

Ecofisiologia de mudas de *Bauhinia forficata* Link submetidas à supressão de rega e posterior reirrigação**Ecophysiology of *Bauhinia forficata* Link seedlings submitted to irrigation suppression and subsequent re-irrigation**

DOI:10.34117/bjdv6n9-617

Recebimento dos originais: 08/08/2020

Aceitação para publicação: 28/09/2020

José Wellington Santos do Nascimento

Mestrando em Agronomia (Produção Vegetal) pela Universidade Federal de Alagoas

Instituição: Universidade Federal de Alagoas

Endereço: Laboratório de tecnologia da produção, Campus de Engenharia e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, BR-104, Rio Largo - AL, S/N, 57100-000

E-mail: wellington-ceca2015@outlook.com

Natasha Pereira de Oliveira

Graduanda em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Alagoas

Instituição: Universidade Federal de Alagoas

Endereço: Laboratório de tecnologia da produção, Campus de Engenharia e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, BR-104, Rio Largo - AL, S/N, 57100-000

E-mail: natasha.peoli@gmail.com

Gabriela Castelo Branco Oliveira

Graduanda em Agronomia pela Universidade Federal de Alagoas

Instituição: Universidade Federal de Alagoas

Endereço: Laboratório de tecnologia da produção, Campus de Engenharia e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, BR-104, Rio Largo - AL, S/N, 57100-000

Email: gabicastelo.b@gmail.com

Nelson da Silva Madalena Júnior

Graduando em Agroecologia pela Universidade Federal de Alagoas

Instituição: Universidade Federal de Alagoas

Endereço: Rua 17 de agosto - n° 7 - Centro, Satuba - AL

E-mail: nelson.junior@ceca.ufal.br

Erisson de Omena Serafim

Graduando em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Alagoas

Instituição: Universidade Federal de Alagoas

Endereço: Avenida Maceió, N° 968, Bairro Tabuleiro dos Martins, Maceió - AL

E-mail: erissonomena_@outlook.com

Letícia Silva Pereira

Estudante de Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Alagoas

Instituição: Universidade Federal de Alagoas

Endereço: Rua Valdir Marinho Pereira, n° 135, Bairro Cidade Universitária, Conjunto Graciliano Ramos, Maceió - AL, Brasil

E-mail: leticiapereira.engflo@gmail.com

Francielly da Guirra Bernardo

Estudante de Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Alagoas

Instituição: Universidade Federal de Alagoas

Endereço: Laboratório de tecnologia da produção, Campus de Engenharia e Ciências Agrárias,
Universidade Federal de Alagoas, BR-104, Rio Largo - AL, S/N, 57100000

E-mail: guirrafrancielly@gmail.com

Hugo Henrique Costa do Nascimento

Doutor em Ciências Florestais pela Universidade Federal Rural de Pernambuco

Instituição: Universidade Federal de Alagoas

Endereço: Laboratório de tecnologia da produção, Campus de Engenharia e Ciências Agrárias,
Universidade Federal de Alagoas, BR-104, Rio Largo - AL, S/N, 57100-000.

E-mail: hugo.nascimento@ceca.ufal.br

RESUMO

Objetivou-se avaliar a ecofisiologia de mudas de *Bauhinia forficata* Link em resposta à supressão de rega e posterior reirrigação. Para isto, um experimento foi conduzido em casa de vegetação do Laboratório de Tecnologia da Produção da Universidade Federal de Alagoas, adotando-se um delineamento experimental inteiramente casualizado em arranjo fatorial, composto por três tratamentos hídricos (Controle – regado diariamente, Supressão de Rega e Reirrigado) e duas épocas de avaliação, na ocasião da constatação do menor valor do rendimento quântico máximo do fotossistema II (PSII) do tratamento supressão de rega, obtida pela razão F_v/F_m , e após a constatação da normalidade da razão F_v/F_m do tratamento Reirrigado, com dez repetições. O rendimento quântico máximo e efetivo (Yield) e o índice SPAD foram obtidos diariamente sempre na terceira folha totalmente expandida da parte superior da planta. Semanalmente foram avaliados a altura das plantas, número de folhas e diâmetro do caule. No final do experimento foram determinados o comprimento radicular, produção de biomassa seca das folhas, do caule, das raízes e total e a alocação de biomassa para as folhas, o caule e as raízes, o teor relativo de água, além dos pigmentos fotossintetizantes. Em função dos dados obtidos, conclui-se que após 8 dias de estresse hídrico, mudas de *Bauhinia forficata* são capazes de restabelecer seu metabolismo, comprovado pela eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m), dois dias após a retomada da irrigação. Sendo capazes de suportar até 8 dias sob estresse hídrico sem comprometer seu metabolismo. No entanto, as mesmas podem ser drasticamente afetadas com a prolongação da intensidade e do tempo de exposição ao estresse.

Palavras-chave: Pata de vaca, Estresse hídrico, Mudas de espécies florestais.

ABSTRACT

This paper aimed to evaluate the ecophysiology of *Bauhinia forficata* Link seedlings in response to watering suppression and subsequent re-irrigation. Thereunto, an experiment was carried in a greenhouse at Production Technology Laboratory of the Federal University of Alagoas, using a completely randomized experimental design in a factorial arrangement, composed of three treatments (Control - watered daily, Irrigation suppression and Reirrigated) and two evaluation periods, at the time of finding the lowest value of the maximum quantum yield of photosystem II (PSII) of the irrigation suppression treatment, obtained by the F_v / F_m ratio, and after the normality of the F_v / F_m ratio of Reirrigated treatment, with ten repetitions. The maximum and effective quantum yield (Yield) and the SPAD index were measured daily on the third fully expanded leaf on plant top. Plant height, number of leaves and stem diameter were evaluated weekly. By the experiment end, were evaluated root length, dry biomass production and allocation on leaves, stem,

roots and total, relative water content and photosynthetic pigments. Based on the on results, it was concluded that after 8 days of water stress, *Bauhinia forficata* seedlings are able to reestablish their metabolism, proven by the quantum efficiency of photosystem II (Fv / Fm), two days after the resumption of irrigation. And they are able to withstand up to 8 days under water stress without compromising your metabolism. However, they can be drastically affected by prolonging the intensity and time of exposure to stress.

Keywords: Pata de vaca, Water stress, Seedlings of forest species.

