

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**HIDROGEL NA MITIGAÇÃO DO ESTRESSE HÍDRICO E
POTENCIAL DE RECUPERAÇÃO EM MUDAS DE *Eugenia
myrcianthes* Nied.**

JULIANA MILENE SILVERIO

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL**

2021

**HIDROGEL NA MITIGAÇÃO DO ESTRESSE HÍDRICO E POTENCIAL DE
RECUPERAÇÃO EM MUDAS DE *Eugenia myrcianthes* Nied.**

JULIANA MILENE SILVERIO

Orientadora: Prof^a. Dr^a. SILVANA DE PAULA QUINTÃO SCALON

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal para obtenção do título de mestre.

Dourados

Mato Grosso do Sul

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

S587h Silverio, Juliana Milene

Hidrogel na mitigação do estresse hídrico e potencial de recuperação em mudas de *Eugenia myrcianthes* Nied. [recurso eletrônico] / Juliana Milene Silverio. -- 2021.

Arquivo em formato pdf.

Orientador: Prof. Dra. Silvana de Paula Quintão Scalon.

Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2021. Disponível no Repositório Institucional da UFGD em: <https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Pessegueiro-do-mato. 2. Alagamento. 3. Déficit hídrico. 4. Polímero hidrorretentor. 5. Resiliência. I. Scalon, Silvana De Paula Quintão. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

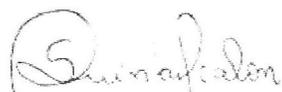
HIDROGEL NA MITIGAÇÃO DO ESTRESSE HÍDRICO E POTENCIAL DE
RECUPERAÇÃO EM MUDAS DE *Eugenia myrcianthes* Nied

por

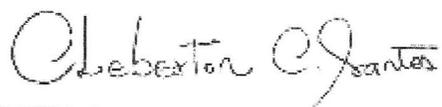
JULIANA MILENE SILVERIO

Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de MESTRE
EM AGRONOMIA

Aprovada em: 19/03/2021



Prof.^a. Dr.^a. Silvana de Paula Quintão Scalon
Orientadora – UFGD/FCA



Prof. Dr. Cleberton Correia Santos
UFGD/FCA



Prof.^a Dr.^a. Luciane Almeri Tabaldi
UFSM

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus e ao Salvador Jesus Cristo pelo dom da vida e por ter me sustentado e fortalecido nessa jornada.

Aos meus pais, Regina Silverio e Jonas Miranda, por todo apoio em todos os âmbitos da minha vida, por serem meus exemplos de humildade e honestidade, me acolherem em momentos de dificuldades e transformarem nosso lar em um refúgio onde posso me sentir acolhida e protegida. Tê-los me traz forças para recomeçar todos os dias.

A minha Avó, Odete Rufino Silverio, por ser minha inspiração de mulher, exemplo de trabalho, amor pela família e por todo seu cuidado comigo.

Ao meu irmão, João Pedro Silverio, por me apoiar, animar e estar presente em todos os momentos da minha vida.

A minha orientadora, Prof^a. Dr^a. Silvana de Paula Quintão Scalon, por ser um exemplo de profissional, por todo auxílio, ensinamentos, paciência, disponibilidade e por todo seu tempo despendido para realização dessa pesquisa.

Ao meu professor e amigo, Cleberton Correia Santos, tenho imensa gratidão por acreditar em mim e em meu potencial, por me incentivar na carreira acadêmica, por toda ajuda, por me socorrer nos momentos de aflição, pelo exemplo de profissional, pelos ensinamentos e por toda paciência.

Gratidão pelas amizades verdadeiras que me acompanham nos momentos bons e ruins, especialmente: Gabriela Silverio, Giselly Marques, Joice Kellen, Lívia Ayres, Liza Marie e Priscila Linné, minhas queridas amigas que me motivaram e foram essenciais nesse processo.

Aos meus colegas do Grupo de Estudos de Ecofisiologia de Plantas (GEEP), por toda parceria, ajuda, experiências compartilhadas e inúmeras oportunidades de crescimento e aprendizado.

À UFGD, FCA e Programa de Pós-graduação em Agronomia – Produção vegetal por proporcionar condições de contribuição para a ciência no Brasil, por toda estrutura e profissionais.

A CAPES pela concessão da bolsa.

São meus sinceros agradecimentos! Juliana Milene Silverio.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	MATERIAL E MÉTODOS	10
3	RESULTADOS.....	15
4	DISCUSSÃO	27
5	CONCLUSÃO	33
6	REFERÊNCIAS.....	34

HIDROGEL NA MITIGAÇÃO DO ESTRESSE HÍDRICO E POTENCIAL DE RECUPERAÇÃO EM MUDAS DE *Eugenia myrcianthes* Nied.

RESUMO

A baixa ou alta disponibilidade hídrica pode ocasionar danos ao metabolismo fotossintético e enzimático de espécies nativas do Cerrado, tal como *Eugenia myrcianthes* Nied.. Assim, o conhecimento de tecnologias que possam atenuar danos do estresse faz-se necessário para seu cultivo *ex situ*. Objetivou-se avaliar o potencial do hidrogel (H) em mitigar o estresse hídrico e auxiliar na recuperação de mudas de *Eugenia myrcianthes* Nied. sob flutuações hídricas. As mudas foram separadas em três regimes hídricos: R1) irrigação contínua (controle), R2) Estresse intermitente: caracterizado por dois ciclos de estresse, sendo o primeiro a restrição hídrica, e o segundo alagamento (Estresse) e R3) Estresse intermitente + hidrogel (Estresse + H). As avaliações foram realizadas em seis épocas: tempo zero, 1ª fotossíntese zero (F0), 1ª recuperação (REC), 2ª F0, 2ª REC e FINAL. Foram avaliadas características fotoquímicas, morfológicas e antioxidantes. As mudas de *E. myrcianthes* responderam às flutuações hídricas, apresentando redução da taxa de assimilação de CO₂, transpiração e condutância estomática durante as condições estressantes. Verificamos decréscimo nas características de crescimento dessa espécie, como área foliar e biomassas reduzidas nas épocas de estresse. O uso do H auxiliou no aumento da eficiência intrínseca do uso da água pela planta e menor presença de agentes antioxidantes. Observamos potencial de recuperação na maioria das características avaliadas. Concluímos que mudas de *E. myrcianthes* apresentaram mudanças morfofisiológicas quanto ao déficit hídrico e alagamento, mas o hidrogel contribuiu em aliviar o déficit hídrico sobre as trocas gasosas e não prejudicou no alagamento. As mudas apresentaram sobrevivência, retomada do metabolismo e de crescimento após as condições estressantes demonstrando capacidade de resiliência por plasticidade fisiológica, independente do uso do H.

Palavras-chave: Pessegueiro-do-mato. Alagamento. Déficit hídrico. Polímero hidrorretentor. Resiliência.

ABSTRACT

The low or high water availability may cause damage to the photosynthetic and enzymatic metabolism of native species from Cerrado, such as *Eugenia myrcianthes* Nied. Thus, the knowledge of technologies that may mitigate stress damage is necessary for its *ex situ* cultivation. The aim was to evaluate the potential of hydrogel (H) to mitigate water stress and help it in the recovery of *Eugenia myrcianthes* Nied. seedlings under water fluctuations. Seedlings were separated into three water regimes: R1) continuous irrigation (control), R2) Intermittent stress: characterized by two stress cycles, the first being water restriction, and the second flooding (Stress) and R3) Intermittent stress + hydrogel (Stress + H). Evaluations were carried out in six periods: zero time, 1st zero photosynthesis (F0), 1st recovery (REC), 2nd F0, 2nd REC and FINAL. Photochemical, morphological and antioxidant characteristics were evaluated. *E. myrcianthes* seedlings responded to water fluctuations, presenting reduction of CO₂ assimilation rate, transpiration and stomatal conductance during stressful conditions. We verified decrease in the growth characteristics of this species, such as leaf area and reduced biomass in times of stress. The use of H helped to increase the intrinsic water-use efficiency by the plant and decrease the presence of antioxidant agents. We verified recovery potential for the most of evaluated characteristics. We concluded that *E. myrcianthes* seedlings showed morphophysiological changes regarding water deficit and flooding, but the hydrogel contributed to relief the water deficit over gas exchanges and it did not affect flooding. Seedlings showed survival, resumption of metabolism and growth after stressful conditions, demonstrating resilience due to physiological plasticity, regardless of using H.

Keywords: Pessegueiro-do-mato. Flooding. Water deficit. Hidroretentor polymer. Resilience.

1 INTRODUÇÃO

O Cerrado contém em suas diferentes fitofisionomias vários habitats diversificados, que compreendem um elevado número de plantas nativas, das quais muitas são endêmicas (OLIVEIRA et al., 2015), e/ou com alto potencial nutracêutico e ecológico (REIS e SCHIMIELE, 2019). Esse bioma é considerado a segunda maior região biogeográfica do Brasil, com condições edafoclimáticas peculiares, isto é, duas estações bem definidas (seca e chuvosa) (DURIGAN et al., 2018), sendo o clima predominante o tropical sazonal (REIS e SCHIMIELE, 2019).

Considerando a sazonalidade climática que influencia na disponibilidade hídrica no solo, tanto por falta quanto por excesso de água, tem-se a possibilidade de ocasionar danos ao metabolismo fotossintético e enzimático das plantas nessas regiões fitoecológicas, sendo que algumas espécies podem ou não apresentar mecanismos de tolerância à essas condições estressantes por meio da atividade de enzimas do metabolismo antioxidante (COSTA et al., 2015; MOTA e CANO, 2016).

Geralmente, algumas plantas sob baixo *status* hídrico em função de irregularidade de precipitações, podem ficar suscetíveis a danos celulares, o que dificulta a manutenção da produção de energia necessária para seus processos metabólicos devido ao fechamento estomático e queda de folhas em função do aumento de ácido abscísico (MELO et al., 2019), de maneira pronunciada.

Por outro lado, o excesso de água em épocas chuvosas ou em áreas próximas a cursos d'água torna-se um agravante para as espécies que não são adaptadas a ambientes anóxico/hipóxico, ou seja, ambientes com diminuição acentuada nos níveis de O₂ no solo (OLIVEIRA e GUALTIERI, 2017). Nesse sentido, o déficit ou alagamento promove a menor eficiência de assimilação e carboxilação de CO₂, podendo reduzir drasticamente a sobrevivência das plantas (FERNÁNDEZ-LIZARAZO e MORENO-FONSECA, 2016).

O conhecimento de agentes que possam atenuar os efeitos negativos do estresse em plantas arbóreas e frutíferas nativas no Cerrado é necessário para estabelecer práticas de cultivo *ex situ*. O polímero hidroretentor, também conhecido como hidrogel, demonstra-se como tecnologia promissora para mitigar estresse hídrico, especialmente no déficit, pois melhora a manutenção da umidade do solo por maior período. Quando em contato com a água as cadeias poliméricas que compõem o hidrogel interagem com o

meio fazendo com que elas se expandam até 400 vezes maior que o seu tamanho original (MENDONÇA et al., 2013) disponibilizando água lentamente e de forma localizada, se colocado na cova, para as plantas sob condições de baixa disponibilidade hídrica (NAVROSKI et al., 2016).

Nesse sentido, o uso do hidrogel pode ser uma boa alternativa para plantio de mudas em trabalhos de recuperação de áreas degradadas (FONSECA et al., 2017) especialmente em condições de déficit hídrico. No entanto, devido a variações edafoclimáticas existentes nas diferentes fitofisionomias muitas áreas estão sujeitas ao alagamento em determinadas épocas do ano. Assim, é importante conhecer a ação da presença das mudas cultivadas com hidrogel em área de seca e posterior condição de alagamento, uma vez que poderá acarretar em prejuízos as raízes e ao metabolismo das mudas. Contudo estudos associando as flutuações hídricas e o hidrogel ainda são escassos.

Eugenia myrcianthes Nied. (Myrtaceae) é uma espécie nativa frutífera e arbórea, conhecida popularmente por pessegueiro do mato, ivaí, ibajaí ou ubajaí, que compõe as fitofisionomias no Cerrado, ocorrendo em florestas ripárias, florestas estacionais e florestas de restinga (MARCHIORETTO et al., 2007; VENZKE, 2012; SILVA et al., 2016). Sua classificação ecológica sucessional é pioneira, podendo alcançar de 4 a 6 m de altura, geralmente encontrada em solos com textura arenosa, média e argilosa, úmidos e bem drenado (GUARINO et al., 2018).

A *E. myrcianthes* apresenta potencial alimentício *in natura* ou processados na forma de doces, licores, geleias (SANTOS et al., 2014), e seus frutos são atrativos a avifauna silvestre (ALMEIDA et al., 2019). Suas folhas e frutos possuem compostos antioxidantes capazes de neutralizar radicais livres, contribuindo na saúde e bem-estar humano (INFANTE et al., 2016). Além disso, as mudas podem ser inseridas em programas de recuperação de áreas degradadas e sistemas integrados de produção, tal como sistemas agroflorestais em unidades familiares rurais. No entanto, informações sobre a tolerância dessa espécie a flutuações hídricas são escassas.

