARELLI et al., 2018), correspondendo a cerca de 70% da região Nordeste e 13% do território brasileiro (SOUZA et al., 2016). Este Bioma está sob condições de clima semiárido, com temperaturas médias elevadas (25 °C a 29 °C), altas taxas de evaporação (média de 2.000 mm) e baixos índices pluviométricos (250 a 1500 mm anuais), sendo distribuídos irregularmente e concentrados nos primeiros três a cinco meses do ano (PRADO, 2003). Há predominância de árvores de baixo porte e arbustos, os quais apresentam, na sua grande maioria, completa caducifolia durante todo o período seco do ano.

Sob condições prolongadas de deficiência hídrica, as plantas desenvolvem estratégias morfofisiológicas e bioquímicas, interferindo em vários processos

metabólicos (LARCHER, 2004; PINHEIRO, CHAVES, 2011), permitindo a sobrevivência das mesmas. No entanto, o tipo de resposta dependerá da intensidade e duração do estresse, bem como da espécie avaliada e do estágio de desenvolvimento do vegetal (CHAVES et al., 2003).

Com a progressiva diminuição na disponibilidade de água para as plantas, ocorre redução no potencial hídrico celular, resultando em perda da turgescência dos tecidos. Como consequência, há o fechamento dos estômatos, reduzindo a perda de água por transpiração (VALADARES et al., 2014). No entanto, tal estratégia prejudica a assimilação fotossintética do carbono, interferindo negativamente na atividade da enzima Rubisco, e afetando a produção de assimilados e, consequentemente, o crescimento das plantas (VANDOORNE et al., 2012;

VALADARES et al., 2014; PADILHA et al., 2016). Sendo fundamental para o crescimento e desenvolvimento das plantas a forma com que as mesmas toleram a baixa disponibilidade de água no solo (FRANÇA et al., 2022).

Quando comparado aos outros biomas brasileiros, a Caatinga é o menos estudado, e as informações científicas acerca do comportamento fisiológico das espécies nele presentes ainda são poucas. Aliado a esse fato, existe por parte da população sertaneja em relação ao seu componente vegetacional, uma exploração desordenada dos recursos madeireiros, além de que atualmente existe uma demanda por retirada da vegetação para implantação de parques de energias solares e eólicas. Isso tem causado redução drástica na cobertura vegetal e na sua diversidade, expondo o solo às intempéries, empobrecendo-o, levando inúmeras áreas a um processo de degradação e em alguns casos de desertificação.

É evidente a necessidade do desenvolvimento de pesquisas e da divulgação dos resultados no meio científico, tornando conhecidas as potencialidades das espécies existentes na Caatinga, tal como, o comportamento destas sob condições adversas de água, principalmente durante a fase de mudas. Conjuntamente, é essencial que sejam desenvolvidos projetos de revegetação ou recomposição das áreas degradadas, na tentativa de diminuir os impactos dessa exploração desordenada.

O pereiro (*Aspidosperma pyrifolium* Mart.) é uma espécie típica do semiárido brasileiro, com madeira utilizada para lenha em olarias, padarias, no consumo doméstico e na fabricação de carvão vegetal (MAIA, 2004) e se constitui em uma das três espécies florestais de maior ocorrência no bioma Caatinga (PIMENTEL, 2004). Apesar da sua importância ecológica e econômica, pouco se sabe acerca de fatores relacionados a esta espécie, principalmente durante sua fase inicial de crescimento. E quando se trata de aspectos fisiológicos sob condições de deficiência hídrica, o número de informações na literatura é escasso.

O ambiente exerce forte influência no crescimento, desenvolvimento e produtividade vegetal, sendo de extrema importância avaliar os efeitos das condições ambientais na fisiologia e no crescimento das espécies de importância econômica e ecológica (CABRAL et al., 2004).

Em um cenário de mudanças climáticas, com projeções desanimadoras em termos de chuvas, com índices cada vez menores de precipitação, principalmente na região semiárida do Brasil, avaliar as estratégias de sobrevivência das espécies nestas condições é extremamente importante. Diante deste fato, este estudo teve como objetivo verificar o comportamento estomático de mudas de pereiro em

função da redução progressiva na disponibilidade de água no substrato.

MATERIAIS E MÉTODOS

A fase de experimento foi conduzida em ambiente telado (50% de luminosidade), em casa de vegetação no Viveiro Florestal da Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal/Centro de Saúde e Tecnologia Rural/Universidade Federal de Campina Grande (UAEF/CSTR/UFCG), Campus de Patos-PB, sob com coordenadas geográficas 7°01'28" S e 37°16'48" O, e 242 m de altitude.

As sementes de pereiro utilizadas foram provenientes de árvores mantidas no CSTR, submetidas à retirada das alas e semeadas em sacos plásticos pretos (três sementes por saco) contendo 5 kg de substrato (terra de subsolo e esterco bovino, na proporção 2:1 (v/v)). O solo empregado para a composição do substrato foi obtido da fazenda NUPEÁRIDO (Núcleo de Pesquisas do Semiárido) (CSTR/UFCG), classificado como Luvisolo Crômico (SANTOS et al., 2018).

Aos 30 dias após a emergência (DAE) das sementes de pereiro foi realizado o desbaste, deixando-se as plântulas mais vigorosas, com a finalidade de manter a uniformidade das parcelas. A irrigação foi realizada manualmente, uma vez ao dia, mantendo-se a umidade do substrato próximo a 80% da capacidade de retenção, determinada de acordo com procedimento descrito por Ramos (2015).