1 INTRODUÇÃO

A espécie *Bauhinia forficata* Link, vulgarmente conhecida como pata de vaca, é uma essência florestal nativa brasileira. Seus domínios fitogeográficos são os biomas de Mata Atlântica e Pampa e a espécie tem ocorrência nas regiões nordeste, sudeste e sul do país (VAZ, 2020). Por ser pioneira e de crescimento moderado, essa árvore também desperta interesse para plantios visando à recuperação de áreas degradadas (CARVALHO, 2003). Portanto, para que haja sucesso em qualquer programa de manejo florestal, o conhecimento sobre a resposta do vegetal ante aos fatores ambientais limitantes ao seu desenvolvimento, constitui uma ferramenta imprescindível.

Alguns desses fatores, tais como: disponibilidade hídrica, temperatura do ar, umidade relativa do ar e radiação solar, que podem agir de forma conjunta ou isolada, são capazes de provocar efeitos deletérios nos vegetais, sendo a falta de água o fator mais determinante (NUNES et al., 2017), visto que provoca alterações morfofisiológicas e bioquímicas, como reduções na turgescência celular, limitando a expansão foliar, o alongamento radicular, causando redução da matéria seca e, por conseguinte declínio na taxa de crescimento, além de uma série de outros processos, forçando-as a desenvolverem mecanismos adaptativos para sobrevivência em ambientes de baixa disponibilidade de água no solo (TAIZ et al., 2017).

Diante de tal cenário, cada espécie de planta apresenta estratégias ecofisiológicas para restabelecer seus processos metabólicos após um fenômeno de deficiência hídrica, como o caso do jatobá (*Hymenaea courbaril* L.), estudado por Nascimento et al. (2013), que acumulou pigmentos fotossintéticos e solutos orgânicos quando submetidas à deficiência hídrica. Outro estudo realizado por Freitas et al. (2018), com mudas de *Aspidosperma pyrifolium* submetidas a ciclos de suspensão de rega, constatou maior crescimento das plantas cultivadas sob seca intermitente.

Em vista disto, busca-se entender de que forma diferentes espécies conferiram tolerância à seca. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a ecofisiologia de mudas de *Bauhinia forficata* Link em resposta a supressão de rega e posterior reirrigação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação do Laboratório de Tecnologia da Produção (Setor de produção de mudas), localizado no Centro de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), no período de março a julho de 2019. As plantas foram propagadas sexuadamente, utilizando-se sementes procedentes de matrizes encontradas nas imediações do CECA, as quais foram colocadas para germinar, ausente de métodos para quebra de dormência, em bandejas contendo terriço vegetal coletado próximo ao local do experimento.

Após a emergência, as plântulas foram escolhidas quanto à fitossanidade, a altura e ao número de folhas, em seguida transplantadas para vasos de polietileno contendo 3 kg de terriço vegetal, permanecendo nesses vasos por 90 dias e posteriormente levados para casa de vegetação, onde ficaram em aclimação por uma semana, e em seguida, a supressão hídrica foi iniciada juntamente com o monitoramento da fluorescência da clorofila e do índice SPAD, ambos realizados diariamente até o final do experimento.

O arranjo experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial composto por três tratamentos hídricos: Controle (C – rega diária), supressão de rega (SR) e reirrigado (R) e dois períodos de avaliação: na constatação do menor rendimento quântico do PSII do tratamento SR (8º dia após a diferenciação dos tratamentos) e após a averiguação da normalidade do comportamento do PSII do tratamento R (10º dia após a diferenciação dos tratamentos), com dez repetições. Por ocasião do menor rendimento quântico do PSII, cinco repetições do tratamento C e cinco repetições do tratamento SR foram submetidas às avaliações dos parâmetros fisiológicos e posteriormente desmonte. As plantas remanescentes (cinco repetições do tratamento C e cinco repetições do tratamento SR) foram reirrigadas mantendo-se a rega até o término do experimento, no qual as plantas do tratamento SR formaram o tratamento R.

Condições microclimáticas da casa de vegetação

O comportamento diário da temperatura do ar (Tar), umidade relativa do ar (UR) e do déficit de pressão de vapor do ar (DPV) durante o período experimental apresentou média de 25,9 °C, variando de 24 °C a 28,6 °C; média de 75,5%, variando de 61,3 a 81,9%; e média 0,83 kPa, variando de 0,54 a 1,50 kPa, respectivamente. Já o acompanhamento diário das mesmas variáveis no intervalo de hora de 11h00min até 13h00min (as análises fisiológicas foram feitas às 12h00min). Onde a Tar apresentou média de 31,6 °C, mínima de 28,6 °C e máxima de 34,3; a UR apresentou média de

52,4%, mínima de 42,2e máxima de 61,3%; já o DPV exibiu média de 2,24 kPa, variando de 1,51 a 3,13 kPa.

Avaliação do crescimento

No decorrer do período experimental foram mensurados semanalmente a altura da planta (cm), o diâmetro do caule (mm), e o número de folhas. A altura da planta (AP) foi mensurada com o auxílio de uma trena, baseando-se em uma marca permanente feita no caule a 1 cm da base do solo até a inserção da folha mais jovem. O diâmetro do caule foi aferido com um paquímetro digital de marca starrett (0,001mm), sempre na região do caule previamente marcada.

Rendimento quântico máximo e efetivo (Y) do fotossistema II (PSII)

A fluorescência da clorofila *a* foi medida através do rendimento quântico máximo do fotossistema II, obtido através da colocação de pinças especiais na terceira folha completamente expandida, onde permaneceram em adaptação ao escuro por 30 minutos, passado esse tempo, foram feitas as devidas leituras com uso do fluorômetro portátil PAM-2500 da marca Tecnal para obtenção da relação (F_v/F_m), onde, F_v é a fluorescência variável e F_m a fluorescência máxima.

O rendimento quântico efetivo também foi medido na terceira folha completamente expandida após adaptação à luz e determinado conforme Genty et al. (1989), sendo calculado através da seguinte fórmula: $\Delta F/F_m' = (F_m' - F) / F_m$, onde F é a fluorescência máxima na amostra durante o ponto de saturação, e $F_{m'}$ máxima fluorescência da amostra adaptada à luz.

Índice SPAD e pigmentos fotossintéticos

O método não destrutivo foi obtido através do índice SPAD (*Soil Plant Analysis Development*), sendo feitas oito leituras nas mesmas folhas utilizadas na avaliação anterior, para obtenção do *SPAD folha*, e doze leituras nas folhas parte basal, mediana e apical da planta para obtenção do *SPAD total* tendo um diagnóstico mais completo de toda a planta.