Considerando os efeitos deletérios que o estresse hídrico - tanto por escassez, quanto por excesso - pode ocasionar no metabolismo fotossintético e crescimento das plantas e baseado no habitat natural da *E. myrcianthes*, levantamos os seguintes questionamentos: i) será que a *E. myrcianthes* apresenta sensibilidade ao estresse hídrico? ii) o hidrogel atenua os danos nos centros de reação e nas trocas gasosas dessa espécie? iii) a utilização do hidrogel pode interferir negativamente no período em que as plantas

foram expostas ao alagamento? iii) a espécie possui plasticidade fisiológica que garante a sobrevivência durante o estresse e a recuperação após esse período?

Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar o potencial do hidrogel em mitigar o estresse hídrico e de auxiliar na recuperação de mudas de *Eugenia myrcianthes* Nied. sob flutuações hídricas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local de coleta e obtenção de mudas

Frutos de *Eugenia myrcianthes* Nied. foram obtidos em áreas remanescentes de Cerrado. A espécie foi identificada e correspondeu a uma exsicata depositada no Herbário DDMS, da Universidade Federal da Grande Dourados, sob o nº 5169. Em seguida as sementes foram retiradas manualmente dos frutos e semeadas em tubetes com volume de 290 cm³, preenchidos com substrato comercial – Carolina[®].

Aos 60 dias após a emergência quando as mudas tiveram altura média de 15,0 cm, foi feito o transplântio para vasos plásticos de 7,0 kg preenchidos com Latossolo Vermelho Distroférrico + areia grossa (1:1 v/v), sendo mantidas em casa de vegetação com sombrite[®] de 30% de sombreamento e irrigadas diariamente mantendo 70% da capacidade de retenção de água no substrato.

2.2. Regimes hídricos e desenho experimental

As mudas foram separadas em três regimes hídricos: 1) irrigação contínua (controle): realizada diariamente mantendo 70% da capacidade de retenção de água por meio do método gravimétrico (SOUZA et al., 2000); 2) Estresse hídrico intermitente (Estresse): caracterizado por dois ciclos de estresse, sendo o primeiro a restrição hídrica, e o segundo alagamento; e 3) Estresse hídrico intermitente + hidrogel (estresse +H): ciclo hídrico realizado conforme o grupo anterior. Houve um segundo transplântio no momento de implantação do experimento acrescentado – se na cova apenas das plantas do tratamento estresse + H 20 mL de hidrogel.

O polímero hidroretentor utilizado foi o Forth[®] gel para plantio, que é um copolímero acrílico de potássio e acrilamida com capacidade de troca catiônica: 532,26 (mmol/ dm³), capacidade de retenção de água: 1.526, 69% e natureza física: farelado - condicionador de solo, classe E. O hidrogel foi diluído na proporção de 4 g L⁻¹ deixando em descanso por 20 minutos, até que apresentasse aspecto de gel.

As avaliações foram realizadas em seis épocas: tempo zero (T0 – 0 dia), ou seja, período anterior à submissão das plantas aos diferentes regimes hídricos. Os tratamentos com estresse hídrico foram realizados em dois ciclos, sendo o primeiro a restrição hídrica, onde as mudas foram cultivadas sob cobertura plástica para proteção contra precipitações e realizou-se a suspensão da irrigação até que as mudas de um dos

tratamentos de estresse hídrico apresentassem valores da taxa fotossintética (A) próximos a zero (1ª F0: 21 dias), momento em que houve a retomada da irrigação até que os valores da A fossem próximos ao controle (1ª REC: 22 – 37 dias).

Após a 1ª REC, as mudas foram submetidas ao segundo ciclo de estresse hídrico, o alagamento, no qual as plantas foram acondicionadas em piscinas com lâmina d'água $\pm 5,0$ cm acima do nível do substrato, realizando-se o monitoramento até que a A reduzisse próximo a zero novamente (2ª F0: 38 – 76 dias). Então, as mudas foram retiradas do alagamento, deixando-se em drenagem natural durante 7 dias e posterior retomada da irrigação até normalização dos valores de A (2ª REC: 77 – 91 dias), e a última avaliação (FINAL) realizada aos 56 dias após a 2ª REC totalizando 147 dias de experimento (Figura 1).

O monitoramento da taxa fotossintética foi feito com o aparelho IRGA (LCI Pro- SD ADC Bio Scientific Ltd.) a cada dois dias e de acordo com as condições climáticas favoráveis para avaliação.

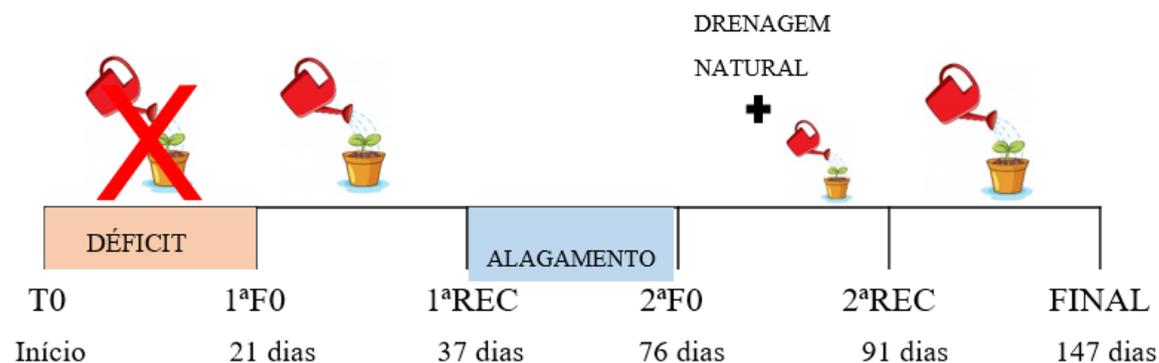


FIGURA1. Esquema das épocas de avaliações de mudas de *Eugenia myrcianthes*.

Os dados de umidade relativa e temperatura nos períodos de avaliação estão apresentados na figura 2.

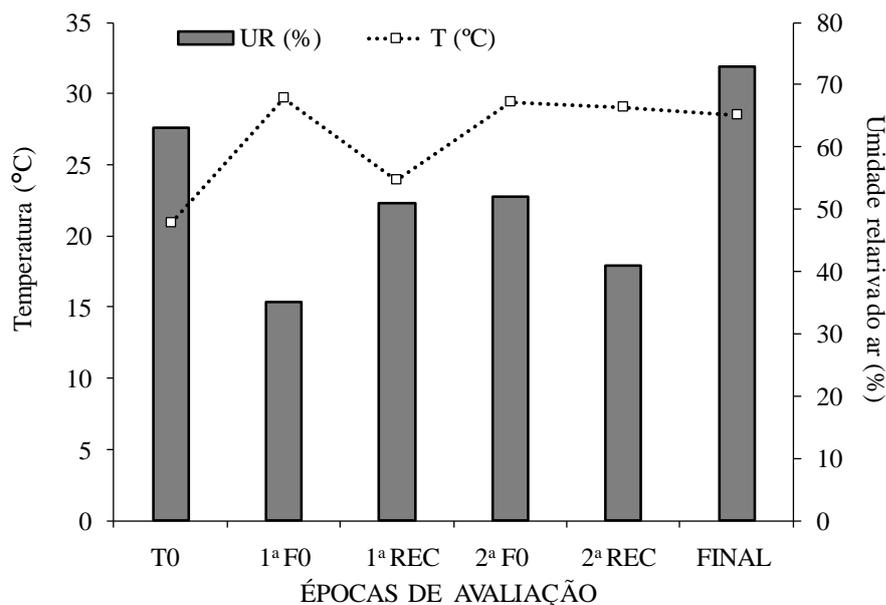


FIGURA 2. Temperatura (°C) e Umidade relativa (%) nas épocas de avaliações do experimento de *E. myrcianthes*. Fonte: Dados meteorológicos da Embrapa Agropecuária Oeste – CPAO (Dourados – MS) entre os períodos 20/08/2019 a 15/01/2020.

2.3. Características avaliadas:

As trocas gasosas foram avaliadas a cada dois dias durante todo período experimental, determinando cada época de avaliação onde acrescentou-se as seguintes características avaliadas:

- Trocas gasosas: utilizando um sistema portátil de analisador de gás por infravermelho (IRGA) – LCI Pro- SD ADC Bio Scientific Ltd., na qual foi possível quantificar a taxa de assimilação de CO₂ – fotossíntese ($A \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração ($E \text{ mmol H}_2\text{O}$), condutância estomática ($g_s \text{ mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e concentração intercelular de CO₂ ($C_i \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Posteriormente, foram calculadas a eficiência intrínseca de carboxilação da Rubisco (A/C_i), a eficiência intrínseca de uso da água ($iEUA - A/g_s$) e a eficiência instantânea do uso da água ($EUA - A/E$). As avaliações foram realizadas em três mudas por tratamento, sendo uma por repetição, no período entre às 8 e 11 horas, selecionando-se uma folha completamente expandida previamente marcada. A radiação fotossintética média que foi considerada para fazer as avaliações foi acima de $750 \mu\text{mol fótons m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

- Índice de clorofila: determinado utilizando um medidor portátil de clorofila - SPAD (*Soil Plant Analyzer Development* - Konica Minolta SPAD 502), entre as 8 e 10h, nas mesmas folhas utilizadas para avaliar as trocas gasosas.

- Fluorescência da clorofila-*a* e processos fotoquímicos: três folhas por tratamento foram submetidas a condição de escuro, com cliques foliares durante 30 minutos. Após esse período, foi determinada a emissão da fluorescência inicial (F_0), variável (F_v) e máxima (F_m) da clorofila-*a*, e eficiência quântica fotoquímica potencial no fotossistema II (F_v/F_m) sob flash de $1.500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ utilizando fluorômetro portátil OS p 30 (OPTI-SCIENCES Chlorophyll Fluorometer, Hudson, USA). A partir desses dados, foram calculados a eficiência de conversão de energia absorvida (F_v/F_0) e o rendimento máximo não fotoquímico (F_0/F_m).

- Conteúdo relativo de água (CRA): determinado conforme metodologia de Turner (1981). Uma folha por planta de cada repetição por tratamento foi escolhida aleatoriamente, sendo cortada com vazador de discos, evitando-se a nervura central. Os discos foliares foram pesados (massa fresca) e depois deixados em placa de Petri com água destilada por um período de 24h, para obtenção da massa saturada. Em seguida, os discos foram acondicionados em estufa à $60 \pm 5^\circ\text{C}$, até massa constante, e pesadas as massas secas. O CRA foi calculado de acordo com a fórmula:
$$CRA = \frac{MF - MS}{Msat - MS} \times 100$$
, em que: MF: massa fresca, MS: massa seca e Msat: massa saturada.

- Crescimento: As mudas foram colhidas e separadas em parte aérea e raízes, e então medida a altura (Alt) tendo como padrão de avaliação a distância entre o coleto e a inflexão da folha mais alta, e comprimento de raiz (CR) com régua graduada em centímetros; diâmetro do coleto (DC) determinado com auxílio de um paquímetro e os resultados expressos em milímetros (mm); o número de folhas (NF) contabilizando o número de folhas totalmente expandidas; a área foliar (AF) determinada utilizando um integrador de área (LI-COR, 3100 C – Area Meter – Nebraska). Para obtenção das biomassas secas da parte aérea e raiz o material foi acondicionado em estufa com circulação forçada de ar à $60 \pm 5^\circ\text{C}$, até massa constante. A massa fresca da parte aérea e raiz foi pesada logo após coleta das plantas. Utilizando os dados de biomassa foi calculado o índice de qualidade das mudas de acordo com Dickson et al. (1960):
$$IQD = \frac{MST}{RAD + RPAR}$$
.

em que: MST: massa seca total, RAD: relação altura diâmetro e RPAR - relação parte aérea/raízes.

- Atividade enzimática: foram coletadas amostras das folhas e raízes, o material foi congelado em N líquido. De cada amostra foi pesado 1 g, macerado em 6 mL de solução contendo 0,3 g de polivinilpirrolidona (PVP) diluído em 100 mL de tampão fosfato de potássio (0,2 M), realizando-se a centrifugação a 4000 rpm por 20 minutos a 4°C. O sobrenadante foi utilizado como extrato enzimático para determinação da atividade da superóxido dismutase (SOD - $\mu\text{g MF}^{-1}$) e peroxidase (POD - $\mu\text{mol mg}^{-1} \text{ proteína min}^{-1}$) segundo Broetto (2014). Também foi feita a quantificação da prolina de acordo com a metodologia de Dianat et al. (2016).

