

Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD
Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais - FCBA
Programa de Pós-Graduação em
Biodiversidade e Meio Ambiente - PPGBMA

O sombreamento atenua o efeito estressante por
alagamento em mudas de *Talisia esculenta* (A. ST. -
HILL) RADLK?

Thainá Caroline Casavechia de Oliveira

Dourados-MS

Novembro 2022

Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD
Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais - FCBA
Programa de Pós-Graduação em
Biodiversidade e Meio Ambiente - PPGBMA

Thainá Caroline Casavechia de Oliveira

O SOMBREAMENTO ATENUA O EFEITO
ESTRESSANTE POR ALAGAMENTO EM MUDAS
DE *Talisia esculenta* (A. ST. -HILL) RADLK?

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de MESTRE EM BIODIVERSIDADE E MEIO AMBIENTE.

Área de Concentração: Diversidade Biológica e Conservação

Orientador(a): Dra. Silvana de Paula Quintão Scalon

Dourados-MS
Novembro, 2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

O48s Oliveira, Thainá Caroline Casavechia De

O sombreamento atenua o efeito estressante por alagamento em mudas de *Talisia esculenta* (A. ST. - HILL) RADLK?
[recurso eletrônico] / Thainá Caroline Casavechia De Oliveira.
-- 2023.

Arquivo em formato pdf.

Orientador: Silvana de Paula Quintão Scalon.

Dissertação (Mestrado em Biodiversidade e Meio Ambiente)-
Universidade Federal da Grande Dourados, 2022.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

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

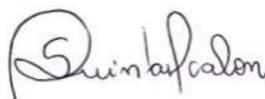
©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

“O SOMBREAMENTO ATENUA O EFEITO ESTRESSANTE POR ALAGAMENTO EM MUDAS DE *Talisia esculenta* (A. ST. -HILL) RADLK?”

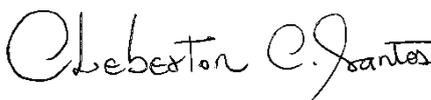
POR

THAINÁ CAROLINE CASAVECHIA DE OLIVEIRA

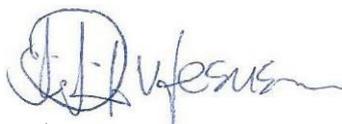
DISSERTAÇÃO APRESENTADA À UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS (UFGD), COMO PARTE DOS REQUISITOS EXIGIDOS PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM BIODIVERSIDADE E MEIO AMBIENTE -ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: “CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS”.



PROF.^a DR.^a SILVANA DE PAULA QUINTÃO SCALON
ORIENTADORA – UFGD



PROF. DR. CLEBERTON CORREIA SANTOS MEMBRO
TITULAR – UFGD



PROF. DR. MÁILSON VIEIRA JESUS
MEMBRO TITULAR – UNIGRAN

Aprovada em 17 de novembro de 2022.

Agradecimentos

Agradeço a Deus, por ter me proporcionado uma vida maravilhosa, pois Ele sabe de todas as coisas e me deu a missão de estar na Terra para cumprir o papel a mim destinado.

A minha família, que mesmo diante todas as dificuldades, em momento algum deixou de me apoiar e incentivar.

Aos amigos que estiveram presentes durante minha jornada, em especial Thais Nascimento, Jeferson Juremeira, Eduardo Neves, Laryssa Xavier, Vanda Maria.

Ao grupo de estudos de ecofisiologia de plantas, em especial Cleberton, Vanda, Juliana, Jéssica, Antonio, Gustavo e Vitor, que durante essa jornada não mediram esforços para ajudar na pesquisa.

A minha estimada orientadora Dra. Silvana, que abraçou a causa de maneira singular e não me negou ajuda nenhuma, estando presente na minha caminhada.

A minha psicóloga Vanessa Maranhão que por muitas sessões, escutou atentamente minhas inseguranças e trouxe confiança para meus dias.

Aos meus sobrinhos Miguel Capucci Casavechia e Ana Laura Capucci Casavechia que ao longo dos dias mais estressantes sempre estiveram presentes mesmo que de maneira remota.

A UFGD que proporcionou uma estrutura completa para que fosse possível desenvolver minha pesquisa de maneira adequada.

Ao Fundect pelo fornecimento da bolsa de estudos.

Pela minha turma de alunos do Programa de Pós Graduação em Biodiversidade e Meio ambiente, pois nesses dois anos, estivemos unidos diante todas as diversidades.

“Just stop your crying,
have the time of your life.
Breaking through the atmosphere,
things are pretty good from here.
Remember everything will be alright,
we can meet again somewhere
Somewhere far away from here.”

Harry Styles

O sombreamento atenua o efeito estressante por alagamento em mudas
de *Talisia esculenta* (A. ST. -HILL) RADLK?

RESUMO

A pitomba é uma planta brasileira, nativa, encontrada em quase todos os biomas brasileiros. Estudos sobre as respostas morfofisiológicas das plantas nativas expostas ao estresse por alagamento ainda são escassos. Sabe-se que esse é um fator apontado como principal causa em programas de implantação, recomposição e revitalização de áreas nativas, que só terão sucesso garantido quando, os fatores que alteram a sobrevivência e o desenvolvimento inicial das mudas durante a fase de viveiro e no campo forem conhecidos. Diante disto, objetivou-se avaliar o efeito do sombreamento sobre a sobrevivência, crescimento e alterações morfofisiológicas de mudas de *Talisia esculenta* (A. ST. -HILL) RADLK sob alagamento. O experimento ocorreu em viveiros com diferentes níveis de sombreamento: 0%, 30% e 70%, e as mudas de *T. esculenta* foram divididas em dois grupos de diferentes regimes hídricos, alagado, simulado através do uso de piscinas de 1000 l e controle com irrigação diária, mantendo 75% da capacidade de retenção de água no substrato. As avaliações ocorreram aos 0, 15, 30, 45 e 60 dias após a submissão das mudas ao alagamento. Os parâmetros avaliados foram: crescimento inicial, índice de qualidade de mudas, sobrevivência, estruturas morfológicas, índices de eficiência fotoquímica, conteúdo relativo de água, prolina e trocas gasosas. As mudas de *Talisia esculenta* são sensíveis ao alagamento e ao cultivo sob 0% de sombreamento, e esses dois fatores atuam sinergicamente para acentuar o efeito estressante. Os sombreamentos mitigaram o efeito estressante do alagamento sobre as mudas, sendo que o sombreamento de 70% proporcionou maior qualidade de mudas. A fluorescência avaliada nos resultados F_v/F_m , F_0/F_m e síntese de prolina contribuíram para a sobrevivência das mudas e a retomada do metabolismo fotossintético e crescimento sob condição estressante de cultivo. Deste modo a espécie em estudo pode ser indicada para o plantio de áreas degradadas em ambientes que são sujeitos a inundação como matas ciliares e regiões próximas a barragens.

Palavras chave: pitomba, estresse abiótico, morfoanatomia, plasticidade fenotípica.