A determinação dos pigmentos fotossintéticos (clorofilas *a*, *b*, carotenóides e total) foi realizada pelo método destrutivo proposto por Lichtenthaler e Buschmann (2001), retirando 0,1g do limbo foliar de folhas escolhidas ao acaso evitando as nervuras que, após serem picotadas, foram acondicionadas em tubos de ensaio revestidos por papel alumínio contendo álcool etílico (95%) para extração dos pigmentos.

As leituras foram determinadas com auxílio de um espectrofotômetro da marca Thermoscientific (Genesys 10UV scanning), sendo feitas as devidas leituras após um período de 48

h sob refrigeração, nos seguintes comprimentos de onda: 663, 645 e 480 nanômetros (nm) e calculadas através das seguintes fórmulas:

$$\text{Clorofila } a(\mu\text{g.mL}^{-1})=13,36 \times A_{663} - 5,19 \times A_{645}$$

$$\text{Clorofila } b(\mu\text{g.mL}^{-1})=27,43 \times A_{645} - 8,12 \times A_{663}$$

$$\text{Clorofila total } (\mu\text{g.mL}^{-1})=\text{Clorofila } a+\text{Clorofila } b$$

$$\text{Carotenóides}(\mu\text{g.mL}^{-1})= \frac{(1000 \times A_{480} - 2,13 \times \text{Chla} - 97,64 \times \text{Chlb})}{209}$$

Teor relativo de água na folha

Para avaliação do Teor relativo de água (TRA), foi aplicada a metodologia proposta Barrs&Weatherley (1962), sendo retirados seis discos foliares com aproximadamente 2 cm, obtidos da região central do limbo foliar, evitando a nervura central. Os discos foram pesados para a obtenção do Peso da Biomassa Fresca (PBF). Logo em seguida, foram colocados em placas de Petri contendo 5 mL de água destilada.

As placas foram mantidas sob refrigeração por 24 h, e após esse período os discos foram novamente pesados para obtenção do Peso da Biomassa Túrgida (PBT). Os discos foram levados à estufa de circulação forçada de ar a 65 °C, durante 48 h até atingirem pesos constantes e pesados novamente para a obtenção do Peso da Biomassa Seca (PBS). Sendo o TRA calculado através da seguinte fórmula:

$$\text{TRA}(\%)= \frac{\text{PBF-PBS}}{\text{PBT-PBS}} * 100$$

Produção e partição de biomassa seca

Ao término do experimento, as plantas tiveram seus órgãos separados em folha (sem o pecíolo), caule e raiz, acondicionados em sacos de papel e posteriormente levados a estufa de circulação forçada de ar a 65°C até alcançar peso constante para obtenção da biomassa seca das folhas (BSF), dos caules (BSC) e das raízes (BSR). De posse destes dados foram calculadas a alocação de biomassa para as folhas (ABF), caule (ABC) e raízes (ABR) e determinada à relação raiz/parte aérea (R/Pa), aplicando-se as fórmulas propostas por Benincasa (2003):

$$ABF = \frac{BSF}{BST}, ABC = \frac{BSC}{BST}, ABR = \frac{BSR}{BST} \text{ e } R/Pa = \frac{BSR}{BSF+BSC}$$

Sendo: BSF= Biomassa Seca das Folhas; BSC= Biomassa Seca dos Caules; BSR= Biomassa Seca das Raízes; e BST= Biomassa Seca Total.

Análise estatística

Para determinar o número de folhas, as mesmas foram contadas quando completamente expandidas e transformadas em $\sqrt{X+0,5}$ segundo Zar (1999). Os dados obtidos no experimento foram submetidos à análise de variância (ANAVA), para constatar possíveis efeitos dos tratamentos sobre as variáveis analisadas, e as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$), com auxílio do software estatístico *Sisvar* versão 5.6, (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

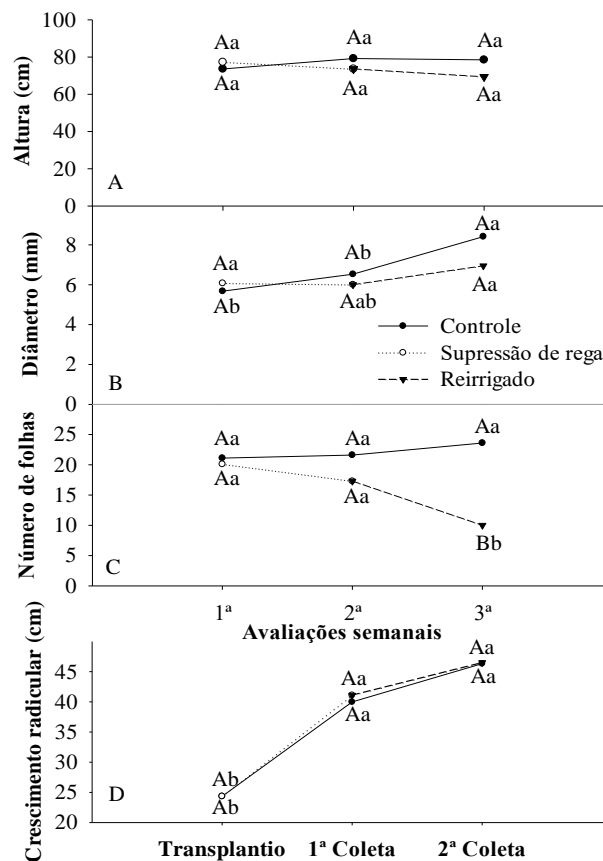
Não foram evidenciadas alterações significativas na altura (Figura 1 A) e no diâmetro do caule (Figura 1 B) nas mudas submetidas aos tratamentos hídricos nas três semanas após a diferenciação. O número de folhas (Figura 1 C) tornou-se a única variável onde foi possível observar uma redução significativa na ordem de 42,37%, mesmo após a reidratação (3ª semana após a diferenciação) na comparação entre os tratamentos hídricos.

As plantas que compõe o tratamento reirrigado continuaram com o processo de abscisão foliar provocado pelo estresse hídrico, indicando que a espécie em questão utiliza desse mecanismo como estratégia morfológica na tentativa de evitar a extensa perda de água, diminuindo assim a demanda transpirativa da planta. Em plantas sob estresse hídrico, a queda das folhas está relacionada com a diminuição da turgescência celular provocada pela redução do status hídrico, afetando o crescimento celular e expansão foliar (TAIZ et al., 2017). Também foi observado um aumento no número de brotações de folhas após a reirrigação.

