



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**  
**CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**  
**CAMPUS DE PATOS**

**FABIO RODRIGUES RAMOS**

**COMPORTAMENTO DE PLANTAS DE FAVELEIRA (*Cnidocolus quercifolius* Pohl.)  
SOB DÉFICIT HÍDRICO NO CAMPO E EM MUDAS ADUBADAS COM POTÁSSIO**

**PATOS - PB**  
**MARÇO, 2017**

**FABIO RODRIGUES RAMOS**

**COMPORTAMENTO DE PLANTAS DE FAVELEIRA (*Cnidocolus quercifolius* Pohl.)  
SOB DÉFICIT HÍDRICO NO CAMPO E EM MUDAS ADUBADAS COM POTÁSSIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, da Universidade Federal de Campina Grande, *Campus* de Patos-PB, Área de concentração Ecologia e Manejo dos Recursos Florestais, como parte das exigências para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais.

**Orientador:** Prof. Dr. Antonio Lucineudo de Oliveira Freire

**PATOS - PB  
MARÇO, 2017**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA DO CSRT DA UFCG

R175c Ramos, Fabio Rodrigues  
Comportamento de plantas de faveleira ( *Cnidocolus quercifolius* Pohl.)  
sob déficit hídrico no campo e em mudas adubadas com potássio / Fabio  
Rodrigues Ramos. – Patos, 2017.  
58 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal  
de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, 2017.

"Orientação: Prof. Dr. Antonio Lucineudo de Oliveira Freire".

Referências.

1. Nutrição mineral. I. Título.
2. Tolerância à seca
3. Comportamento estomático.

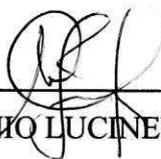
CDU 630\*2:633.85

**FABIO RODRIGUES RAMOS**

**COMPORTAMENTO DE PLANTAS DE FAVELEIRA (*Cnidocolus quercifolius* Pohl.)  
SOB DÉFICIT HÍDRICO NO CAMPO E EM MUDAS ADUBADAS COM POTÁSSIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, da Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Patos-PB, como parte das exigências para a obtenção do Título de MESTRE em CIÊNCIAS FLORESTAIS.

Aprovado em: 24 de Março de 2017



---

Prof. Dr. ANTONIO LUCINEUDO DE OLIVEIRA FREIRE  
Universidade Federal de Campina Grande (UAEF/CSTR/UFCG)  
(Orientador)



---

Prof. Dr. EDIVAN DA SILVA NUNES JÚNIOR  
Universidade Estadual da Paraíba (CCHA/UEPB)  
(1º Examinador)



---

Prof.ª. Dr.ª. IVONETE ALVES BAKKE  
Universidade Federal de Campina Grande (UAEF/CSTR/UFCG)  
(2ª Examinadora)

## **DEDICO**

Aos meus pais, José Rodrigues de Oliveira Araújo e Gizelda Rodrigues Ramos, que sempre apoiaram minhas decisões e acreditaram no meu potencial, sendo eles a base da minha família. Amo muito vocês. Foram vocês que permitiram a realização desse sonho.

## **OFEREÇO**

A Deus. Ele que me trouxe ao mundo e me fez acreditar que, em sua ausência, eu não conseguiria nada. Está ao meu lado em todos os momentos, concedendo-me fé, força, saúde e perseverança em toda a minha trajetória ao longo deste curso. Muito obrigado, meu Deus.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por manter inabalável a minha fé e por me mostrar, através da ciência, a perfeição da natureza;

Aos meus pais, José Rodrigues de Oliveira Araújo e Gizelda Rodrigues Ramos;

À minha esposa, Keila Raiany Diniz Ramos, pelo apoio, compreensão, assim contribuindo de forma decisiva para a conclusão deste curso;

Aos meus irmãos: José Leandro, Alessandro e Fabiano;

Ao Professor Antonio Lucineudo de Oliveira Freire, pela orientação constante, pela confiança depositada em mim, tornando-se bem mais que um orientador, um amigo;

À professora Naelza de Araújo Wanderley e aos professores membros da Banca Examinadora, Edivan da Silva Nunes Júnior e Ivonete Alves Bakke, pela disponibilidade da participação e pelas valiosas contribuições;

Aos amigos Artur Diego, Áthila Henrique, Ramon Ferreira, Gregorio Neto e Ribamar Macêdo;

A todos os professores do (PPGCF/UFCG), pelos ensinamentos e conhecimentos transmitidos;

Enfim, a todos aqueles que, de forma direta ou indireta, participaram e contribuíram para a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

À CAPES, pela concessão da bolsa.

## LISTA DE QUADROS

### CAPÍTULO 1 – COMPORTAMENTO ESTOMÁTICO E CRESCIMENTO DE PLANTAS DE FAVELEIRA (*Cnidocolus quercifolius* Pohl.) EM FUNÇÃO DE DOSES DE POTÁSSIO E NÍVEIS DE ÁGUA

Quadro 1 – Análise química e física do solo a ser utilizado no experimento.....31

### CAPÍTULO 2 – VARIAÇÃO SAZONAL NAS RELAÇÕES HÍDRICAS E TROCAS GASOSAS DE PLANTAS DE FAVELEIRA (*Cnidocolus quercifolius* Pohl.) SOB CONDIÇÕES SEMIÁRIDAS

Quadro 1 – Dados meteorológicos observados na cidade de Patos-PB, no período de janeiro a julho de 2016.....45

Quadro 2 – Análise química e física do solo.....46

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 1 – COMPORTAMENTO ESTOMÁTICO E CRESCIMENTO DE PLANTAS DE FAVELEIRA (*Cnidoscolus quercifolius* Pohl.) EM FUNÇÃO DE DOSES DE POTÁSSIO E NÍVEIS DE ÁGUA

- Tabela 1 – Potencial hídrico foliar ( $\Psi_w$ ), taxa de transpiração ( $E$ ), condutância estomática ( $g_s$ ) e taxa de fotossíntese ( $A$ ) das plantas de faveleira em função das doses de K e níveis de água avaliados .....33
- Tabela 2 – Altura (H), diâmetro do coleto (D), área foliar (AF) e taxa de crescimento absoluto (TCA) das plantas de faveleira em função dos níveis de água avaliados.....35
- Tabela 3 – Peso da massa seca do caule, de folhas, da parte aérea, das raízes e massa seca total de plantas de faveleira em função dos níveis de água.....36
- Tabela 4 – Peso da massa seca das raízes de plantas de faveleira em função das doses de potássio.....38

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Semiárido brasileiro.....14

### CAPÍTULO 2 – VARIAÇÃO SAZONAL NAS RELAÇÕES HÍDRICAS E TROCAS GASOSAS DE PLANTAS DE FAVELEIRA (*Cnidocolus quercifolius* Pohl.) SOB CONDIÇÕES SEMIÁRIDAS

Figura 1 – Teor de umidade do solo da área experimental (A) e teor relativo de água foliar (B), nos dois períodos do ano avaliados.....48

Figura 2 – Potencial osmótico (A) e potencial hídrico foliar (B) de plantas de faveleira, nos dois períodos do ano avaliados.....49

Figura 3 – Condutância estomática ( $g_s$ ), taxa de transpiração ( $E$ ), taxa de fotossíntese ( $A$ ) e eficiência instantânea no uso da água ( $EUA_i$ ) de plantas de faveleira, nos dois períodos avaliados.....51

Figura 4 – Concentração intercelular de  $CO_2$  ( $C_i$ ) e eficiência fotossintética ( $A/C_i$ ) de plantas de faveleira, nos dois períodos avaliados.....52

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL.....	12
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	14
2.1 Aspectos do bioma Caatinga.....	14
2.2 Fisiologia das plantas sob déficit hídrico.....	16
2.3 Potássio e a produção de mudas .....	18
2.4 Faveleira .....	19
REFERÊNCIAS .....	21
CAPÍTULO 1 - COMPORTAMENTO ESTOMÁTICO E CRESCIMENTO DE PLANTAS DE FAVELEIRA ( <i>Cnidoscolus quercifolius</i> Pohl.) EM FUNÇÃO DE DOSES DE POTÁSSIO E NÍVEIS DE ÁGUA.....	27
RESUMO .....	28
ABSTRACT .....	28
INTRODUÇÃO.....	29
MATERIAL E MÉTODOS.....	30
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	32
CONCLUSÕES .....	38
REFERÊNCIAS .....	38
CAPÍTULO 2 – VARIAÇÃO SAZONAL NAS RELAÇÕES HÍDRICAS E TROCAS GASOSAS DE PLANTAS DE FAVELEIRA ( <i>Cnidoscolus quercifolius</i> Pohl.) SOB CONDIÇÕES SEMIÁRIDAS.....	42
RESUMO .....	43
ABSTRACT .....	43
INTRODUÇÃO.....	44
MATERIAL E MÉTODOS.....	45
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	47
CONCLUSÕES .....	54
REFERÊNCIAS .....	54

RAMOS, Fabio Rodrigues. **Comportamento estomático e crescimento de plantas de faveleira (*Cnidoscolus quercifolius* pohl.) em função de doses de potássio e níveis de água.** 2017. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais. CSTR/UFCG, Patos - PB. 2017. 58 p.:il.

## RESUMO

A Caatinga é um bioma único e exclusivo do Brasil, localizado na Região Semiárida do Nordeste, apresentando grande diversidade de espécies arbóreas, arbustivas e herbáceas, adaptadas às condições edafoclimáticas da região. Visando estudar o comportamento de plantas da faveleira à condição de baixa disponibilidade de água, conduziu-se o presente estudo, dividido em dois experimentos. O primeiro teve como objetivo investigar as trocas gasosas, o crescimento e a produção de biomassa de plantas jovens de faveleira adubadas com potássio e expostas a diferentes condições hídricas. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 4 repetições e duas plantas por unidade experimental. Os tratamentos foram distribuídos em esquema fatorial 3 x 4, correspondendo a três doses de potássio (0 (controle), 97,5 e 195 mg dm<sup>-3</sup> K) e quatro níveis de água (100% (controle), 75% e 50% e 25% da capacidade de vaso (cv). As plantas foram mantidas em sacos plásticos pretos contendo 5 kg de solo, durante 150 dias. Elevação nas doses de potássio promoveu aumento no potencial hídrico foliar, condutância estomática e taxas de transpiração e de fotossíntese. No entanto, não houve influência da mesma na altura, diâmetro, área foliar e produção de massa seca das plantas, exceto nas raízes. Redução nos níveis de água promoveu decréscimo no potencial hídrico foliar, nos parâmetros estomáticos, no crescimento e na produção de massa seca das plantas. Recomenda-se o nível de umidade do substrato de 75% da capacidade de vaso na fase inicial de crescimento das mudas de faveleira. O segundo experimento teve como objetivo avaliar o comportamento fisiológico de plantas de faveleira crescidas em campo, em uma área de Caatinga, durante o período chuvoso e início do período seco. Plantas adultas crescidas na Fazenda Experimental Nupeárido, da Universidade Federal de Campina Grande, *Campus* de Patos, Paraíba, Brasil, foram avaliadas durante os meses de março e abril (período chuvoso) e maio e junho (período seco), no ano de 2016. Analisaram-se o teor de umidade do solo, potencial hídrico ( $\psi_w$ ), potencial osmótico ( $\psi_\pi$ ), teor relativo de água (*TRA*), condutância estomática (*gs*), taxa de transpiração (*E*), taxa fotossintética (*A*), concentração intercelular de CO<sub>2</sub> (*Ci*), eficiência instantânea no uso da água (*EUAi*) e eficiência de carboxilação (*A/Ci*). A redução na disponibilidade de água no solo promoveu acentuado decréscimo no potencial hídrico do solo, o qual foi mais afetado do que o teor relativo de água. A abertura dos estômatos foi afetada pela diminuição no teor de umidade do solo, reduzindo a condutância estomática, taxa de transpiração, taxa de fotossíntese, eficiência instantânea no uso da água e a eficiência de carboxilação. A fotossíntese foi mais afetada do que a transpiração pela redução no teor de umidade do solo.

**Palavras-chave:** nutrição mineral, tolerância à seca, comportamento estomático.

RAMOS, Fabio Rodrigues. **Stomatal behavior and growth of *faveleira* plants (*Cnidocolus quercifolius* pohl.) in different potassium doses and water levels.** 2017. Masters Dissertation in Forestry Sciences. CSTR/UFCEG, Patos - PB. 2017. 58 pgs.:II.

### ABSTRACT

This study aimed to investigate the gas exchange, growth and biomass production of *faveleira* samplings fertilized with potassium and exposed to different water conditions. The experiment was conducted in a completely randomized design, with 4 replications and two plants per experimental unit, with treatments arranged in factorial scheme 4 x 3, corresponding to three doses of potassium (0 (control), 97.5 and 195 mg dm<sup>-3</sup> K) and four levels of water (100% (control), 75% and 50% and 25% of pot capacity (cv). The plants were kept in black plastic bags containing 5 kg of soil, for 150 days. Increase in potassium doses promoted rise in leaf water potential, stomatal conductance, and transpiration and photosynthetic rates. However, there was no influence of potassium fertilizer on height, diameter, leaf area and dry matter production of plants, except in the roots. Reduction in water levels reduced leaf water potential, the parameters stomatal, growth and dry matter production of plants. It is recommended that the substrate moisture level of 75% of the vessel capacity in the early growth stages of *faveleira* saplings. This work aimed to evaluate the physiological behaviour of *faveleira* plants grown in the field, in an area of *Caatinga*, during the rainy season and early dry period. Adult plants grown in the Nupeárido Experimental Farm, at the Federal University of Campina Grande, Patos, Paraíba, Brazil, were selected for evaluation during the months of March and April (wet season) and May and June (dry season), in the year 2016. We evaluated the soil moisture content, water potential ( $\psi_w$ ), osmotic potential ( $\psi_\pi$ ), relative water content (*RWC*), stomatal conductance (*g<sub>s</sub>*), transpiration rate (*E*), photosynthetic rate (*A*), intercellular CO<sub>2</sub> concentration (*C<sub>i</sub>*), instantaneous water use efficiency (*A/E*) and carboxylation efficiency (*A/C<sub>i</sub>*). The reduction in water availability in the soil promoted a marked decrease in soil water potential, which was more affected than the relative water content. The opening of the stomata was affected by the decrease in soil moisture content, reducing the stomatal conductance, transpiration rate, photosynthesis rate, instantaneous water use efficiency and carboxylation efficiency. The photosynthesis was more affected than transpiration by reduction in soil moisture content.

**Keywords:** mineral nutrition, drought tolerance, Stomatal behavior.

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A Caatinga é um bioma único e exclusivo do Brasil, localizado na Região Semiárida do Nordeste, apresentando grande diversidade de espécies arbóreas, arbustivas e herbáceas, adaptadas às condições edafoclimáticas da região. São comuns árvores baixas e arbustos, não obstante, com a presença de espinhos. Muitas espécies, tal como a faveleira (*Cnidoscolus quercifolius* Pohl.), perdem totalmente suas folhas na estação seca, como estratégia de tolerar o déficit hídrico.

A capacidade das plantas de suportarem a baixa disponibilidade de água no solo é fundamental para o seu estabelecimento em regiões com problema de seca frequente. Para que isso seja alcançado, as plantas desenvolvem estratégias fisiológicas, morfoanatômicas e bioquímicas que variam, desde o acúmulo de solutos osmoticamente ativos que possibilitem a absorção de água, o fechamento estomático, para redução da perda de água, até a perda das folhas. No entanto, a habilidade das plantas no desenvolvimento de tais estratégias varia com a espécie e com as características do ambiente em que estão se desenvolvendo.