2.4. Delineamento estatístico e Análises dos dados

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, sendo que os tratamentos foram arranjos em esquema de subparcelas, sendo a parcela constituída dos três regimes hídricos (controle, estresse e estresse + H), e nas subparcelas as seis épocas de avaliação (T0, 1ª F0, 1º REC, 2ª F0, 2º REC e FINAL), com três repetições com duas mudas cada.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e quando significativos pelo teste F ($p < 0,05$) as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, para regimes hídricos, e pelo teste de Scott-Knott para épocas de avaliação ($p < 0,05$), utilizando o *software* SISVAR (FERREIRA, 2019). Posteriormente foi feita análise de correlação linear de Pearson (r) ($p < 0,05$) utilizando software PAST 3.21.

3 RESULTADOS

As mudas de *E. myrcianthes* sob déficit hídrico atingiram a primeira taxa de assimilação de CO₂ (*A*) próxima a zero (1ª F0) aos 21 dias de restrição hídrica com valor de 0,69 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Nesse mesmo período, mudas submetidas a esta condição com hidrogel (H) mantiveram a *A* mais elevada (1,90 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), não há diferença entre estresse e estresse + H que foram menores do que o das mudas controle (Figura 3A).

As mudas se recuperaram depois de retomada a irrigação (1ª REC), levando 16 dias para atingirem valores de *A* semelhantes ao controle (Figura 3A). Na 2ª F0 (alagamento), independente do uso do H, as plantas em condição estressante, reduziram a *A* (0,62 e 0,57 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, respectivamente) aos 39 dias em condições de alagamento (Figura 3A).

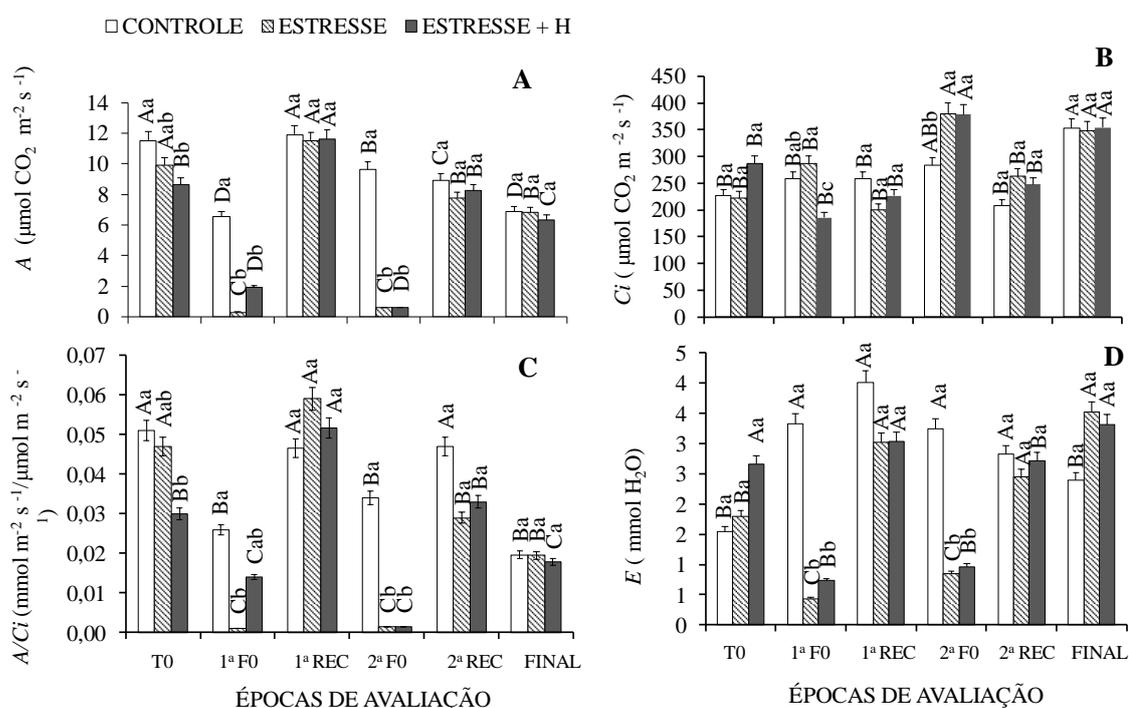


FIGURA 3. Taxa de assimilação de CO₂ - *A* (A), concentração interna de CO₂ - *C_i* (B), eficiência intrínseca de carboxilação da Rubisco - *A/C_i* (C) e taxa de transpiração - *E* (D) de folhas de *Eugenia myrcianthes* Nied. provenientes de mudas submetidas a diferentes condições hídricas (controle, estresse hídrico e estresse hídrico + H) e épocas de avaliações (T0, 1ª F0, 1ª REC, 2ª F0, 2ª REC e Final). Letras maiúsculas comparam as épocas de avaliação dentro de cada regime hídrico (Scott-Knott; $p < 0,05$) e letras minúsculas comparam os regimes hídricos em cada época de avaliação (Tukey, $p < 0,05$).

As plantas cultivadas sem H no período de déficit hídrico (1ª F0), apresentaram aumento da *C_i* (258 e 287 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), enquanto que às com H

mantiveram menor valor ($186 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), havendo conseqüentemente maior eficiência intrínseca de carboxilação da Rubisco (A/C_i) ($0,01 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}/\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) nesse mesmo período (Figura 3C). Por outro lado, na 2ª F0 não verificamos diferença entre os regimes hídricos.

No que se refere a transpiração (E), verificamos que nos ciclos de estresse não houve diferença entre as plantas submetidas ao estresse hídrico sem e com H, sendo que em ambos os tratamentos houve queda acentuada quando comparado as mudas sob irrigação contínua. No entanto, nos dois ciclos de recuperação os valores foram reestabelecidos (Figura 3D).

A condutância estomática (g_s) foi influenciada pelos fatores em estudo de maneira isolada, sendo observado uma redução deste parâmetro para mudas mantidas sob a condição de estresse ($0,10 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ em ambas) (Figura 4A). Quanto às épocas de avaliação, a g_s foi maior no período FINAL e menor 1ª F0, seguido da 2ª F0 e 2ª REC. Na 2ª F0 e 2ª REC os valores de g_s não diferiram entre si (Figura 4B).

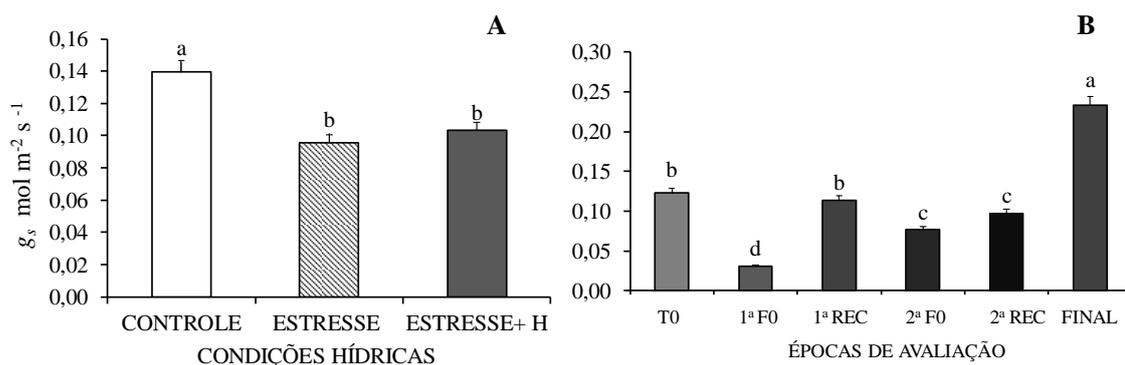


FIGURA 4. Condutância estomática (g_s) de folhas de *Eugenia myrcianthes* Nied. provenientes de mudas submetidas a diferentes regimes hídricos (A) (controle, estresse e estresse + H) e épocas de avaliação (B) (T0, 1ª F0, 1ª REC, 2ª F0, 2ª REC e FINAL). (a) Letras iguais não diferem estatisticamente entre si para regimes hídricos (Tukey; $p < 0,05$). (b) Letras iguais não diferem estatisticamente entre si para épocas de avaliação (Scott-Knott; $p < 0,05$).

Durante o ciclo de restrição hídrica, na 1ª F0, as mudas submetidas ao estresse hídrico, com ou sem H mantiveram o EUA semelhante ao controle. Durante o ciclo de alongamento, na 2ª F0, houve redução da EUA em mudas mantidas na condição limitante, independente do uso do hidrogel, restabelecendo os valores durante o período da 2ª REC (Figura 5A).

Na 1ª F0 as mudas cultivadas com H apresentaram maiores valores de *iEUA* em comparação às sem H. Na 1ª REC, os valores normalizaram. Na 2ª F0 não constatamos diferença entre os regimes hídricos assim como na FINAL.

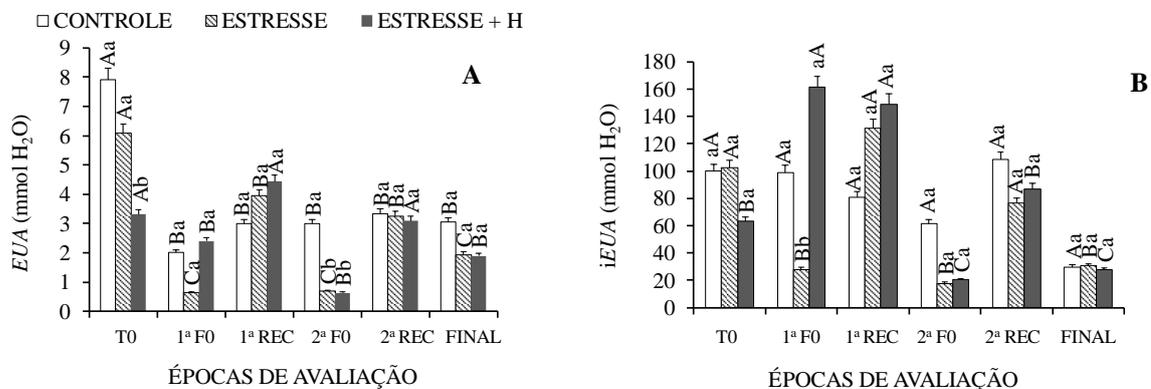


FIGURA 5. Eficiência instantânea do uso da água – *EUA* (A) e eficiência intrínseca do uso da água – *iEUA* (B) de folhas de *Eugenia myrcianthes* Nied. provenientes de mudas submetidas a diferentes condições hídricas (controle, estresse e estresse + H) e épocas de avaliação (T0, 1ª F0, 1ª REC, 2ª F0, 2ª REC e Final). Letras maiúsculas comparam as épocas de avaliação em cada regime hídrico (Scott-Knott, $p < 0,05$) e letras minúsculas comparam os regimes hídricos em cada época de avaliação (Tukey, $p < 0,05$).

O CRA das mudas sob estresse hídrico sem e com H reduziu durante o ciclo de restrição hídrica na 1ª F0, atingindo valores de 13 e 24,8%, respectivamente. No ciclo de alagamento, durante a 2ª F0, não houve diferença entre os regimes hídricos. Na 2ª REC as plantas com H, mesmo não atingindo valores equivalentes ao controle (86,38%), apresentaram boa hidratação (53,1%) diferindo do observado em mudas mantidas em condição de estresse sem o produto (28,22%). Na FINAL observamos equilíbrio entre os valores de CRA, os quais não variaram entre os tratamentos (Figura 6).

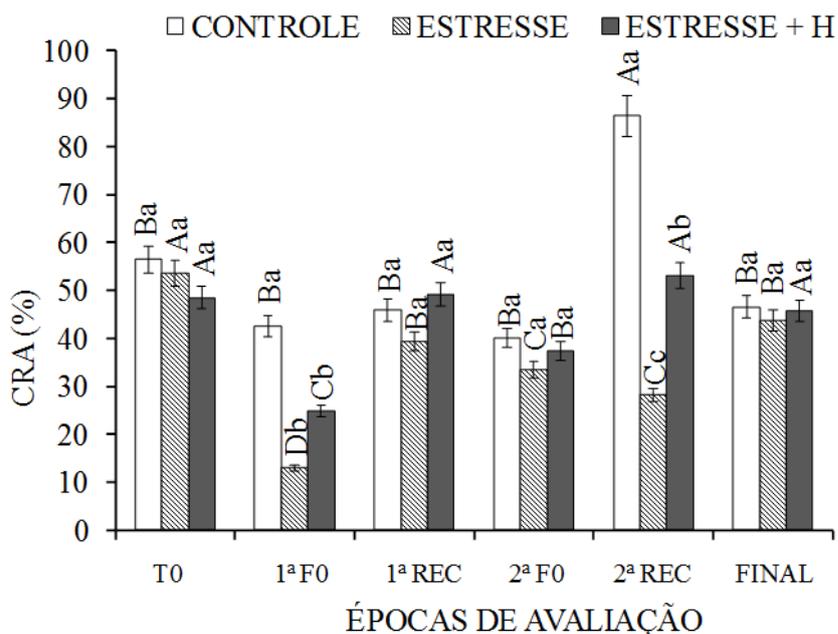


FIGURA 6. Conteúdo relativo de água – CRA (%) de folhas de *Eugenia myrcianthes* Nied. provenientes de mudas submetidas a diferentes regimes hídricos (controle, estresse e estresse com H) e épocas de avaliação (T0, 1ª F0, 1ª REC, 2ª F0, 2ª REC e Final). Letras maiúsculas comparam as épocas de avaliação dentro de cada regime hídrico (Scott-Knott, $p < 0,05$) e letras minúsculas comparam os regimes hídricos em cada época de avaliação (Tukey, $p < 0,05$).