Souza et al. (2018), analisando o crescimento e desenvolvimento de plantas jovens de ipê-amarelo submetidas a diferentes regimes hídricos, constataram uma redução mais acentuada do número de folhas a medida que a intensidade do estresse aumentava, apontando ser uma resposta da planta para retardar a perda de água por transpiração e evitar possíveis danos oxidativos. Taiz et al. (2017), reforçaram a importância da água no crescimento vegetal, e que a baixa disponibilidade hídrica afeta o metabolismo vegetal resultando em uma menor expansão foliar, sendo evidente no menor número de folhas em ambos os trabalhos.

O crescimento radicular (Figura 1 D) foi a única variável biométrica acrescida com o estresse hídrico (comparação de cada tratamento individualmente nas respectivas coletas). Diversos estudos descrevem que o aprofundamento radicular é um atributo comum às plantas que são capazes de tolerar à seca (OLIVEIRA et al., 2010; FRANÇA et al., 2017; CUNHA et al., 2018). Esse recurso é útil, pois permite que a planta explore camadas mais profundas do solo em busca de água, possibilitando a manutenção de suas atividades fisiológicas e bioquímicas mesmo em situações adversas (NASCIMENTO, 2013).

Figura 1. Altura da planta (A); diâmetro do caule (B); número de folhas (C); e crescimento radicular (D) de mudas de *Bauhinia forficata* Link submetidas à supressão de rega e posterior reirrigação. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%, as maiúsculas comparam os tratamentos hídricos em cada avaliação semanal e as minúsculas comparam cada tratamento ao longo do tempo nas respectivas épocas de avaliação e de coleta.



Scalon et al. (2011), estudando o efeito do estresse hídrico no metabolismo e crescimento inicial de mudas de mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.), evidenciaram um maior desenvolvimento radicular nas plantas cultivadas com 25% da capacidade de campo. Os autores atribuíram que essa priorização do crescimento radicular favorece a absorção de água. Segundo os mesmos autores, a continuidade desse crescimento irá depender de uma manutenção na pressão de turgor mínima, permitindo o alongamento da parede celulósica e o crescimento celular. Respostas semelhantes

foram obtidas por Figueirôa et al. (2004), em seus estudos com mudas de *Myracrodruon urundeuva* Allemão submetidas a diferentes regimes hídricos.

Com a exposição ao estresse hídrico, as plantas do tratamento supressão rega reduziram de forma significativa à eficiência quântica do PSII no 8º dia após a diferenciação dos tratamentos (Figura 2 A), causando um declínio de 40,47%. Também se observou uma redução ainda mais acentuada de 43,52% do tratamento (SR), no que se refere à comparação desse tratamento individualmente até o 8º dia de avaliação.

Após a reirrigação, as mesmas apresentaram uma rápida recuperação da razão F_v/F_m , necessitando de dois dias (10º dia) para se equivaler as plantas do tratamento rega diária. A queda deste índice no tratamento (R) no 12º dia é explicada por valores elevados de DPV no intervalo da amostragem, intensificando o efeito do estresse hídrico mesmo com a retomada da irrigação (PIMENTEL, 2004). Refletindo também na redução do rendimento quântico efetivo (Figura 3 B), nas plantas do mesmo tratamento e também no tratamento (C) para o mesmo dia.

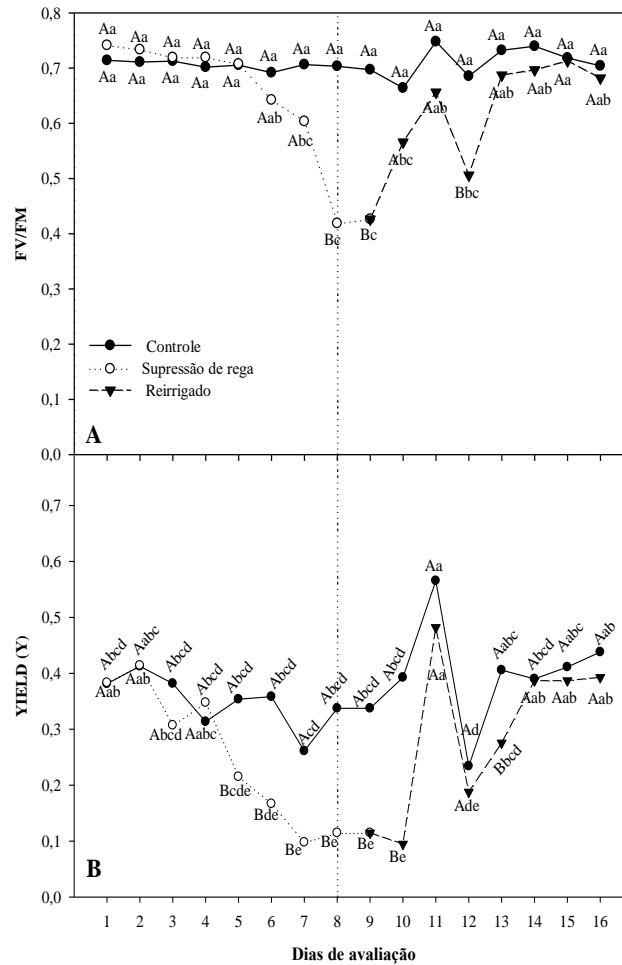
De maneira geral, plantas que apresentam reduções da razão F_v/F_m a valores inferiores ao limite crítico de 0,7 quando submetidas a condições de seca, são indicativos de um possível efeito fotoinibitório, o que poderá ocasionar distúrbios nos centros de reações do fotossistema II, e a consequência disto é um decréscimo da eficiência fotoquímica do PSII, já que a água é doadora de elétrons para fixação de CO₂ atmosférico (LIU et al., 2011). No entanto, algumas espécies florestais são capazes de tolerar eventuais reduções da razão F_v/F_m em situações de seca, fazendo isso através de uma regulação foto-protetora reversível que, após a reidratação dos tecidos, as mesmas retomam rapidamente a eficiência fotoquímica do PSII a níveis ótimos (SANTOS, 2013; 2015; MOURA et al., 2016).