ABSTRACT

Pitomba is a native Brazilian plant found in almost all Brazilian biomes. Studies on morphophysiological responses of native plants exposed to flooding stress are still scarce. This is known that this is a factor pointed out as the main cause in implementation, recompositing and revitalization of native areas, which will only be guaranteed success when, the factors that alter the survival and initial development of seedlings during the nursery phase and field are known. Given this, it aimed to evaluate the effect of shadow on survival, growth and morphophysiological changes of the seedlings of *Talisia Esculenta* (A. St. -hill) radlk under flood. The experiment occurred in nurseries with different levels of shading: 0%, 30% and 70%, and the seedlings of *T. esculenta* were divided into two groups of different hydric, flooded, simulated through the use of 1000 L pools and control. With daily irrigation, maintaining 75% of water retention capacity in the substrate. The evaluations occurred at 0, 15, 30, 45 and 60 days after the submission of the seedlings to flooding. The evaluated parameters were: initial growth, seedling quality index, survival, morphological structures, photochemical efficiency indices, relative water, proline content and gas exchange. The seedlings of *Talisia Esculenta* are sensitive to flooding and cultivation under 0% of shading, and these two factors act synergically to accentuate the stressful effect. The shades mitigated the stressful effect of flooding on seedlings, and the 70% shading provided higher quality of seedlings. The fluorescence evaluated in the F_v/F_m , F_0/F_m and proline synthesis results contributed to the survival of the seedlings and the resumption of photosynthetic metabolism and growth under stressful conditions of cultivation. Thus, the species under study can be indicated for planting in degraded areas in environments that are subject to flooding, such as riparian forests and regions close to dams.

Keywords: pitomba, abiotic stress, morphoanatomy, phenotypic plasticity

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Distribuição da pitomba (*Talisia esculenta* (St. Hil.) Raldek) no Brasil (ALVES et al., 2009)..... 10
- Figura 2** - Dados climáticos obtidos através do aparelho termo-higrômetro durante as avaliações do experimento, temperatura (A), umidade (B) 19
- Figura 3** - Valores médios de lenticelas hipertrofiadas (mm) em mudas de *T. Esculenta* no regime hídrico alagado e sombreamento de 0%, 30% e 70% de sombreamento durante os períodos de avaliação (Scott Knott, $p < 0,05$) 22
- Figura 4** - Lenticelas hipertrofiadas no caule de mudas de *Talisia esculenta* submetidas ao alagamento sob pleno sol (A), 30% (B) e 70% de sombreamento (C), aos 30 dias. **Fonte 1:** OLIVEIRA, T. C. C. (2022) 23
- Figura 5** A- Fotossíntese (A), C_i - Concentração interna de CO_2 (B), A/C_i - Eficiência da Carboxilação da Rubisco (C), em mudas de *T. Esculenta* nos regimes hídricos controle e alagado e sombreamento de 0%, 30% e 70% de sombreamento durante os períodos de avaliação. Letras maiúsculas comparam o mesmo tratamento em períodos diferentes pelo teste t Bonferroni ($p \geq 0,05$), e letras minúsculas comparam os diferentes tratamentos no mesmo período pelo teste (Scott Knott, $p < 0,05$)..... 24
- Figura 6** - E- Taxa de transpiração (A), Gs- Condutância estomática (B), EUA- Eficiência instantânea do uso da água (C), EIUA- Eficiência intrínseca no uso da água (D), , em mudas de *T. Esculenta* nos regimes hídricos controle e alagado e sombreamento de 0%, 30% e 70% de sombreamento durante os períodos de avaliação. Letras maiúsculas comparam o mesmo tratamento em períodos diferentes pelo teste F e letras minúsculas comparam os diferentes tratamentos no mesmo período pelo teste (Scott Knott, $p < 0,05$) 26
- Figura 7** - FV/FM - Eficiência quântica potencial do PSII (A), F_0/FM - Produção quântica basal dos processos não fotoquímicos do PSII (B), *Teor de Prolina raiz* (C e D), em mudas de *T. Esculenta* nos regimes hídricos controle e alagado e sombreamento de 0%, 30% e 70% de sombreamento durante os períodos de avaliação. 28
- Figura 8** - CRA- Conteúdo relativo de água (A), IQD- Índice de qualidade (B) e Área foliar (C) em mudas de *T. Esculenta* durante os períodos de avaliação. Letras maiúsculas comparam o mesmo tratamento em períodos diferentes pelo teste F e letras minúsculas comparam os diferentes tratamentos no mesmo período pelo teste (Scott Knott, $p < 0,05$) 30

SUMÁRIO

1. REVISÃO DE LITERATURA	10
1.1 Origem e importância da espécie	10
1.2 O Cerrado.....	11
1.3 Estresse hídrico	12
1.3.1 Estresse por déficit hídrico.....	12
1.3.2 Estresse hídrico por alagamento	13
1.3.2.1 Respostas das plantas ao estresse por alagamento	13
1.3.2.1.1 Adaptações fisiológicas das plantas em ambientes alagados	13
1.3.2.1.2 Adaptações morfoanatômica das plantas em ambientes alagados.....	14
1.3.3 Sombreamento mitigando o efeito estressante do alagamento	15
2. OBJETIVOS	17
2.1 Objetivo Geral.....	17
2.2 Objetivo Específico	17
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.1 Área experimental.....	17
3.2 Área de coleta e obtenção das espécies	17
3.3 Preparação e produção de plantas.....	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5. CONCLUSÃO	30
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

1. REVISÃO DE LITERATURA

1.1 Origem e importância da espécie

A pitombeira (*Talisia esculenta* (A. St. Hil.) Radlk, Sapindaceae) é uma planta nativa brasileira, de ocorrência em todos os biomas, com excessão do Pampa, podendo ser encontrada na região Centro-Oeste, Sudeste, Norte e Nordeste do Brasil (SANTOS et al., 2012; BUENO et al., 2018; FRAGA, et al., 2021), em matas de terra firme, bem como em capoeiras ralas do Amazonas, Pará, Maranhão, Ceará, Paraíba, Bahia, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Pernambuco e em mata pluvial do Paraná.

A espécie também pode ser observada com facilidade em diferentes fitofisionomias do Cerrado e Cerradões do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás (Figura 1) (GUARIM NETO, 1978; ALVES et al., 2009). Sendo comumente encontradas em matas densas primária, formações secundárias, em várzeas fluviais e fundos de vales por quase todo o território brasileiro, boliviano e paraguaio. Esta planta também contempla características semidecídua ou perinifólia, heliófita, e de floresta pluvial.



Figura 1- Distribuição da pitomba (*Talisia esculenta* (St. Hil.) Radlk) no Brasil (ALVES et al., 2009).

Na fase adulta, a árvore pode atingir até 20 m de altura, com tronco de até 50 cm de diâmetro; casca de coloração acastanhada e escamosa; e seus ramos são glabros, lenticelados com a idade, suas folhas são paripinadas (WFO, 2022). Os frutos de *T. esculenta* são globosos, apiculados e pouco pubescentes, amarelados e geralmente monospermicos (ALVES et al., 2013; CASTRO, 2019).

No Norte e Nordeste a comercialização da pitomba é realizada nas feiras livres, nos mercados e em festas populares durante o período da safra, constituindo uma forma significativa de renda para os pequenos agricultores (SOUTO FILHO, 1974; ALVES et al., 2009). A extração das sementes dos frutos carnosos, normalmente, é feita por via úmida devido à rapidez e eficiência do processo, as sementes não apresentam mucilagem envolvendo o tegumento, estando assim, prontas para semeadura após lavagem (CARMONA et al., 1994).

A pitomba produz anualmente quantidade moderada de sementes viáveis, florescendo durante os meses de agosto-outubro e a maturação dos frutos ocorre a partir desta data, sendo mais assídua nos

meses de janeiro a março, dependendo da região (LORENZI, 1992; GUARIN NETO et al. 2003). A germinação é hipógea, cujos cotilédones não são elevados acima do solo, podendo permanecer enterrados ao solo (BARBOSA, 1972). As sementes de pitomba apresentam elevados valores de índice de velocidade de germinação, em temperaturas de 20-30°C, em ambiente protegido, e com substrato areia, apresenta melhores resultados quanto a emergência de plântulas (ÉDER-SILVA e ARAUJO, 2014).