Em todo período de condução do experimento, a superfície dos sacos foi coberta com um plástico opaco, evitando a perda de água do substrato por evaporação.

- Tratamentos

Aos 150 dias após o desbaste, as mudas foram submetidas a dois regimes hídricos:

- irrigado: mudas irrigadas, com umidade do substrato a 80% da capacidade de retenção (tratamento controle);

- déficit hídrico: a irrigação foi suspensa, persistindo até que a taxa de fotossíntese das mudas atingisse valor igual ou próximo de zero, após isso, houve a retomada do fornecimento de água às plantas, para avaliar a recuperação das mesmas.

O período de recuperação prosseguiu até que a taxa de fotossíntese das plantas do tratamento de estresse hídrico atingisse valores próximos à observada no tratamento controle.

- Parâmetros avaliados

Durante o período de suspensão de irrigação, bem como da recuperação das plantas, a cada três dias foram avaliadas taxa de transpiração (E), condutância estomática (g_s), taxa de fotossíntese (A) e concentração intercelular de CO_2 (C_i), com o auxílio

do analisador portátil de fotossíntese LCpro-SD (ADC BioScientificLtd.). Essas leituras foram realizadas em horário estabelecido, entre 10:00 e 11:00 horas da manhã, em folhas completamente expandidas, inseridas no segundo nó, a partir do ápice das mudas.

Após as leituras, foram coletadas duas folhas para determinação do teor relativo de água (*TRA*), segundo metodologia descrita por Wheatherley (1950). Retirando-se dois discos foliares por folha e submetidos à pesagem para obtenção da massa fresca (MF). Em seguida, os mesmos foram colocados em placas de Petri, entre duas folhas de papel de filtro saturadas com água destilada, e posteriormente mantidas em refrigerador por 72 horas ($\pm 5^\circ\text{C}$). Decorrido esse período de tempo, foi feita a pesagem dos discos para obtenção da massa túrgida (MT), seguida da colocação dos mesmos para secar em estufa a 65°C , por 72 horas, e novamente pesados para obtenção da massa seca (MS). O *TRA* foi calculado através da seguinte equação:

$$TRA = \frac{MF - MS}{MT - MS} \quad (\text{Equação 1})$$

em que: MF: matéria fresca (g); MT: matéria túrgida (g); e MS: matéria seca (g).

- Delineamento experimental e análises estatísticas

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com dois tratamentos e

quatro repetições, sendo que cada repetição era composta por quatro sacos, totalizando 32 parcelas.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas entre si, pelo teste Scott-Knott, em cada dia de avaliação, utilizando-se o software ASSISTAT versão 7.7 (SILVA, AZEVEDO, 2002).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve redução progressiva em todos os parâmetros avaliados, durante o período de suspensão da irrigação, com variação no comportamento ao longo do tempo, de acordo com a variável analisada, não sendo constatada mortalidade das mudas de pereiro.

Em relação ao parâmetro *TRA* (Figura 1), as mudas do tratamento controle mantiveram valores médios de 85% ao longo de todo o período experimental, havendo diferença significativa entre os tratamentos no sexto dia após a suspensão da irrigação, em que o *TRA* das mudas irrigadas foi de 83% e 72%, respectivamente para as mudas sob déficit hídrico. No entanto, comparando-se o sexto dia após a suspensão com o nono dia, ocorreu acentuado decréscimo neste parâmetro, nas mudas sob déficit hídrico.

O valor do *TRA* foi igual a 32% no último dia sob déficit hídrico (21 dias após a suspensão da irrigação), representando diminuição de 45% em relação ao valor obtido no dia da suspensão da irrigação (tempo zero) e 62% ao verificado nas plantas irrigadas neste 21º dia.

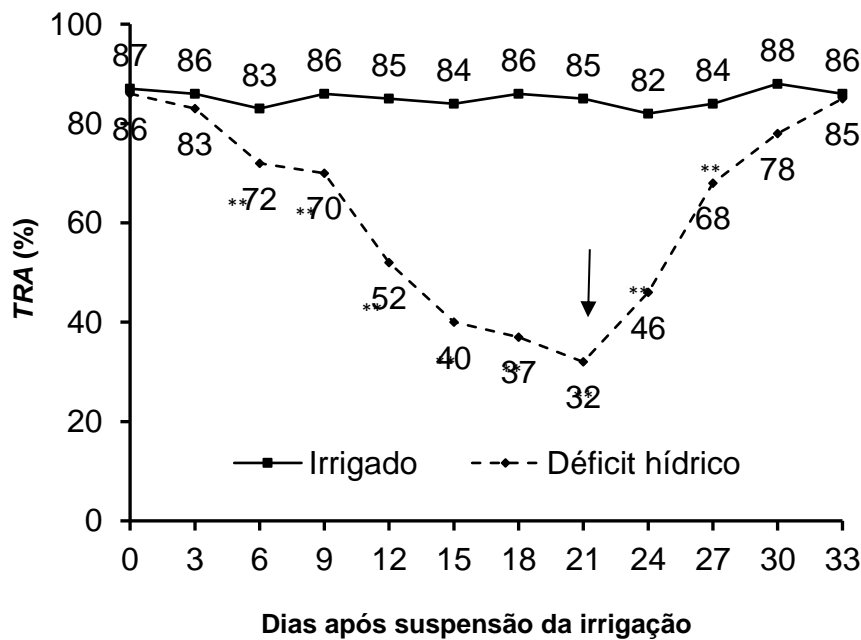


Figura 1 - Teor relativo de água foliar (*TRA*) de mudas de pereiro submetidas ao déficit hídrico. **Diferença entre os tratamentos a 1% de significância; a seta indica o dia da retomada da irrigação.