Durante a fase de produção de mudas, a adoção da rustificação, através da suplementação com adubação potássica e da supressão da irrigação, proporcionam aumento na tolerância das plantas às condições hídricas adversas após o transplântio no campo. O potássio atua como agente osmótico, ativador enzimático, além de influenciar na manutenção da turgescência das células.

Dessa forma, o presente trabalho busca responder às seguintes perguntas: Quais as consequências do fornecimento de potássio suplementar às plantas na fase de viveiro, mantidas sob limitada disponibilidade de água? Que alterações ocorrem na fisiologia das plantas de faveleira em função da redução na disponibilidade de água do solo, durante a fase de viveiro? Que alterações são desencadeadas na fisiologia das plantas de faveleira durante a estação seca, em comparação com a estação chuvosa?

Quanto aos efeitos do estresse hídrico sobre o comportamento fisiológico das espécies nativas da Caatinga, o número de estudos ainda é pequeno, principalmente em relação aos aspectos estomáticos e trocas gasosas entre as plantas e o ambiente. Em relação à faveleira, informações com essa abordagem são inexistentes na literatura. O desenvolvimento de tais estudos é necessário, contribuindo para a caracterização dos aspectos fisiológicos da tolerância à seca dessa espécie, típica da Caatinga nordestina.

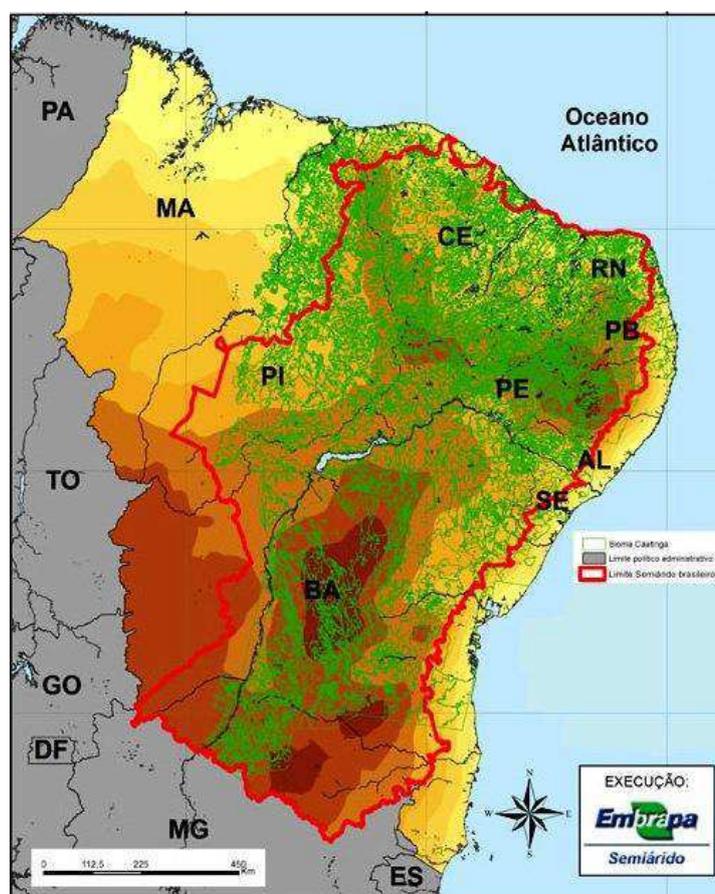
Portanto, o presente trabalho teve como objetivo verificar as respostas de plantas jovens de faveleira, adubadas com potássio e sob limitada disponibilidade de água; assim

como os efeitos da variação estacional na disponibilidade de água em plantas adultas de faveleira, em condições de campo.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Aspectos do bioma Caatinga

O domínio ecogeográfico da Caatinga ocupa uma área que corresponde a 54% da Região Nordeste e a 11% do território brasileiro (Figura 1). Seus solos, com raras exceções, são limitadamente desenvolvidos, mineralmente ricos, pedregosos e pouco espessos, com insuficiente capacidade de retenção de água, fator que limita a produção primária nessa região. A cobertura vegetal é representada por formações xerófilas muito diversificadas por razões climáticas, edáficas, topográficas e antrópicas. As plantas presentes no Bioma Caatinga comumente apresentam microfilia, sendo uma adaptação para minimizar a transpiração (ALVES et al., 2009). Trata-se de uma vegetação rala e espinhosa, caracterizada, predominantemente, pela completa caducifolia da maior parte de suas espécies (ANDRADE LIMA, 1989).



**Figura 1-** Semiárido brasileiro

Fonte - Laboratório de Geoprocessamento Embrapa Semiárido (2011).

As espécies arbustivas e arbóreas da vegetação caatinga estão constantemente sujeitas a estresses ambientais, sendo a deficiência hídrica, durante a maior parte do ano, o mais frequente devido à baixa pluviosidade, má distribuição das chuvas, elevada taxa de evapotranspiração e baixa capacidade de retenção de água dos solos. Para sobreviver nestas condições, as plantas desenvolvem várias estratégias, como fechamento dos estômatos nas horas mais quente do dia, microfilia, órgãos armazenadores de água e nutrientes e caducifolismo (ANDRADE LIMA, 1989; DOMBROSKI et al., 2011).

Esses fatores são importantes para compreensão dos processos fisiológicos que a vegetação desse bioma desenvolve para a conservação do mesmo, contribuindo para o entendimento das características adaptativas que possibilitem o estabelecimento dos indivíduos em locais que apresentem condições hostis ao seu desenvolvimento (TROVÃO et al., 2004). Informações acerca das espécies florestais nativas são necessárias para o manejo apropriado na região (FIGUEIRÔA et al., 2004).

Dentre os biomas brasileiros, a Caatinga é o mais desvalorizado e pouco conhecido botanicamente. Convive com situação decorrente de uma crença que não se justifica, que não pode ser mais aceita, de que é o resultado da modificação de uma outra formação vegetal, sendo assim associada a uma diversidade baixa de plantas, onde não se encontram espécies endêmicas. A Caatinga contém uma grande variedade de tipos vegetacionais, apresentando um elevado número de espécies e com remanescentes de vegetação, em algumas partes, bem preservada, possuindo um número significativo de táxons raros e endêmicos (GIULIETTI et al., 2004).

Andrade Lima (1981) foi o pioneiro que reconheceu esta situação, publicando uma primeira classificação dos diferentes tipos de caatingas, utilizando os aspectos fisionômicos e dados florísticos para caracterizar os agrupamentos, destacando a importância dos fatores abióticos como clima, relevo, precipitação e solo.

Andrade Lima (1981) classificou a vegetação do domínio das Caatingas baseando-se em duas questões:

- 1) os diferentes tipos vegetacionais resultavam da integração clima-solo e o número de combinações e, conseqüentemente, o número de comunidades vegetais é muito alto;

- 2) as informações sobre as relações entre vegetação e fatores físicos não eram suficientemente conhecidas. Assim, o autor optou por definir grandes unidades com um ou mais tipos de vegetação, embora reconhecesse a possível existência de um número maior. Essa posição reflete, de modo inequívoco, que sua proposta era a de uma classificação

ecológica. Aparentemente, essa opção deveu-se à falta de maior conhecimento da vegetação, para assim poder classificá-la.

Em (1989), Andrade Lima focou a atenção na riqueza da flora da Caatinga, destacando os exemplos das adaptações das plantas aos habitats semiáridos. O autor destacou a vasta diversidade de espécies vegetais e o endemismo das espécies do bioma.

## **2.2 Fisiologia das plantas sob déficit hídrico**

A água, substância mais abundante nos vegetais, é essencial para a manutenção da integridade das moléculas biológicas, células e organismos e da turgescência celular, fundamental para crescimento e alongação celular, além de atuar como termorreguladora e tampão, evitando alterações bruscas no pH (MARENCO; LOPES, 2005).

Para Kiehl (1979), a quantidade de água armazenada no solo disponível às plantas varia com as características físicas do solo e a textura, levando a planta a apresentar diferentes respostas em seus mecanismos de resistência morfofisiológicos. Redução do conteúdo de água no solo pode causar significativa variação na distribuição e no desenvolvimento radicular, podendo mudar o período de disponibilidade e a quantidade de água disponível para as plantas (CARLESSO, 1995).

A forma como as plantas reagem à seca difere, e essa variabilidade está em função da intensidade e duração do estresse, bem como da espécie avaliada e do estágio de desenvolvimento em que se encontra (CHAVES et al., 2002). As plantas inseridas na região semiárida estão sujeitas a diferentes tipos de estresses, como elevadas irradiação solar e temperatura, e baixa disponibilidade hídrica, limitando o desenvolvimento e o estabelecimento das plantas jovens (DOMBROSKI et al., 2014; LIBERATO et al., 2006; GONÇALVES et al., 2005)

Larcher (2000) descreve várias adaptações que as plantas dessa região desenvolvem, tais como xilopódios, órgãos de reserva nas raízes, nos caules, arranjos anatômicos específicos nas folhas e modificações no metabolismo, visando a um melhor aproveitamento da água, cada vez menos disponível à medida que a estação seca ocorre. Alterações na fisiologia incluem o fechamento estomático, com reflexos diretos na condutância estomática, na transpiração e na fotossíntese (PORTES; ALVES; SOUZA, 2006; GOMES et al., 2004). Essas mudanças na morfologia, anatomia e fisiologia das plantas afetam o seu crescimento (SANTOS; CARLESSO, 1998; BEZERRA et al., 2003).

Sob condições de estresse hídrico, as plantas acumulam solutos osmoticamente ativos, promovendo assim a redução do potencial osmótico celular e a absorção de água e garantindo a manutenção de atividades vitais, mesmo sob condições de baixos potenciais hídricos. Dentre esses solutos acumulados, estão os aminoácidos totais e os açúcares solúveis (LECHINOSKI et al., 2007; SANTOS; PIMENTEL, 2009).

É incontestável a influência que o ambiente pode causar no crescimento, desenvolvimento e produtividade vegetal e, diante desse fato, é importante avaliar os efeitos das condições ambientais na fisiologia e no crescimento das espécies de importância econômica e ecológica (CABRAL; BARBOSA; SIMABUKURO, 2004). A água é o principal fator ambiental para qualquer ser vivo, sendo crucial para a existência, sobrevivência e perpetuação de qualquer forma de vida (PIMENTEL, 2004).

Diante da variedade de limitações à produção vegetal, o déficit hídrico exerce o papel principal, uma vez que prejudica as relações hídricas da planta, modificando o seu metabolismo. Quando a redução do teor de água no solo ocorre de forma rápida, o funcionamento morfológico é seriamente atingido e, para sobreviver, a planta deve desenvolver mecanismos de adaptação a essa condição, e sua sobrevivência vai depender do grau de tolerância apresentado. Esta tolerância ao déficit hídrico é um forte mecanismo de defesa, permitindo a conservação do sistema produtivo sob condições hídricas desfavoráveis (SANTOS; CARLESSO, 1998).

A estratégia inicial é desenvolvida pelas plantas quando ocorre redução na disponibilidade de água e o fechamento dos estômatos, evitando a perda excessiva de água e, conseqüentemente, perda da turgescência (FLEXAS et al., 2004; ALBUQUERQUE et al., 2013). Tal mecanismo permite a manutenção da integridade no sistema de transporte de água, além do desenvolvimento de potencial favorável, mantendo o crescimento foliar durante a estação seca ou sob condições de estresse hídrico (MATTOS, 1998). No entanto, a velocidade e a hora do dia em que ocorre esse fechamento estomático variam com a espécie, sendo esses aspectos fundamentais na determinação da tolerância da planta ao estresse hídrico (NOGUEIRA et al., 2001).

Durante a fase de viveiro, as condições específicas de manejo em cada etapa influenciam diretamente na qualidade das mudas, refletindo-se na sobrevivência, na uniformidade e no crescimento inicial das plantas no campo (ALFENAS et al., 2004).

### 2.3 Potássio e a produção de mudas

O sucesso dos povoamentos florestais depende, em grande parte, da qualidade da muda, a qual deve resistir às adversidades no campo e apresentar elevada taxa de sobrevivência (GOMES et al., 2002). Ao se realizar o plantio no campo, as mudas serão expostas a condições climáticas adversas, que podem assim promover uma significativa mortalidade. Segundo Del Quiqui et al. (2004) e Silva et al. (2013), a produção das mudas é etapa crucial no processo de formação de um povoamento florestal, visto que as mesmas devem ser resistentes, para assim suportarem as mudanças microclimáticas entre viveiro e campo.

A nutrição adequada das mesmas e o uso de substrato apropriado são fatores cruciais para assegurar adaptação e crescimento satisfatórios das mudas no campo após o plantio (DEL QUIQUI et al., 2004). Os nutrientes minerais afetam o crescimento e a qualidade das mudas, das espécies florestais, ao proporcionarem bom desenvolvimento do sistema radicular e permitirem melhor adaptação e sobrevivência das plantas após trasplante (CARNEIRO, 1995).

O potássio apesar de não fazer parte de nenhum composto orgânico, nem desempenhar função estrutural nas plantas (MARSCHNER, 1995), é considerado um elemento essencial, pois atende aos três critérios de essencialidade (MALAVOLTA, 2006): (1) a planta não completa o ciclo de vida sem o elemento; (2) o elemento essencial faz parte de uma enzima ou está intimamente associado à fisiologia da planta (ativador enzimático) e (3) a carência do elemento essencial não pode ser suprida por outro elemento.

Segundo Silva et al. (2013), o potássio realiza diversas funções na planta, pois, nas células vegetais age como agente osmótico, ativador de enzimas, além de atuar no equilíbrio de cargas negativas e no pH celular. O provável efeito do potássio na atividade das enzimas está relacionado com a mudança na conformação das moléculas, na qual há um aumento na exposição dos sítios ativos para ligação com o substrato (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Estes autores afirmam ainda que é provável que uma das razões para as altas exigências potássicas seja a necessidade de elevadas concentrações no citoplasma, para garantir atividade enzimática máxima.

Uma função de reconhecida importância que esse íon exerce nas plantas é o da manutenção da turgescência celular, por ser o principal íon presente no vacúolo, estando intimamente relacionado com o equilíbrio osmótico (TAIZ; ZEIGER, 2013), podendo ser

empregado para reduzir o impacto do estresse hídrico no crescimento e na produção das mudas, aumentando a eficiência no uso da água (Reeb (2010), *apud* HOLTHUSEN; REEB; HORN, 2012) .

Em plantas com um bom suprimento de potássio, a taxa de transpiração não depende só do potencial osmótico das células do mesófilo, mas também do controle que exerce sobre a abertura e fechamento dos estômatos. O fluxo de potássio nas células-guarda aumenta o nível de ácido abscísico que causa o fechamento dos estômatos (MARSCHNER, 1995).

Portanto, a resposta da adubação potássica em mudas varia de acordo com a espécie. Em plantas de *Acacia mangium*, Dias et al. (1991) observaram que o fornecimento do potássio não resultou em resposta positiva, enquanto que, em *Sclerolobium paniculatum*, Dias et al. (1992) obtiveram efeito positivo e determinaram que o nível crítico deste nutriente foi de 27,4 ppm. Em plantas jovens de *Eucalyptus grandis*, Laclau et al. (2009) verificaram que o fornecimento de K aumentou o tempo de vida da folha, a biomassa das plantas e o índice de área foliar.

## 2.4 Faveleira

A família Euphorbiaceae possui grande importância econômica, com plantas de hábito variado, desde ervas, subarbustos, árvores e trepadeiras, com folhas inteiras ou partidas, em geral, com estípulas, lactescentes ou não (SAMPAIO et al., 2002). Pertencente a essa família botânica, a faveleira (*Cnidocolus quercifolius* Pohl.) é uma oleaginosa, xerófila, decídua (LORENZI, 1998), com potencial de uso para diversos fins.