T. esculenta possui importante papel ecológico, pois as mudas podem ser inseridas em áreas degradadas e para recuperação de matas ciliares (GUARIN NETO et al., 2003). Do ponto de vista silvicultural, a madeira é comumente utilizada em obras em construções civis (LORENZI, 1992).

Os frutos podem ser consumidos *in natura* ou processados na forma de doces ou licores, e o extrato das cascas dos frutos geralmente descartados, apresentam elevado potencial para a fabricação de sabonetes (GUANIN NETO et al., 2003). Além de toda essa relevância, ela ainda fornece inúmeros benefícios a quem a consome, como fortalecimento do sistema imunológico por ser rica em vitamina C, ação protetora do sistema vascular, por ser rica em ferro, auxiliar na formação da hemoglobina, contribuição para o desenvolvimento dos ossos, ajudar a função glandular, principalmente a suprarrenal e favorecer a cicatrização das feridas (RODRIGUES, BRITO, SILVA, 2018).

Mesmo diante da sua importância sócioeconômica, *T. esculenta* ainda é pouco estudada, não havendo referências quanto suas características morfofisiológicas e seu desenvolvimento em diferentes fitofisionomias (VIEIRA e PEREIRA, 2008), as quais a espécie pode ocorrer, estão sujeitas à oscilações em suas condições hídricas, em função das mudanças climáticas globais e de ações antrópicas, podendo haver diferentes intensidades de estiagem ou alagamentos.

1.2 O Cerrado

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro em área e é composto por um mosaico de diferentes formações florestais, savânicas e campestres expostas à pressões ambientais contrastantes, principalmente, quanto às condições de disponibilidade hídrica (RIBEIRO e WALTER, 2001).

As propriedades do solo e seu regime hídrico desempenham papel de extrema importância na regulação da composição das espécies e seus aspectos funcionais (HARIDASAN, 2008). Dependendo da profundidade do lençol freático e da topografia da região, as plantas presentes no Cerrado, podem estar expostas ao excesso de água durante a estação chuvosa, bem como em regiões de matas de galeria que margeiam os cursos d'água (RODRIGUES e NAVE, 2000).

Desde 2016, tem-se notado no Brasil, um crescente desmatamento e, conseqüentemente, a veloz fragmentação de florestas, levando o Cerrado brasileiro de bioma mais rico biologicamente para um dos pontos mais ameaçados em todo o planeta (SOTERRONI et al., 2019; MONTIBELLERE et al., 2020; ZU et al., 2020).

A restauração ecológica vem sendo utilizada como prática para auxiliar na recuperação do

ecossistema degradado, danificado ou destruído, visando recuperar a saúde, integridade e sustentabilidade (SER, 2004). As dificuldades em restaurar o Cerrado estão relacionadas com as dificuldades naturais de reprodução de espécies do bioma, bem como as condições ambientais. Felfili et al. (2005), propuseram um modelo de restauração para Cerrado, onde tratava-se de plantio de espécies arbóreas de crescimento relativamente rápido, que ocorrem em florestas dentro do bioma, cujo cultivo é relativamente mais fácil do que espécies endêmicas. O modelo foi bem-sucedido quanto à recuperação de biomassa e sustentação, onde as condições solo/clima permitem uma fisionomia florestal.

Estudos sobre o uso de espécies nativas têm aumentado gradualmente, haja vista, o sucesso de atividades de recuperação em áreas sujeitas ao alagamento, que dependem cada vez mais de conhecimento sobre respostas ecofisiológicas. Neste contexto, é importante a realização de pesquisas que possam encontrar informações mais concretas sobre a mitigação do efeito estressante por alagamento em mudas, possibilitando seu uso em áreas sujeitas a alagamento.

Diante das mudanças climáticas, tem ocorrido alterações na frequência de chuvas e disponibilidade hídrica no solo. Isso porque, com essas mudanças, tem-se observado aumento da temperatura, da concentração de CO₂ atmosférico e decréscimo ou aumento da disponibilidade de água (GRANDIS, GODOI e BUCKERIDGE, 2010), com distribuição irregular.

1.3 Estresse hídrico

A água é um recurso de extrema importância para o desenvolvimento das plantas, pois atua em vários processos fisiológicos, dentre eles o processo fotoquímico da fotossíntese, no transporte e absorção de nutrientes, sendo, portanto, um recurso indispensável para o desenvolvimento dos vegetais na agricultura (CAMPOS, SANTOS e NACARATH, 2023). É considerada como fundamental constituinte vegetal, pois compreende cerca de 90 a 95% da biomassa verde das plantas, e se faz significativa para a manutenção funcional dos tecidos, células e organismo (TAIZ & ZEIGER, 2009; CHAVARRIA & SANTOS 2012).

Há muitos fatores que podem interferir no desenvolvimento natural das plantas, dentre eles as condições de estiagem e a má disponibilidade de água. Segundo Jones and Jones (1989), o estresse, em visão geral, pode ser definido como uma pressão excessiva de algum meio adverso que tende a dificultar o funcionamento normal do sistema. Para botânica o estresse é conceituado como um desvio significativo dos padrões normais para a vida da planta resultando então em mudanças (BLUM et al., 1991).

1.3.1 Estresse por déficit hídrico

Scalon et al. (2020), comentam que o estresse por déficit hídrico, limita o desenvolvimento das plantas cultivadas, levando em conta que a água é o principal componente dos processos metabólicos das plantas. A água e a temperatura são recursos determinantes do funcionamento e crescimento das

plantas, porém a água também é o recurso mais limitante, estando presente na maioria dos processos bioquímicos essenciais para toda a vida das plantas (KERBAUY, 2004; TAIZ et al., 2017; JUNIOR et al., 2019).

1.3.2 Estresse hídrico por alagamento

O estresse hídrico por alagamento, de imediato, provoca baixa disponibilidade do nível de oxigênio, devido à menor difusão de oxigênio na água, sendo que o alagamento causa deficiência na aeração das raízes, gerando um decréscimo na absorção de água pelas plantas (DUBOIS et.al., 2010; SCREMIN-DIAS et al., 2011), ou seja o oxigênio disponível para o processo respiratório desaparece e o sistema radicular da vegetação passa para um ambiente hipóxico ou anóxico (SCREMIN-DIAS et al., 2011).

A baixa disponibilidade de oxigênio para as plantas diminui a capacidade de crescimento e distribuição de nutrientes inorgânicos, água e fitormônios, além disso, o alagamento reduz taxa de translocação de carboidratos das folhas para as raízes, diminuindo tanto a atividade metabólica quanto o crescimento geral das plantas (DIAS-FILHO, 2006; HENRIQUE et. al., 2009).

As relações hídricas das plantas dependem das interações entre a diversidade das funções fisiologias e ecológicas que a água exerce. Ou seja o fluxo de água do solo para a planta faz com que a sua atividade para assimilação e produção dependa da disponibilidade hídrica e da eficiência do sistema radicular em extrair água do solo. Portanto a sua produtividade, tanto quanto a distribuição da vegetação na superfície terrestre estão associadas e são controlada pela disponibilidade de água (JACKSON e COLMER, 2005; HATAMIAN et al., 2020).

Os efeitos do tempo de submissão das plantas ao alagamento do solo, têm sido estudados por diferentes pesquisadores, visando compreender a dinâmica de ajustes por meio das alterações morfológicas, anatômicas, bioquímicas e fisiológicas (HENRIQUE et. al., 2009; LINNÉ et. al., 2021; CREMON et. al., 2020). No entanto, para *T. esculenta* são escassas informações quanto ao tempo que essa espécie tolera a condição de alagamento, tornando-se necessário estudos nessa modalidade.