Campelo et al. (2015), estudando o efeito do estresse hídrico em plantas adultas de seis espécies florestais, evidenciaram que três dessas espécies mostraram-se mais adaptadas ao déficit hídrico, mantendo a razão F_v/F_m próximo a condições normais, e as outras espécies reduziram de forma significativa esta razão. Os autores mencionaram que a taxa de recuperação das espécies menos adaptadas ao déficit hídrico se dá pelo alto potencial de brotação de novas folhas após as primeiras chuvas, o que também foi observado no presente estudo.

A curva projetada pelo rendimento quântico efetivo (Y) (Figura 2 B) mostrou-se, em parte, similar a curva da razão F_v/F_m . Em ambas variáveis, a supressão hídrica provocou reduções, mostrando um menor aproveitamento da energia luminosa, haja vista que, o rendimento quântico efetivo pode ser utilizado como indicativo da fotossíntese através da fração de energia absorvida e utilizada na fase fotoquímica, obtida pela taxa de transporte de elétrons (MAIA JÚNIOR, 2017). A

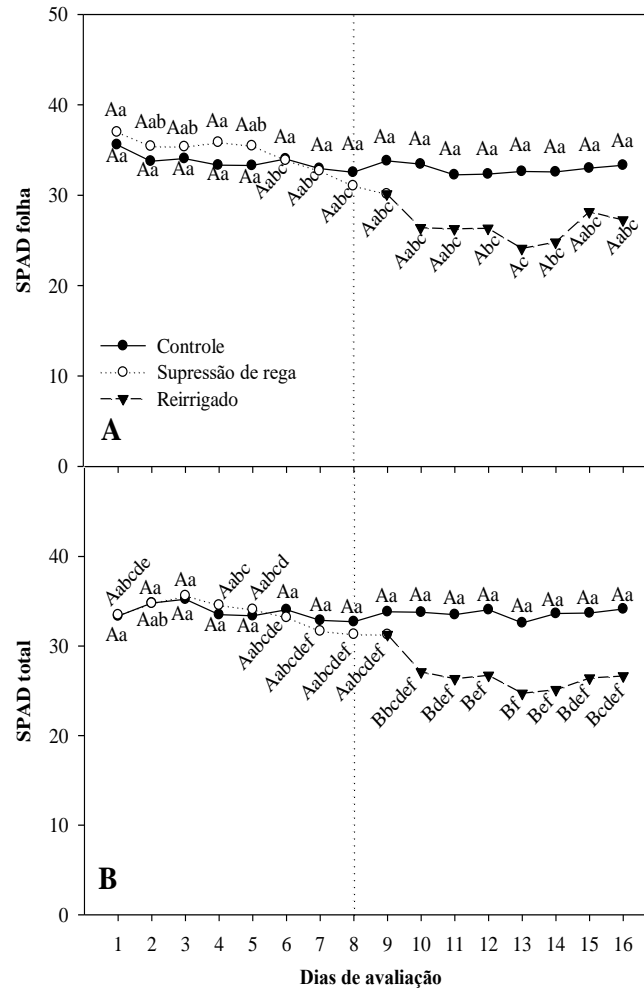
recuperação dessas variáveis com a retomada da irrigação pode indicar que a espécie *B. forficata* apresenta atividade foto-protetora para tornar mínimos os efeitos que o estresse hídrico causa em seu metabolismo.

Figura 2. Rendimento quântico máximo (F_v/F_m) (A); rendimento quântico efetivo (Y) (B) em mudas de *Bauhinia forficata* Link submetidas à supressão de rega e posterior reirrigação. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%, as maiúsculas comparam os tratamentos hídricos em cada dia e minúsculas comparam cada tratamento nos respectivos dias de avaliação. A linha pontilhada indica o momento da reirrigação do tratamento (SR).



O índice SPAD folha (Figura 3 A), não apresentou diferença estatística em comparação com o tratamento controle dentro de todo o período experimental, havendo diferença somente no que se refere à comparação dos tratamentos hídricos individualmente, onde foi averiguado um menor valor no 13º dia do tratamento (R). Já o índice SPAD total (Figura 3 B), o estresse imposto no experimento foi o suficiente para provocar reduções significativas entre os tratamentos hídricos a partir do 10º dia mesmo com a volta da irrigação, não sendo observada recuperação deste índice até o final do experimento.

Figura 3.SPAD folha (A); SPAD total (B) em mudas de *Bauhinia forficata* Link submetidas à supressão de rega e posterior reirrigação. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%, as maiúsculas comparam os tratamentos hídricos em cada dia e minúsculas comparam cada tratamento nos respectivos dias de avaliação. A linha pontilhada indica o momento da reirrigação do tratamento (SR).



Tendo em vista que o SPAD total expressa melhor o teor de clorofila nas folhas, justamente por ter uma análise mais abrangente da planta. A sua redução provocada pelo estresse hídrico, e a não recuperação com a volta da irrigação, indica que houve uma maior degradação de clorofilas nas plantas sob estresse, haja vista que essa degradação ocorre dentro de um período relativamente curto, sendo agravada pela falta de água nos tecidos foliares da planta (STREIT et al., 2005; MAIA JUNIOR, 2017; OLIVEIRA et al, 2020). No entanto, a rota de síntese das clorofilas é extremamente prejudicada em plantas que apresentam algum estado de desidratação (STREIT et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2010), o que explica a não restauração desta variável no período experimental.

Nunes et al. (2017), estudando o efeito do déficit hídrico em mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi, evidenciaram reduções do índice estimado de clorofila (SPAD) com a imposição do estresse, e mesmo após irrigação, não foi observado recuperação dessa variável, estando atribuída ao menor teor relativo de água.