Distribuída geograficamente nos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia, é muito consumida pelos animais, principalmente no período de seca. Os animais consomem as folhas secas, quando estas caem no chão e dos brotos e a casca. Suas sementes são consumidas por animais silvestres, caprinos, ovinos, galinhas e até pelo homem (CAMPOS, 2010; DAMASCENO, 2007; DUQUE, 1980; MENDES, 1997; MARQUES, 2007; PEREIRA, 2005; SAMPAIO, 2005).

A faveleira é uma planta arbórea, encontrada na região Semiárida do Nordeste brasileiro, em duas formas distintas, com e sem acúleos, sendo a primeira encontrada mais comumente, e a segunda tida como mutante. De acordo com Andrade Lima (1989), pode atingir cinco metros de altura. Esta é utilizada pelos habitantes da região de várias formas, pois todas as suas partes podem ser aproveitadas. Os maiores valores nutricionais, são encontrados em suas sementes, com alto teor proteico, em torno de 35,3% a 90%, assim

classificada como gênero alimentício, parâmetro importante para que seja fonte de alimento para os animais. É ainda de conhecimento popular o grande potencial fitoterápico dessa planta.

Os teores elevados de óleos com alto conteúdo de lipídeos encontrados em suas sementes podem ser utilizados nas formas de farinha e de óleo (CAVALCANTI; BORA; CARVAJAL, 2009). Para Ribeiro Filho et al. (2011), a faveleira também pode ser usada na alimentação humana como raiz comestível, desde que seja realizado prévio estudo toxicológico.

Forageira nativa das caatingas do Nordeste, é uma planta espinhenta, lactescente e com pelos urticantes. Tronco curto e ramificado desde a base, mais ou menos cilíndrico e com casca fina. Folhas alternas simples, membranáceas, sinuosas, de bordos profundamente lobados e terminados em pequenos espinhos. Apresenta pelos urticantes com até 1cm de comprimento, glabras em ambas as faces, brilhantes, concolores, de 8-16 cm de comprimento, sobre pecíolo igualmente espinhento, de 1-2 cm de comprimento. Inflorescências em cimeiras axilares, com flores unissexuais de cor branca e fruto cápsula tricoca, deiscente, recoberta por pelos urticantes, com três sementes. Dotada de grande resistência à seca, a faveleira é uma planta rústica e de rápido crescimento, podendo ser usada para composição de reflorestamento e destinada à recuperação de áreas degradadas, ocorrendo na caatinga com elevada frequência e irregular dispersão (LORENZI, 1998).

O feno de faveleira é uma alternativa viável como suplementação alimentar de ovinos, caprinos e bovinos, com teor de matéria seca e orgânica de 92,95% e 89,28%, respectivamente, sendo uma forrageira de boa qualidade quando comparada com outras espécies nativas do semiárido (PEREIRA et al., 2012). Raízes e partes terminais do caule podem ser utilizadas na alimentação de bovinos, caprinos e ovinos, pois apresentam concentração de fósforo e nitrogênio (RIBEIRO FILHO et al., 2007).

Em relação à fitoterapia, as sementes de faveleira podem ser utilizadas no tratamento de dermatites, enquanto as cascas e entrecasas do caule, em maceração ou infusão, na medicina popular, no tratamento de inflamações ovarianas, hemorragias e ferimentos. A madeira apresenta densidade de  $0,55 \text{ g cm}^{-3}$ , macia ao corte, porém de baixa resistência mecânica e ao apodrecimento; no entanto, é aproveitada na confecção de forros, tamancos, embalagens e brinquedos (MAIA, 2004).

Oliveira; Fernandes; Costa Júnior (2011), avaliando as categorias do uso de plantas no Estado da Paraíba, constataram que todos os entrevistados indicaram que o uso da faveleira como medicinal é fundamental para as pessoas dessa região e também é uma boa fonte de

alimento. Para o fim medicinal, foi citada como cicatrizante, sendo a casca a parte da planta que mais se utiliza nas preparações.

Oliveira et al. (2008) relataram a toxicidade de *Cnidocolus quercifolius* e demonstraram que a intoxicação é causada pela presença de compostos contendo ácido cianídrico (HCN) na planta, principalmente em suas folhas frescas. Inúmeros casos de intoxicação espontânea em pequenos ruminantes (caprinos e ovinos) já foram relatados por produtores do semiárido brasileiro. Souza et al. (2012) recomendam o manuseio cuidadoso e que o manejo deve ser empregado de modo a eliminar sua toxicidade antes de ser fornecida aos animais, pois, dependendo da quantidade ingerida, pode acarretar a morte de animais, principalmente os ruminantes de pequeno porte. Oliveira et al. (2008) recomendam a fenação, pois, neste processo, o HCN é volatilizado. Em folhas inteiras, terá perdido sua toxicidade em 30 dias após o corte e, com as folhas trituradas, em 15.

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, M. P. F. de; MORAES, F. K. C.; SANTOS, R. I. N.; CASTRO, G. L. S. de; RAMOS, 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.
- ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa: Editora UFV, 2004. 442 p.
- ALVES, J. J. A.; ARAÚJO, M. A.; NASCIMENTO, S. S. Degradação da caatinga: uma investigação ecogeográfica. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 3, p.126-135, 2009.
- ANDRADE-LIMA, D. The caatingas dominium. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 4, n. 2, p. 49-163, 1981.
- ANDRADE LIMA, D. **Plantas das Caatingas**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 1989. 243 p.
- BEZERRA, F. M. L.; ARARIPE, M. A. E.; TEÓFILO, E. M.; CORDEIRO, L. G.; SANTOS, J. J. A. Feijão-caupi e déficit hídrico em suas fases fenológicas. **Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 34, n. 1, p. 5-10, 2003.
- 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.
- CAMPOS, G. N. F. **Clonagem de *Cnidocolus phyllacanthus* (Mart.) Pax et K. Hoffm. (FAVELEIRA) por alporquia**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2010. 45 p.

CARLESSO, R. Absorção de água pelas plantas: água disponível versus extrínseca e a produtividade das culturas. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 183-188, 1995.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995. 451 p.

CAVALCANTI, M.; BORA, P. S.; CARVAJAL, J. C. L. Propriedades funcionais das proteínas de amêndoas da faveleira (*Cnidoscopus phyllacanthus* (Mart.) Pax. et K. Hoffm.) com e sem espinhos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 3, p. 597-602, 2009.

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.

DAMASCENO, M. M. **Composição bromatológica de forragem de espécies arbóreas da caatinga paraibana em diferentes altitudes**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2007. 61 p.

DEL QUIQUI, E. M.; MARTINS, S. S.; PINTO, J. C.; ANDRADE, P. J. P.; MUNIZ, A. S. Crescimento e composição mineral de mudas de eucalipto cultivadas sob condições de diferentes fontes de fertilizantes. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 3, p. 293-299, 2004.

DIAS, L. E.; ALVAREZ, V. H.; BRIENZA Jr, S. Formação de mudas de *Acacia mangium* Willd. 2. Resposta a nitrogênio e potássio. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 15, n. 1, p. 11-22, 1991.

DIAS, L. E.; JUCKSH, I.; ALVAREZ, V.; BARROS, N. F.; BRIENZA Jr, S. Formação de mudas de taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Voguel): II. Resposta a nitrogênio, potássio e enxofre. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 16, n. 2, p. 135-143, 1992.

DOMBROSKI, J. L. D.; FREITAS, R. M. O.; TOMCZAK, V. E., PINTO, J. R. S.; FARIAS, R. M. Ecophysiology of water stressed *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC) Mattos seedlings. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 101, p. 155-163, 2014.

DOMBROSKI, J. L. D.; PRAXEDES, S. C.; FREITAS, R.; M. O.; PONTES, F. M. Water relations of Caatinga trees in the dry season. **South African Journal of Botany**, África do Sul, v. 77, n. 2, p. 430-434, 2011.

DUQUE, J. G. **Solo e água no polígono das secas**. 5 ed. Mossoró: Fundação Guimarães Duque, 1980. 273 p.

FIGUEIRÔA, J. M.; BARBOSA, D. C. A.; SIMABUKURO, E. A. Crescimento de plantas jovens de *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae) sob diferentes regimes hídricos. **Acta Botânica Brasileira**, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 573-580, 2004.

FLEXAS, J.; BOTA, J.; LORETO, F.; CORNIC, G.; SHARKEY, T. D. Diffusive and metabolic limitations to photosynthesis under drought and salinity in C<sub>3</sub> plants. **Plant Biology**, v. 6, p. 269-279, 2004.

GIULIETTI, A. M.; BOCAGE NETA, A. L.; CASTRO, A. A. J. F.; GAMARRA-ROJAS, C. F. L.; SAMAPIO, E. V. S. B.; VIRGÍNIO, J. F.; QUEIROZ, L. P.; FIGUEIREDO, M. A.; RODAL, M. J. N.; BARBOSA, M. R. V.; HARLEY, R. M. Diagnóstico da vegetação nativa do bioma Caatinga. In: SILVA, J.M.C.; TABARELLI, M.; FONSECA, M.T.; LINS, L.V. (Orgs.). **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004. p. 48-90. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004.

GOMES, J. M.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; GARCIA, S. L. R. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 6, p. 655-664, 2002.

GOMES, M. M. A.; LAGÔA, A. M. M. A.; MEDINA, C. L.; MACHADO, E. C.; MACHADO, M. A. Interactions between leaf water potential, stomatal conductance and abscisic acid content of orange trees submitted to drought stress. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 16, n. 3, p. 155-161, 2004.

GONÇALVES, J. F. C.; BARRETO, D. C. S.; SANTOS JUNIOR, U. M.; FERNADES, A. V.; SAMPAIO, P. T. B.; BUCKERIDGE, M. S. Growth, photosynthesis and stress indicators in young rosewood plants (*Aniba rosaeodora* Ducke) under different light intensities. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Campos dos Goytacazes, v. 17, n. 3, p. 325-334, 2005.

HOLTHUSEN, D.; REEB, D.; HORN, R. Influence of potassium fertilization, water and salt stress, and their interference on rheological soil parameters in planted containers. **Soil & Tillage Research**, v. 125, p. 72-79, 2012.

KIEHL, E.J. **Manual de edafologia**. São Paulo: Ceres, 1979. 215 p.

LABORATÓRIO DE GEOPROCESSAMENTO EMBRAPA SEMIÁRIDO. In: AGEITEC. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica**. 2011. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/bioma\\_caatinga/arvore/CONT000glz1ehqv02wx5ok0f7mv200nvg0xn.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/bioma_caatinga/arvore/CONT000glz1ehqv02wx5ok0f7mv200nvg0xn.html)>. Acessado em: 15 jun. 2015.

LACLAU, J-P.; ALMEIDA, J. C. R.; GONÇALVES, J. L. M.; SAINT-ANDRÉ, L.; VENTURA, M.; RANGER, J.; MOREIRA, R. M.; NOUVELLON, Y. Influence of nitrogen and potassium fertilization on leaf lifespan and allocation of above-ground growth in Eucalyptus plantations. **Tree Physiology**, v. 29, p. 111-124, 2009.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 531 p.

LECHINOSKI, A.; FREITAS, J. M. N.; CASTRO, D. S.; LOBATO, A. K. S.; OLIVEIRA NETO, C. F.; CUNHA, R. L. M. Influência do estresse hídrico nos teores de proteínas e aminoácidos solúveis totais em folhas de teca (*Tectona grandis* L. F.). **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 927-929, 2007.

LIBERATO, M. A. R.; GONÇALVES, J. F. C.; CHEVREUIL, L. R.; NINA JUNIOR, A. R.; FERNANDES, A. V.; SANTOS JUNIOR, U. M. Leaf water potential, gas exchange and chlorophyll a fluorescence in acaricara seedlings (*Minuartia guianensis* Aubl.) under water stress and recovery. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Campos dos Goytacazes, v. 18, n. 2, p. 315-323, 2006.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 1998. v.2, 92 p.

MAIA, G. M. **Caatinga**: árvores e arbustos e suas utilidades. São Paulo: D & Z Computação Gráfica e Editora, 2004. 413 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E., VITTI, G. C., OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. 105 p.

MARQUES, M. J. **Propagação sexuada e assexuada da faveleira (*Cnidoscolus phyllacanthus* (Müll. Arg.) Pax & L. Hoffm.)**: subsídios para o seu cultivo como lavoura xerófila. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2007. 102 p.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal**: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. Viçosa: UFV, 2005. 451 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889 p.

MATTOS, E. A. Perspectives in comparative ecophysiology of some Brazilian vegetation types: leaf CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O exchange, chlorophyll a fluorescence and carbon isotope discrimination. In: SCARANO, F. R.; FRANCO, A. (Ed.) Ecophysiological strategies of xerophytic and amphibious plants in the Neotropics. **Oecologia Brasiliensis**, v. 4, p. 1-22, 1998.

MENDES, B. V. **Biodiversidade e desenvolvimento sustentável do semiárido**. Fortaleza: SEMACE, 1997. 108 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 relação hídrica em aceroleira submetidas a déficit de água. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 13, n. 1, p.75-87, 2001.

OLIVEIRA, D. M.; PIMENTEL, L. A.; ARAÚJO, J. A. S.; MEDEIROS, R. M. T.; DANTAS, A. F. M.; RIET-CORREA, F. Intoxicação por *Cnidoscolus phyllacanthus* (Euphorbiaceae) em caprinos. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 28, n. 1, p. 36-42, 2008.

- OLIVEIRA, E. C. S.; FERNANDES, P. D.; COSTA JÚNIOR, E. O. Categorias de uso para a espécie *Cnidocolus quercifolius* Pohl (euphorbiaceae) no seridó ocidental do estado da Paraíba. **Revista de Biologia e Farmácia**, Campina Grande, v. 5, n. 2, p. 31-36, 2011.
- PEREIRA, D. D. **Plantas, prosa e poesia do Semi-árido**. Campina Grande, PB: EDUFCG, 2005. 217 p.
- PEREIRA, V. L. A.; ALVES, F. A. L., SILVA, V. M.; OLIVEIRA, J. C. V. Valor nutritivo e consumo voluntário do feno de faveleira fornecido a ovinos no semiárido pernambucano. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 3, p. 96-101, 2012.
- PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Seropédica: Edur, 2004.191p.
- PORTES, M. T.; ALVES, T. H.; SOUZA, G. M. Water deficit affects photosynthetic induction in *Bauhinia forficata* Link (Fabaceae) and *Esenbeckia leiocarpa* Engl. (Rutaceae) growing in understorey and gap conditions. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Campos dos Goytacazes, v. 18, n. 4, p. 491-502, 2006.
- RIBEIRO FILHO, N. M.; CALDEIRA, V. P. S.; FLORÊNCIO, I. M.; AZEVEDO, D. O.; DANTAS, J. P. Avaliação comparada dos índices químicos nitrogênio e fósforo nas porções morfológicas das espécimes de faveleira com espinhos e sem espinhos. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 9, n. 2, p. 149-160, 2007.
- RIBEIRO FILHO, N. M.; FLORÊNCIO, I. M.; BRITO, A. C.; DANTAS, J. P.; CAVALCANTI, M. T. Avaliação nutricional de raízes de faveleira e cenoura em períodos equidistantes de coleta. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 13, n. 2, p. 169-175, 2011.
- SAMPAIO, E. V. S. B. **Espécies da flora nordestina de importância econômica potencial**. Recife: APNE, 2005.
- SAMPAIO, E. V. S. B.; GIULIETTI, A. M.; VIRGÍNIO, J.; GAMARRA-ROJAS, C. F. L. **Vegetação e Flora da Caatinga**. Recife: APNE-CNIP. 176 p. (Eds.) 2002.
- SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológicos das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.
- SANTOS, M. G.; PIMENTEL, C. Daily balance of leave sugars and amino acids as indicators of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) metabolic response and drought intensity. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, v. 15, n. 1, p. 23-30, 2009.
- SCHOLANDER, P. F.; BRADSTREET, E. D.;HEMMINGSSEN, E. A.; HAMMEL. H. T. Sap pressure in vascular plants. Negative hydrostatic pressure can de measured in plants. **Science**, v. 148, n. 3668, p. 339-346, 1965.
- SILVA, P. M.C.; UCHÔA, S. C. P.; BARBOSA, J. B. F.; BASTOS, V.; ALVES, J. M. A.; FARIAS, L. C. Efeito do potássio e do calcário na qualidade de mudas de cedro doce (*Bombacopsis quinata*). **Revista Agro@mbiente**, Boa Vista, v. 7, n. 1, p. 63-69, 2013.