Quanto à F₀, verificou-se que as mudas cultivadas com H apresentaram maiores valores na 1ª F0, retomando o desempenho desta variável no período de recuperação seguinte (Figura 7A). No entanto, na 2ª F0, houve aumento da F₀ nas mudas sob condição de estresse, independente do uso do H comportamento que se manteve durante a 2ª REC. Na FINAL as mudas mantidas em ciclos de estresse hídrico apresentaram resposta inversa, reduzindo a F₀, em comparação ao controle.

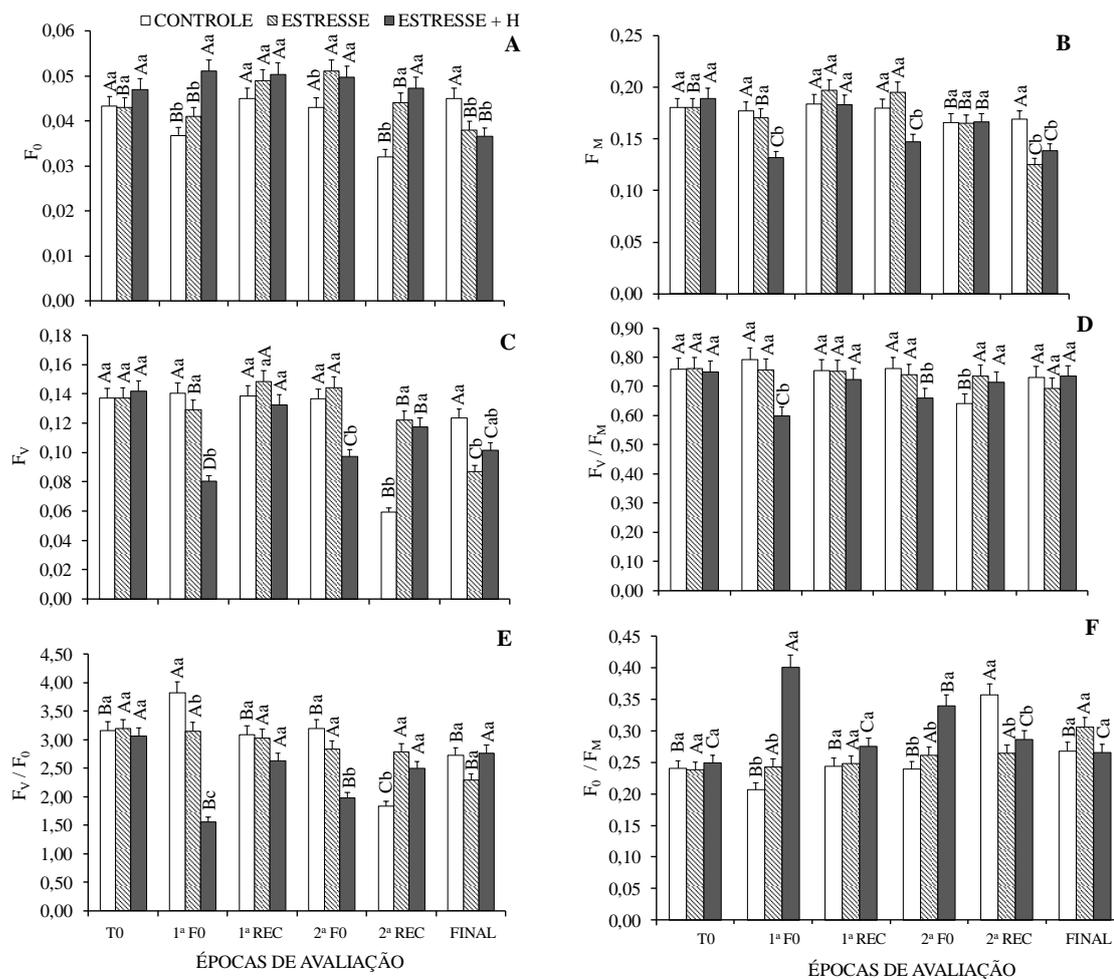


FIGURA 7. Fluorescência inicial - F_0 (A), fluorescência máxima - F_m (B), fluorescência variável - F_v (C), eficiência quântica fotoquímica potencial do fotossistema II - F_v/F_m (D), eficiência de conversão de energia absorvida- F_v/F_0 (E) e rendimento máximo dos processos não fotoquímicos - F_0/F_v (F) de folhas de *Eugenia myrcianthes* Nied. provenientes de mudas submetidas diferentes regimes hídricos (controle, estresse e estresse com H) e épocas de avaliação (T0, 1^a F0, 1^a REC, 2^a F0, 2^a REC e Final). Letras maiúsculas comparam as diferentes épocas de avaliação dentro de cada regime hídrico (Skott-Knott, $p < 0,05$) e letras minúsculas comparam os regimes hídricos em cada época de avaliação (Tukey, $p < 0,05$).

As mudas cultivadas com H apresentaram menores valores de F_m e F_v na 1^a e 2^a F0, enquanto as sem H mantiveram valores próximos aos do controle (Figura 7B, C).

Na 1^a REC houve restabelecimento dos valores em todos regimes hídricos. Por outro lado, na 2^a REC as mudas submetidas a condição de estresse, independente do uso do H, apresentaram valores maiores que as mudas controle (Figura 7C).

No que se refere à F_v/F_m na 1^a e 2^a F0 as mudas com H apresentaram menores valores em comparação aos demais regimes hídricos, ficando abaixo de 0,70, porém retomam o desempenho fotoquímico na 1^a REC. Na 2^a REC as mudas submetidas ao

estresse hídrico, independente do uso de H, apresentaram valores superiores ao observados nas mudas sob controle (Figura 7D).

O uso do H em mudas submetidas a estresse hídrico reduziu F_v/F_0 (Figura 7E) e aumentaram o F_0/F_m na 1ª e 2ª F0 (Figura 7F). Na FINAL, não observamos diferença entre os regimes hídricos para as duas características.

Em geral, a altura das mudas aumentou gradualmente ao longo do ciclo de cultivo, sendo que na 1ª F0 e 1ª REC, as mudas em condição de estresse + H mantiveram valores semelhantes das mudas controle (24,0 e 27,5 cm) (Figura 8A). Por outro lado, na 2ª F0 e na 2ª REC as mudas em condição de estresse, independente do uso do H, apresentaram menor tamanho em comparação ao controle. Ao FINAL das avaliações, as mudas do tratamento estresse + H apresentaram altura superior à das mudas sem H, porém menor que das mudas controle.

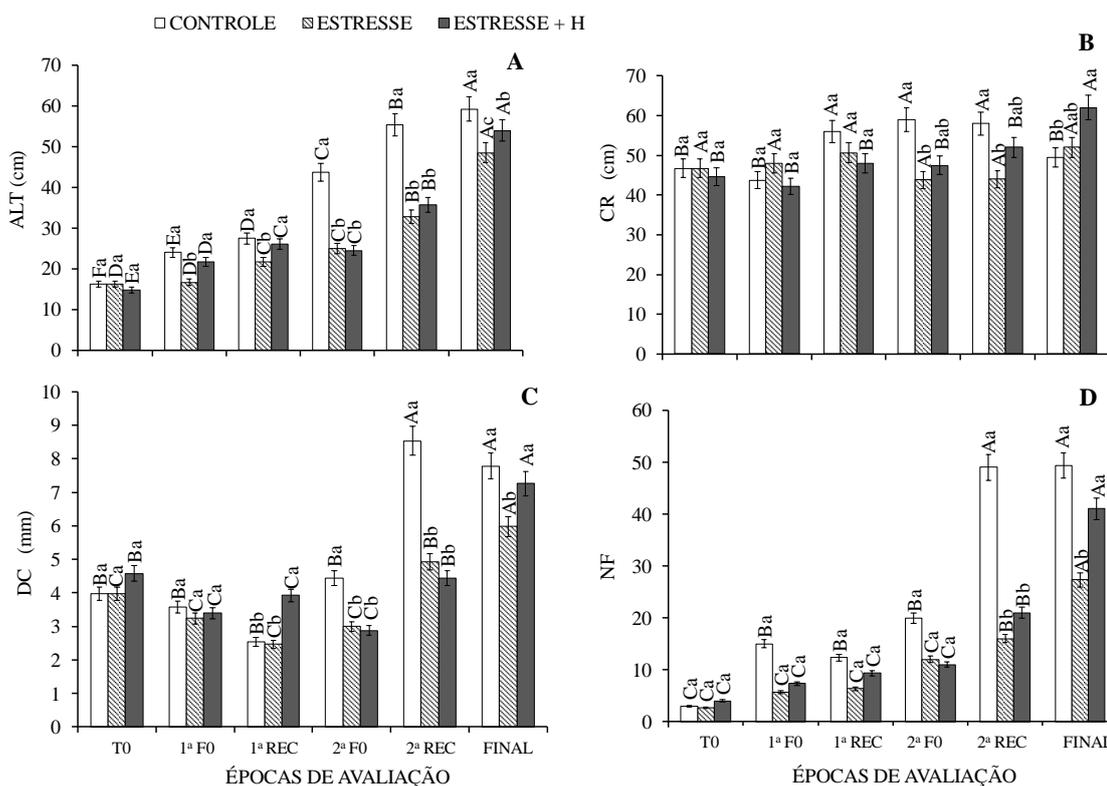


FIGURA 8. Altura de plantas - Alt (A), comprimento de raiz - CR (B), diâmetro do coleto - DC (C) e número de folhas - NF (D), em mudas de *Eugenia myrcianthes* Nied. submetidas a diferentes regimes hídricos (controle, estresse e estresse + H) e épocas de avaliação (T0, 1ª F0, 1ª REC, 2ª F0, 2ª REC e Final). Letras maiúsculas comparam as diferentes épocas de avaliação dentro de cada regime hídrico (Skott-Knott, $p < 0,05$) e letras minúsculas comparam os regimes hídricos em cada época de avaliação (Tukey, $p < 0,05$).

Quanto ao comprimento de raiz (CR), não houve diferença entre os regimes hídricos até a 1ª REC (Figura 8B). Na 2ª F0 e 2ª REC, o CR nas mudas em condição estressante com e sem H foi menor, porém o uso do H não diferiu do tratamento controle.

Verificamos que não houve diferença entre os regimes hídricos para diâmetro do coleto (DC) na 1ª F0, mas ocorreu aumento pronunciado nas mudas do tratamento estresse hídrico + H (3,92 mm) na 1ª REC (Figura 8C). Na 2ª F0 e 2ª REC, os menores DC ocorreram nas mudas em condição de estresse (2,99 e 4,92 mm), independente do uso de H. Na avaliação FINAL, as mudas cultivadas com H tiveram maior valor de CR (62 cm) e DC (7,6 mm).

O NF variou entre mudas submetidas aos regimes hídricos somente a partir da 2ª REC, onde as mudas do tratamento controle apresentaram o maior incremento (20 folhas), enquanto na FINAL as mudas sob controle e estresse + H, apresentaram os maiores valores (49,33 e 41, respectivamente).

A área foliar (AF) variou entre os regimes hídricos a partir da 2ª F0, sendo que nas mudas em condição estressante, independente do uso do H, tiveram menores valores até a FINAL (Figura 9A).