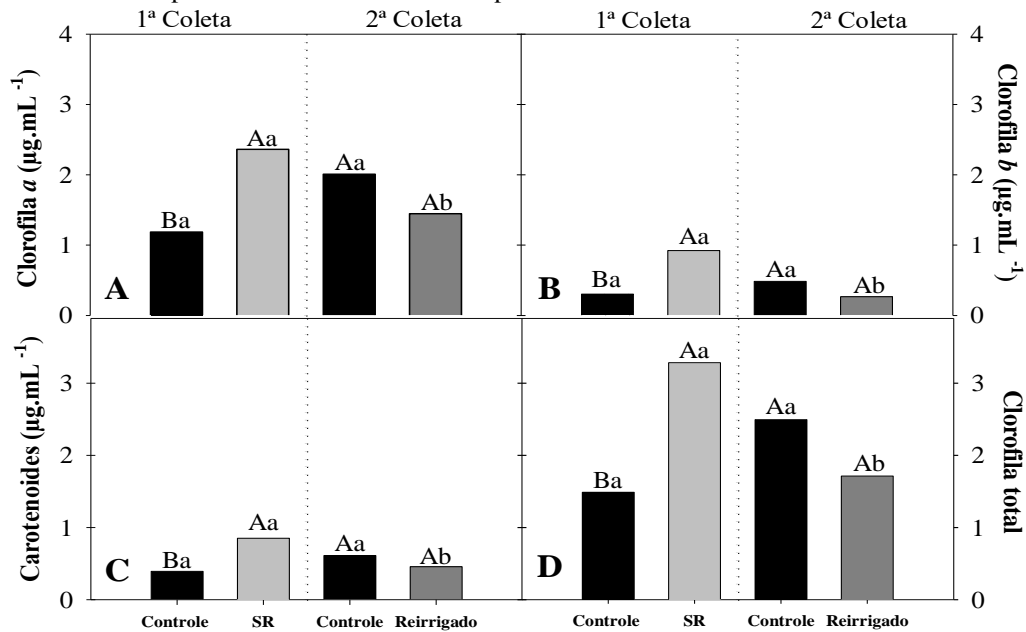
Houve um aumento significativo nos conteúdos de clorofila *a* (Figura 4 A), clorofila *b* (Figura 4 B), carotenóides (Figura 4 C) e clorofila total (Figura 4 D), em plantas de *B. forficata* sob supressão de rega (comparação dos tratamentos hídricos na 1ª coleta). E após a reirrigação do tratamento SR, a concentração desses pigmentos tendeu a reduzir a níveis significativos na 2ª coleta (comparação dos tratamentos hídricos individualmente nas respectivas coletas).

Este comportamento leva a crer que a espécie apresentou uma atividade foto-protetora, já que a produção desses pigmentos, principalmente carotenóide e a clorofila *b* em situações de estresse, ajudam a prevenir à foto-oxidação da clorofila *a*, além de contribuírem na absorção de luz e conseqüentemente no processo fotossintético (MOURA et al., 2016). Com a desidratação dos tecidos, as moléculas de clorofilas tendem a se concentrar devido a maiores contrações nas paredes celulares. Segundo Mendes et al. (2011), este hábito pode ser interpretado como uma resposta adaptativa das plantas aos diversos agentes estressantes que prejudicam seu desenvolvimento. A reirrigação promoveu uma maior distribuição dessas moléculas nas folhas, indicando uma possível recuperação da sanidade do aparato fotossintético em mudas *B. forficata*.

Diversos trabalhos constataram que certas espécies arbóreas apresentam este comportamento, constatando-se aumentos nos teores de clorofilas quando submetidas a condições adversas. Como por exemplo, Nascimento et al. (2015), estudando os efeitos da salinidade em mudas jatobá (*Hymanea courbaril* L.), evidenciaram uma manutenção dos teores das clorofilas *a* e *b*, e um acúmulo nas concentrações de carotenóides, onde os autores associaram que esse comportamento está relacionado à proteção celular contra possíveis danos fotooxidativos.

Resultados parecidos foram obtidos por Moura et al. (2016) em mudas de *Jatropha curcas* L. cultivadas sob diferentes regimes hídricos, e por Santos (2013) analisando as respostas ecofisiológicas e bioquímicas em plantas adultas de juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.) ao déficit hídrico. Em ambos os trabalhos, os pesquisadores também associaram que o acúmulo de pigmentos fotossintéticos em plantas sob estresse, é resultado de uma resposta foto-protetora para reduzir possíveis danos ao aparato fotossintético.

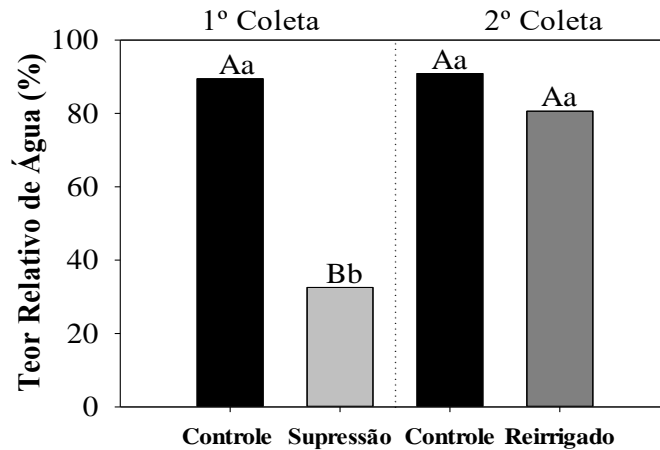
Figura 4. Pigmentos fotossintéticos. Clorofila *a* ($\mu\text{g. mL}^{-1}$) (A); clorofila *b* ($\mu\text{g. mL}^{-1}$) (B); carotenóides ($\mu\text{g. mL}^{-1}$) (C); e clorofila total (D) em mudas de *Bauhinia forficata* Link submetidas à supressão de rega e posterior reirrigação. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%, as maiúsculas comparam os tratamentos hídricos em cada coleta e as minúsculas comparam cada tratamento nas respectivas coletas.



Na avaliação do status hídrico, por meio do teor relativo de água, da *B. forficata* foi possível averiguar um declínio na turgescência foliar das plantas sob estresse hídrico, causando reduções na ordem de 63,4% na 1ª coleta (comparação entre os tratamentos hídricos no 8º dia, 1ª coleta). Na segunda coleta, com a volta da reirrigação, foi evidenciada uma recuperação de 59,62% (comparação dos tratamentos nas respectivas coletas) (Figura 5).

A diminuição do teor relativo de água em plantas sob estresse hídrico provoca uma série de alterações nas funções fisiológicas, alterando principalmente a integridade do aparato fotossintético que, por sua vez, irá promover reduções nos processos de produção das plantas (ANJUM et al., 2017). No entanto, a capacidade da planta suportar períodos de estresse hídrico, bem como a recuperação fotossintética com a reirrigação, é uma expressão dependente de tolerância à seca que visa impedir ou minimizar reduções no crescimento e desenvolvimento das mesmas (MAIA JÚNIOR, 2017). Como observado no presente trabalho, o aumento nas concentrações de clorofilas nas plantas de *B. forficata* submetidas ao estresse hídrico, possibilitou a recuperação da turgescência foliar com a volta da irrigação. O aumento no comprimento radicular dessas mesmas plantas também pode ter contribuído para tal fato.