SOUZA, B. B.; BATISTA, N. L.; OLIVEIRA, G. J. C. Utilização da faveleira (*Cnidoscolus phyllacanthus*) como fonte de suplementação alimentar para caprinos e ovinos no semiárido brasileiro. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, v. 8, n. 3, p. 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

TROVÃO, D. M. B. M.; FERNANDES, P. D.; ANDRADE, L. A.; DANTAS NETO, J.; OLIVEIRA, A. B.; QUEIROZ, J. A. Avaliação do potencial hídrico de espécies da Caatinga sob diferentes níveis de umidade do solo. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 4, n. 2, 1-7, 2004.

---

---

**CAPÍTULO I - COMPORTAMENTO ESTOMÁTICO E CRESCIMENTO DE  
PLANTAS DE FAVELEIRA (*Cnidocolus quercifolius* Pohl.) EM FUNÇÃO DE  
DOSES DE POTÁSSIO E NÍVEIS DE ÁGUA**

---

---

## **Comportamento estomático e crescimento de plantas de faveleira (*Cnidocolus quercifolius* Pohl.) em função de doses de potássio e níveis de água**

### **RESUMO**

O presente estudo teve como objetivo investigar as trocas gasosas, o crescimento e a produção de biomassa de plantas jovens de faveleira adubadas com potássio e expostas a diferentes condições hídricas. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 4 repetições e duas plantas por unidade experimental, com os tratamentos arranjados em esquema fatorial 3 x 4, correspondendo a três doses de potássio (0 (controle), 97,5 e 195 mg dm<sup>-3</sup> K) e quatro níveis de água (100% (controle), 75% e 50% e 25% da capacidade de vaso (cv)). As plantas foram mantidas em sacos plásticos pretos contendo 5 kg de solo, durante 150 dias. Elevação nas doses de potássio promoveu aumento no potencial hídrico foliar, condutância estomática e taxas de transpiração e de fotossíntese. No entanto, não houve influência da adubação potássica na altura, diâmetro, área foliar e produção de massa seca das plantas, exceto nas raízes. Redução nos níveis de água reduziu o potencial hídrico foliar, os parâmetros estomáticos, o crescimento e a produção de massa seca das plantas. Recomenda-se o nível de umidade do substrato de 75% da capacidade de vaso na fase inicial de crescimento das mudas de faveleira.

**Palavras-chave:** nutrição mineral, regime hídrico, trocas gasosas.

## **Stomatal behavior and growth of cassava plants (*Cnidocolus quercifolius* Pohl.) As a function of potassium doses and water levels**

### **ABSTRACT**

This study aimed to investigate the gas exchange, growth and biomass production of *faveleira* saplings fertilized with potassium and exposed to different water conditions. The experiment was conducted in a completely randomized design, with 4 replications and two plants per experimental unit, with treatments arranged in factorial scheme 4 x 3, corresponding to three doses of potassium (0 (control), 97.5 and 195 mg dm<sup>-3</sup> K) and four levels of water (100% (control), 75% and 50% and 25% of pot capacity (cv)). The plants were kept in black plastic bags containing 5 kg of soil, for 150 days. Increase in potassium doses promoted rise in leaf water potential, stomatal conductance, and transpiration and photosynthetic rates. However, there was no influence of potassium fertilizer on height, diameter, leaf area and dry matter production of plants, except in the roots. Reduction in water levels reduced leaf water potential, the parameters stomatal, growth and dry matter production of plants. It is recommended that the substrate moisture level of 75% of the vessel capacity in the early growth stages of *faveleira* saplings.

**Keywords:** mineral nutrition, water regime, gas exchange.

## 1 INTRODUÇÃO

A região semiárida do Brasil caracteriza-se pela distribuição irregular das chuvas e temperaturas elevadas, tendo como principal componente vegetacional a Caatinga. Neste tipo de vegetação, as plantas estão totalmente adaptadas às condições edafo-climáticas da região, suportando longos períodos de estiagem, havendo a predominância de árvores de baixo porte e arbustos, os quais apresentam, na sua maioria, completa caducifolia durante todo o período seco do ano.

A baixa disponibilidade de água para as plantas, gerando estresse hídrico moderado ou severo, amplamente relatado em inúmeras espécies vegetais, provoca mudanças na morfologia e fisiologia do vegetal, interferindo em vários processos metabólicos (LARCHER, 2004; PINHEIRO; CHAVES, 2011). À medida que a água vai se tornando cada vez menos disponível para as raízes das plantas, ocorre redução no potencial hídrico celular e, conseqüentemente, na turgescência das mesmas. Como consequência, mecanismos de fechamento estomático são desencadeados, reduzindo a perda de água por transpiração (FANAIEI et al., 2009; SCALON et al., 2011; VALADARES; PAULA; PAULA, 2014). No entanto, tal estratégia causa prejuízos na assimilação fotossintética do carbono, reduzindo a atividade da Rubisco, resultando em baixa produção de assimilados. Por conseguinte, há diminuição na área foliar e no crescimento das plantas (VANDOORNE et al., 2012; VALADARES; PAULA; PAULA, 2014; PADILHA et al., 2016).

Os efeitos do déficit hídrico não residem apenas nos aspectos estomáticos, pois danos na estrutura das membranas dos tilacoides também podem ocorrer (DIAS; BRÜGGERMANN, 2010); redução no transporte de elétrons no fotossistema II (LIMA; JARVIS; RHIZOPOULOU, 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).

O potássio, elemento essencial às plantas, é o cátion mais abundante nas células e com maior participação na osmorregulação celular, influenciando o crescimento e o alongamento celular e, conseqüentemente, o crescimento vegetal (MARSCHNER, 1995). Além disso, participa diretamente da fotossíntese, fotofosforilação oxidativa e na ativação de proteínas (MARSCHNER, 1995; SANTIAGO; WRIGHT, 2007), e sua adição às plantas tem o potencial de aumentar a fotossíntese, por elevar a eficiência fotossintética e o controle estomático (PASQUINI; SANTIAGO, 2012). Em virtude do seu papel no ajustamento osmótico celular, está diretamente relacionado à resistência das plantas ao estresse hídrico

(TAIZ; ZEIGER, 2013). Apesar de sua importância, o número de pesquisas em relação ao seu fornecimento às plantas, principalmente as espécies arbóreas nativas, em comparação com o N e o P, é reduzido. Tais informações são cruciais para se conhecerem as exigências dessas espécies e a possibilidade de aumentar a sua tolerância às condições hídricas adversas, principalmente na fase de mudas.

A faveleira (*Cnidoscolus quercifolius* Pohl.), da família Euphorbiaceae, uma das espécies vegetais mais representativas da Caatinga, possui amplo espectro de utilização, principalmente na alimentação animal como forragem. Não obstante sua reconhecida tolerância à seca, poucas pesquisas têm sido desenvolvidas no sentido de verificar os aspectos dessa tolerância, principalmente em relação ao comportamento fisiológico sob condições de reduzida disponibilidade hídrica.

Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo investigar as trocas gasosas, o crescimento e a produção de biomassa de plantas jovens de faveleira expostas a diferentes condições hídricas e adubadas com potássio.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em ambiente telado, no Viveiro Florestal do Centro de Saúde e Tecnologia Rural da Universidade Federal de Campina Grande (CSTR/UFCG), Patos-PB, nas coordenadas geográficas 7°03'34" S e 37°12'30" O.

O solo utilizado no experimento foi coletado na Fazenda Nupeárido, pertencente à UFCG, destorroado e peneirado e submetido à análise física e de fertilidade, no Laboratório de Análise de Solo e Água da UFCG (Quadro 1).

Antes da sementeira, o substrato foi adubado com 50 mg de N e 250 mg de P, para cada  $\text{dm}^{-3}$  de substrato (FURTINI NETO et al., 1999). A adubação potássica foi realizada de acordo com os tratamentos, sendo metade da dose aplicada na cobertura e o restante, trinta dias após.

Após a quebra da dormência tegumentar utilizando-se uma lixa, as sementes foram semeadas em sacos plásticos pretos (28 cm de altura e 15 cm de largura), contendo 5 kg de solo (3 sementes por saco), realizando-se o desbaste quinze dias após a emergência (DAE), deixando-se apenas uma planta, quando a mesma apresentasse boas características tais como altura, diâmetro, vigor e posição central de saco.

As plantas foram irrigadas uma vez por dia, procurando-se manter a umidade do substrato próxima a 100% da capacidade de vaso (cv), a qual foi determinada submergindo-se

cinco vasos em um balde com água, até que fosse observado o encharcamento do substrato. Em seguida, os mesmos foram retirados até completa lixiviação e, logo após, submetidos à pesagem. Esse valor correspondeu ao peso dos mesmos com 100% da cv e, baseando-se nele, foram determinados os outros níveis de água a serem avaliados.

**Quadro 1** – Análise química e física do solo a ser utilizado no experimento

Característica	Unidade	Valor
pH (CaCl <sub>2</sub> 0,01 M)	-	5,0
P	µg dm <sup>-3</sup>	4,5
Ca	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	5,1
Mg	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	1,9
K	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,17
Na	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,57
H + Al	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	3,1
CTC	%	10,84
V	%	71,4
Análise física		
Areia	g kg <sup>-1</sup>	780
Silte	g kg <sup>-1</sup>	100
Argila	g kg <sup>-1</sup>	120
Classificação textural	-	Areia franca

Fonte - Ramos (2017).

Decorridos trinta dias do desbaste (45 DAE), foram iniciados os tratamentos, consistindo de um esquema fatorial 3 x 4, correspondendo a três doses de potássio (0 (controle), 97,5 e 195 mg dm<sup>-3</sup> K) e quatro níveis de água (100% (controle), 75% e 50% e 25% da capacidade de vaso (cv)). O experimento foi distribuído em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 4 repetições e duas plantas por unidade experimental.

No dia do início dos tratamentos, 4 plantas foram coletadas para as determinações de altura (A), diâmetro do caule (D), determinado ao nível do solo, respectivamente, com auxílio de régua graduada e paquímetro digital. Em seguida, as folhas foram coletadas para a determinação da área foliar (AF). Para isto, as folhas foram digitalizadas em *scanner* de mesa e através do uso do software DDA (Determinador Digital de Áreas) (FERREIRA; ROSSI; ANDRIGHETTO, 2008). Após a digitalização, as mesmas foram acondicionadas em sacos de papel, bem como o caule e as raízes, sendo levadas para secagem em estufa a 65 °C, durante 72 horas. Em seguida, foram submetidas à pesagem para a determinação do peso da matéria

seca destes componentes. Esse mesmo procedimento foi realizado aos 150 DAE. De posse dos valores de altura inicial (45 DAE) e final (150 DAE), determinou-se a Taxa de crescimento absoluto (TCA), através da equação  $TCA = (Altura\ final - altura\ inicial)/tempo$ .

Através do analisador portátil de fotossíntese LCpro-SD (ADC BioScientific Ltd.), foram medidas a taxa de transpiração ( $E$ ), a condutância estomática ( $g_s$ ), a taxa de fotossíntese ( $A$ ) e, a concentração interna de  $CO_2$  ( $C_i$ ). Essas leituras foram realizadas em folhas completamente expandidas inseridas no segundo nó a partir do ápice das plantas, entre 9:00 e 10:00 horas da manhã. De posse dos valores de  $A$  e  $E$ , foi calculada a Eficiência no uso da água ( $EUA$ ) e com os dados de  $A$  e  $C_i$ , a eficiência de carboxilação ( $A/C_i$ ). A radiação fotossinteticamente ativa (PAR) do equipamento foi ajustada para  $1200\ \mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$ . Após as avaliações estomáticas, as folhas foram colhidas para a determinação do potencial hídrico foliar utilizando-se a bomba de pressão (SCHOLANDER et al., 1965).

Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o software ASSISTAT versão 7.7 (SILVA; AZEVEDO, 2002).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### Comportamento estomático

Houve efeito significativo dos níveis de água nos parâmetros avaliados, exceto para a temperatura foliar, concentração interna de  $CO_2$  ( $C_i$ ) e Eficiência no uso da água ( $EUA$ ). O fornecimento de potássio não influenciou o crescimento das plantas, com exceção do peso da massa seca das raízes. Não foi verificada interação significativa entre os tratamentos.

Ocorreu aumento no potencial hídrico foliar ( $\Psi_w$ ) à medida que se elevou a dose de K, evidenciando então que esse íon foi essencial para a manutenção de valores de potencial hídrico adequados às plantas, independente da dose utilizada (Tabela 1), uma vez que o mesmo atua como agente osmótico, garantindo a manutenção da absorção de água pelas plantas (SILVA et al., 2013).

Esse aumento no  $\Psi_w$  foi acompanhado por incremento nos valores de  $E$  de 2,96 para 5,32, respectivamente, nos tratamentos 0 e 195  $mg\ dm^{-3}\ K$ , correspondendo a um acréscimo de 80% na transpiração. Em relação à  $g_s$ , também ocorreu elevação, com um incremento de 45%, comportamento semelhante ao verificado em  $A$ , o qual aumentou 47%, quando se

comparam as plantas não adubadas com K com as que receberam a mais dose desse nutriente. Efeitos positivos da adição de K, elevando os valores de  $g_s$ ,  $E$  e  $A$ , foram ratificados por Pasquini; Santiago (2012), em plantas de *Alseis blackiana*, indicando que o funcionamento estomático é afetado pela disponibilidade de nutrientes. Esses autores comentam ainda que incremento na fotossíntese tem um papel importante no crescimento de plântulas e mudas em resposta à fertilização.

**Tabela 1** - Potencial hídrico foliar ( $\Psi_w$ ), taxa de transpiração ( $E$ ), condutância estomática ( $g_s$ ) e taxa de fotossíntese ( $A$ ) das plantas de faveleira em função das doses de K e níveis de água avaliados

Doses de K (mg dm <sup>-3</sup> )	$\Psi_w$ (MPa)	$E$ (mmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	$g_s$ (mol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	$A$ ( $\mu$ mol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )
0	- 1,25 b	2,96 b	0,11 b	4,84 b
97,5	- 0,91 a	4,58 a	0,13 ab	6,25 a
195	- 0,81 a	5,32 a	0,16 a	7,11 a
Níveis de água				
(% cv)				
100	- 0,84 a	5,12 a	0,17 a	7,61 a
75	- 0,82 a	5,16 a	0,17 a	7,88 a
50	- 0,94 b	3,44 b	0,10 b	5,02 b
25	- 1,51 c	3,40 b	0,08 b	3,75 b

Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).  
**Fonte** – Ramos (2017).