1.3.2.1 Respostas das plantas ao estresse por alagamento

Consequências do estresse hídrico em plantas suscetíveis ao estresse por alagamento apresentam como resultado à hipoxia nas raízes, maior resistência estomática, redução da fotossíntese, alterações nas taxas de transpiração e inibição de crescimento (BATISTA, 2008; YIN, et al., 2010).

1.3.2.1.1 Adaptações fisiológicas das plantas em ambientes alagados

Além das alterações morfológicas e anatômicas, quando submetidas ao alagamento, as plantas mostram diferenças quanto a biossíntese de hormônios vegetal como etileno e ácido abscísico (ABA), devido ao estímulo na síntese desses hormônios de maneira desenfreada. A ação desses hormônios

causa o fechamento parcial dos estômatos, epinastia e também a abscisão foliar (LARCHER, 2003).

O aparato fotossintético das plantas é prejudicado devido ao fechamento dos estômatos, resultando na redução da clorofila foliar, diminuição na atividade e na abundância da RuBisCO (ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase oxigenase), redução na capacidade fotossintética das plantas estressadas, e no acúmulo de carboidratos solúveis nas folhas, diminuindo assim, a translocação de fotoassimilados das fontes para os drenos (KREUZWISER e RENNEBERG, 2014).

No interior das células da planta, existe uma força conhecida como pressão de turgor, que é essencial para diversos processos fisiológicos, como alongamento celular, trocas gasosas nas folhas e o transporte de floema.

Como meio de sobrevivência às condições de estresse, as quais as plantas são submetidas pelo ambiente, elas desenvolvem mecanismos adaptativos como sistemas de remoção das espécies reativas ao oxigênio (ERO's), que é realizado através do sistema antioxidante enzimático, como a superóxido dismutase (SOD), ascorbato peroxidase (APX) e catalase (CAT), biossíntese de proteínas do estresse, poliaminas e compostos secundários (flavonóides) (LARCHER, 2003; MAIA et al., 2012). As alterações nos sistemas antioxidantes da planta estão ligadas diretamente com a capacidade que a planta tem de responder a mecanismos a diferentes estresses. Sob o estresse por alagamento, foram observadas alterações na capacidade fotossintética e na atividade de enzimas antioxidantes em diferentes espécies nativas, dentre elas, *Prunus sp.* (MARTINAZZO et al., 2013), *Solanum lycopersicum* cv. Micro-Tom (DELIAS et al., 2012), *Campomanesia xanthocarpa* (JESUS et al., 2021), *Sesbania virgata* (Cav.) Poir (ALVES et al., 2013), *Dipteryx alata* Vogel (LINNÉ et al., 2020), *Copaifera langsdorffii* Desf. (Cremon et al., 2020) entre outras.

1.3.2.1.2 Adaptações morfoanatômica das plantas em ambientes alagados

Além desses mecanismos, as plantas possuem outras maneiras de sobrevivência, como a redução da área foliar, influenciada pela pressão da turgescência das células, que é determinada através do conteúdo de água presente na planta. Assim, quanto menor for o conteúdo de água na planta, menor será o turgor das células, gerando menor taxa de crescimento das folhas da planta (CAVALCANTE et al., 2009).

Segundo Tournaire-Roux et al (2003), os estresses abióticos como o alagamento, afetam a condutância hidráulica dos tecidos, modificando sua resistência ao fluxo de água, podendo diminuir a produção de aquaporina, que é responsável pelo transporte de água através das membranas. Como consequência, gerando o déficit hídrico, limitando a turgescência celular e limitando o crescimento dos tecidos.

Batista et al. (2008) comentam que a redução na respiração das raízes é um dos primeiros efeitos das plantas sob a anoxia, das quais as atividades metabólicas são inibidas e a produção de ATP decresce, restringindo o fornecimento de energia para o crescimento das raízes.

Peng et al., (2018) relatam que o padrão de respostas das plantas ao alagamento do solo é determinado pelo tempo de duração e intensidade do estresse, em virtude do grau de tolerância do indivíduo à inundação, que depende da sua capacidade de desenvolver respostas adaptativas fisiológicas, bioquímicas e morfoanatômicas.

As lenticelas são estruturas morfológicas adaptativas que surgem nas plantas em condição de deficiência de O₂ que favorecem a eliminação dos metabólitos tóxicos, produzidos nessa condição e, principalmente, favorecendo as trocas gasosas com o ambiente, o que possibilita a sobrevivência da planta ao período de estresse (BARBOSA et al., 2021).

Plantas de *Tabebuia heptaphylla* (Vell) sob condição de estresse hídrico por alagamento apresentaram redução da área foliar e diâmetro do colo (GREGÓRIO et al., 2008), sendo uma resposta precoce a essa condição, além de ser um dos efeitos mais drásticos (TAIZ e ZEIGER, 2009), porque essa redução depende da expansão celular a qual depende da redução da turgidez e extensibilidade da parede celular, ou seja, aumento da pressão abaixo da qual a parede celular resiste à deformação plástica ou irreversível.

Segundo Melo et al (2007), Junglos et al (2018) e Barbosa et al (2021), a limitação de oxigênio nas células das plantas sob alagamento, causa distúrbio morfofisiológicos e bioquímicos, reduzem parâmetros das trocas gasosas, redução da respiração, fotossíntese, condutância estomática e eficiência da carboxilação da RuBisCO.

1.3.3 Sombreamento mitigando o efeito estressante do alagamento

O excesso de água no solo provoca rápida diminuição nos níveis de O₂ disponíveis devido a baixa difusão do oxigênio na água e a aeração deficiente das raízes causa decréscimo da absorção de água pelas plantas (OLIVEIRA e GUALTIERI, 2017). Segundo Grandis et al. (2010), as informações existentes sugerem que sob alagamento as plantas tendem a mobilizar reservas para suprir a demanda de carbono necessário para a manutenção do metabolismo sob o estresse da falta de oxigênio, sendo que até certo limite, com o aumento da concentração de CO₂, as plantas tendem a fazer mais fotossíntese e a produzir mais biomassa.

A luz é um fator ecológico fundamental, que intervém em inúmeros processos fisiológicos, sendo a fotossíntese o mais importante dentre eles, a qual é primordial para o crescimento das plantas, pois por meio dela são fornecidos sinais que regulam o desenvolvimento das plantas através de receptores de luz (pigmentos fotossintéticos), sensíveis à diferentes intensidades (CARVALHO, 1996; ZANELA; SONCELA e LIMA, 2006).

As variações em relação à quantidade, qualidade, presença ou ausência de luz, podem influenciar fortemente o desenvolvimento da planta (LIMA, 2009), tornando-se usualmente utilizada para as análises do crescimento de mudas com o intuito de prever o grau de tolerância das diferentes espécies ao sombreamento (ENGEL, 1989). Logo, as variações quanto aos níveis de luminosidade,

aos quais uma espécie está adaptada, podem condicionar diferentes respostas fisiológicas em suas características anatômicas, de crescimento e bioquímicas (CARVALHO et al., 2006).

Mecanismos adaptativos são desenvolvidos pelas plantas, principalmente as arbóreas, pois no decorrer do seu desenvolvimento, a disponibilidade de luz no ambiente varia, portanto, há necessidade de ajustar seu aparato fotossintético, objetivando utilizar a luz de maneira mais eficiente possível (DANTAS et al., 2009).

A luz ativa enzimas envolvidas na fotossíntese, possibilita a abertura estomática e regulação no desenvolvimento da maquinaria fotossintética. Estudar os efeitos de diferentes níveis de sombreamento em relação às características fisiológicas das plantas é benéfico para indicar padrões de crescimento das plantas, e a resposta da fotossíntese em relação a luz é extremamente crucial para compreender o processo de relação fotoquímica (DU et al., 2020).