Figura 5. Teor relativo de água na folha (TRA) em mudas de *Bauhinia forficata* Link submetidas à supressão de rega e posterior reirrigação. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%, as maiúsculas comparam os tratamentos hídricos em cada coleta e as minúsculas comparam cada tratamento nas respectivas coletas.



França et al. (2017) estudando a análise fisiológica em mudas de guanandi (*Calophyllum brasiliense* cambess) submetidas ao déficit hídrico, também evidenciaram redução do teor relativo de água e um aumento nos conteúdos de clorofilas nas plantas sob estresse, investindo na produção de clorofila *b* para assim assegurar uma taxa de produção mínima, mesmo com reduções no status hídrico da espécie.

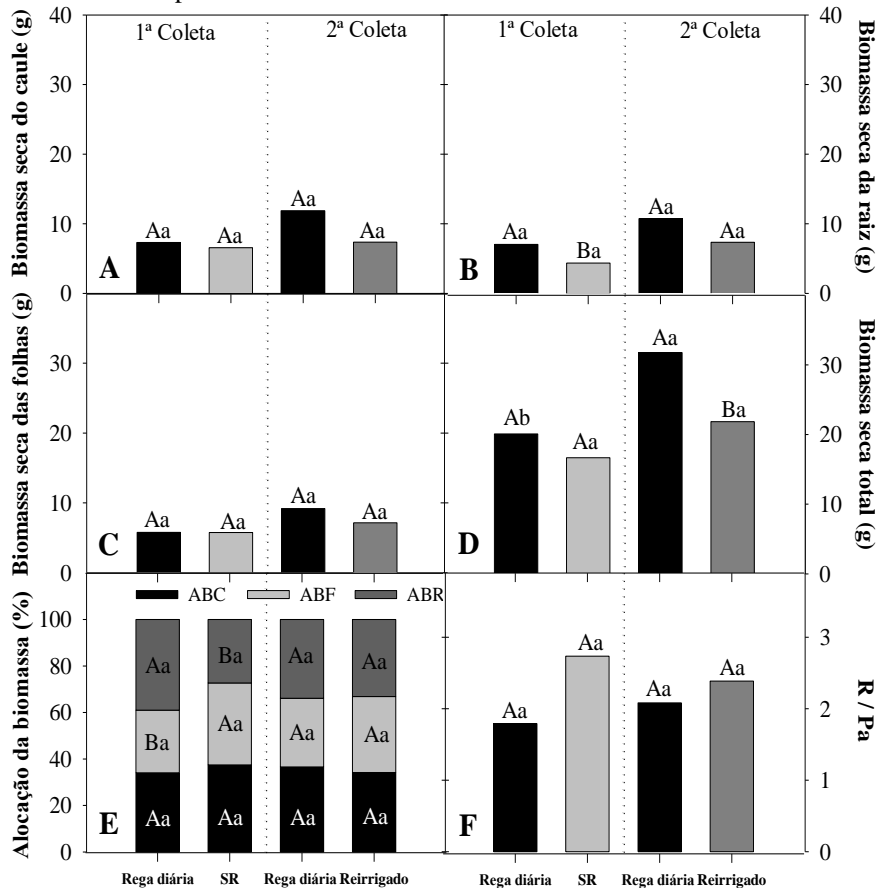
Com relação à biomassa seca e a sua alocação, foi observado um decréscimo na produção da biomassa seca da raiz (Figura 6 B) e também na sua alocação (Figura 6 E), e um aumento na alocação da biomassa para folhas (Figura 6 E) nas plantas submetidas ao déficit hídrico na 1ª coleta. Para as demais variáveis não foram evidenciadas diferenças significativas em ambas as coletas, com exceção para a biomassa seca total do tratamento reirrigado (Figura 6 D), na 2ª coleta.

Apesar de ter sido constatado que o estresse hídrico não influenciou no comprimento radicular das plantas sob estresse (Figura 1 D), essas plantas obtiveram menor biomassa seca, o que indica que as raízes eram bem mais finas. Este comportamento resultou numa menor alocação de biomassa para as raízes, haja vista que essa variável tem relação direta com o peso das mesmas. Resultados semelhantes foram obtidos por Scalón et al. (2011), onde os autores verificaram um maior aporte no comprimento radicular, em contrapartida, também foi observado uma menor biomassa seca da raiz nas plantas de mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam) sob estresse hídrico.

Já o acréscimo na alocação de biomassa para folhas pode ser explicado pelo aumento na emissão de novas brotações, aumentando significativamente a quantidade de biomassa das folhas. A redução do número de folhas (Figura 1 C), principalmente aquelas com maiores danos advindo da seca e o aumento no número de folhas novas, são mais um indício de que a *B. forficata* buscava se adaptar ao estresse através de alterações morfológicas. Resultados parecidos foram obtidos por

Oliveira et al. (2010), onde os autores evidenciaram que a recuperação de plantas de nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss) sob diferentes regimes hídricos, se dá por meio do aumento na emissão de novas folhas com a volta da irrigação.

Figura 6. Biomassa seca do caule (A); da raiz (B); das folhas (C); total (D); alocação da biomassa (E); e R/Pa (F) em mudas de *Bauhinia forficata* Link submetidas à supressão de rega e posterior reirrigação. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%, as maiúsculas comparam os tratamentos hídricos em cada coleta e as minúsculas comparam cada tratamento nas respectivas coletas.



4 CONCLUSÕES

Após 8 dias de estresse hídrico, mudas de *Bauhinia forficata* são capazes de restabelecer seu metabolismo, comprovado pela eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m), dois dias após a retomada da irrigação;

Mudas de *Bauhinia forficata* são capazes de suportar até 8 dias sob estresse hídrico sem comprometer seu metabolismo. No entanto, as mesmas podem ser drasticamente afetadas com a prolongação da intensidade e do tempo de exposição ao estresse.