Quanto aos tratamentos hídricos, ocorreu redução no  $\Psi_w$  à proporção que os níveis de água fornecidos às plantas diminuía, interferindo negativamente no comportamento dos estômatos (Tabela 1). Comparando-se os tratamentos que receberam as maiores quantidades de água, nota-se que não houve diferença significativa nos valores de  $E$ ,  $g_s$  e  $A$ , evidenciando que a fisiologia dos estômatos das plantas de faveleira não foi alterada com a redução do nível de água de 100% para 75%cv. No entanto, abaixo desse valor, teve início o fechamento dos estômatos, sendo que, no menor nível de água aplicado (25%cv), os valores de  $E$ ,  $g_s$  e  $A$  corresponderam, respectivamente, a 66%, 47% e 47% dos verificados no tratamento com os maiores valores (75%cv). Percebe-se, então, que  $g_s$  e  $A$  das plantas mostraram-se mais sensíveis ao déficit hídrico do que  $E$ .

A estreita relação entre a quantidade de água e os processos fisiológicos controlados pelos estômatos é bem estabelecida na literatura especializada. A diminuição na disponibilidade de água para as plantas promove redução no potencial hídrico foliar, comprometendo a turgescência celular, inclusive das células-guarda dos estômatos, promovendo o fechamento destes (FLEXAS; MEDRANO, 2002; FLEXAS et al., 2004). Esse processo constitui-se, de acordo com Chaves; Flexas e Pinheiro (2009), uma das respostas primárias das plantas ao déficit hídrico. Com isso, a transpiração é reduzida, o que pode representar uma estratégia das plantas para evitar a desidratação excessiva dos seus tecidos (ALBUQUERQUE et al., 2013), a qual pode afetar negativamente diversos processos metabólicos, levando inclusive à morte das mesmas.

A diminuição na condutância estomática é uma ferramenta para avaliar o grau de estresse hídrico ao qual a planta está submetida devido, à sua sensibilidade a alterações no status hídrico das plantas (EKSTEEN et al., 2013), podendo ser utilizada na melhoria genética visando ao aumento na produtividade em condições de seca (PITA et al., 2005).

A limitação estomática às trocas gasosas tem reflexos diretos na fotossíntese por reduzir a disponibilidade de CO<sub>2</sub> à enzima ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase/oxigenase (Rubisco) (PINHEIRO; CHAVES, 2011; SIRCELJ et al., 2007; PITA et al., 2005; CHAVES; MAROCO; PEREIRA, 2003), afetando a sua atividade (PARRY et al., 2002). No entanto, esse processo também pode ser afetado por fatores não-estomáticos, como danos ao sistema fotossintético, devido à desestruturação das membranas dos tilacoides (DIAS; BRÜGGERMANN, 2010); redução no transporte de elétrons no PSII (fotossistema II), 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).

Dentre as metodologias adotadas para simular as condições de déficit hídrico, estão a suspensão da irrigação e o fornecimento de uma determinada quantidade de água às plantas. Avaliando a suspensão da irrigação em plantas de mangaba (*Hanconia speciosa*), Scalon et al. (2015) verificaram redução em  $A$ ,  $E$ ,  $g_s$  e  $A/C_i$  à medida que o número de dias de estresse hídrico aumentava. Nesta mesma linha de pesquisa, resultados semelhantes foram obtidos em *Myracrodruon urundeuva* Allemao (COSTA et al., 2015), *Eucalyptus* sp (VALADARES et al., 2014), *Tabebuia aurea* (OLIVEIRA; GUALTIERI; BOCCHESI, 2011); *Hevea brasiliensis* (CHEN et al., 2010) e *Garapa guianensis* (COSTA; MARENCO, 2007).

## Parâmetros de crescimento

Não foi verificado efeito significativo da adubação potássica nos parâmetros analisados, exceto na massa seca das raízes. Em relação aos tratamentos hídricos, a redução na disponibilidade de água para as plantas promoveu redução progressiva em todos os parâmetros analisados.

A deficiência hídrica imposta pela diminuição no fornecimento de água foi mais prejudicial à altura das plantas do que ao diâmetro do coleto (Tabela 2). Quando se forneceu água ao nível de 75%, 50% e 25%cv, a altura das plantas correspondeu a 79%, 68% e 55% da obtida nas plantas do tratamento controle, respectivamente. Nessa mesma linha de raciocínio, o diâmetro do coleto foi de 90%, 86% e 75%. Dessa forma, o déficit hídrico acarretou a produção de plantas menores, porém mais vigorosas devido ao maior diâmetro do coleto.

**Tabela 2** - Altura (H), diâmetro do coleto (D), área foliar (AF) e taxa de crescimento absoluto (TCA) das plantas de faveleira em função dos níveis de água avaliados

Níveis de água (% cv)	H (cm)	D (mm)	Área foliar (cm <sup>2</sup> planta <sup>-1</sup> )	TCA (cm dia <sup>-1</sup> )
100	20,2 a	10,9 a	925,8 a	0,09 a
75	16,0 b	9,8 b	706,4 b	0,06 b
50	13,7 c	9,4 b	699,9 b	0,05 c
25	11,2 d	8,2 c	435,0 c	0,03 d

Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).  
**Fonte** – Ramos (2017).

Quanto à área foliar, a redução na disponibilidade hídrica reduziu drasticamente esse componente (Tabela 2). As plantas submetidas a 75%cv e 50%cv apresentaram redução de 25% na área foliar, em comparação com as plantas do tratamento controle (100%cv) à maior restrição hídrica produziram menos da metade da área foliar das plantas do tratamento controle. Como reflexo dessa reduzida área foliar e conseqüentemente da fotossíntese, a taxa de crescimento (TCA) foi extremamente baixa. As plantas que receberam apenas 25% cv apresentaram cerca de 1/3 da TCA das plantas bem irrigadas (100%cv).

Os efeitos da redução na disponibilidade hídrica no crescimento das plantas são bastante relatados na literatura, sendo que o grau de injúria varia com a espécie vegetal e o

nível de água estudado. Em plantas de mutambo (*Guazuma ulmiflora* Lam.), Scalon et al. (2011) verificaram redução de 50% na altura das plantas nos tratamentos com menor disponibilidade de água (25% da capacidade de campo (cc) e 12,5%cc), em comparação com os tratamentos 100%cc e 50%cc, aos 35 dias de tratamento hídrico. Esses autores constatam ainda que o diâmetro do caule das mudas mantidas a 12,5%cc reduziu pela metade, em relação aos tratamentos citados anteriormente, também aos 35 dias. Igualmente, Cabral; Barbosa; Simabukuro (2004) observaram, em *Tabebuia aurea*, que a maior altura foi obtida no tratamento 100%cc, em comparação com os tratamentos 50% e 25%cc. Em mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.), Nascimento et al. (2011) verificaram que as plantas submetidas a estresse severo (25% da capacidade de pote (CP)) tiveram seu crescimento em altura reduzido em 42,17% em relação ao tratamento controle (100% CP).

Não foi verificada diferença significativa entre os tratamentos 100%cv e 75%cv, na massa seca total das folhas e das raízes (Tabela 3). No entanto, redução na quantidade de água fornecida às plantas foi acompanhada por diminuição na produção de massa seca, sendo o caule mais prejudicado, seguido dos compartimentos parte aérea, raízes e folhas, com índices de redução de 75%, 63%, 60% e 41%, respectivamente, quando se comparam as plantas do tratamento 25%cv com as do controle (100%cv).

**Tabela 3** – Peso da massa seca do caule, de folhas, da parte aérea, das raízes e massa seca total de plantas de faveleira em função dos níveis de água

Níveis de água (% cv)	Peso da massa seca (g)				
	Caule	Folhas	Parte aérea	Raízes	Total
100	5,3 a	2,9 a	8,2 a	82,9 a	91,1 a
75	3,2 b	2,6 a	5,8 b	77,8 a	83,6 a
50	2,7 b	2,3 b	5,0 b	39,9 b	44,9 b
25	1,3 c	1,7 b	3,0 c	33,5 b	36,5 b

Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).  
Fonte – Ramos (2017).

Submetendo plantas de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.) a diferentes regimes hídricos, Santiago; Nogueira; Lopes (2001) constataram redução na massa seca de todos os compartimentos avaliados. Comportamento semelhante foi verificado por Silva; Nogueira

(2003), em plantas de *Mimosa caesalpiniiifolia*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Prosopis juliflora* e *Tabebuia aurea*. Em plantas de jatobá (*H. courbaril* L.), Nascimento et al. (2011) verificaram que o estresse hídrico afetou significativamente a produção de massa seca das plantas. Além disso, perceberam que, quando as plantas foram submetidas ao nível de água de 25% CP (capacidade de pote), ocorreu diminuição na massa seca de folhas, caule, raízes e total, que foi de 77%, 71%, 70% e 70%, respectivamente, quando comparado ao tratamento 100% CP. Moraes; Freitas (2012) constataram restrição na altura, área foliar, comprimento das raízes e na biomassa de plantas de *Acacia longifolia* irrigadas a cada dez dias, em comparação com aquelas irrigadas duas vezes por semana.

Os efeitos prejudiciais na área foliar podem ser, segundo Beemster et al. (2005), devido a alterações na proliferação e subsequente expansão das células formadoras de novas folhas, no meristema apical. Isso resulta em declínio na produção e translocação de assimilados para as regiões de crescimento (LUDLOW; MUCHOW, 1990; LARCHER, 2004).

A redução no crescimento das plantas em decorrência do déficit hídrico é decorrente da queda na turgescência das células, acarretando diminuição no alongamento e, conseqüentemente, na multiplicação celular (SHAO et al., 2008; PADILHA et al., 2016). Entretanto, essa inibição do crescimento pode ajudar a planta a economizar e melhor distribuir os recursos (carboidratos) que se tornam escassos em condições de estresse hídrico (SKIRYCZ; INZÉ, 2010; MULLER et al., 2011).

Com a redução na quantidade de água fornecida às plantas e, conseqüentemente, no potencial hídrico foliar, ocorreu fechamento estomático, interferindo diretamente na abertura dos estômatos, com queda na transpiração, condutância estomática e taxa de fotossíntese (Tabela 1). Esses resultados explicam o fato da diminuição no crescimento (Tabela 2) e produção de matéria seca das plantas de faveleira (Tabela 3).

O fornecimento de potássio aumentou a produção de massa seca nas raízes (Tabela 4). Verificou-se elevação de 16% e 25% na biomassa seca das raízes das plantas que receberam 97,5 e 195 mg dm<sup>-3</sup> de K, respectivamente, em relação ao tratamento controle. Por proporcionar a manutenção da turgescência celular, o potássio, que atua como agente osmótico (SILVA et al., 2013), promoveu aumento na absorção de água, garantindo maior crescimento celular e acúmulo de massa seca nas raízes. Comportamento semelhante foi verificado em mudas de *Eucaliptus grandis*, por Silva (2003), e em plantas de *Spondias tuberosa*, por Neves et al. (2007).

**Tabela 4** - Peso da massa seca das raízes de plantas de faveleira em função das doses de potássio

Dose de K (mg dm <sup>-3</sup> )	Peso seco raiz
0	49.7 c
97,5	58.9 b
195	67.1 a

Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

Fonte – Ramos (2017).

#### 4 CONCLUSÕES

O uso de potássio favoreceu o potencial hídrico foliar e as trocas gasosas das plantas, porém não favoreceu o crescimento das plantas, exceto as raízes.

A diminuição no fornecimento de água reduziu o potencial hídrico foliar, interferindo diretamente no comportamento estomático das plantas, promovendo redução no crescimento das plantas de faveleira. No entanto, pode-se fornecer água até 75%cv, pois, abaixo desse valor, as plantas podem entrar em estresse hídrico.

#### REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, M. P. F.; MORAES, F. K. C.; SANTOS, R. I. N.; CASTRO, G. L. S.; RAMOS, 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.
- BEEMSTER, G. T. S.; DE VEYLDER, L.; VERCRUYSSSE, S.; WEST, G.; ROMBAUT, D.; Van HUMMELEN, P.; GALICHET, A.; GRIUISSEM, W.; INZÉ, D.; VUYLSTEKE, M. Genome-wide analysis of gene expression profiles associated with cell cycle transition in growing organs of Arabidopsis. **Plant Physiology**, v. 138, p. 734-743, 2005.
- 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.; FLEXAS, J. PINHEIRO, C. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. **Annals of Botany**, v. 103, n. 4, p. 551-560, 2009.

- 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.
- 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.; MARENCO, R. A. Fotossíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*). **Acta Amazonica**, 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.
- EKSTEEN, A. B.; GRZESKOWIAK, V.; JONES, M. B.; PAMMENTER, N. W. Stomatal characteristics of *Eucalyptus grandis* clonal hybrids in response to water stress. **Southern Forests: a Journal of Forest Science**, v. 75, n. 3, p. 105-111, 2013.
- FANAEI, H. R.; GALAVI, M.; KAFI, M.; BONJAR, A. G. Amelioration of water stress by potassium fertilizer in two oilseed species. **International Journal of Plant Production**, v. 3, n. 2, p. 41-54, 2009.
- FERREIRA, O. G. L.; ROSSI, F. D.; ANDRIGHETTO, C. **DDA - Determinador Digital de Áreas**: Software para determinação de área foliar, índice de área foliar e área de olho de lombo. Versão 2.0. Santo Augusto: IFFarroupilha. 2008.
- FLEXAS, J.; MEDRANO, H. Drought-inhibition of photosynthesis in C3 plants: stomatal and non-stomatal limitations revisited. **Annals of Botany**, v. 89, p. 183-189, 2002.
- 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, p. 269-279, 2004.
- FURTINI NETO, A. E.; RESENDE, A. V.; VALE, F. R.; FAQUIM, V.; FERNANDES, L.A. Acidez do solo, crescimento e nutrição mineral de algumas espécies arbóreas, na fase de muda. **Cerne**, Lavras, v. 5, n. 2, p. 1-12, 1999.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa Artes e Textos, 2004. 531 p.
- LIMA, W. P.; JARVIS, P.; RHIZOPOULOU, S. Stomatal responses of *Eucalyptus* species to elevated CO<sub>2</sub> concentration and drought stress. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 60, n. 2, p. 231-238, 2003.
- LUDLOW, M. M.; MUCHOW, R. C. A critical evaluation of traits for improving crop yields in water-limited environments. **Advances in Agronomy**, v. 43, p. 107-153, 1990.

- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition in higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889 p.
- MORAIS, M. C.; FREITAS, H. The acclimation potential of *Acacia longifolia* to water stress: Implications for invasiveness. **Plant Science**, v. 196, p. 77-84, 2012.
- MULLER, B.; PANTIN, F.; GÉNARD, M.; TURC, O.; FREIXES, S.; PIQUES, M.; GIBON, Y. Water deficits uncouple growth from photosynthesis, increase C content, and modify the relationships between C and growth in sink organs. **Journal of Experimental Botany**, v. 62, p. 1715-1729, 2011.
- NASCIMENTO, H. H. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; SILVA, E. C.; SILVA, M. A. Análise do crescimento de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em diferentes níveis de água no solo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 617-626, 2011.
- NEVES, O. S. C.; CARVALHO, J. G.; FERREIRA, E. V. O.; PEREIRA, N. V. Crescimento, nutrição mineral e nível crítico foliar de k em mudas de umbuzeiro, em função da adubação potássica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 636-642, 2007.
- 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.
- PARRY, M. A.; ANDRALOJC, P. J.; KHAN, S.; LEA, P. J.; KEYS, A. J. Rubisco activity: effects of drought stress. **Annals of Botany**, v. 89, p. 833-839, 2002.
- PASQUINI, S. C.; SANTIAGO, L. S. Nutrients limit photosynthesis in seedlings of a lowland tropical forest tree species. **Oecologia**, v. 168, p. 311-319, 2012.
- 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.
- PITA, P.; CAÑAS, I.; SORIA, F.; RUIZ, F.; TOVAL, G. Use of physiological traits in tree breeding for improved yield in drought-prone environments. The case of *Eucalyptus globulus*. **Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales**, v. 14, n. 3, p. 383-393, 2005.
- SANTIAGO, A. M. P.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; LOPES, E. C. Crescimento em plantas jovens de *Mimosa caesalpinifolia* Benth., cultivadas sob estresse hídrico. **Revista Ecosistema**, Espírito Santo do Pinhal, v. 26, n. 1, p. 23-30, 2001.
- SANTIAGO, L. S.; WRIGHT, S. J. Leaf functional traits of tropical forest plants in relation to growth form. **Functional Ecology**, v. 21, p. 19-27, 2007. doi: 10.1111/j.1365-2435.2006.01218.x

- SCALON, S. P. Q.; MUSSURY, R. M.; EUZÉBIO, V. L. M.; KODAMA, F. M.; KISSMANN, C. Estresse hídrico no metabolismo e crescimento inicial de mudas de mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 4, p. 655-662, 2011.
- SCALON, S. P. Q.; KODAMA, F. M.; DRESCH, D. M.; MUSSURY, R. M.; PEREIRA, Z. V. Gas exchange and photosynthetic activity in *Hancornia speciosa* Gomes seedlings under water deficit conditions and during rehydration. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 31, n. 4, p. 1124-1132, 2015.
- SCHOLANDER, P. F.; BRADSTREET, E. D.; HEMMINGSEN, E. A.; HAMMEL, H. T. Sap pressure in vascular plants. **Science**, v. 148, n. 3668, p. 339-346, 1965.
- SHAO, H. B; CHU, L. Y; JALEEL, C. A.; ZHAO, C. X. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. **Plant Biology and Pathology**, v. 331, p. 215-225, 2008. doi: 10.1016/j.crv.2008.01.002
- SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. Crescimento de quatro espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico em casa-de-vegetação. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 50, n. 288, p. 203-217, 2003.
- SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 4, n.1, p. 71-78, 2002.
- SILVA, P. M.C.; UCHÔA, S. C. P.; BARBOSA, J. B. F.; BASTOS, V.; ALVES, J. M. A.; FARIAS, L. C. Efeito do potássio e do calcário na qualidade de mudas de cedro doce (*Bombacopsis quinata*). **Revista Agro@ambiente**, Boa Vista, v. 7, n. 1, p. 63-69, 2013.
- SIRCELJ, H.; TAUSZB, M.; GRILL, D.; BATIC, F. Detecting different levels of drought stress in apple trees (*Malus domestica* Borkh.) with selected biochemical and physiological parameters. **Scientia Horticulturae**, v. 113, p. 362-369, 2007.
- SKIRYCH, A.; INZÉ, D. More than less: plant growth under limited water. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 21, p. 197-203, 2010.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.
- 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.
- VANDOORNE, 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.

---

**CAPÍTULO II - VARIAÇÃO SAZONAL NAS RELAÇÕES HÍDRICAS E  
TROCAS GASOSAS DE PLANTAS DE FAVELEIRA (*Cnidoscolus quercifolius*  
Pohl.) SOB CONDIÇÕES SEMIÁRIDAS**

---

**Variação sazonal nas relações hídricas e trocas gasosas de plantas de faveleira (*Cnidoscolus quercifolius* pohl.) sob condições semiáridas**

**RESUMO**

Este trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento fisiológico de plantas de faveleira crescidas em campo, em uma área de Caatinga, durante o período chuvoso e início do período seco. Plantas adultas crescidas na Fazenda Experimental Nupeárido, da Universidade Federal de Campina Grande, *Campus* de Patos, Paraíba, Brasil, foram selecionadas para serem avaliadas durante os meses de março e abril (período chuvoso) e maio e junho (período seco), no ano de 2016. Foram avaliados o teor de umidade do solo, potencial hídrico ( $\psi_w$ ), potencial osmótico ( $\psi_\pi$ ), teor relativo de água (*TRA*), condutância estomática (*gs*), taxa de transpiração (*E*), taxa fotossintética (*A*), concentração intercelular de CO<sub>2</sub> (*Ci*), eficiência instantânea no uso da água (*EUAi*) e eficiência de carboxilação (*A/Ci*). A redução na disponibilidade de água no solo promoveu acentuado decréscimo no potencial hídrico do solo, o qual foi mais afetado do que o teor relativo de água. A abertura dos estômatos foi afetada pela diminuição no teor de umidade do solo, reduzindo a condutância estomática, taxa de transpiração, taxa de fotossíntese, eficiência instantânea no uso da água e a eficiência de carboxilação. A fotossíntese foi mais afetada do que a transpiração pela redução no teor de umidade do solo.

**Palavras-chave:** Tolerância à seca, Caatinga, comportamento estomático.

**Seasonal changes in water relations and gas exchange of *faveleira* (*Cnidoscolus quercifolius* Pohl) under semiarid conditions**

**ABSTRACT**

This work aimed to evaluate the physiological behaviour of *faveleira* plants grown in the field, in an area of *Caatinga*, during the rainy season and early dry period. Adult plants grown in the Nupeárido Experimental Farm, at the Federal University of Campina Grande, Patos, Paraíba, Brazil, were selected for evaluation during the months of March and April (wet season) and May and June (dry season), in the year 2016. We evaluated the soil moisture content, water potential ( $\psi_w$ ), osmotic potential ( $\psi_\pi$ ), relative water content (*RWC*), stomatal conductance (*gs*), transpiration rate (*E*), photosynthetic rate (*A*), intercellular CO<sub>2</sub> concentration (*Ci*), instantaneous water use efficiency (*A/E*) and carboxylation efficiency (*A/Ci*). The reduction in water availability in the soil promoted a marked decrease in soil water potential, which was more affected than the relative water content. The opening of the stomata was affected by the decrease in soil moisture content, reducing the stomatal conductance, transpiration rate, photosynthesis rate, instantaneous water use efficiency and carboxylation efficiency. The photosynthesis was more affected than transpiration by reduction in soil moisture content.

**Key words:** drought tolerance, Caatinga, stomatal behavior

## 1 INTRODUÇÃO

O semiárido nordestino, ocupando uma área de 969.589,4 km<sup>2</sup>, equivalente a 62,1% da região Nordeste do Brasil, apresenta o clima como fator de destaque, o qual é responsável pela variabilidade de fatores que compõem as paisagens da região (ARAÚJO, 2011). Apresenta como principal componente vegetacional o Bioma Caatinga, que abrange 844.453 km<sup>2</sup>, correspondendo a 9,92% do território brasileiro (IBGE, 2010).

A região semiárida onde a Caatinga ocorre é caracterizada por apresentar altas temperaturas e elevadas taxas de evaporação, com precipitação distribuída geralmente entre quatro a seis meses do ano, de maneira desuniforme. A pluviosidade varia de ano a ano, sendo que, historicamente, tem sido constatado que, em intervalos de dez a vinte anos, cai para menos da metade da média, por vezes, durante três a cinco anos seguidos, num fenômeno denominado de “seca” (VELOSO; SAMPAIO; PAREYN, 2002).

Aliado a esses fatores climáticos, os solos da região são geralmente rasos e pedregosos, com baixa capacidade de retenção de umidade, criando condições adversas para a sobrevivência das espécies vegetais. Apesar desses fatores, a Caatinga possui uma diversidade de ambientes, com vegetação geralmente caducifólia, xerófila e, às vezes, espinhosa (VELOSO; SAMPAIO; PAREYN, 2002). Tais plantas, sujeitas a essas condições ambientais que poucas suportariam, desenvolveram diferentes estratégias de sobrevivência, habilitando-as para competir pelos escassos recursos hídricos (DOMBROSKI et al., 2011).

A faveleira (*Cnidoscolus quercifolius* Pohl.) é uma oleaginosa, xerófila, caducifólia, pertencente à família Euphorbiaceae (MAIA, 2004; LORENZI, 1998), com potencial de uso para diversos fins, como na recuperação de áreas degradadas, produção de biodiesel, lenha e na alimentação animal e humana, medicina, serraria e energia, dentre outros (MAIA, 2004).

Nos últimos anos, tem aumentado o número de pesquisas desenvolvidas visando compreender as estratégias ecofisiológicas das espécies da Caatinga sob condições de baixa disponibilidade hídrica, principalmente na fase inicial de crescimento (SILVA; NOGUEIRA, 2003; CABRAL et al., 2004; SILVA et al., 2004). Entretanto, os estudos em campo são escassos e, em virtude de uma melhor integração das condições ambientais e as respostas fisiológicas as plantas, tais estudos possibilitam a obtenção de dados mais consistentes do que se fossem realizados em laboratório (LACHEVEQUE et al., 2011; RYAN, 2011).

É notória a escassez de informações acerca da fisiologia de indivíduos adultos de faveleira *in loco*, e a obtenção de tais dados possibilitaria a ampliação de conhecimentos sobre esse bioma tão negligenciado do ponto de vista conservacionista e científico, visando ao

desenvolvimento de estratégias que possibilitem melhor exploração de suas potencialidades. Dessa forma, desenvolveu-se este trabalho com o objetivo de avaliar o comportamento fisiológico de plantas dessa espécie crescidas em campo, durante o período chuvoso e início do período seco.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido entre março e junho de 2016, em um povoamento de faveleira com aproximadamente 15 anos de idade, localizado na Fazenda Experimental NUPEÁRIDO, do Centro de Saúde e Tecnologia Rural (CSTR) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Patos, Paraíba, Brasil, localizado nas coordenadas geográficas de 7°04'54"S e 30°16'12"S, altitude 242m.

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo BS'h', semiárido, com temperatura média anual superior a 25°C e índice pluviométrico médio anual inferior a 1.000 mm/ano, com chuvas irregulares (INSA, 2012).

Os dados de temperatura (máxima e mínima), precipitação e umidade relativa do ar, durante os meses de janeiro a julho de 2016, estão no Quadro 1.

**Quadro 1** – Dados meteorológicos observados na cidade de Patos-PB, no período de janeiro a julho de 2016

Meses	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Precipitação (mm)	Umidade relativa (%)
Janeiro	33,6	22,2	142,5	64,9
Fevereiro	34,6	21,8	82,9	61,2
Março	36,2	22,5	214,7	61,8
Abril	33,9	22,7	45,5	66,9
Mai	34,5	22,4	22,1	61,2
Junho	32,9	22,0	13,7	61,7
Julho	33,8	21,3	0,0	49,5

Fonte - Inmet (2016).

O solo da área experimental é Neossolo litólico, classe textural Areia franca, e apresentava as seguintes características físicas e de fertilidade, na profundidade de 0-50 cm (Quadro 2).

**Quadro 2** – Análise química e física do solo

Característica	Unidade	Valor
Análise química		
pH (CaCl <sub>2</sub> 0,01 M)	-	5,0
P	µg dm <sup>-3</sup>	4,5
Ca	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	5,1
Mg	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	1,9
K	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,17
Na	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,57
H + Al	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	3,1
CTC	%	10,84
V	%	71,4
Análise física		
Areia	g kg <sup>-1</sup>	780
Silte	g kg <sup>-1</sup>	100
Argila	g kg <sup>-1</sup>	120
Classificação textural	-	Areia franca

Fonte - Ramos (2017).

O experimento foi distribuído em blocos casualizados (DBC), com parcelas subdivididas (2 x 4), em que a parcela principal correspondeu ao período do ano (chuvoso e seco) e as subparcelas aos meses avaliados (março, abril, maio e junho), com 4 repetições, sendo que cada planta correspondeu a uma repetição. As avaliações foram realizadas em três folhas por repetição.

As avaliações foram realizadas em 23 de março e 22 de abril de 2016 (época chuvosa), 23 de maio e 25 de junho (época seca). O ano de 2016 foi considerado de seca, o que vinha ocorrendo desde o ano de 2013. Em função da baixa pluviosidade registrada e da constatação do início da abscisão foliar nas plantas de faveleira, os meses de maio e de junho foram aqui considerados como pertencentes à época seca. Percebeu-se que, em junho, as plantas de faveleira apresentavam intensa abscisão foliar, mantendo apenas cerca de metade da folhagem.

Utilizando-se o analisador portátil de fotossíntese LCpro-SD (ADC BioScientific Ltd.), foram medidas a condutância estomática (gs), taxa de transpiração (*E*), taxa de fotossíntese (*A*) e a concentração interna de CO<sub>2</sub> (*C<sub>i</sub>*). Essas leituras foram realizadas entre 9:00 e 11:00 horas da manhã, em folhas completamente expandidas (três folhas por planta), em bom estado fitossanitário, na porção mediana da copa das plantas. Essas medições foram

realizadas sob luz saturante, com densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos de  $1200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , e sob temperatura e concentração de  $\text{CO}_2$  ambientes. Quando não era possível realizar todas as medições no mesmo dia, em virtude do horário estabelecido, as mesmas continuavam no dia seguinte.

De posse dos valores de  $A$  e  $E$ , foi calculada a Eficiência instantânea no uso da água ( $EUA_i$ ) e, com os dados de  $A$  e  $C_i$ , a eficiência de carboxilação ( $A/C_i$ ).

Após as avaliações estomáticas, as folhas foram coletadas, envoltas em papel alumínio e colocadas em caixa de isopor contendo gelo, com a finalidade de reduzir ao máximo a perda de água, até que fossem levadas ao laboratório para determinações do potencial hídrico foliar, a qual foi realizada utilizando-se a bomba de pressão (SCHOLANDER et al., 1965), potencial osmótico (BAGATTA; PACIFICO; MANDOLINO, 2008) e do teor relativo de água ( $TRA$ ). Este foi determinado usando-se discos foliares, calculado através da fórmula  $TRA = [(PF - PS)/(PT - PS)] \times 100$  (WHEATERLEY, 1950), sendo que PF, PS e PT correspondem, respectivamente, ao peso fresco, peso seco e peso túrgido dos discos. Para a determinação do potencial osmótico, as folhas foram armazenadas em freezer ( $-5 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Após descongelamento, foram maceradas em almofariz, e o extrato foi submetido à centrifugação (3.000 rpm, por 5 minutos). Em seguida, 2,5 mL do sobrenadante foram colocados em tubos para determinação da osmolaridade em Osmômetro PZL 1000. A transformação de mosmol  $\text{kg}^{-1}$  para MPa foi feita usando-se a equação  $PO \text{ (MPa)} = -c \text{ (mosmol/kg)} \times 2.58 \times 10^{-3}$ , onde PO é potencial osmótico e  $c$  é a osmolaridade da seiva (BAJJI et al., 2001).

Nas mesmas datas em que as avaliações acima foram realizadas, foram coletadas amostras de solo (profundidade de 0-20 cm), em número de quatro repetições, para a determinação do teor de umidade do solo pelo método gravimétrico, segundo metodologia da Embrapa (1997).