Após a retomada do fornecimento de água percebe-se a recuperação da hidratação das mudas sob déficit hídrico, com o *TRA* aumentando de 32% no último dia sob déficit hídrico (21º dia) para 46%, três dias após (24º dia). No entanto, após este dia, ocorreu maior aumento no *TRA*, chegando a 68% (27º dia), 78% (30º dia) e 85% (33º dia), não havendo diferença significativa entre os tratamentos nas duas últimas avaliações.

O valor de *TRA* das plantas sob déficit hídrico (32%), no último dia de estresse hídrico, foi considerado baixo e crítico, de acordo com o valor estabelecido por Pardo (2010), considerando crítico *TRA* de 50%. Porém, foi superior ao obtido por Pessoa et al., (2017), em plantas de ipê roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos), atingindo 26%, no 17º dia após a suspensão da irrigação. Estes autores comentaram que, apesar do déficit hídrico imposto, causando a manutenção de baixo teor de água nos seus tecidos, ele não foi letal, pois ocorreu recuperação após a retomada da irrigação das plantas, mesmo que de forma lenta. Por ser uma espécie secundária inicial, esse comportamento do pereiro em manter *TRA* elevado, mesmo sob condições hídricas severas, demonstra sua capacidade de tolerar condições hídricas extremas, ao contrário do comportamento do ipê roxo, citado anteriormente, uma espécie considerada secundária tardia, evidenciando a importância dos aspectos ecológicos, principalmente em relação ao grupo sucessional.

Em ampla revisão sobre a tolerância à dessecação, Gaff e Oliver (2013) relataram que as plantas consideradas como tolerantes à dessecação são capazes de recuperar a atividade metabólica entre 24 e 72 horas após a reidratação, mesmo quando o teor de água celular diminuiu 95% durante condições hídricas desfavoráveis. A maioria das plantas angiospermas com flores são sensíveis à seca e têm conteúdo relativo de água de cerca de 85-100% em condições de crescimento ativo e não sobrevivem, se o conteúdo de água cair abaixo de 59-30% (DINAKAR, BARTELS, 2013). Aquelas que apresentam tolerância à dessecação em tecidos vegetativos, mantendo valores tão baixos de teor de água, são consideradas como plantas de ressurreição e, levando-se em consideração esta informação, o pereiro pode ser enquadrado nesta classificação, uma vez que o *TRA* apresentado foi 32%.

Dentre as estratégias adotadas por estas plantas para tolerarem a dessecação, estão a reativação dos sistemas de proteção existentes (DINAKAR et al., 2012; GECHEV et al., 2013), o acúmulo de carboidratos a exemplo de sacarose, trealose e oligossacarídeos de cadeia curta, como rafinose (PETERS et al., 2007), a hidrólise de proteínas e o acúmulo de aminoácidos (GAFF, MCGREGOR,

1979), tais como glicina, alanina, glutamina, glutamato, arginina, aspartato, citrulina e asparagina (YOBI et al., 2013). Além disso, a manutenção da integridade da membrana desempenha um papel fundamental na tolerância à dessecação (HOEKSTRA et al., 2001) e, portanto, alterações nas composições de lipídios são essenciais para a tolerância à dessecação (DINAKAR, BARTELS, 2013).

O *TRA* como um dos aspectos determinantes da atividade metabólica e sobrevivência foliar, tem sido amplamente utilizado como um importante e eficaz indicador da tolerância das plantas à baixa disponibilidade de água no meio ambiente (PESSOA et al., 2017). No entanto, a resposta das plantas à redução na disponibilidade de água dependerá da espécie e do grau de estresse imposto. Albuquerque et al. (2013) avaliaram o comportamento de plantas de mogno-africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.) sob condições de deficiência hídrica progressiva, e relataram que no 14º dia de escassez de água, ocorreu redução significativa de 32% no *TRA* das plantas, em relação às plantas irrigadas.

Em plantas de acerola (*Malpighia emarginata* DC.) também foi observado por Nogueira et al. (2001) redução progressiva nos valores de *TRA*, uma vez que o estresse hídrico avançou, essas plantas foram submetidas à suspensão da irrigação e obtiveram o valor de 38,4% ao atingirem o nível mais rigoroso da escassez hídrica. Costa et al. (2015) verificaram que no grupo de plantas de aroeira do sertão (*Astronium urundeuva* (M. Allemão) Engl.) irrigadas houve variação no *TRA* entre 85% e 95%, enquanto naquelas plantas submetidas a déficit hídrico houve redução progressiva até o 12º dia, alcançando o *TRA* de 70%. Em plantas de *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A.Juss.) Mull.Arg. (Seringueira), Chen et al. (2010) constataram a redução significativa no teor relativo de água posteriormente, 17 dias da interrupção da irrigação, atingindo o seu menor valor no 35º dia sem irrigação, equivalente a 70%.