Lima et al. (2021), sugerem que pesquisas utilizando diferentes níveis de sombreamento em mudas de espécie arbóreas são importantes para compreender as respostas fisiológicas e morfológicas, e assim garantir o desenvolvimento das plantas. Atualmente, o sombreamento artificial, feito com Sombrite® é de ampla utilização nos estudos das necessidades luminosas das diferentes espécies em condições de viveiro, sendo a forma mais prática capaz de isolar e quantificar o efeito da intensidade luminosa (RÊGO e POSSAMAI, 2006).

É uma técnica utilizada para se obter ganhos sobre os diferentes fatores ambientais, sobretudo quando as ações dos raios solares são consideradas danosas à para a planta, principalmente, quando se têm períodos com alta disponibilidade energética (CARON et al., 2010).

O sombreamento aumentou a capacidade fotossintética, concentração interna de CO₂ e condutância estomática, bem como o crescimento e produção de massa seca de *Microdesmia rigida* (Benth.) Sothers & Prance (SILVA et al., 2020). Bartieres et al. (2020), observaram que o sombreamento minimizou a perda de água pelo substrato, mantendo os estômatos de *C. xanthocarpa* abertos por mais tempo, favorecendo então a melhor assimilação de CO₂.

Resultados obtidos nos estudos de Bartieres et al (2022), sugerem que o sombreamento previne danos permanentes ao aparelho fotossintético de mudas de *C. xanthocarpa* e minimiza os efeitos do déficit hídrico, possibilitando a recuperação das mudas sob irrigação intermitente. Resultados semelhantes foram encontrados no trabalho de Reis et al. (2016), onde mudas de *Copaifera langsdorffii* Desf. apresentaram maior IQD sob sombreamento de 50% e 70%.

Reis (2022), observou em seu estudo que o sombreamento de 30% e 50% mitigaram o estresse por déficit hídrico e aceleraram a recuperação de mudas de *H. courbaril*.

Jesus et al. (2021), observaram que mudas de *C. xantocarpa* são sensíveis ao alagamento e ao alto nível de sombreamento (70%), porém, após o período de 15 dias submetidas ao estresse por alagamento, as mudas apresentaram possíveis respostas de adaptação à essas condições, sinalizando que a espécie pode ser utilizada em áreas onde se tenha inundações sazonais, bem como áreas

degradadas.

Barbosa et al., (2020) observaram que mudas de *C. fissilis* apresentaram respostas fisiológicas e morfologias positivas ao alagamento e sombreamento, indicando que a espécie tem potencial de sobrevivência nos ambientes avaliados. Os autores também descreveram a formação de lenticelas e raízes adventícias nas mudas submetidas ao alagamento após 10 dias, sinalizando que houve o aumento da atividade das enzimas antioxidantes após 20 dias de alagamento e concluem que, esses fatores favoreceram a resiliência do metabolismo fotossintético.

Conhecer a influência do sombreamento na mitigação do estresse por alagamento em mudas de *T. esculenta*, pode garantir a implantação dessa espécie em projetos para recuperação de áreas degradadas e áreas com inundações sazonais. São escassas as pesquisas avaliando o efeito do sombreamento na mitigação do estresse hídrico por alagamento, havendo, a necessidade de desenvolver mais estudos avaliando esses fatores em espécies com potencial de recuperação de matas ciliares, áreas degradadas e áreas com inundações sazonais.

Considerando a distribuição ecológica da espécie, a hipótese deste trabalho é que o sombreamento pode contribuir para ajustar os mecanismos de proteção, e as características do metabolismo fotossintético e crescimento inicial das mudas submetidas ao alagamento.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar o efeito do sombreamento sobre a sobrevivência, crescimento inicial e alterações morfofisiológicas de mudas de *T. esculenta* sob alagamento.

2.2 Objetivo Específico

Avaliar o efeito do sombreamento associado a diferentes períodos de alagamento no metabolismo fotossintético e crescimento inicial das mudas de *T. esculenta*.

Avaliar o efeito do sombreamento sobre as alterações adaptativas das mudas de *T. esculenta* submetidas a tempos de alagamento.

Avaliar o potencial de cultivo, crescimento e tolerância das mudas dessa espécie em condição de estresse hídrico e luminoso e, assim, prever as possibilidades de plantio em locais sujeitos a estresses.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área experimental

O experimento foi realizado entre o período de março à abril de 2022, sob condições de viveiro na Faculdade de Ciências Agrárias (22°11'43"S e 54°56'08"W, 452 m), da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), em Dourados-MS.

3.2 Área de coleta e obtenção das espécies

Inicialmente, foram utilizadas mudas de *T. esculenta* produzidas no município de Ponta Porã-MS, nas coordenadas geográficas latitude 22°37'13,98" S e longitude 55°36'32,94" W. Para a produção de mudas foram selecionadas 10 matrizes para coleta dos frutos, localizadas em área de pastagem, próxima a fragmentos florestais, em área rural, no município de Glória de Dourados-MS.

3.3 Preparação e produção de plantas

Os frutos foram beneficiados manualmente e as sementes sanitizadas com hipoclorito de sódio a 2% (v/v) por cinco minutos, lavadas em água corrente e semeadas em tubetes de 50 x 190 mm contendo substrato comercial Carolina Soil[®]. Os tubetes permaneceram em casa de vegetação na UFGD, com tela de sombreamento de 50% e irrigação diária com tratamentos de alagamento e controle;

As mudas, após a emergência (com 30 dias de semeadura), foram transportadas para viveiro de 30% de sombreamento do viveiro da UFGD, no dia 9 de março de 2022 e, após 30 dias, foram transplantadas para vasos com capacidade de 7 litros, preenchidos com uma mistura de solo Latossolo

Vermelho distroférico (SANTOS et al. 2018) e areia grossa (3:1, v:v). Em cada vaso, foram transplantadas duas mudas com aproximadamente 15 cm e após 20 dias, caracterizando o período de aclimação, os vasos foram alocados de acordo com a distribuição dos tratamentos de sombreamento e regime hídrico.

TRATAMENTOS: Após a aclimatização das mudas, as mesmas foram alocadas sob 0% (pleno sol), 30% e 70% de sombreamento, em que os níveis de sombreamento foram obtidos utilizando telas de nylon pretas do tipo Sombrite[®]. Os vasos foram divididos quanto ao regime hídrico e distribuídos nos três níveis de sombreamento. Quanto ao regime hídrico, os tratamentos foram divididos em:

a) controle: irrigação diária, mantendo 75% da capacidade de retenção de água no substrato (Souza et al., 2000);

b) alagamento: as mudas foram alocadas em piscinas plásticas com capacidade de 1.000 L, e para simular o alagamento, manteve-se uma lâmina d'água de aproximadamente 6 cm acima da superfície do substrato.

Durante o período em que o experimento foi conduzido, as piscinas eram limpas semanalmente, com o intuito de evitar a proliferação de insetos. Durante as avaliações, foi realizada a mensuração da temperatura e umidade relativa dos ambientes, utilizando termo-higrômetro, apresentadas na Figura 2.