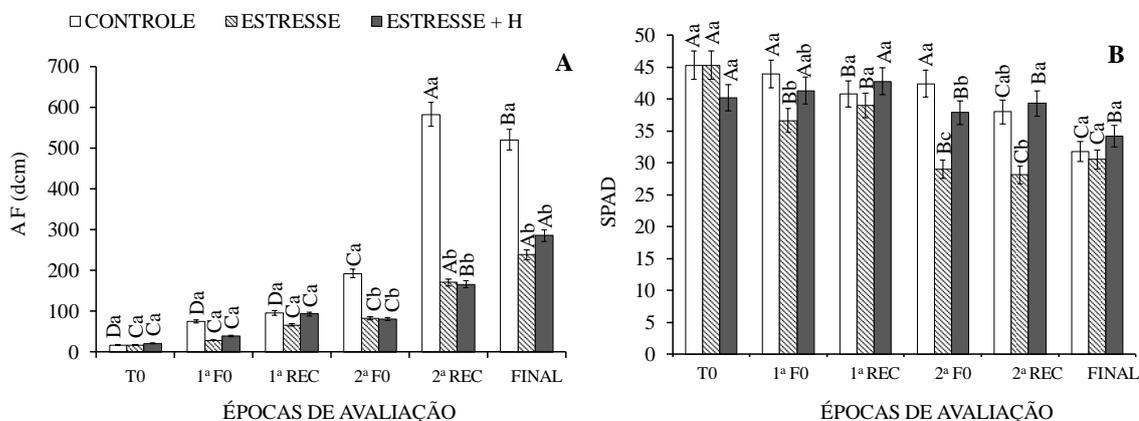


FIGURA 9. Área foliar- AF (A) e índice de clorofila - SPAD (B), em mudas de *Eugenia myrcianthes* Nied. submetidas a diferentes regimes hídricos (controle, estresse e estresse + H) e épocas de avaliação (T0, 1ª F0, 1ª REC, 2ª F0, 2ª REC e Final). Letras maiúsculas comparam as épocas de avaliação em cada regime hídrico (Scott-Knott; $p < 0,05$) e letras minúsculas comparam os regimes hídricos em cada época de avaliação (Tukey, $p < 0,05$).

O índice de clorofila (SPAD) das mudas em condição de estresse, na 1ª F0, foi menor, mas quando comparado ao controle mudas com H não diferem. Na 2ª F0, as

mudas do tratamento estresse + H (37,9) tiveram valores superiores em comparação aquelas sem H (29). Nas duas fases de recuperação, as mudas com H tiveram valores que não diferiram do controle. Contudo, ao FINAL das avaliações, as mudas não apresentaram alterações do índice SPAD nos diferentes tratamentos.

Em geral, as massas frescas e secas da parte aérea e raízes, e o IQD apresentaram a mesma tendência de resposta, de forma que, ao FINAL, as menores massas foram observadas nas mudas em condição de estresse, independente do uso do H (Figura 10 e 11).

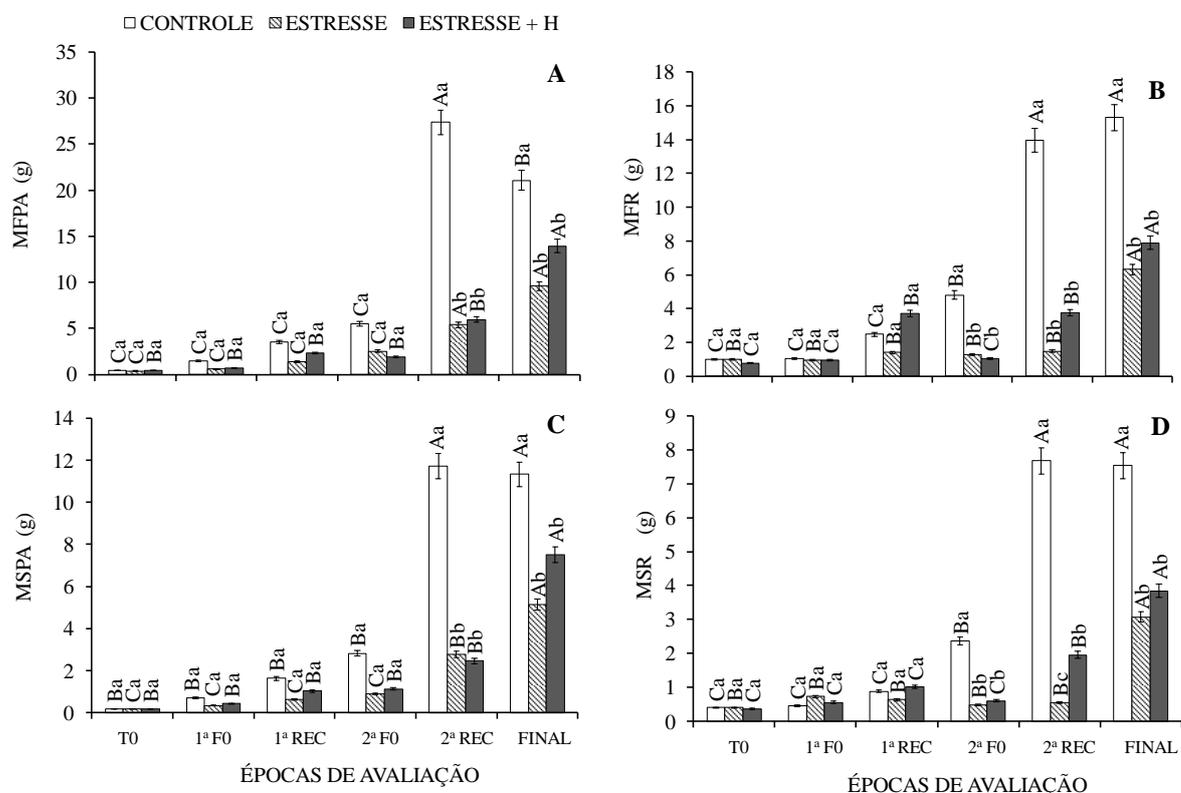


FIGURA 10. Massa fresca parte aérea - MFPA (A), massa fresca raiz- MFR (B), massa seca parte aérea - MSPA (C) e massa seca raiz – MSR (D), de mudas de *Eugenia myrcianthes* Nied. submetidas a diferentes condições hídricas (controle, estresse e estresse + H) e épocas de avaliação (T0, 1^a F0, 1^a REC, 2^a F0, 2^a REC e FINAL). Letras maiúsculas comparam as épocas de avaliação em cada regime hídrico (Scott-Knott; $p < 0,05$) e letras minúsculas comparam os regimes hídricos em cada época de avaliação (Tukey, $p < 0,05$).

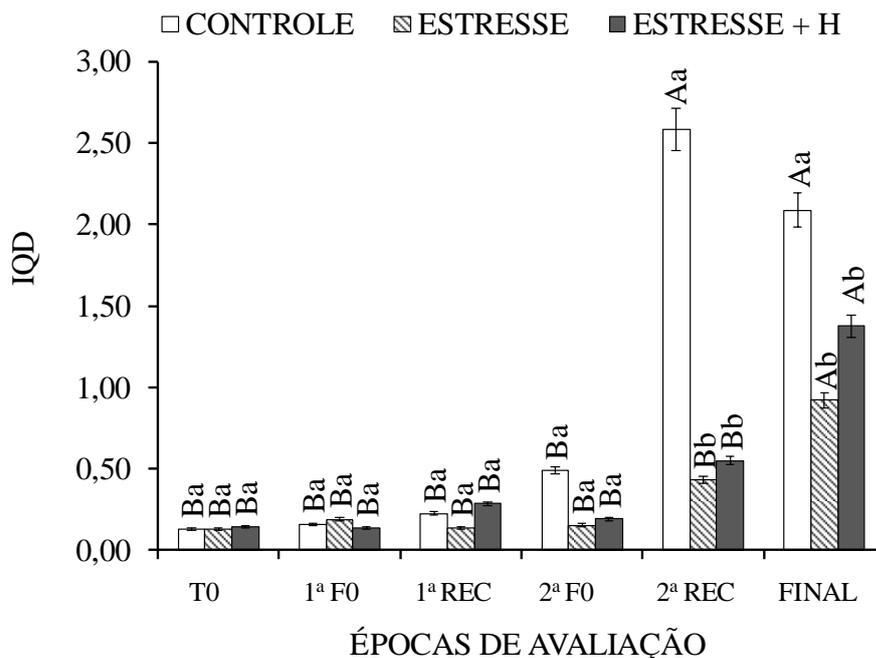


FIGURA 11. Índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Eugenia myrcianthes* Nied. submetidas a diferentes regimes hídricos (controle, estresse e estresse + H) e épocas de avaliação (T0, 1ª F0, 1ª REC, 2ª F0, 2ª REC e FINAL). Letras maiúsculas comparam as épocas de avaliação em cada regime hídrico (Scott-Knott; $p < 0,05$) e letras minúsculas comparam os regimes hídricos em cada época de avaliação (Tukey, $p < 0,05$).

A atividade da superóxido dismutase (SOD) na folha foi maior nas mudas em condição de estresse independente da presença do H na 1ª F0, entretanto na 2ª F0 essa atividade aumentou apenas nas mudas com H. Na raiz a atividade da SOD aumentou apenas nas mudas sem H na 1ª F0. Na avaliação FINAL a atividade aumentou em todos os tratamentos, mas não há diferença de atividade nas folhas entre os regimes hídricos e nas raízes os maiores valores foram observados nas mudas previamente submetidas a condição de estresse (Figura 12).

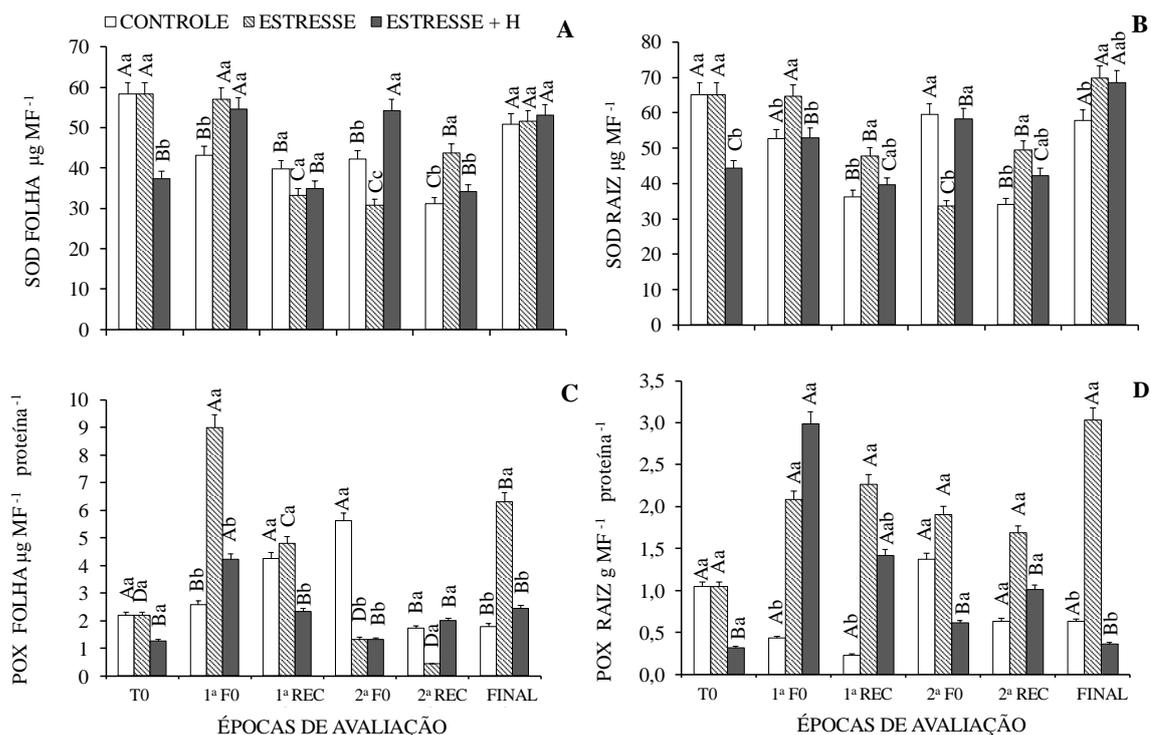


FIGURA 12. Atividade antioxidante das enzimas superóxido dismutase (SOD) nas folhas (A) e nas raízes (B); peroxidase (POX) nas folhas (C), e nas raízes (D) em mudas de *Eugenia myrcianthes* Nied. submetidas a diferentes condições hídricas (controle, estresse e estresse com H) e épocas de avaliação (T0, 1^a F0, 1^a REC, 2^a F0, 2^a REC e FINAL). Letras maiúsculas comparam as diferentes épocas de avaliação dentro dos regimes hídricos (Scott-Knott, $p < 0,05$) e letras minúsculas comparam os regimes hídricos dentro de cada época de avaliação (Tukey, $p < 0,05$).

A atividade da peroxidase (POX) na folha foi maior ($8,99 \text{ g MF}^{-1} \text{ proteína}^{-1}$) na 1^a F0 e na FINAL ($6,31 \text{ MF}^{-1} \text{ proteína}^{-1}$) nas mudas submetidas ao estresse diferindo-se do estresse + H e controle. Na raiz observamos na 1^a F0 e na 1^a REC os maiores valores nas mudas em condição de estresse diferindo-se das sob controle. Na 2^a F0, 2^a REC e FINAL os maiores valores ocorreram nas mudas em condição de estresse (Figura 12D). Em ambos os órgãos, ao final das avaliações a atividade da POX se manteve elevada nas mudas que foram submetidas a condição de estresse sem uso do H, e em média, a atividade foi de 3 a 4 vezes maior nas folhas do que nas raízes.