No entanto, Freitas e Silva (2018) submeteram plantas de pereiro à irrigação diária e a intervalos de 7 a 14 dias entre irrigações e constataram não haver diferença significativa entre os tratamentos quanto ao *TRA*. Os autores relataram que as plantas mantiveram valores entre 60,77% e 76,32%, conseguindo assim, manter um nível suficiente de hidratação em seus tecidos, favorecendo processos importantes como o crescimento, divisão e alongamento celular, além de atividades fotossintéticas.

Quanto à taxa de transpiração (*E*), não houve diferença significativa entre os tratamentos até o 9º dia após início da suspensão da irrigação (Figura 2).

No 12º dia, o valor de *E* das plantas irrigadas foi de 3,03 mmol m⁻² s⁻¹, enquanto nas plantas sob déficit

hídrico, de $1,92 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, correspondendo a uma redução de 35%. No 21º dia, os valores obtidos foram $3,1 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e $0,01 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, respectivamente, representando uma redução de 99,7% na transpiração. Esse comportamento reflete a capacidade das plantas em evitar a perda excessiva de água, mantendo a hidratação dos seus tecidos, o que ficou evidenciado nos valores de *TRA* (Figura 1).

Após o restabelecimento da irrigação, a recuperação do aparato estomático ocorreu de forma lenta, com os valores de *E* das plantas do tratamento

de déficit hídrico alterando-se de forma lenta, sendo verificado, após três dias, aumento de $0,01 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para $0,23 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Porém, ocorreram acréscimos consideráveis a partir deste dia, passando para $1,15 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e $2,78 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, aos seis e nove dias após a reidratação, respectivamente. Isso representa acréscimos de 115% e 278%, apesar de ainda serem estatisticamente inferiores aos valores de transpiração, apresentado pelas plantas do tratamento irrigado (controle). Apenas no 12º dia é que ocorreu igualdade estatística entre os tratamentos.

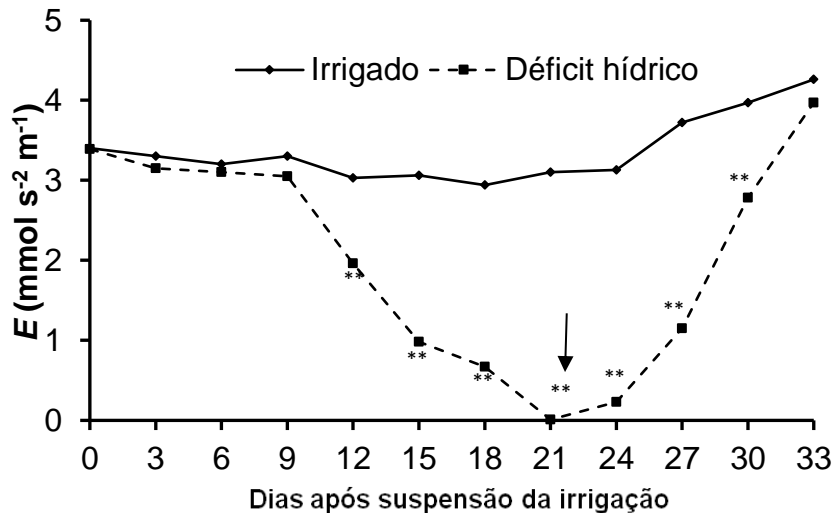


Figura 2 - Taxa de transpiração (*E*) de mudas de pereiro submetidas ao déficit hídrico. **Diferença entre os tratamentos a 1% de significância; a seta indica o dia da retomada da irrigação.

Em plantas de canafístula-brava (*Senna martiana* (Benth) H.S.Irwin & Barneby.), espinho-de-jerusalém (*Parkinsonia aculeata* L.) e fedegoso (*Senna occidentalis* (L.) Link.) submetidas à suspensão da irrigação, Nogueira et al. (1998) verificaram redução da transpiração após suspensão da irrigação por 20 dias. Em plantas de mogno africano, após 14 dias sem irrigação, Albuquerque et al. (2013) constataram redução de 93% na taxa de transpiração, valor inferior ao obtido neste estudo, após 21 dias sem irrigação (99,7%). Decréscimo na taxa de transpiração em virtude do déficit hídrico também foi relatado por Valadares et al. (2014), em híbridos de eucalipto.

A condutância estomática (*gs*) começou a ser afetada após o 6º dia da suspensão da irrigação, decrescendo rapidamente, no 9º dia, de $0,11 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para $0,078 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Figura 3). Neste dia, as plantas sob déficit hídrico apresentaram valores de *gs* correspondendo a 70% da obtida nas plantas irrigadas, reduzindo drasticamente após este dia, chegando a $0,012 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ três dias após (12º dia), equivalendo a apenas 10% do verificado nas plantas do tratamento controle ($0,12 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).

No 21º dia, as plantas apresentaram *gs* de $0,12 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e $0,001 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, respectivamente nos

tratamentos controle e sob déficit hídrico, equivalendo a uma redução de 99,2% (Figura 3).

A exemplo do verificado com a taxa de transpiração (Figura 2), a recuperação da condutância estomática ocorreu de forma lenta após a retomada do fornecimento de água, e apenas no 12º dia após a reidratação é que foi constatada igualdade estatística entre os tratamentos (Figura 3).