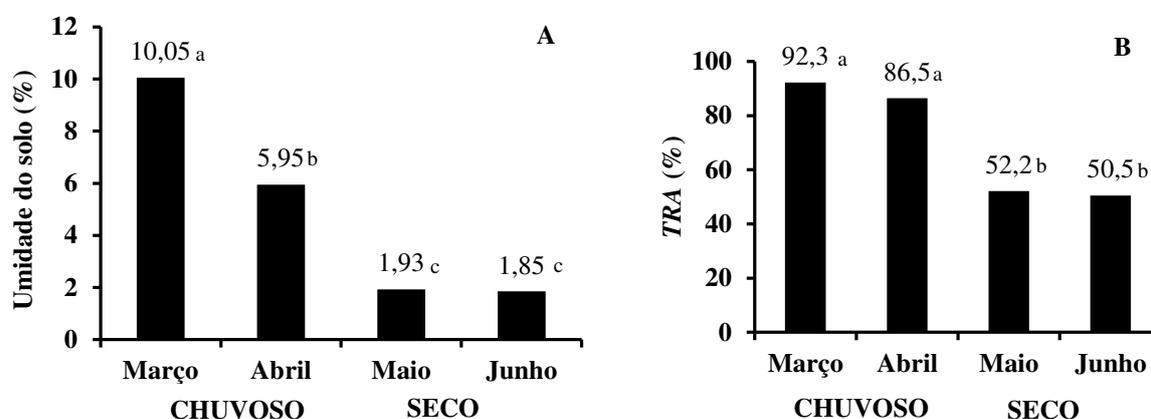
Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o software ASSISTAT versão 7.7 (SILVA; AZEVEDO, 2002).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise estatística, houve diferença estatística significativa a 5% entre os períodos, em todos os parâmetros avaliados.

## - Relações hídricas

A umidade do solo mais alta foi verificada no mês de março (10,05%), decrescendo para 5,95% no mês de abril (Figura 1A), apesar da ocorrência de chuvas. Possivelmente, isso deve ser decorrente das características do solo da área (Neossolo Litólico), o qual é pedregoso e com baixa retenção de umidade. Nos meses seguintes, com a diminuição na precipitação, a umidade do solo chegou a 1,83% em junho. Esse valor representa redução de 82%, enquanto que a precipitação caiu de 214,7mm, em março, para 13,7mm, em junho, ou seja, apenas 6,4% do valor observado.



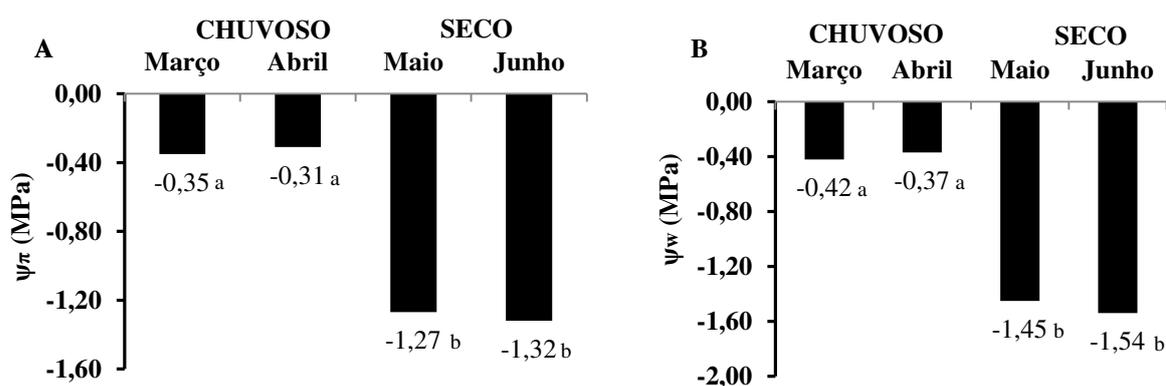
**Figura 1.** Teor de umidade do solo da área experimental (A) e teor relativo de água foliar (B), nos dois períodos do ano avaliados. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

Apesar do decréscimo na umidade do solo, verificado de março para abril, o *TRA* das plantas permaneceu elevado, sem diferença estatística entre essas avaliações (Figura 1B), no período chuvoso. Entretanto, como resposta direta da queda na precipitação e, conseqüentemente, no teor de umidade do solo, nos meses de maio e junho, ocorreu forte retração na hidratação dos tecidos, e o *TRA* atingiu valor médio de 51%. Conforme Prado (2010), valores de *TRA* entre 85 e 95% indicam o excelente estado de hidratação dos tecidos, ao passo que o valor de 50% é considerado crítico, podendo levar os tecidos à morte. No entanto, esse autor acrescenta que algumas espécies xerófilas podem atingir esse valor e não ocorrer a morte dos tecidos.

Relação direta entre a redução na disponibilidade de água para as plantas e o *TRA* tem sido verificada em vários estudos, independente da metodologia empregada, sendo que a

resposta varia com a espécie vegetal estudada. Mendes et al. (2013) verificaram que os teores de água nas folhas de *Cordia oncocalyx* mantidas na Caatinga variaram de 60 a 70% na estação chuvosa, caindo para 50 a 60% na estação seca. Em *Hevea brasiliensis*, após 35 dias sem irrigação, Chen et al. (2010) constataram pouca redução no *TRA* das plantas, que ficou em torno de 70%. Avaliando frequências de irrigação em híbridos de *Eucalyptus grandis* X *E. urophylla*, Valadares; Paula; Paula (2014) verificaram menores valores de *TRA* nas plantas irrigadas a cada quatro e seis dias, os quais permaneceram em torno de 86%. Percebe-se que esses valores relatados são superiores aos obtidos nessa pesquisa, possivelmente devido à metodologia empregada, uma vez que, os dois estudos relatados, foram feitos em plantas jovens crescendo em vaso e com irrigação controlada.

Em decorrência das alterações relatadas na Figura 1, houve decréscimo no potencial osmótico ( $\psi_{\pi}$ ) e potencial hídrico foliar ( $\psi_w$ ) (Figura 2).



**Figura 2.** Potencial osmótico (A) e potencial hídrico foliar (B) de plantas de faveleira, nos dois períodos do ano avaliados. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

Percebe-se que os valores obtidos em cada período avaliado são bastante próximos, não existindo diferença estatística entre os mesmos. No entanto, quando se comparam os períodos do ano, verifica-se que o potencial osmótico (Figura 2A) diminuiu de -0,31 MPa (abril) para -1,27 MPa (maio) e -1,32 MPa (junho), representando valores cerca de quatro vezes inferiores aos de abril. O mesmo comportamento foi verificado no potencial hídrico foliar (Figura 2B), evidenciando que redução na disponibilidade de água para as plantas de faveleira foi acompanhada por forte decréscimo em  $\psi_{\pi}$  e  $\psi_w$ . Contudo, nos períodos acima comparados, a diminuição no *TRA* das plantas foi de apenas 40%, apesar de o valor obtido estar próximo do considerado crítico (PARDO, 2010).

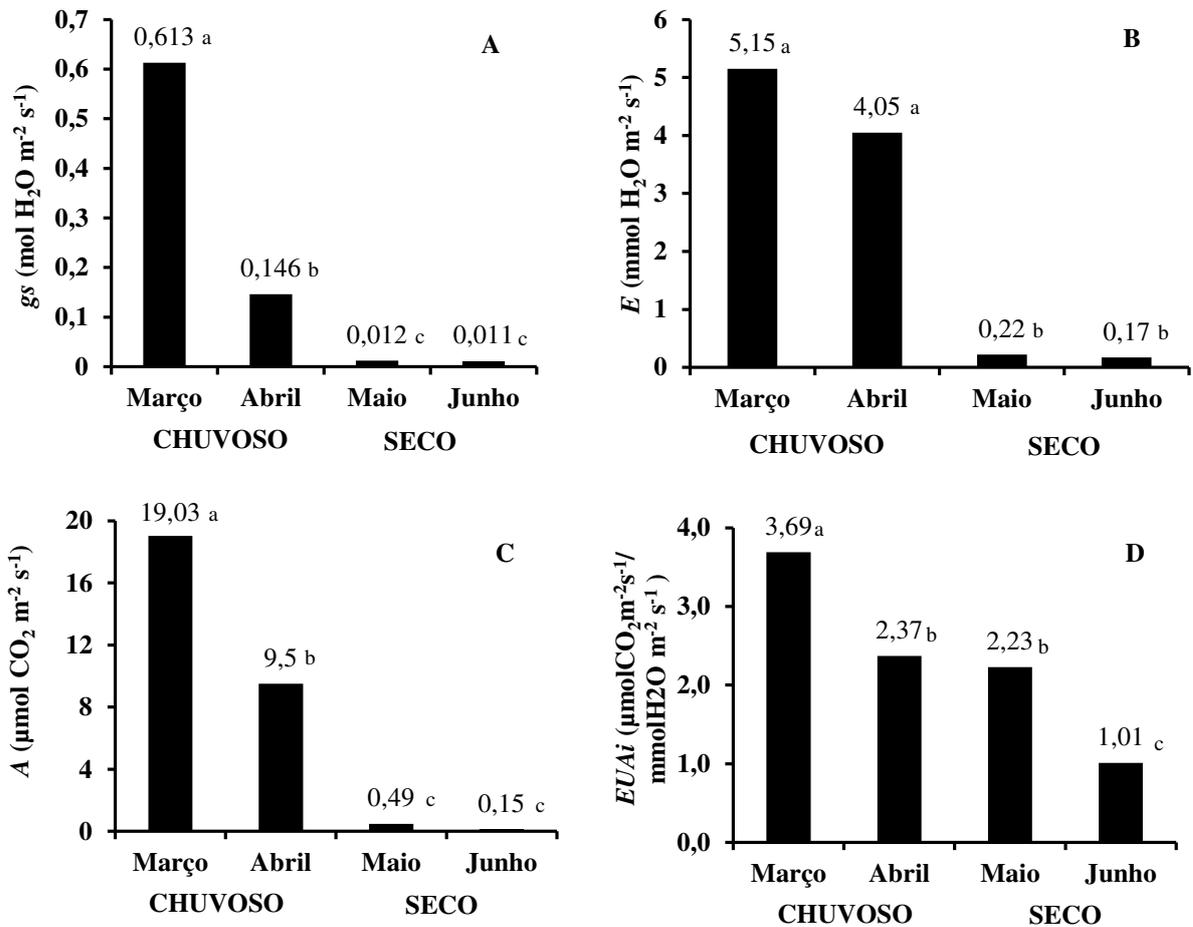
O maior decréscimo no  $\psi_{\pi}$  e  $\psi_w$  em relação ao *TRA* pode ter sido devido a um provável ajustamento osmótico (VARONE et al., 2012), o qual é uma característica de plantas tolerantes à seca (VILLAR-SALVADOR et al., 2004). Sob condições de déficit hídrico, a manutenção do turgor foliar pode ser alcançada pelo ajustamento osmótico (CORDEIRO et al., 2009), devido ao acúmulo de compostos osmoticamente ativos, tais como prolina, glicina betaína, sacarose e carboidratos solúveis (MORGHAIEB; SANEOKA; FUJITA, 2004; CARVALHO, 2005). Em plantas de mogno sob déficit hídrico, Cordeiro et al. (2009) verificaram elevação de 220% em prolina, às 11 horas da manhã, e de 400%, das 13 às 15 horas, contribuindo para minimizar as flutuações no  $\psi_w$  sob seca.

Os valores de *TRA* obtidos neste estudo são similares aos de Mendes et al. (2013) em *Cordia oncocalyx*, em área de Caatinga, no estado do Ceará, durante os períodos chuvoso e seco avaliados. Porém, os  $\psi_w$  foram superiores aos constatados por Dombroski et al. (2011), em *Mimosa caesalpinifolia*, *Caesalpinia pyramidalis*, *Auxemma oncocalyx*, *Caesalpinia ferrea* e *Calliandra speciosa*.

#### **- Trocas gasosas**

No mês de março, em virtude da maior precipitação, verificaram-se valores mais altos de condutância estomática (*gs*), taxa de transpiração (*E*), taxa fotossintética (*A*) e eficiência instantânea no uso da água (*EUAI*) (Figura 3).

O fechamento estomático resultante da baixa precipitação no período seco exerceu forte influência na fotossíntese das plantas (Figura 3C). Verificou-se que, no mês de junho, os valores de *A* corresponderam a apenas 0,8% daqueles obtidos no mês de março, ou seja, decréscimo de 99,2%. Em decorrência dos efeitos nas taxas de fotossíntese e transpiração, verificou-se queda na eficiência instantânea no uso da água (*EUAI*), à medida que os teores de umidade do solo e  $\psi_w$  diminuía (Figura 3D). O fato de ocorrer rápido decréscimo no potencial hídrico foliar e rápido fechamento estomático com a redução na umidade do solo, antes que ocorra a abscisão foliar, denota a elevada tolerância da espécie ao déficit hídrico. Esta é uma das primeiras espécies vegetais da Caatinga a iniciar a abscisão foliar com o início do período seco. Percebe-se, então, que as alterações acima relatadas são estratégias rapidamente empregadas pela espécie, visando minimizar a perda de água, garantindo assim bom estado de hidratação dos tecidos, de maneira que a planta possa atravessar o longo período de estiagem e, após a retomada das chuvas, iniciar rapidamente a emissão de novas folhas.



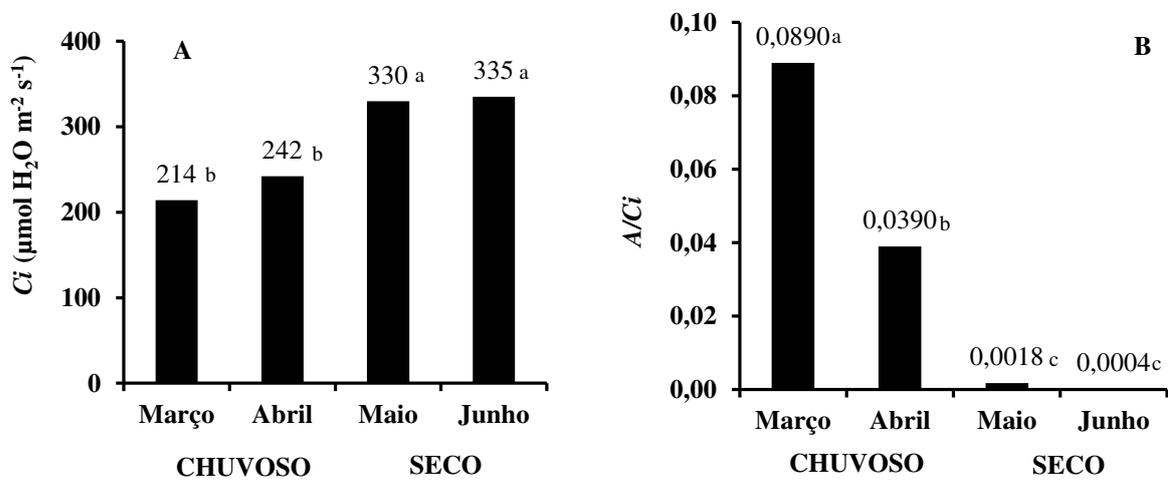
**Figura 3.** Condutância estomática ( $g_s$ ), taxa de transpiração ( $E$ ), taxa de fotossíntese ( $A$ ) e eficiência instantânea no uso da água ( $EUA_i$ ) de plantas de faveleira, nos dois períodos avaliados. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

De acordo com Taiz; Zeiger (2013), o estresse hídrico severo causa diminuição no teor de água das células do mesófilo, afetando a fotossíntese e na eficiência no uso da água. Rodrigues-Calcerrada et al. (2008) verificaram menor  $EUA_i$  em *Quercus pyrenaica* durante a estação seca. Contrariamente, Dombroski et al. (2014) constataram elevação nesse parâmetro em plantas de *Handroanthus impetiginosus* à medida que o período sem irrigação aumentava, ao passo que Gonçalves; Silva; Gato (2009), em *Carapa guianensis*, não verificaram diferença significativa entre plantas irrigadas e não irrigadas. Esses resultados reforçam as informações de que as respostas estomáticas das espécies arbóreas à redução na disponibilidade de água do solo variam amplamente (GONÇALVES; SILVA; GATO, 2009).