REFERÊNCIAS

- ANJUM, S. A.; ASHRAF, U.; TANVEER, M.; KHAN, I.; HUSSAIN, S.; SHAHZAD, B.; WANG, L. Drought induced changes in growth, osmolyte accumulation and antioxidant metabolism of three maize hybrids. *Frontiers in plant science*, v. 8, n. 69, p. 1-11, 2017.
- BARRS, H. D.; WEATHERLEY, P. E. A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficit in leaves. *Australian Journal of Biological Science*, v. 15, p. 413-428, 1962.
- BENINCASA, M. M. P. Análise de crescimento de plantas (noções básicas). Jaboticabal: FUNEP, 41 p, 2003.
- CAMPELO, D. H.; LACERDA, C. F.; SOUSA, J. A.; CORREIA, D.; BEZERRA, A. M. E.; ARAÚJO, J. D. M.; 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*, 39(5), 973-983, 2015.
- CARVALHO, P. E. R. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas. v.1. 1.039 p, 2003.
- CUNHA, R. L. M.; GALVÃO, J. R.; ALVES, R. M.; GOMES, V. A.; OLIVEIRA, F. C.; FERREIRA, I. V. L. Ecofisiologia de progênie de cupuaçuzeiro submetida a déficit hídrico e reidratação. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada* v.12, nº.2, p. 2500 – 2509, 2018.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e agrotecnologia*, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FIGUEIRÔA, J. M.; BARBOSA, D. C. A.; SIMABUKURO, E. A. Crescimento de plantas jovens de *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae) sob diferentes regimes hídricos. *Acta Botanica Brasilica*, v. 18, n. 3, p. 573-580, 2004.
- FRANÇA, P. H. T.; SILVA, E. C. A.; SILVA, T. C.; BRASIL, N. A.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Análise fisiológica em mudas de guanandi (*Calophyllum brasiliense* cambess) submetidas ao déficit hídrico. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v. 13, n. 4, p. 264-269. 2017.
- FREITAS, R. S.; SILVA, E. C. respostas fisiológicas de mudas de *Aspidosperma pyrifolium* (Apocynaceae) a ciclos de suspensão de rega. *Scientia Plena*, v. 14, n. 5, p. 51– 201. 2018.
- GENTY, B.; BRIANTAIS, J. M.; BAKER, N. R. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects*, v. 990, n. 1, p. 87-92, 1989.
- LICHTENTHALER, H.K.; BUSCHMANN, C. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, F4.3.1-F4.3.8, 2001.
- LIU C., LIU Y., GUO K, FAN D., LI G., ZHENG Y., YU L, YANG R. Effect of drought on pigments, osmotic adjustment and antioxidant enzymes in six woody plant species in karst habitats of southwestern China. *Environmental and Experimental Botany*, 71, 174–183, 2011.

MAIA JÚNIOR, Sebastião de Oliveira. Tolerância de cultivares de cana-de-açúcar ao déficit hídrico: relações hídricas, trocas gasosas, fluorescência da clorofila e metabolismo antioxidante. Tese (Doutorado em Agronomia). Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo, p. 168. 2017.

MENDES, B. S. D. S.; WILLADINO, L.; CUNHA, P. C.; OLIVEIRA FILHO, R. A.; CAMARA, T. R. Mecanismo fisiológicos e bioquímicos do abacaxi ornamental sob estresse salino. Revista Caatinga, v. 24, n. 3, p. 71-77, 2011.

MOURA, A. R. D.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; SILVA, J. A. A. D.; LIMA, T. V. D. Relações hídricas e solutos orgânicos em plantas jovens de *Jatropha curcas* L. sob diferentes regimes hídricos. Ciência Florestal, v. 26, n. 2, p. 345-354, 2016.

NASCIMENTO, H. H. C.; SANTOS, C. A. D.; FREIRE, C. S.; SILVA, M. A. D.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Ajustamento osmótico em mudas de jatobá submetidas à salinidade em meio hidropônico. Revista Árvore, v. 39, n. 4, p. 641-653, 2015.

NASCIMENTO, Hugo Henrique Costa do. Mecanismos fisiológicos e bioquímicos em mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.), sob condições adversas. Tese (Doutorado em Ciências Florestais). Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, p. 162. 2013.

NUNES, D. P.; SCALON, S. DE P. Q.; DRESCH, D. M.; GORDIN, C. R. B. Photosynthetic and enzymatic metabolism of *Schinus terebinthifolius* Raddi. Seedling under water deficit. Ciência e Agrotecnologia (Online), v. 41, p. 676-682, 2017.

OLIVEIRA M. M.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; AZEVEDO NETO, A. D.; SANTOS, M. G. Crescimento de plantas jovens de nim-indiano (*Azadirachta indica* A. Juss.-Meliaceae) sob diferentes regimes hídricos. Revista Árvore, v. 34, n. 5, p. 771-779. 2010.

OLIVEIRA, N. P.; NASCIMENTO, J. W. S.; JÚNIOR, N. D. S. M.; SERAFIM, E.O.; LEANDRO, B. S., PEREIRA, L. S.; NASCIMENTO, H. H. C. Ecofisiologia de mudas de *Handroanthus impetiginosus* submetidas a diferentes ciclos de rega. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v. 6, n.6, p. 36563-36574, 2020.

PIMENTEL, C. A relação da planta com a água. Seropédica, Rio de Janeiro EDUR, 192 p. 2004.
SANTOS, Livia Maria de Jesus. Respostas ecofisiológicas e bioquímicas ao déficit hídrico em *Ziziphus joazeiro* Mart. Em duas eco-regiões do Estado de Sergipe Agreste e Sertão. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação). Universidade Federal de Sergipe. Sergipe, p. 63. 2013.

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 (*Guazumaulmifolia* Lam.). Ciência Florestal, v. 21, n. 4, p. 655-662, 2011.

SOUZA, N. S.; CONCEIÇÃO, H. E. O.; SILVA, M. K. F.; OLIVEIRA, L. J. D. S.; MELLO, W. J.; MAIA, S.; FILHO, M. S. Crescimento e desenvolvimento de plantas jovens de ipê-amarelo submetidas a diferentes regimes hídricos. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, 12(7), 3108-3117, 2018.

Brazilian Journal of Development

STREIT, N. M.; CANTERLE, L. P.; CANTO, M. W.; HECKTHEUER, L. H. H. As clorofilas. *Ciência Rural*, v. 35, n. 3, p. 748-755, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 888 p. 2017.

VAZ, A.M.S.F. Bauhinia in Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB82666>>. Acesso em: 31 ago. 2020.

ZAR, JERROLD H. *Biostatistical analysis*. London: Prentice-Hall, 1999.