Isso evidencia o fato que o período de estresse imposto (21 dias) pode ter causado danos, porém de maneira reversível, no mecanismo estomático das plantas, possibilitando uma recuperação lenta após o retorno da água para substrato.

Decréscimo nesta variável fisiológica e em outras variáveis em função do déficit hídrico também foram constatados em outros estudos realizados, utilizando espécies nativas da caatinga, como *Cnidocolus phyllacanthus* (RAMOS, FREIRE, 2019), *Mimosa tenuiflora* (ALVES, FREIRE, 2019; ALMEIDA et al., 2020). Na deficiência progressiva na disponibilidade hídrica também foi relatado por Pessoa et al. (2017), verificando redução de 95% na condutância estomática de plantas de ipê-roxo (*H. impetiginosus*), no 10º dia após a imposição do estresse hídrico.

A condutância estomática pode ser influenciada por diversos fatores ambientais ou da sua interação, como luz e temperatura, no entanto, a influência do

estresse hídrico sobre este parâmetro é evidente, visto que pode ser utilizado como indicador de escassez hídrica (OLIVEIRA et al., 2005).

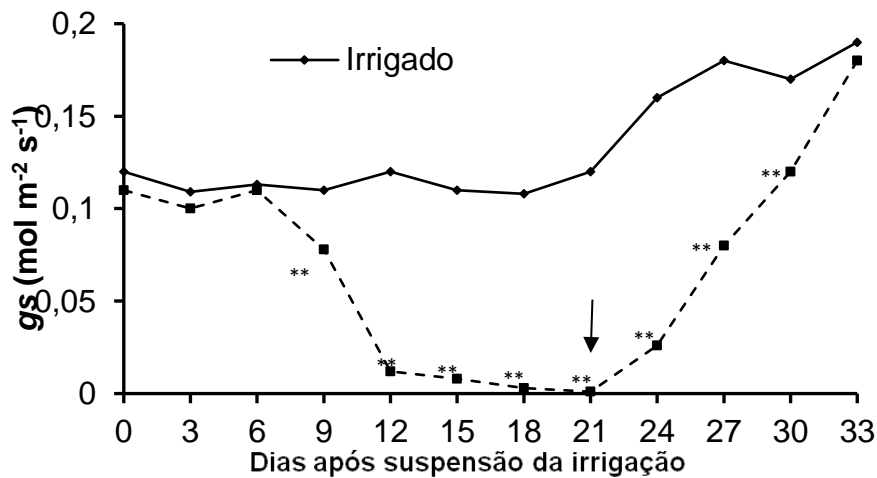


Figura 3 - Condutância estomática (g_s) de mudas de pereiro submetidas ao déficit hídrico. **Diferença entre os tratamentos a 1% de significância; a seta indica o dia da retomada da irrigação.

Diversos autores observaram que a redução da abertura estomática é uma das respostas diretas ao estresse hídrico, que atua como mecanismo para reduzir o risco de perda de água por transpiração e morte por desidratação. À medida que os estômatos são fechados, a condutância estomática e a transpiração são reduzidas (ALVES, FREIRE, 2019).

A lenta recuperação da g_s também foi verificada em plantas de craibeira (*Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore), pois apenas

14 dias após a volta da irrigação é que foi possível observar igualdade estatística em relação às plantas do tratamento controle (OLIVEIRA et al., 2011). Contrariamente, Rodrigues et al. (2017) relataram que não ocorreu recuperação da condutância estomática em plantas de copaiba (*Copaifera langsdorffii* Desf.) após a reidratação, afirmando também que os decréscimos na g_s são possíveis sinais de resposta das mudas ao estresse hídrico.

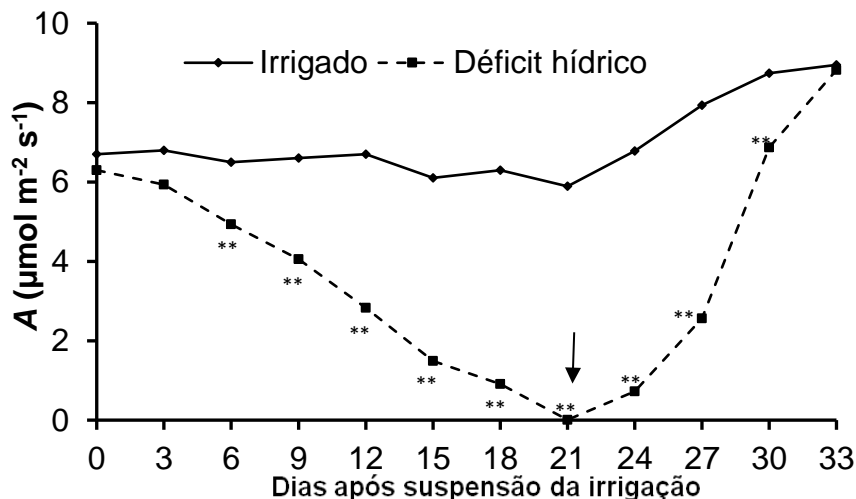


Figura 4 - Taxa de fotossíntese (A) de mudas de pereiro submetidas ao déficit hídrico. **Diferença entre os tratamentos a 1% de significância; a seta indica o dia da retomada da irrigação.