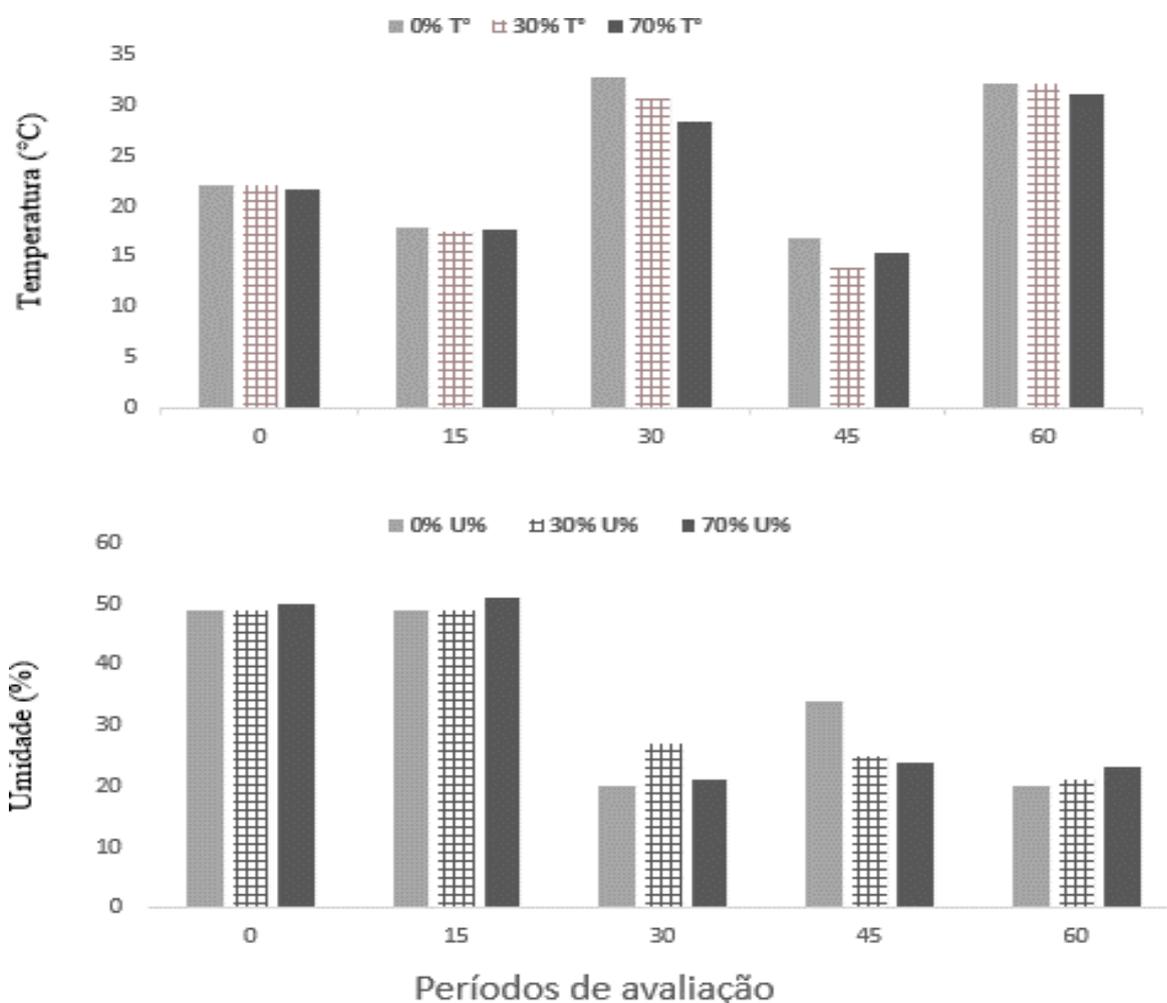


Figura 2 - Dados climáticos obtidos através do aparelho termo-higrômetro durante as avaliações do experimento, temperatura (A), umidade (B).

Todas as avaliações foram realizadas no tempo zero (0), e aos 15, 30, 45 e 60 dias após a submissão das mudas aos diferentes regimes hídricos, exceto as avaliações de trocas gasosas que ocorreram aos 45 e 60 dias:

CRESCIMENTO INICIAL: A altura e o comprimento das raízes (cm) das plantas foram medidos utilizando uma régua graduada, e para o diâmetro do caule (mm), foi utilizado paquímetro digital. Para a medição da área foliar (cm²) foi utilizado o equipamento LI-COR, modelo LI-3100C.

ÍNDICE DE CLOROFILA: Foi determinado utilizando clorofilômetro portátil SPAD-502 (Konica-Minolta, Tóquio, Japão) entre as 8 e 10h. As matérias secas das raízes e da parte aérea foram obtidas em estufa de circulação forçada de ar a 60°C durante 72 horas.

QUALIDADE DAS MUDAS: O índice de Qualidade de Dickson (IQD), indica o potencial da planta para a sobrevivência e crescimento no campo. Foi avaliada com base nos dados de crescimento,

utilizando a expressão matemática de Dickson et al. (1960):

$$IQD = \frac{MST}{RAD + RPA}$$

Em que,

MST = Matéria seca total (g);

RAD = Relação altura/ diâmetro; e,

RPAR = Relação matéria seca parte aérea/ matéria seca da raiz.

SOBREVIVÊNCIA: Relação percentual baseada na contagem das mudas antes e após a submissão aos diferentes regimes hídricos em cada nível de sombreamento.

ESTRUTURAS MORFOLÓGICAS: Foi realizado diariamente, observação das mudanças morfológicas, como desenvolvimento de estruturas acessórias (lenticelas e raízes adventícias), clorose, senescência e posição das folhas, as quais foram descritas e fotografadas com um celular (Modelo Moto G Play), sendo que as imagens das lenticelas foram obtidas com auxílio de uma lupa manual de bolso com aumento de 20X.

ÍNDICES DE EFICIÊNCIA FOTOQUÍMICA: Os dados foram obtidos através do aparelho fluorômetro portátil, modelo OS-30p (Opti-Sciences Chlorophyll Fluorometer, Hudson, USA), entre 08:00 horas e 11:00 horas, em folhas previamente marcadas, essas foram submetidas a um período de 30 minutos de escuro com papel alumínio, de modo que todos os centros de reação naquela região foliar adquiriram a condição “aberta”, indicando a oxidação completa do sistema fotossintético de transporte de elétrons.

CONTEÚDO RELATIVO DE ÁGUA: O conteúdo relativo de água na folha (CRA) foi determinado conforme metodologia de Turner (1981), após cada período de análise, em cada parcela experimental, pela equação:

$$CRA = \frac{(P_f - P_s)}{(P_{st} - P_s)} * 100$$

Na qual, P_f : = massa fresca, P_s = massa seca, P_{st} : massa da matéria saturada. As folhas de pitomba foram retiradas das plantas sempre entre às 7 e 8h da manhã e levadas imediatamente ao laboratório, onde foram cortadas com vazador de cilindros. Os discos foliares foram pesados para obter a massa fresca e depois deixados em placa de Petri, adicionando água destilada e cobertos com papel alumínio, por um período de 24h e, novamente, pesados para obter a massa saturada. Em seguida, os discos foliares foram colocados em sacos de papel e acondicionadas em estufa com circulação forçada de ar à 60 ± 5 °C durante 48 horas e pesados para obter a massa seca.