A prolina foliar foi influenciada pelos fatores em estudo de maneira isolada, sendo que os maiores valores ocorreram nas mudas cultivadas sob estresse ($1,70 \mu\text{mol/g}$) (Figura 13A) e quando cultivadas na 1^a REC e 1^a F0 ($2,86$ e $1,96 \mu\text{mol/g}$, respectivamente) (Figura 13B).

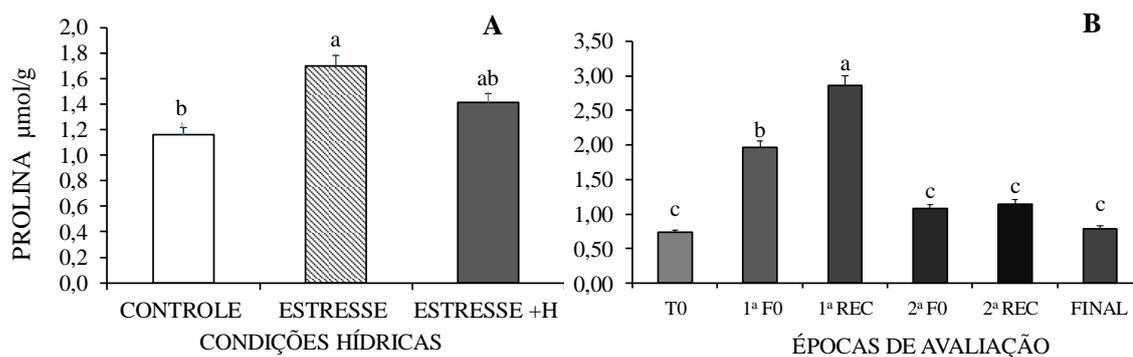


FIGURA 13. Teor de prolina em folhas de *Eugenia myrcianthes* Nied. provenientes de mudas submetidas a diferentes regimes hídricos (A) (controle, estresse e estresse + H) e épocas de avaliação (B) (T0, 1ª F0, 1ª REC, 2ª F0, 2ª REC e Final). (a) Letras iguais não diferem estatisticamente entre si para regimes hídricos (Tukey; $p < 0,05$). (b) Letras iguais não diferem estatisticamente entre si para épocas de avaliação (Scott-Knott, $p < 0,05$).

Verificamos que houve correlação entre a maioria das características avaliadas ($p > 0,05$), tanto positivas como negativas (Figura 14). Em geral, a F_0 e F_m tiveram correlação negativa de média magnitude com AF (-0,53 e -0,64) e IQD (-0,56 e -0,65). Por outro lado, observamos correlações positivas entre AF e IQD (0,98), F_v/F_m e F_v/F_0 (0,70), A e A/C_i (0,94), SOD R e SOD F (0,82), além do CRA com as trocas gasosas.

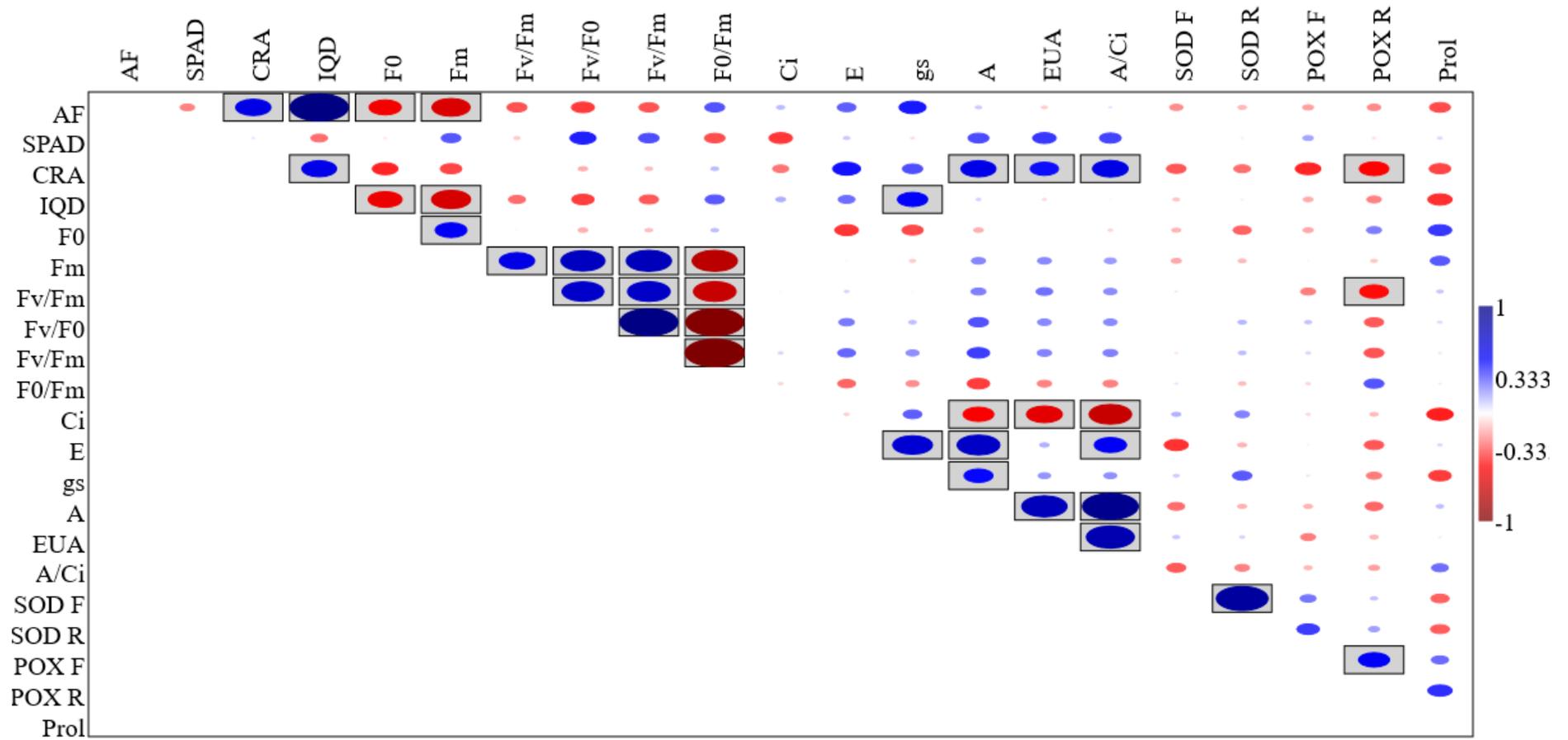


FIGURA 14. Correlação linear de Pearson (r) de características avaliadas em mudas de *Eugenia myrcianthes* Nied. submetidas diferentes regimes hídricos (controle, estresse e estresse com H) e épocas de avaliação (T0, 1ª F0, 1ª REC, 2ª F0, 2ª REC e Final).

4 DISCUSSÃO

As mudas de *E. myrcianthes* responderam às flutuações hídricas, apresentando redução das trocas gasosas e crescimento durante as condições estressantes. Por outro lado, o uso do H auxiliou proporcionando maior eficiência intrínseca de uso da água e as mudas com H apresentaram menor presença de agentes antioxidantes. No geral, observamos potencial das mudas em recuperar a maioria das características demonstrando alta plasticidade fisiológica.

Em geral, a redução de A sob baixa disponibilidade hídrica deve-se a importância da água nos processos metabólicos, uma vez que está associada na liberação de prótons e elétrons da etapa fotoquímica, assim como na regulação da abertura e fechamento estomático, possibilitando a absorção de CO_2 e mobilização de fotoassimilados pela planta (MARTINS et al., 2011; CHAVARRIA e SANTOS, 2012).

Dentre os efeitos que o déficit hídrico promove tem-se os estomáticos e não estomáticos (LIU et al., 2014), sendo que os estomáticos reduzem a A pelo aumento da resiliência da difusão de CO_2 , pois os estômatos se fecham em decorrência da diminuição do potencial de água da folha e redução do conteúdo de água no solo (BRUNINI e CARDOSO, 1998). Já os efeitos não estomáticos envolvem processos fotoquímicos e bioquímicos havendo redução no transporte de elétrons afetando a síntese de ATP e NADPH (ARAÚJO JÚNIOR, 2019).

Em condição de alagamento pode ocorrer a redução da capacidade de regeneração e atividade da Rubisco (OLIVEIRA et al., 2017). Mudas de *Lycopersicon esculentum* P. Miller (HUNTER et al., 2017) e *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook ex S. Moore, (OLIVEIRA e GUALTIERI, 2017) apresentaram redução de A em condições de estresse por alagamento, tal como ocorreu nas mudas de *E. myrcianthes* nessa condição hídrica.

Com relação à concentração interna de CO_2 (C_i) o fato de as mudas com H apresentarem menores valores na 1ª F0 demonstra o efeito do H auxiliando nessa característica. Provavelmente isso ocorreu devido a capacidade do H contribuir para a manutenção do status hídrico do solo, durante a restrição hídrica, proporcionando aeração e drenagem, atuando como condicionador de solo melhorando as propriedades físico-

químicas, podendo reduzir o número de irrigações e perdas de nutrientes (AZEVEDO et al., 2002; SAAD et al., 2009), refletindo em manutenção de A/C_i , já que estresse + H assemelhou-se ao controle diferindo do estresse nesse mesmo período, o que promoveu maior estabilidade fotossintética.

Similarmente, o H promoveu recuperação fisiológica de mudas de cultivares de citros sob déficit hídrico (FERREIRA et al., 2014). Quando alagadas, as mudas tiveram aumento de C_i , na condição estressante independentemente do H o que contribuiu para a redução da A/C_i . Essa redução na otimização da utilização do CO_2 pela planta reflete em menor produção de fotoassimilados interferindo negativamente no crescimento da planta.

A redução da transpiração (E) na 1ª e 2ª F0 pode ser justificada pelo fechamento estomático, sendo uma estratégia da planta em condições de déficit hídrico e alagamento para redução da perda de água e manutenção das relações hídricas (JACINTO JÚNIOR et al., 2019). Nessa característica não há efeito do H, sendo essas respostas advindas da capacidade de resiliência e adaptação da espécie às flutuações hídricas.

A diminuição da g_s nas plantas em condição estressante, independente do uso do H deve-se a redução da turgescência da célula, o que acarreta fechamento dos estômatos (MARTINS et al., 2008). Possivelmente a dose do H na cova das mudas pode não ter sido suficiente para promover melhores resultados fisiológicos nas mudas da *E. myrcianthes* em condições estressantes, uma vez que não houve efeito significativo da presença e ou ausência do H nessa característica.

A EUA representa o volume de água utilizado no período e a evapotranspiração, o equilíbrio entre a absorção de CO_2 e perda de água na forma de vapor pela E contribui para o bom desenvolvimento da espécie (SOUZA et al., 2018). No déficit as mudas de *E. myrcianthes* submetidas ao estresse não se diferiram das mudas do tratamento controle demonstrando que a espécie manteve estável essa característica nessa condição adversa.

Já as mudas submetidas ao alagamento podem ter ocorrido interferências na condutância hidráulica dos tecidos, levando a redução da produção de aquaporinas, um dos subgrupos constituinte da classe das *Intrinsic Membrane Proteins* (IMPs) que são responsáveis pelo transporte de água através das membranas (GASPAR, 2011) fazendo com que haja redução da EUA independentemente do uso H.

No que se refere à $iEUA$ no período da 1ª F0, as mudas cultivadas sob estresse + H atingiram valores superiores aos observados nas plantas controle, indicando que houve entrada de CO_2 mesmo com baixos valores de g_s , o que minimizou perdas de água

otimizando seu uso. Esses benefícios proporcionados pelo H devem-se a sua composição química, a poliacrilamida, com a funcionalidade de absorver água e estocar para as plantas conforme a necessidade para seu desenvolvimento (FREITAS et al., 2019), auxiliando a evitar a desidratação do tecido mesmo na baixa disponibilidade hídrica. Após os períodos de estresse as plantas também se recuperaram devido ao fornecimento de água, regulando os processos metabólicos.

Como o CRA das plantas com e sem H reduziram na 1ª F0, reforça nossa ideia de que a dose de H colocada na cova neste experimento pode ter sido insuficiente para manter o conteúdo de água nas folhas e considerando as condições edafoclimáticas pode ter ocorrido interferências como déficit de pressão de vapor resultante da interação da umidade e temperatura (Figura 2).

O H pouco contribuiu nas características fotoquímicas no fotossistema II das mudas de *E. myrcianthes* indicando que a capacidade do H na manutenção do *status* hídrico para favorecimento desse atributo pode ser variável de acordo com os mecanismos fisiológicos de cada espécie (FERREIRA et al., 2014). As mudas do tratamento estresse + H terem apresentado menores valores de F_M , F_V e F_V/F_M pode estar relacionada com a capacidade da planta em manter seu crescimento para adaptação a condição estressante ter exigido energia adicional o que pode ter interferido indiretamente nessa resposta (JUNGLOS et al., 2018).