Em relação à taxa de fotossíntese (A), nas plantas do tratamento controle os valores oscilaram de 6,7 a 5,89 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, do tempo zero ao 21º dia do início dos tratamentos. Já nas plantas sob déficit hídrico, passaram de 6,3 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ no tempo zero para 4,93

$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ no 6º dia, com diferença significativa entre os tratamentos (Figura 4). A partir deste dia os valores decresceram progressivamente, chegando a 0,008 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ no 21º dia, valor 99,86% inferior

ao verificado nas plantas irrigadas ($5,89 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) neste mesmo dia.

Após a retomada da irrigação, o restabelecimento da fotossíntese das plantas que estavam sob déficit hídrico ocorreu seguindo o mesmo comportamento dos parâmetros E (Figura 2) e g_s (Figura 3), com lenta recuperação. Após a reidratação das plantas, os valores de A foram 0,72 (3º dia), 2,56 (6º dia) e 6,87 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (9º dia), correspondendo a um incremento, respectivamente, de 90, 320 e 858 vezes em relação ao obtido no dia da retomada do fornecimento de água (Figura 4). Apesar disso, estes valores eram estatisticamente inferiores aos das plantas do tratamento irrigado, e diferença estatística entre os mesmos foi detectada apenas no 12º dia.

Decréscimo na taxa fotossintética em função da diminuição na disponibilidade de água é bastante relatado na literatura, em inúmeras espécies, a exemplo de aroeira-do-sertão (*A. urundeuva*) (COSTA et al., 2015) e ipê-roxo (*H. impetiginosus*) (PESSOA et al., 2017), típicas do semiárido brasileiro, porém o comportamento varia entre as espécies.

O comportamento semelhante entre E (Figura 2), g_s (Figura 3) e A (Figura 4) das plantas de pereiro aqui verificados, evidencia a existência de uma estreita relação entre estes parâmetros fisiológicos, contrapondo-se ao relatado em andiroba (*Carapa guianensis*) (COSTA, MARENCO, 2007) e ipê-roxo (*H. impetiginosus*) (PESSOA et al., 2017). De acordo com Costa e Marengo (2007), a fotossíntese e a condutância estomática são indicadores da planta que respondem de forma simultânea a um grupo de fatores que interagem de uma maneira coordenada.

O estresse hídrico afeta a fotossíntese tanto por efeitos em fatores estomáticos como não-estomáticos (WILSON et al., 2000). Embora seja bem estabelecido que o fechamento dos estômatos é um dos primeiros eventos desencadeados pelo estresse hídrico (CHAVES et al., 2002), existe uma grande controvérsia a respeito de qual é o fator dominante à medida que o estresse hídrico progride (LAWLOR, CORNIC, 2002). De um modo geral, o aumento da resistência estomática, ou seja, a redução da g_s nas plantas diminui a perda do vapor d'água e também a entrada de CO_2 essencial à fotossíntese (CHAVES et al., 2003; FAROOQ et al., 2009), reduzindo a atividade da Rubisco, resultando em baixa produção de assimilados. Como resultado, há diminuição na área foliar e no crescimento das plantas (VANDOORNE et al., 2012; VALADARES et al., 2014; PADILHA et al., 2016).

No entanto, os efeitos do déficit hídrico não ocorrem apenas nos aspectos estomáticos, pois danos na estrutura das membranas dos tilacóides também podem ocorrer (DIAS, BRÜGGERMANN, 2010), redução no transporte de elétrons no fotossistema II

(LIMA et al., 2003), na síntese de ATP, na atividade ou na capacidade e velocidade de regeneração da enzima Rubisco (FLEXAS et al., 2004) e também na regeneração da RuBP (BOUSSADIA et al., 2008).

CONCLUSÕES

- 1- As plantas de pereiro demonstraram tolerância ao déficit hídrico imposto, mantendo baixo valor de TRA mesmo depois de 21 dias sem irrigação;
- 2- A condutância estomática e a taxa de fotossíntese foram mais rapidamente afetadas pela redução na disponibilidade de água do solo do que a taxa de transpiração;
- 3- O déficit hídrico imposto não foi capaz de causar a morte das mudas de pereiro, possibilitando a recuperação das mesmas após a retomada do fornecimento da irrigação.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, M. P. F., MORAES, F. K. C., SANTOS, R. I. N., CASTRO, G. L. S., RAOS, E. M. L. S., PINHEIRO, H. A. Ecofisiologia de plantas jovens de mogno-africano submetidas a déficit hídrico e reidratação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 1, p. 9-16, 2013.
- ALMEIDA, E. P. et al. Effects of potassium in Myracrodruon urundeuva, Libidibia ferrea and Mimosa tenuiflora seedlings under a short-term water deficit. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 5, p. e97953269, 2020.
- ALVES, F. J. B., FREIRE, A. L. O. Gas exchange of *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poiret under water deficit and rewatering. **Journal of Agricultural Studies**, v. 7, n. 4, p. 297-308, 2019.
- BOUSSADIA, O., MARIEM, F. B., MECHRI, B., BOUSSETTA, W., BRAHAM, M., EL HADJ, S. B. Response to drought of two olive tree cultivars (cv Koroneki and Meski). **Scientia Horticulturae**, v. 116, p. 388-393, 2008.
- CABRAL, E. L., BARBOSA, D. C. A., SIMABUKURO, E. A. Crescimento de plantas jovens de *Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore submetidas a estresse hídrico. **Acta Botânica Brasilica**, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 241-251, 2004.
- CHAVES, M. M., MAROCO, J. P., PEREIRA, J. S. Understanding plant responses to drought – from genes to the whole plant. **Functional Plant Biology**, v. 30, n. 3, p. 239-264, 2003.
- CHAVES, M. M., PEREIRA, J. S., MAROCO, J., RODRIGUES, M. L., Ricardo, C. P. P., Osório, M. L. How plants cope with stress in the field: photosynthesis and growth. **Annals of Botany**, Oxford, v. 89, n. 7, p. 907-16, 2002.
- CHEN, J.W., ZHANG, Q., LI, X.S., CAO, K. F. Gas exchange and hydraulics in seedlings of *Hevea brasiliensis* during water stress and recovery. **Tree Physiology**, v. 30, p. 876-885, 2010.