PROLINA: A quantificação de prolina na raiz foi adaptada segundo a metodologia de Bates et al. (1973), na qual raízes de *T. esculenta* foram utilizadas. O ácido-ninidrina foi preparado aquecendo 2,50 g de ninidrina em 60 mL de ácido acético glacial e 40 mL de ácido fosfórico 6M, com agitação até ser dissolvido, após, mantido em resfriamento. Aproximadamente, 0,250 g de material vegetal (raiz) foi macerado em nitrogênio líquido, armazenado em ampolas e acondicionado sob refrigeração. Em seguida, o material vegetal foi homogeneizado em 10 mL de ácido sulfossalicílico aquoso a 3%, e o homogenato filtrado através de Papel filtro nº 2 da Whatman®. Em tubo de ensaio, adicionou-se 1 ml de ácido acético, 1 mL de ácido ninidrina e 1 ml do extrato vegetal. O extrato foi homogeneizado por agitação e em seguida incubados a 100 °C por 1 h, em banho termostático. A mistura de reação foi extraída com 2 mL de tolueno, misturado vigorosamente com um agitador de tubo de ensaio por 15-20 seg. O cromóforo contendo tolueno, foi aspirado da fase aquosa, aquecido à temperatura ambiente e a absorbância lida a 520 nm em espectrofotômetro Bioespectro®, sendo utilizado como controle (branco) somente tolueno. A concentração de prolina foi determinada a partir de curva padrão e calculada com base na massa fresca da seguinte forma: $[(\mu\text{g prolina} / \text{mL} \times \text{mL de tolueno}) / 115,5 \mu\text{g} / \mu\text{mol}] / [(g \text{ amostra}) / 5] = \mu \text{ moles de prolina massa fresca (g)}^{-1}$

TROCAS GASOSAS: Foi utilizado o analisador de gás infravermelho ADC (IRGA), modelo Lci PRO (Analytical Development Co. Ltd., Hoddesdon, Reino Unido), a partir destas análises realizadas nas avaliações obtive-se a taxa fotossintética líquida – A ($\mu\text{mol m}^{-1} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática – gs ($\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e CO₂ e a eficiência do uso da água – A/E.

As avaliações foram realizadas em 3 plântulas por repetição, no período entre 08:00 horas até as 11:00 horas, em folhas completamente expandidas e previamente marcadas, ou seja, nas duas épocas as medições ocorreram nas mesmas folhas previamente marcadas.

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL: O experimento foi realizado no delineamento inteiramente casualizado em parcelas subdivididas, sendo as parcelas caracterizadas pelos três tratamentos de sombreamento associados com os dois regimes hídricos, e nas subparcelas alocados os cinco períodos de avaliações (dados de crescimento, CRA, enzimas, proteínas e prolina) ou duas épocas (trocas gasosas).

Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando houve efeito significativo dos tratamentos. as médias dos tratamentos de sombreamento associados aos regimes hídricos, foram comparados pelo teste F e Scott-Knott. As médias dos períodos de avaliação e a interação períodos e tratamentos foram ajustados em equações de regressão, ambos a 5% de significância utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram observadas 100% de sobrevivência das mudas de *T. Esculenta* em todas as condições de cultivo, sugerindo que as mudas, mesmo em condições de cultivos variados, podem ser usadas em áreas onde se é característico essas variações no ambiente, podendo apresentar plasticidade.

As mudas emitiram lenticelas hipertrofiadas no caule, a partir dos 15 dias após início do alagamento, sob todos os níveis de sombreamento. No sombreamento 0%, as mudas tiveram maior área de emissão, que foi maior aos 60 dias de alagamento (55,6 mm) (Figuras 3 e 4).

Lenticelas são respostas das plantas que amenizam o efeito estressante, uma vez que são estruturas que possibilitam a saída de elementos tóxicos e entrada de O_2 , contribuindo para a respiração aeróbica das células do sistema radicular em plantas sob alagamento (LINNÉ et al., 2020). Resultados semelhantes foram observados em mudas de *D. alata* (LINNÉ et al., 2020) e *C. fissilis* (Barbosa et al 2020), entretanto, apresentaram o surgimento de lenticelas aos 10 dias de alagamento.

Embora, as lenticelas sejam uma resposta ao estresse por alagamento, na presente pesquisa foram observadas em maior abundância nas mudas alagadas sob sombreamento 0%, surgindo em maiores áreas de emissão. Esse resultado sugere que o sombreamento, nos níveis 30% e 70%, ameniza o efeito estressante do alagamento, sendo favorável para a implantação dessas mudas em áreas propensas ao alagamento.

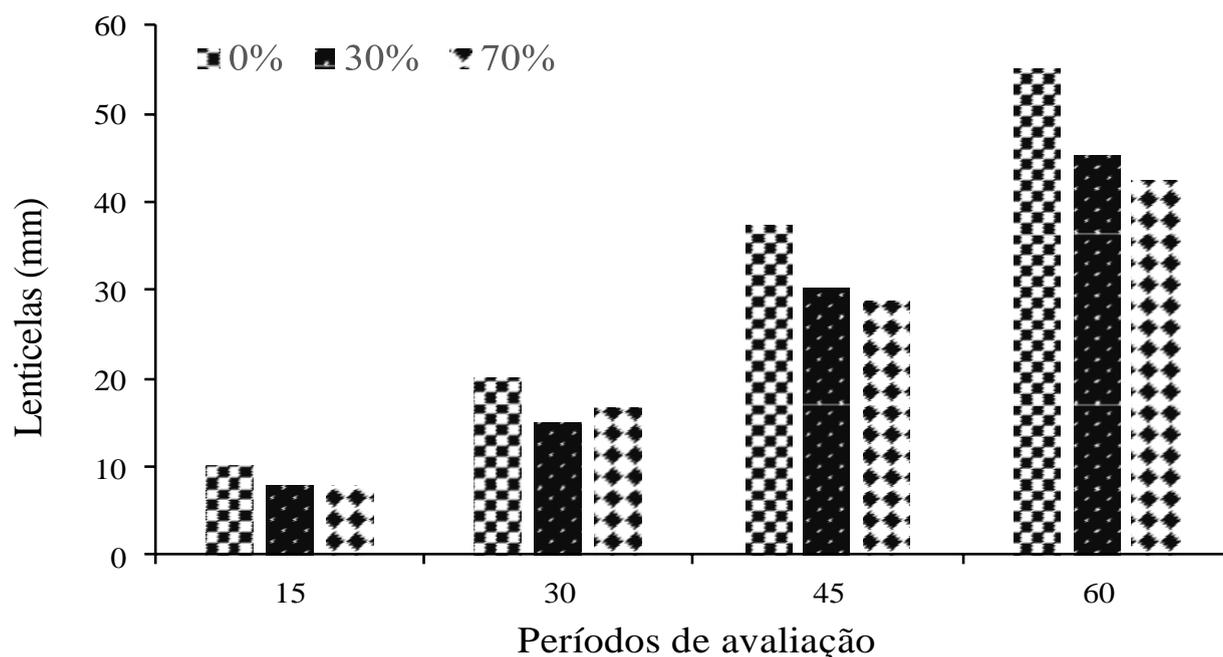


Figura 3 - Valores médios de lenticelas hipertrofiadas (mm) em mudas de *T. Esculenta* no regime hídrico alagado e sombreamento de 0%, 30% e 70% de sombreamento durante os períodos de avaliação (Scott Knott, $p < 0,05$).



Figura 4 - Lenticelas hipertrofiadas no caule de mudas de *Talisia esculenta* submetidas ao alagamento sob pleno sol (A), 30% (B) e 70% de sombreamento (C), aos 30 dias. **Fonte 1:** OLIVEIRA, T. C. C. (2022).

O alagamento reduziu a taxa fotossintética (A) e a eficiência de carboxilação da Rubisco em ambos os períodos avaliados (Figuras 5A e C). Aos 45 dias, as mudas controle sob 30% de sombreamento, apresentaram maior valor seguido dos demais tratamentos, controle 70% e 0%, respectivamente. Entre as mudas alagadas as sob 70% de sombreamento, apresentaram maiores médias. Aos 60 dias, a A e a A/C_i aumentaram nas mudas controle, mas se mantiveram nas mudas alagadas, sendo que as mudas controle sob 30%, mantiveram-se com maior média, mas as mudas alagadas sob 70% apresentaram redução significativa de A, mas não de A/C_i .

Aos 45 dias, as mudas 0% alagadas, tiveram os maiores valores de concentração interna de CO_2 (C_i) comparado à avaliação de 60 dias, e os menores valores foram observados nas mudas controle sob 70% de sombreamento. Na avaliação de 60 dias, não foi observado resultados diferentes entre as mudas (Figura 5C).