Em geral, alterações nas características da fluorescência da clorofila-*a* podem demonstrar o comprometimento no processo fotossintético, uma vez que valores de F_0 variam de acordo com o ambiente o qual a muda está inserida ou cultivada. Essa característica representa emissão de luz pelas moléculas de clorofila *a* excitadas, antes da energia ser dissipada para o centro de reação do fotossistema II, podendo indicar redução na otimização da produção de energia para investimento nos processos de crescimento e desenvolvimento da muda (CAMPOSTRINI, 2001). No entanto, na FINAL, as mudas apresentaram redução da F_0 e aumento da F_V/F_M , indicando capacidade de recuperação das atividades no aparato fotoquímico.

O acompanhamento do crescimento da espécie demonstrou, baseado na altura de plantas, que no período de déficit hídrico o H proporcionou para a espécie valores próximos ao controle auxiliando no processo de recuperação da planta após esse estresse. O incremento em altura ocorre devido maior disponibilidade de água para a manutenção da turgescência celular e o desenvolvimento das mudas, sendo que o uso do hidrogel

associado a lâminas de irrigação adequadas favorece essa resposta (NAVROSKI et al., 2015).

As mudas alagadas apresentaram redução de investimento no crescimento em altura quando comparada com aquelas sob controle, sendo assim pode ter ocorrido distúrbios como anoxia ou hipoxia radicular, resultando em sintomas como aumento da resistência estomática, redução da fotossíntese, inibição do crescimento, entre outros, demonstrando que embora a planta sobreviva a essa condição ela tem alterações no potencial de crescimento em altura em detrimento de direcionamento de energia a outras necessidades (OLIVEIRA et al., 2017).

O maior CR nas mudas em condição estressante na FINAL pode ser mecanismo de direcionamento preferencial dos fotoassimilados recém-produzidos para as raízes e também por haver mobilização de reservas de outros órgãos para as raízes nos períodos de estresse (MAGALHÃES FILHO, 2008). Além disso, pelo fato de as raízes estarem em contato direto com o H, possivelmente contribui para sua maior expansão devido à maior condutividade hidráulica.

As características DC e NF demonstraram comportamento semelhantes havendo incremento nos valores de todos os tratamentos na 2ª F0 e 2ª REC podendo ser correspondente com o ciclo de crescimento natural da espécie, resposta advinda em função do tempo. Na FINAL os tratamentos controle e estresse + H apresentaram valores semelhantes, sendo observado que o H pode auxiliar as plantas no período de recuperação pós estresse possivelmente pelo potencial do polímero em melhorar as condições do solo por ser um material polimérico constituído por uma ou mais redes tridimensionalmente estruturadas formadas com cadeias macromoleculares interligadas por ligações covalentes que quando colocado em água essas cadeias interagem com o meio fazendo com que expandam melhorando a aeração e drenagem do substrato (BORTOLIN, et al., 2012; SAAD et al., 2009), aumentando a disponibilidade hídrica para as mudas de *E. myrcianthes* sob estresse + H em comparação às sem H.

A AF da espécie foi severamente afetada pelo estresse hídrico, sendo que não houve efeito benéfico do H para essa característica. Em condições de estresse hídrico é comum haver redução dessa característica visando minimizar a transpiração e evitar maiores danos oxidativos, como consequência ocorre menor produção de biomassa foliar (NASCIMENTO et al., 2019; SANTOS e CARLESSO, 1998). No entanto, as respostas de crescimento quanto ao uso do H variam entre as espécies. Mudas de *S. terebinthifolia*

cultivadas sob déficit hídrico + H tiveram maior área foliar na fase de recuperação (BELTRAMIN et al., 2020).

Verificamos que o H demonstrou efeito mitigador sobre o SPAD das mudas tanto nos períodos de déficit hídrico quanto de alagamento, as quais apresentaram valores próximos ao das mudas controle. O estresse hídrico severo pode ocasionar deficiência na síntese de clorofila e também degradação da mesma por danos oxidativos em reflexo ao acúmulo de carboidratos e produção de espécies reativas de oxigênio (BARBOSA et al., 2014).

O H auxilia na manutenção da umidade do solo minimizando os efeitos da desidratação do sistema radicular, em situações de déficit hídrico, podendo influenciar na manutenção do tecido vegetal turgido em condição de estresse (DRANSKI et al., 2013; MENDONÇA et al., 2013). Durante o alagamento observou-se que a presença do H nas raízes não acarretou em efeito negativo, demonstrando que a utilização do polímero não foi prejudicial nessa condição.

A redução da massa fresca e seca de parte aérea e raiz, das mudas submetidas ao estresse em relação às controle pode ser justificada por ter ocorrido redução da A nas épocas de avaliações nos ciclos de estresse havendo menor produção de fotoassimilados. A condição de alagamento, por conter baixa disponibilidade de oxigênio no solo, afeta o desenvolvimento e crescimento da planta, dessa forma a paralisação do crescimento pode ter contribuído para a tolerância da situação estressante e sobrevivência das mudas (REIS et al., 2007). Essas características são utilizadas para obtenção do IQD das mudas e essas respostas refletiram nesse índice não havendo efeito do H.

A exposição de plantas a diversos tipos de estresse pode ocasionar superprodução de espécies reativas de oxigênio (ERO) levando ao desequilíbrio no metabolismo celular. A atividade da SOD e POX pode ser considerada um importante parâmetro para quantificar respostas das plantas á estresses ambientais, podendo estar relacionada com a adaptação da espécie ao estresse hídrico e capacidade da mesma de manter níveis suficientes de antioxidantes nos seus tecidos (ROSA et al, 2017).

Os valores de SOD na folha e na raiz foram maiores nas mudas que foram submetidas ao déficit hídrico sem ou com H, assim como em mudas *Copaifera langsdorffii* Desf., o estresse hídrico levou a uma alta atividade de enzimas antioxidantes (ROSA et al., 2017) elas constituem a primeira linha de defesa contra ERO, alterações nas atividades e quantidades dessas enzimas podem ser consideradas como indicador de mudança do estado redox em plantas em condição estressante (JADOSKI et al., 2015).

Na 2ª REC as mudas submetidas a condição estresse demonstraram maior valor provavelmente por conta do processo de estresse prévio que a espécie sofreu com o déficit hídrico, recuperação e posteriormente alagamento. A ocorrência de oscilações nos valores até mesmo das mudas controle demonstra que a alteração da atividade enzimática pode estar relacionada com outros fatores além dos regimes hídricos, como por exemplo mudanças sazonais de temperatura, umidade relativa do ar e estações seca e chuvosa (BULBOVAS et al., 2005; CRESPO et al., 2011).

As mudas que passaram pelo estresse intermitente sem a presença do H no solo, na avaliação FINAL, tiveram maiores valores de POX, demonstrando que as mudas desse tratamento podem ter passado por maiores interferências metabólicas causadas pelas flutuações hídricas, ocasionando uma maior produção de ERO. Por possuir capacidade de manter a umidade do solo o H pode ter auxiliado a planta a manter o equilíbrio e minimização da produção de ERO. O déficit hídrico intermitente e o alagamento causam estresse oxidativo e alterações nas enzimas SOD e POX que podem representar o mecanismo protetor conforme relatado por diferentes autores para outras espécies e pode estar relacionada com a tolerância ao estresse contribuindo para a mitigação dos danos deletérios das ERO (NUNES et al., 2017; BARBOSA et al., 2010).

O maior teor da prolina nas mudas sob condição de estresse sem H são justificados pela capacidade desse aminoácido aliviar os danos nas células e reduzir os efeitos negativos das ERO em situações de déficit hídrico (BORGO et al., 2015). Os maiores valores na 1ª F0 e 1ª REC devem-se ao efeito negativo do déficit e possivelmente ao período de recuperação ser curto para retomar ao metabolismo antioxidante de maneira estabilizada, mesmo com o metabolismo fotossintético normalizado.

O incremento da AF correlacionou-se positivamente com IQD em função da maior produção de fotoassimilados por unidade de área, acarretando em maior produção de biomassa das mudas. Por outro lado, F₀ é uma característica que o aumento não é interessante pois reflete em menor desempenho fotoquímico no fotossistema II correlacionando-se negativamente com F_m, que ao contrário, é uma característica favorável para a planta. A correlação positiva entre CRA e as trocas gasosas possivelmente ocorre porque o aumento da mesma proporciona manutenção da turgescência foliar mantendo as relações hídricas estáveis.

Em perspectivas futuras, novos estudos com a espécie, testando quantidade do hidrogel por cova são relevantes, uma vez que na quantidade utilizada não refletiu em muitas características avaliadas, especialmente de crescimento das mudas.

5 CONCLUSÃO

Mudas de *E. myrcianthes* apresentaram mudanças morfofisiológicas quanto ao déficit hídrico e alagamento, mas o hidrogel contribuiu em maior eficiência intrínseca do uso da água e não prejudicou no alagamento.

As mudas apresentaram sobrevivência, retomada do metabolismo e de crescimento após as condições estressantes demonstrando capacidade de resiliência por plasticidade fisiológica, independente do uso do hidrogel.

6 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. B. M.; COELHO, J. B.; GUIMARÃES, J. A.; UCHOA, M. A. Native parasitoids (Hymenoptera: Braconidae) of fruit flies (Diptera: Tephritidae) in Serra da Bodoquena National Park-MS, Brazil. **Revista Biota Neotropical**, v. 19, n. 4, p. 1-6, 2019.
- ARAÚJO JÚNIOR, G. N.; GOMES, F. T.; SILVA, M. J.; JARDIM, A. M. F. R.; SIMÕES, V. J. L. P.; IZIDRO, J. L. P. S.; LEITE, M. L. M. V.; TEIXEIRA, V. I.; DA SILVA, T. G. F. Estresse hídrico em plantas forrageiras: Uma revisão. **PUBVET**, v. 13, n. 1, p. 1-10, 2019.
- AZEVEDO, T. L. F.; BERTONHA, A.; GONÇALVES, A. C. A. Uso de hidrogel na agricultura. **Revista do Programa de Ciências Agro-Ambientais**, v. 1, n.1 p.23-31, 2002.
- BARBOSA, K. B. F.; COSTA, N. M. B.; ALFENAS, R. C. G.; DE PAULA, S. O.; MININ, V. P. R.; BRESSAM, J. Estresse oxidativo: conceito, implicações e fatores modulatórios. **Revista de Nutrição**, v. 23, n. 4, p. 629-643, 2010.
- BARBOSA, M. R.; SILVA, M. M. A.; WILLADINO, L.; ULISSES, C.; CAMARA, T. R. Geração e desintoxicação enzimática de espécies reativas de oxigênio em plantas. **Ciência Rural**, v. 44, n. 3, p. 453-460, 2014.
- BELTRAMIN, F. A.; SILVA, W. C.; SANTOS, C. C.; SCALON, S. P. Q.; VIEIRA, M. C. Water-retaining polymer mitigates the water deficit in *Schinus terebinthifolia*: Photosynthetic metabolism and initial growth. **Engenharia Agrícola**, v. 40, n. 6, p. 684-691, 2020.
- BORGO, L.; MAUR, C.J.; VIEIRA, L.G.E. Effects of high proline accumulation on chloroplast and mitochondrial ultrastructure and on osmotic adjustment in tobacco plants. **Acta Scientiarum**, v. 37, n. 2, p. 191-199, 2015.
- BORTOLIN, A.; AOUADA, F. A.; LONGO, E.; MATTOSO, L. H.C. Investigação do processo de absorção de água de hidrogéis de polissacarídeo: Efeito da carga iônica, presença de sais, concentrações de monômero e polissacarídeo. **Polímeros**, v. 22, n. 4, p. 311-317, 2012.
- BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochemical*, v. 72, p. 248, 1976.
- BROETTO, F. **Métodos de trabalho em bioquímica vegetal e tecnologia de enzimas**. [Recurso Eletrônico]/ Coordenador: Fernando Broetto – Botucatu: IBB, Cultura. Acadêmica, UNESP, São Paulo, 2014. 92p.

BRUNINI, O.; CARDOSO, M. Efeito do déficit hídrico do solo sobre o comportamento estomático e potencial da água em mudas de seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 7, p. 1053-60, 1998.

BULBOVAS, P.; RINALDI, M.C.S.; DELITTI, W.B.C.; DOMINGOS, M. Variação sazonal em antioxidantes em folhas de plantas jovens de *Caesalpinia echinata* Lam. (pau-brasil). **Brazilian Journal of Botany**, v. 28, n. 4, p. 687-696, 2005.

CAMPOSTRINI, E. **Fluorescência da clorofila a: Considerações teóricas e aplicações práticas**. Universidade Estadual do Norte Fluminense. Apostila, 2001.