- COSTA, A. S., FREIRE, A. L. O., BAKKE, I. A.; PEREIRA, F. H. F. Respostas fisiológicas e bioquímicas de plantas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) ao déficit hídrico e posterior recuperação. **Irriga**, Botucatu, v. 20, n. 4, p. 705-717, 2015.
- COSTA, G. F. D., MARENCO, R. A. Fotossíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*). **Acta Amazônica**, Manaus, v. 37, p. 229-234, 2007.
- DIAS, M. C., BRÜGGERMANN, W. Limitations of photosynthesis in *Phaseolus vulgaris* under drought stress: gas exchange, chlorophyll fluorescence and Calvin cycle enzymes. **Photosynthetica**, New York, v. 48, p. 96-102, 2010.
- DINAKAR, C., BARTELS, D. Desiccation tolerance in resurrection plants: new insights from transcriptome, proteome and metabolome analysis. **Frontiers in Plant Science**, v. 4, p. 1-14, 2013
- DINAKAR, C., DJILIANOV, D., BARTELS, D. Photosynthesis in desiccation-tolerant plants: energy metabolism and antioxidative stress defense. **Plant Science**, v. 182, p. 29-41, 2012.
- DINAKAR, C., BARTELS, D. Desiccation tolerance in resurrection plants: new insights from transcriptome, proteome and metabolome analysis. **Frontiers in Plant Science**, v. 4, p. 1-14, 2013.
- FAROOQ, M., BASRA, S. M. A., WAHID, A., AHMAD, N., SALEEM, B. A. Improving the drought tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) by exogenous application of salicylic acid. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 195, n. 4, p. 237-246, 2009.
- FLEXAS, J., BOTA, J., LORETO, F., CORNIC, G., SHARKEY, T. D. Diffusive and metabolic limitations to photosynthesis under drought and salinity in C3 plants. **Plant Biology**, v. 6, n. 3, p. 269-279, 2004.
- FRANÇA, G. M., FREIRE, A. L. O., BATISTA, A. W., FERREIRA, C. D., FERREIRA, D. R. S. O potássio atenua os efeitos do déficit hídrico em mudas de pereiro (*Aspidosperma pyrifolium* Mart. & Zucc.). **Conjecturas**, v. 22, n. 2, p. 267-277, 2022.
- FREITAS, R. S., SILVA, E. C. Respostas fisiológicas de mudas de *Aspidosperma pyrifolium* (Apocynaceae) à ciclos de suspensão de rega. **Scientia Plena**, Aracaju, v. 14, p. 051201, 2018.
- GAFF, D. F., MCGREGOR, G. R. The effect of dehydration and rehydration on the nitrogen content of various fractions from resurrection plants. **Biologia Plantarum**, v. 22, p. 92-99, 1979.
- GAFF, D. F., OLIVER, M. The evolution of desiccation tolerance in angiosperm plants: a rare yet common phenomenon. **Functional Plant Biology**, v. 40, p. 315-328, 2013.
- GECHEV, T. S., BENINA, M., OBATA, T.; TOHGE, T., SUJEETH, N., MINKOV, I., HILLE, J., TEMANNI, M., MARRIOTT, A. S., BERGSTRÖM, E., THOMAS-OATES, J., ANTONIO, C., MUELLER-ROEBER, B., SCHIPPERS, J. H. M., FERNIE, A. R., TONEVA, V. Molecular mechanisms of desiccation tolerance in the resurrection glacial relic *Haberlea hodepensis*. **Cellular and Molecular Life Sciences**, v. 70, p. 689-709, 2013.
- HOEKSTRA, F. A., GOLOVINA, E. A., BUITINK, J. Mechanisms of plant desiccation tolerance. **Trends Plant Science**, v. 6, p. 431-438, 2001.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. RiMa: São Carlos, 2004.
- LAWLOR, D. W., CORNIC, G. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. **Plant, Cell and Environment**, v. 25, p. 275-294, 2002.
- LIMA, W. P.; JARVIS, P., RHIZOPOULOU, S. Stomatal responses of *Eucalyptus* species to elevated CO₂ concentration and drought stress. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 60, n. 2, p. 231-238, 2003.
- MAIA, G.N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. 1. Ed. São Paulo: D&Z Computação Gráfica e Editora, 2004. 413 p.
- NOGUEIRA, R. J. M. C., MORAES, J. A. P. V., BURITY, H. A., BEZERRA NETO, E. E. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleiras submetidas a déficit de água. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 13, n. 1, p. 75-87, 2001.
- NOGUEIRA, R. J. M. C., BARBOSA, D. C. A., MORAES, J. A. P. Trocas gasosas e relações hídricas em plantas jovens envasadas de três espécies da caatinga submetidas a deficiência de água. **Phyton**, v. 62, n. 1-2, p. 37-46, 1998.
- OLIVEIRA, A. D. D., FERNANDES, E. J., RODRIGUES, T. D. J. Condutância estomática como indicador de estresse hídrico em feijão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 86-95, 2005.
- OLIVEIRA, A. K. M., GUALTIERI, S.C.J., BOCCHESI, R. A. Gas Exchange of potted *Tabebuia aurea* plants under hydric stress. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 4, p. 641-647, 2011.
- PADILHA, N. S., SILVA, C. J.; PEREIRA, S. B., SILVA, J. A. N., HEID, D. M., BOTTEGA, S. P., SCALON, S. P. Q. Crescimento inicial do pinhã-manso submetido a diferentes regimes hídricos em latossolo vermelho distrófico. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 2, p. 513-521, 2016.
- PARDO, J. M. Biotechnology of water and salinity stress tolerance. **Current Opinion in Biotechnology**, v.21, p.185-196, 2010.
- PESSOA, J. L., FREIRE, A. L. O., COSTA, A. S. Trocas gasosas de plantas de *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC) Mattos submetidas ao déficit hídrico e posterior reidratação. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 16, n. 3, p. 269-276, 2017.
- PETERS, S., MUNDREE, S., THOMSON, J., FARRANT, J., KELLER, F. Protection mechanisms in the resurrection plant *Xerophyta viscosa* (Baker): both sucrose and raffinose family oligosaccharides (RFOs) accumulate in