Quanto à  $C_i$ , houve aumento de 56% (Figura 4A), comparando-se o período chuvoso com o seco. O inverso foi verificado na eficiência fotossintética ( $A/C_i$ ) (Figura 4B), que foi

semelhante ao verificado na fotossíntese (Figura 3B), com redução severa à medida que ocorreu diminuição na precipitação e, conseqüentemente, no status hídrico das plantas. Isso significa que, apesar do fluxo de CO<sub>2</sub> não ter sido totalmente interrompido devido à redução na condutância estomática, a fotossíntese foi comprometida.

As respostas dos estômatos parecem estar mais relacionadas ao teor de umidade do solo do que com o estado de hidratação das folhas (CHAVES; FLEXAS; PINHEIRO, 2009). Segundo esses autores, o estômato responde a sinais químicos produzidos pelas raízes quando o déficit hídrico se desenvolve, a exemplo do ABA, ao mesmo tempo em que a status hídrico da folha não sofre alteração.



**Figura 4.** Concentração intercelular de CO<sub>2</sub> ( $C_i$ ) e eficiência fotossintética ( $A/C_i$ ) de plantas de faveleira, nos dois períodos avaliados. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

Efeito adverso da baixa disponibilidade de água no solo nas trocas gasosas, durante o período seco, tem sido amplamente relatado. Nesse sentido, em área de Caatinga, Dombroski et al. (2011) verificaram redução nos valores de  $g_s$ ,  $E$  e  $A$  de *Mimosa caesalpinifolia*, *Caesalpinia pyramidalis*, *Auxemma oncocalyx*, *Caesalpinia ferrea*, *Calliandra speciosa* e *Tabebuia caraíba*, à medida que o  $\psi_w$  diminuía. Igualmente, em *Cordia oncocalyx*, esses parâmetros fisiológicos foram fortemente afetados pelo baixo teor de umidade do solo (MENDES et al., 2013). No entanto, a taxa de transpiração foi menos influenciada, semelhante ao verificado neste estudo. Santos et al. (2013), em *Jatropha curcas*, durante o período seco, constataram que a maior umidade do solo em floresta subúmida proporcionou taxa fotossintética superior à verificada no semiárido da Caatinga. Avaliando as trocas gasosas e a eficiência fotoquímica do fotossistema II em seis espécies arbóreas cultivadas em

condições irrigadas e de sequeiro, Campelo et al. (2015) verificaram redução nos parâmetros avaliados durante o período seco. Esses autores relataram ainda que as espécies mogno, guanandi e ipê-amarelo apresentaram maior sensibilidade ao déficit hídrico do que ipê-rosa, marupá e gonçalo-alves, com maiores reduções nos parâmetros analisados.

Os mecanismos de controle da transpiração constituem-se eficientes processos para proporcionar ou manter a turgescência celular sob condições de seca (CORDEIRO et al., 2009). No entanto, as respostas estomáticas não são influenciadas apenas pela disponibilidade de água, uma vez que variações na temperatura, luz, umidade relativa e velocidade do vento também podem afetá-las, evidenciando a complexidade do mecanismo estomático (ANGELOCCI et al., 2004).

Sob condições controladas, Valadares et al. (2014) relataram que as reduções nas taxas transpiratória e fotossintética foram decorrentes do fechamento estomático, acrescentando ainda que a condutância estomática foi mais sensível do que aqueles parâmetros. Em *Swietenia macrophylla*, Cordeiro et al. (2009) verificaram redução em  $g_s$  à proporção que  $\psi_w$  decrescia e constataram a estreita correlação existente entre  $g_s$ ,  $E$ , condutividade hidráulica total das plantas e o déficit de pressão de vapor folha-ar. Em plantas de *Tabebuia aurea*, foi constatado que os valores de  $E$ ,  $g_s$  e  $A$  foram nulos, quatorze dias após a suspensão da irrigação, demonstrando que a espécie lança mão desse mecanismo para tolerar déficit hídrico, uma vez que ocorreu recuperação após a reirrigação (OLIVEIRA; GUALTIERI; BOCCHESI, 2011).

O fechamento dos estômatos constitui-se uma das primeiras respostas das plantas ao déficit hídrico, minimizando as perdas de água e, conseqüentemente, a desidratação de células e tecidos (CHAVES; MAROCO; PEREIRA, 2003; PITA et al., 2005; CHAVES; FLEXAS; PINHEIRO, 2009; ALBUQUERQUE et al., 2013). Além de promover a degradação da clorofila (DICHIO et al., 2005), o fechamento estomático afeta a fotossíntese, por reduzir a disponibilidade de  $CO_2$  à enzima ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase/oxigenase (Rubisco) (CHAVES; MAROCO; PEREIRA, 2003; PITA et al., 2005; SIRCELJ et al., 2007; PINHEIRO; CHAVES, 2011), afetando a atividade (PARRY et al., 2002; FLEXAS et al., 2004) ou a capacidade e velocidade de regeneração da enzima (BOTA et al., 2004; FLEXAS et al., 2004). Contudo, fatores não-estomáticos também podem conduzir à diminuição na atividade fotossintética sob condições de baixa disponibilidade de água. Dentre esses, podem ser citados a redução na regeneração da RuBP (BOUSSADIA et al., 2008), prejuízos ao sistema fotossintético, em consequência de desestruturação das membranas dos tilacoides dos

cloroplastos (DIAS; BRÜGGERMANN, 2010), decréscimo no transporte de elétrons no PSII, na síntese de ATP, além de dano oxidativo e/ou fotoinibição (GALMÉS et al., 2007).

A faveleira responde rapidamente à redução na disponibilidade de água no solo, ocorrendo fechamento estomático, de forma a minimizar a perda de água por transpiração, causando queda na fotossíntese, antes que ocorra a abscisão foliar prematura, corroborando Koslowski; Pallardy, (1997), fenômeno esse característico das plantas da Caatinga, à medida que se aproxima o início do período seco.

#### 4 CONCLUSÕES

A redução na disponibilidade de água no solo, em decorrência da diminuição das chuvas, promoveu acentuado decréscimo no potencial hídrico do solo, o qual foi mais afetado do que o teor relativo de água.

A abertura dos estômatos foi afetada pela diminuição no teor de umidade do solo, reduzindo a condutância estomática, taxa de transpiração, taxa de fotossíntese, eficiência instatânea no uso da água e a eficiência de carboxilação.

A fotossíntese foi mais afetada do que a transpiração pela, redução no teor de umidade do solo.

#### REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, M. P. F.; MORAES, F. K. C.; SANTOS, R. I. N.; CASTRO, G. L. S.; RAMOS, 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.

ANGELOCCI, L. R.; MARIN, F. R.; OLIVEIRA, R. F.; RIGUI, E. Z. Transpiration, leaf diffusive conductance, and atmospheric water demand relationship in an irrigated acid lime orchard. **Brazilian Journal Plant Physiology**, Londrina, v. 16, n. 1, p. 53-67, 2004.

ARAÚJO, S. M. S. A região semiárida do Nordeste do Brasil: questões ambientais e possibilidades de uso sustentável dos recursos. **Revista Rios Eletrônica**, v. 5, n. 5, p. 89-98, 2011.

BAGATTA, M.; PACIFICO, D.; MANDOLINO, G. Evaluation of the osmotic adjustment response within the genus *Beta*. **Journal of Sugar Beet Research**, v. 45, n. 3-4, p. 119-133, 2008.

BAJJI, M.; LUTTS, S.; KINET, J.M. Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars performing differently in arid conditions. **Plant Science**, v. 160, p. 669-681, 2011.

BOTA, J.; MEDRANO, H.; FLEXAS, J. Is photosynthesis limited by decreased Rubisco activity and RuBP content under progressive water stress? **New Phytologist**, Oxford, v. 162, n. 3, p. 671-681, 2004.

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 Botanica Brasilica**, Belo Horizonte, v. 18, n. 2, p. 241-251, 2004.

CAMPELO, D. H.; LACERDA, C. F.; SOUSA, J. A.; CORREIA, D.; BEZERRA, A. M. E.; ARAÚJO, J. D.; NEVES, A. L. R. Trocas gasosas e eficiência do fotossistema II em plantas adultas de seis espécies florestais em função do suprimento de água no solo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 39, n. 5, p. 973-983, 2015.

CARVALHO, C. J. R. Responses of *Schizolobium amazonicum* [*S. parahyba* var. *amazonicum*] and *Schizolobium parahyba* [*Schizolobium parahybum*] plants to water stress. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 907-914, 2005.

CHAVES, M. M.; FLEXAS, J.; PINHEIRO, C. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. **Annals of Botany**, v. 103, n. 4, p. 551-560, 2009.

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, p. 239-264, 2003.

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.

CORDEIRO, Y. E. M.; PINHEIRO, H. A.; SANTOS FILHO, B. G.; CORRÊA, S. S.; SILVA, J. R. R.; DIAS-FILHO, M. B. Physiological and morphological responses of Young amhogany (*Swetenia macrophylla* King) plants to drought. **Forest Ecology and Management**, v. 258, p. 1449-1455, 2009.

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.

DICHIO, B.; XILOYANNIA, C.; SOFO, A.; MONTANARO, G. Osmotic regulation in leaves and roots of olive during a water deficit and recovery. **Tree Physiology**, v. 26, p. 179-185, 2005.

- DOMBROSKI, J. L. D.; PRAXEDES, S. C.; FREITAS, R. M. O.; PONTES, F. M. Water relations of Caatinga trees in the dry season. **South African Journal of Botany**, v. 77, p. 430-434, 2011.
- DOMBROSKI, J. L. D.; FREITAS, R. M. O.; TOMCZAK, V. E., PINTO, J. R. S.; FARIAS, R. M. Ecophysiology of water stressed *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC) Mattos seedlings. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 101, p. 155-163, 2014.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1997.
- 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, p. 269-279, 2004.
- FLEXAS, J.; MEDRANO, H. Drought-inhibition of photosynthesis in C3 plants: stomatal and non-stomatal limitations revisited. **Annals of Botany**, v. 89, p. 183-189, 2002.
- GALMÉS, J.; MEDRANO, H.; FLEXAS, J. Photosynthetic limitations in response to water stress and recovery in Mediterranean plants with different growth forms. **New Phytologist**, v. 175, n. 1, p. 81-93, 2007.
- GONÇALVES, J. F. C.; SILVA, C. E. M.; GATO, D. Fotossíntese e potencial hídrico foliar de plantas jovens de andiroba submetidas à defi ciência hídrica e à reidratação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 1, p. 8-14, 2009.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.
- INSTITUTO NACIONAL DO SEMIÁRIDO. INSA. 2012. Disponível em <<http://www.insa.gov.br>>. (Acessado em: 25 de Janeiro de 2017).
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. INMET. 2016. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br>>. (Acessado em: 12 de Janeiro de 2017).
- KOSLOWSKI, T. T.; PALLARDY, S. G. **Growth control in woody plants**. San Diego: Academic Press, 1997.
- LARCHEVEQUE, M., MAUREL, M.; DESROCHERS, A.; LAROCQUE, G. R. How does drought tolerance compare between two improved hybrids of balsam poplar and an unimproved native species? **Tree Physiology**, v. 31, n. 3, p. 240-249, 2011.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Vol 2. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 1998.
- MAIA, G. N. **Caatinga**: árvores e arbustos e suas utilidades. São Paulo, Brasil: D&Z, 2004. 413 p.
- MENDES, M. M. S.; LACERDA, C. F.; FERNANDES, F. E. P.; CAVALCANTE, A. C. R.; OLIVEIRA, T. S. Ecophysiology of deciduous plants grown at different densities in the

semiarid region of Brazil. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, Campos dos Goytacazes, v. 25, n. 2, p. 94-105, 2013.

MOGHAIEB, R. E. A.; SANEOKA, H.; FUJITA, K. Effect of salinity on osmotic adjustment, glycinebetaine accumulation and betaine aldehyde dehydrogenase gene expression in two halophytic plants, *Salicornia europaea* and *Sueda maritime*. **Plant Science**, v. 166, p. 1345-1349, 2004.

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.

PARDO, J. M. Biotechnology of water and salinity stress tolerance. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 21, p. 185-196, 2010.

PARRY, M. A. J.; ANDRALOJC, P. J.; KHAN, S.; LEA, P. J.; KEYS, A. J. Rubisco activity: effects of drought stress. **Annals of Botany**, v. 89, n. 3, p. 833-839, 2002.

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.

PITA, P.; CAÑAS, I.; SORIA, F.; RUIZ, F.; TOVAL, G. Use of physiological traits in tree breeding for improved yield in drought-prone environments. The case of *Eucalyptus globulus*. **Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales**, v. 14, n. 3, p. 383-393, 2005.

RODRÍGUEZ-CALCERRADA, J.; PARDOS, J. A.; GIL, L.; ARANDA, I. Ability to avoid water stress in seedlings of two oak species is lower in a dense forest understory than in a medium canopy gap. **Forest Ecology and Management**, v. 255, p. 421-430, 2008.

RYAN, M. G. Tree responses to drought. **Tree Physiology**, v. 31, n. 3, p. 237-239, 2011.

SANTOS, C. M.; VERÍSSIMO, V.; WANDERLEY-FILHO, H. C. L.; FERREIRA, V. M.; CAVALCANTE, P. G. S.; ROLIM, E. V.; ENDRES, L. Seasonal variations of photosynthesis, gas exchange, quantum efficiency of photosystem II and biochemical responses of *Jatropha curcas* L. in semi-humid and semi-arid areas subject to water stress. **Industrial Crops and Products**, v. 41, p. 203-213, 2013.

SCHOLANDER, P. F.; BRADSTREET, E. D.; HEMMINGSEN, E. A.; HAMMEL, H. T. Sap pressure in vascular plants. Negative hydrostatic pressure can be measured in plants. **Science**, v. 148, n. 3668, p. 339-346, 1965.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 4, n.1, p. 71-78, 2002.

SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Crescimento de quatro espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico em casa-de-vegetação. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 50, n. 288, p. 203-217, 2003.

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 no município de Cabaceiras, Paraíba, Brasil. **Iheringia, Série Botânica**, v. 59, n. 2, p. 201-205, 2004.

SIRCELJ, H.; TAUSZB, M.; GRILL, D.; BATIC, F. Detecting different levels of drought stress in apple trees (*Malus domestica* Borkh.) with selected biochemical and physiological parameters. **Scientia Horticulturae**, v. 113, p. 362-369, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 918p.

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.

VARONE, L.; RIBAS-CALBO, M.; CARDONA, C.; GALLÉ, A.; MEDRANO, H.; GRATANI, L.; FLEXAS, J. Stomatal and non-stomatal limitations to photosynthesis in seedlings and saplings of Mediterranean species pre-conditioned and aged in nurseries: different response to water stress. **Environmental and Experimental Botany**, v. 75, p. 235-247, 2012.

VELLOSO, A. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; PAREYN, F. G. C. (Eds.). **Ecorregiões propostas para o bioma Caatinga**. Recife: Associação Plantas do Nordeste; Instituto de Conservação Ambiental The Nature Conservancy do Brasil, 2002. 76 p.

VILLAR-SALVADOR, P.; PLANELLES, R.; ENRIQUÉZ, E.; PEÑUELAS-RUBIRA, J. Nursery cultivation regimes, plant functional attributes, and field performance relationships in the Mediterranean oak *Quercus ilex* L. **Forest Ecology and Management**, v. 196, n. 2-3, p. 257-266, 2004.

WEATHERLEY, P. E. Studies in the water relations of cotton plant. I. The field measurements of water deficits in leaves. **New Phytologist**, v. 49, p. 81-97, 1950.