CHAVARRIA, G.; SANTOS, H. P. Plant water relations: absorption, transport and control mechanisms. **Advances in Selected Plant Physiology Aspects**, v. 1, p. 105-132, 2012.

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**, v. 20, n. 4, p. 705-717, 2015.

CRESPO, S. C.; MORENO-CHACÓN, A. L.; ROJAS, A.; MELGAREJO, L. M. Principal component analysis of changes due to water stress for some osmolytes, pigments and antioxidant enzymes in *Gmelina arborea* Robx: leaves from trees planted in northern Colombia. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 22, n. 12, p. 2275-2280, 2011.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, v. 36, n. 1, p. 10-13, 1960.

DIANAT, M.; SAHARKHIZ, M.J.; TAVASSOLIAN, I. Salicylic acid mitigates drought stress in *Lippia citriodora* L.: Effects on biochemical traits and essential oil yield. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 8, p. 286-293, 2016.

DRANSKI, J. A., PINTO JUNIOR, A. S., CAMPAGNOLO, M. A., MALAVASI, U. C., & MALAVASI, M. M. Sobrevivência e crescimento do pinhão-mansão em função do método de aplicação e formulações de hidrogel. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 5, 2013.

DURIGAN, G.; PILON, N. A. L.; ASSIS, G. B.; SOUZA, F. M.; BAITELLO, A. A. **Plantas pequenas do Cerrado: biodiversidade negligenciada**. 1. ed. – São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente. 2018. 720 p.

FERNÁNDEZ-LIZARAZO, J. C.; MORENO-FONSECA, L. P. Mechanisms for tolerance to water-deficit stress in plants inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi. A review. **Agromía Colombiana**, v. 34, n. 2, p. 179-189, 2016.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects Split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.

FERREIRA, E. A.; SILVA, V. A.; SILVA, E. A.; SILVEIRA, H. R. O. Eficiência do hidrogel e respostas fisiológicas de mudas de cultivares apirênicas de citros sob déficit hídrico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 2, p. 158-165, 2014.

FONSECA, L.; ROITMAN, I.; JACOBSON, T. K. B.; OGATA, R. S.; SOLARI, R. A. F.; RIBEIRO, R. J. C. Viabilidade do hidrogel na recuperação de cerrado *sensu stricto* com espécies nativas. **Floresta e Ambiente**, v. 24, 2017.

FREITAS, J. S.; OLIVEIRA, L. F. C.; ABREU, E. C. F.; ALMEIDA, A. E. S. Fotodegradação de hidrogel de poliacrilamida na presença de substâncias químicas para uso na agricultura. **Revista Matéria**, v. 24, n. 3, p. 1-8, 2019.

GASPAR, M. Aquaporinas: de canais de água a transportadores multifuncionais em plantas. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 34, n. 4, p. 481-491, 2011.

GUARINO, E. S. G.; OVERBECK, G. E.; BOLDRINI, I. I.; MULLER, S. C.; ROVEDDER, A. P.; FREITAS, T. C.; GOMES, G. C.; NORONHA, A. H.; MIURA, A. K.; SOUSA, L. P.; SANT'ANNA, D. M.; CHOMENKO, L.; MOLZ, M.; MAHLERJÚNIOR, J. K. F.; MOLINA, A. R.; ESPINDOLA, V. S. Documento 457, Espécies de plantas prioritárias para projetos de restauração ecológica em diferentes formações vegetais no bioma pampa: primeira aproximação. **Embrapa Clima Temperado**, Pelotas-RS, 2018. ISSN 1516-8840.

HUNTER, C. M.; MARTINAZZO E. G.; ROMBALDI, C. V.; BACARIN, M.A. Effects of flooding stress in 'micro-tom' tomato plants transformed with different levels of mitochondrial . **Brazilian Journal of Biology**, v. 77, n. 1, p. 43-51, 2017.

INFANTE, J.; ROSALEN, P. L.; LAZARINI, J. G.; FRANCHIN, M.; ALENCAR, S. M. Antioxidant and anti-inflammatory activities of unexplored brazilian native fruits. **Plos One**, v. 11, n. 4, p. 1-13, 2016.

JACINTO JÚNIOR, S. G.; MORAES, J. G.; SILVA, F. D. B.; SILVA, B. N.; SOUSA, G. G.; OLIVEIRA, L. L.; MESQUITA, R.O. Respostas fisiológicas de genótipos de fava (*Phaseolus lunatus* L.) submetidas ao estresse hídrico cultivadas no estado do Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 34, n. 3, p. 413-422, 2019.

JADOSKI, C. J.; RODRIGUES, J. D.; SORATTO, R. P.; SANTOS, C. M.; RIBEIRO, E. Ação fisiológica da piraclostrobina na assimilação de CO₂ e na atividade de enzimas antioxidantes em plantas de feijão em diferentes tensões de água no solo. **Irriga**, v.20, n. 2, p. 319-333, 2015.

JUNGLOS, F. S.; JUNGLOS, M. S.; DRESCH, D. M.; BENTO, L. F.; SANTIAGO, E. F.; MUSSURY, R. M.; SCALON, S. P. Q. Morphophysiological responses of *Ormosia arborea* (Fabaceae) seedlings under flooding and post-flooding conditions. **Australian Journal of Botany**, v. 66, n.7, 2018.

LIMA, G. S.; DIAS, A. S.; SOARES, L. A. A.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SILVA, A. A. Eficiência fotoquímica, partição de fotoassimilados e produção do algodoeiro sob

estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 1, p. 214-225, 2019.

LIU, Z. B.; CHENG, R. M.; XIAO, W. F.; GUO, Q. S.; WANG, N. Effect of of Season flooding on growth, photosynthesis, carbohydrate partitioning, and nutrient uptake in *Distylium chinense*. **PloS One**, v. 9, n. 9, p. 1-9, 2014.

MAGALHÃES FILHO, J. R.; AMARAL, L. R.; MACHADO, D. F. S. P.; MEDINA, C. L.; MACHADO, E. C. Deficiência hídrica, trocas gasosas e crescimento de raízes em laranjeira 'valência' sobre dois tipos de porta-enxerto. **Bragantia**, v. 67, n. 1, p. 75-82, 2008.

MARCHIORETTO, S. M.; MAUHS, J.; BUDKE, J.C. Fenologia de espécies arbóreas zoocóricas em uma floresta psamófila no sul do Brasil. **Acta Botânica Brasileira**. v. 21, n. 1, p. 193-201, 2007.

MARTINS, F. B.; STRECK, N. A.; SILVA, J. C.; MORAIS, W. W.; SUSIN, F.; NAVROSKI, M. C.; VIVIAN, M. A. Deficiência hídrica no solo e seu efeito sobre transpiração, crescimento e desenvolvimento de mudas de duas espécies de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, p. 1297-1306, 2008.

MARTINS, N. F. Uma síntese sobre aspectos da fotossíntese. **Revista de Biologia e ciências da terra**, v. 11, n. 2, p. 10-14, 2011.

MELO, H. C.; RODRIGUES, F. J.; QUEIRÓS, S. F.; PORTES, T. A. A aplicação exógena foliar de ácido abscísico desencadeia mecanismos de tolerância á deficiência hídrica em seringueira. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 1, p. 40-49, 2019.

MENDONÇA, T. G.; URBANO, V. R.; PERES, J. G.; SOUZA, C. F. Hidrogel como alternativa no aumento da capacidade de armazenamento de água no solo. **Water Resources and Irrigation Management**, v. 2, n. 2, p. 87-92, 2013.

MEWS, C. L.; SOUZA, J. R. L.; AZEVEDO, G. T. O.S.; SOUZA, A. M. Efeito do hidrogel e Ureia na produção de mudas de *Handroanthus ochraceus* (Cham.) Matto **Floresta e Ambiente**, v. 25, n. 1, p. 107-116, 2015.

MOTA, C. S.; CANO, M. A. O. Matter accumulation and photosynthetic responses of macaw palm to cyclical drought. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 4, p. 850-858, 2016.

NASCIMENTO, N. F.; NASCIMENTO, L. B.; GONÇALVES, F. C. Respostas funcionais foliares de plantas jovens de *Hevea brasiliensis* submetidas á deficiência hídrica e á reidratação. **Ciencia florestal**, v. 29, n. 3, p. 1019-1032, 2019.

NAVROSKI, M. C.; ARAUJO, M. M.; CUNHA, F. S.; BERGHETTI, A. L. P.; PEREIRA, M. O. Redução da adubação e melhoria das características do substrato com o uso do hidrogel na produção de mudas de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 4, p. 1155-1165, 2016.

NAVROSKI, M. C.; ARAUJO, M. M.; FIOR, C. S.; CUNHA, F. S.; BERGHETTI, A. L. P.; PEREIRA, M. O. Uso de hidrogel possibilita redução da irrigação e melhora o

crescimento inicial de mudas de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Scientia Forestalis**, v. 43, n. 106, p. 467-76, 2015.

NUNES, D. P.; SCALON, S. P. Q.; DRESCH, D. M.; GORDIN, C. R. Photosynthetic and enzymatic metabolism of *Schinus terebinthifolius* Raddi seedlings under water deficit. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 41, n. 6, p. 676-682, 2017.

OLIVEIRA, A. K. M.; GUALTIERI, S. C. J. Trocas gasosas e grau de tolerância ao estresse hídrico induzido em plantas jovens de *Tabebuia aurea* (Paratudo) submetidas a alagamento. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 1, p. 181-191, 2017.

OLIVEIRA, C. P.; FRANCELINO, M. R.; CYSNEIROS, V. C.; ANDRADE, F. C.; BOOTH, M. C. Composição florística e estrutura de um Cerrado *sensu stricto* no oeste da Bahia. **Cerne**, v. 21, n. 4, p. 545-552, 2015.

PONTES FILHO, R. A.; GONDIM, F. A.; COSTA, M. C. G. Seedling growth of tree species under doses of hydrogel and two levels of luminosity. **Revista Árvore**, v. 42, n. 1, p. 1-9, 2018.

REIS, A. F.; SCHMIELE, M. Características e potencialidades dos frutos do cerrado na indústria de alimentos. **Brazilian Journal of Food Technology**. v. 22, p. 1-12, 2019.

REIS, I. N. R. S.; SANTOS FILHO, B. G.; CASTRO, C. V. B.; LAMEIRA, C. N.; ROSSATO, V. Análise de crescimento e produção de biomassa de plantas jovens de Carauá (*Ananas erectifolius* L. B. Smith) submetidas ao alagamento. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. 2, p. 204-506, 2007.

ROSA, D. B. C. J.; SCALON, S. P. Q.; CREMON, T.; CECCON, F.; DRESCH, D. M. Gas exchange and antioxidant activity in seedlings of *Copaifera langsdorffii* Desf. under different water conditions. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 89, n. 4, p. 3039-3050, 2017.

SAAD, J. C. C.; LOPES, L. W.; SANTOS, T. A. Manejo hídrico em viveiro e uso de hidrogel na sobrevivência pós-plantio de *Eucalyptus urograndis* em dois solos diferentes. **Engenharia Agrícola**, v. 29, n. 3, p. 404-411, 2009.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.

SANTOS, S. R.; MARCHIORI, J. N. C.; SIEGLOCH, A. M. Diversidade estrutural em *Eugenia L.* (Myrtaceae). **Ciência Florestal**, v. 24, n. 3, p. 785-792, 2014.

SILVA, A. B.; PAIVA, R. F.; MARQUES, D. M.; OLIVEIRA JÚNIOR, G. G.; ZAPONI, H. J. S. Levantamento da biodiversidade de arbóreas em fragmento florestal na região sul de Minas Gerais. **Revista Agrogeoambiental**, v. 8, n. 4, p. 47-60, 2016.

SOUZA, A. F.; JUNIOR, E. O. R.; LAURA, V. A. Desenvolvimento inicial e eficiência de uso de água e nitrogênio por mudas de *Calophyllum brasiliense*, *Eucalyptus*

urograndis, *Tabebuia impetiginosa* e *Toona ciliata*. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 4, p. 1465-1477, 2018.

SOUZA, C. C.; OLIVEIRA, F. A.; SILVA, I. F.; AMORIN NETO, M. S. Avaliação de métodos de determinação de água disponível e manejo da irrigação em terra roxa sob cultivo de algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 3, p. 338-342, 2000.

VENZKE, T. S. Florística de comunidades arbóreas no município de Pelotas, Rio Grande do Sul. **Rodriguésia**, v. 63, n. 3, p. 571-578, 2012.

VIEIRA, G. H. S.; MANTOVANI, E. C.; SEDIYAMA, G. C.; DELAZARI, F. T. Indicadores morfo-fisiológicos do estresse hídrico para a cultura da cana-de-açúcar em função de lâminas de irrigação. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 1, p. 65-75, 2014.