- leaves in response to water deficit. **Journal of Experimental Botany**, v. 58, p. 1947-1956, 2007.
- PIMENTEL, C. **A relação da planta com água**. Seropédica: EDUR, 2004. 190 p.
- PINHEIRO, C., CHAVES, M. M. Photosynthesis and drought: can we make metabolic connections from available data? **Journal of Experimental Botany**, v. 62, n. 3, p. 869-882, 2011.
- PRADO, D. E. As caatingas da América do Sul. **Ecologia e conservação da Caatinga**, v. 2, p. 3-74, 2003.
- RAMOS, F. R., FREIRE, A. L. O. Physiological responses of *Cnidocolus quercifolius* Pohl in semi-arid conditions. *Advances in Forestry Science*, v.6, n.1, p.493-499, 2019.
- RAMOS, K. M. O. **Caracterização da qualidade fisiológica e otimização do processo de ozonização em sementes de leguminosas arbóreas do Cerrado**. 2015. 164p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, Brasília.
- RODRIGUES, A. L., LIMA, L., SCHELEY, T. R., ALMEIDA, F. F. R. Water deficit ensures the photochemical efficiency of *Copaifera langsdorffii* Desf. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 41, n. 2, e410219, 2017.
- SANTOS, H. G., JACOMINE, P. K. T., ANJOS, L. H. C. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília: Embrapa – Solos, 2018.
- SILVA, E. C., NOGUEIRA, R. J. M. C., AZEVEDO NETO, A. D., BRITO, J. Z., CABRAL, E. L. Aspectos ecofisiológicos de dez espécies em uma área de caatinga
- YOBİ, A., WONE, B. W. M., XU, W.; ALEXANDER, D. C.; GUO, L., RYALS, J. A., OLIVER, M. J., CUSHMAN, J. C. Metabolic profiling in *Selaginella lepidophylla* at various hydration states provides new insights in to the mechanistic basis of desiccation tolerance. **Molecular Plant**, v. 6, p. 369-385, 2013.
- no município de Cabaceiras, Paraíba, Brasil. **Iheringia, Série Botânica**, v. 59, n. 2, p. 201-205, 2004.
- SOUZA, B. V., SOUTO, J. S., SOUTO, P. C., SALES, F. D. C. V., GUERRINI, I. A. Avaliação da sazonalidade da deposição de serapilheira em área de preservação da Caatinga na Paraíba, Brasil. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 12, n. 3, p. 325-331, 2016.
- TABARELLI, M., LEAL, I. R., SCARANO, F. R., SILVA, J. Caatinga: legado, trajetória e desafios rumo à sustentabilidade. **Ciência e Cultura**, v. 70, n. 4, p. 25-29, 2018.
- VALADARES, J., PAULA, N. F., PAULA, R. C. Physiological changes in eucalyptus hybrids under different irrigation regimes. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. 4, p. 805-814, 2014.
- VANDORNE, B., MATHIEU, A. S., VAN DEN ENDE, W., VERGAUWEN, R., PÉRILLEUX, C., JAVAUX, M., LUTTS, S. Water stress drastically reduces root growth and inulin yield in *Cichorium intybus* (var. *sativum*) independently of photosynthesis. **Journal of Experimental Botany**, v. 63, n. 12, p. 4359-4373, 2012.
- WHEATHERLEY, P. E. Studies in the water relations of cotton plants. I. The field measurement of water deficit in leaves. **New Phytol**, v. 49, p. 81-87, 1950.
- WILSON, K. B., BALDOCCHI, D. D., HANSON, P. J. Spatial and seasonal variability of photosynthetic parameters and their relationship to leaf nitrogen in a deciduous forest. **Tree Physiology**, v. 20, p. 565-578, 2000.