A eficiência de carboxilação da Rubisco é a velocidade em que o CO_2 é fixado no processo fotossintético dependente da atividade enzimática e disponibilidade de CO_2 . O aumento de C_i representa menor eficiência da Rubisco em carboxilar, ou seja, à uma limitação não-estomática (LIU et al., 2014). Os menores valores de carboxilação observados nas mudas sob alagamento e controle sob 0% de sombreamento, podem indicar maior atividade da Rubisco oxigenase que, consequentemente, leva ao aumento da fotorrespiração e redução da fotossíntese líquida.

Observa-se na literatura que as trocas gasosas são afetadas negativamente em função do estresse em várias espécies e, nesse contexto, Cremon et al. (2020) observaram que a fotossíntese (A) de *C. langsdorffi* reduziu com alagamento e sombreamento, enquanto, a C_i aumentou nessas condições, com excessão das mudas mantidas no sombreamento de 30%. A/C_i também reduziu em mudas de *C. fissilis* submetidas a diferentes períodos de alagamento (BARBOSA et al., 2021).

Os valores mais baixos de A/C_i em plantas alagadas podem estar relacionado aos danos que a condição de hipoxia prolongada no substrado causam no aparelho fotossintético, em plantas expostas

ao alagamento (Junglos et al., 2018 e Cremon et al., 2020). A queda da fotossíntese pode ser atribuída ao fechamento estomático e a fatores da etapa fotoquímica da fotossíntese, como por exemplo, o aumento na concentração de carbono interno (HERRERA et al., 2008; CHEN et al., 2010).

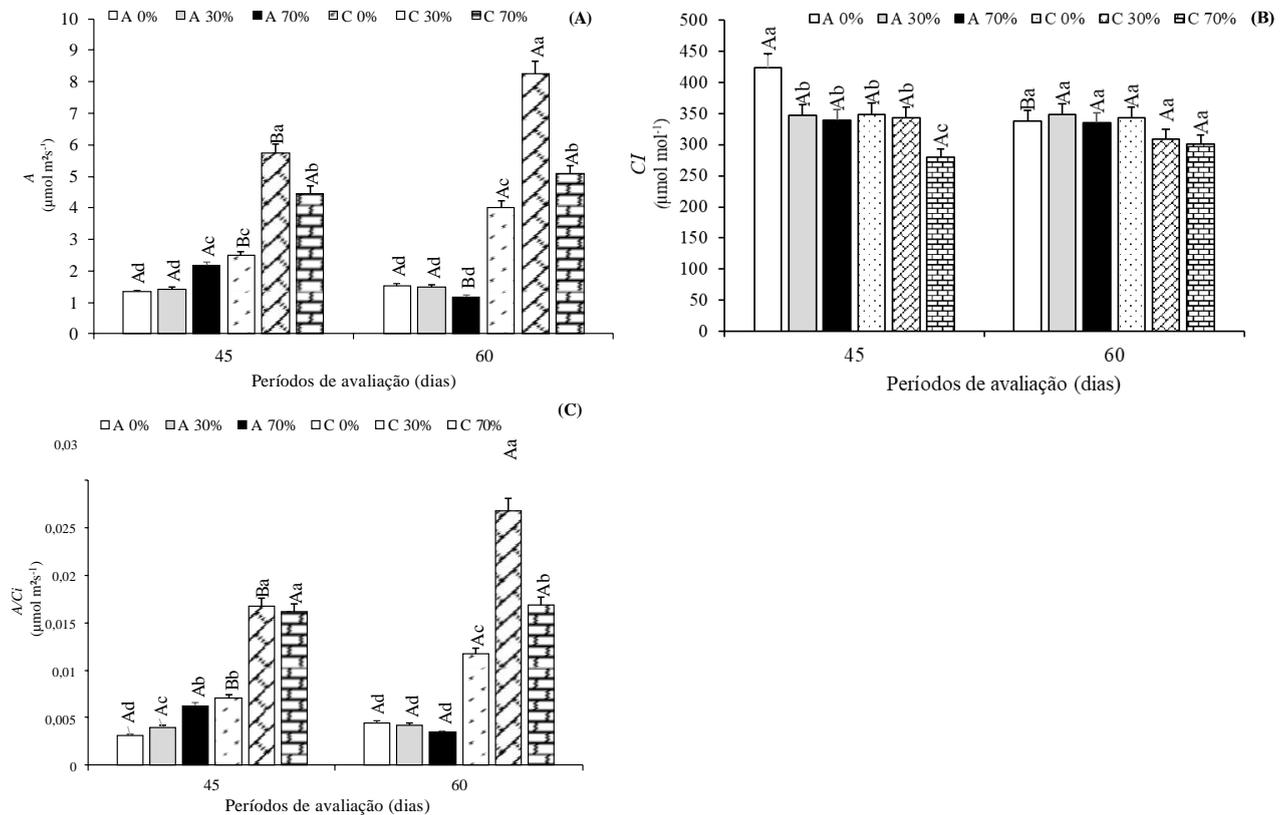


Figura 5 A- Fotossíntese (A), C_i - Concentração interna de CO_2 (B), A/C_i - Eficiência da Carboxilação da Rubisco (C), em mudas de *T. Esculenta* nos regimes hídricos controle e alagado e sombreamento de 0%, 30% e 70% de sombreamento durante os períodos de avaliação. Letras maiúsculas comparam o mesmo tratamento em períodos diferentes pelo teste t Bonferroni ($p \geq 0,05$), e letras minúsculas comparam os diferentes tratamentos no mesmo período pelo teste (Scott Knott, $p < 0,05$).

A taxa de transpiração (E) foi maior nas mudas controle em ambas as épocas avaliadas (Figura 6A) e aos 45 dias foi maior sob 0% e 30% de sombreamento. Entretanto, aos 60 dias houve redução de E nas mudas controle não variando nas mudas alagadas.

A condutância estomática (G_s) não apresentou efeito da interação entre os tratamentos, não variando significativamente entre os períodos avaliados. A G_s foi maior nas mudas controle e sob 30% de sombreamento, sendo menor e não variando entre as mudas alagadas (Figura 6B). O baixo valor de G_s nas mudas alagadas é um indicativo de que os estômatos estão fechando e, portanto, captando menos CO_2 , o que leva a enzima Rubisco utilizar o O_2 como substrato. O fechamento estomático contribui para a redução das trocas gasosas durante o período de hipóxia, podendo gerar prejuízos nas taxas fotossintéticas e refletindo no declínio da transpiração e na condutância estomática (COPOLOVICI; NIINEMETS, 2010). Além do fechamento estomático, a redução da fotossíntese pode estar relacionada as limitações não estomáticas como a diminuição do teor e da atividade da enzima ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase/oxigenase e sua regeneração, inibição do transporte

fotossintético de elétrons, fosforilação fotossintética e aumento de etileno e outros hormônios

endógenos (COPOLOVICI; NIINEMETS, 2010; LIU et al., 2014).

Mesmo com a fotossíntese (A) baixa nos tratamentos alagados, a eficiência instantânea do uso da água (EUA) (Figura 6C), foi elevada nas mudas alagadas por 45 dias sob 70% de sombreamento, significando que as mudas fotossintetizaram mais, com menor perda de água, nessa condição de cultivo, seguido dos demais tratamentos. Entretanto aos 60 dias, as mudas alagadas sob 70% de sombreamento, apresentaram redução de EUA e as mudas controle aumentaram a eficiência com maior valor sob 30% de sombreamento. Os sombreamentos aos 60 dias não influenciaram, positivamente, na eficiência instantânea do uso da água.

Maiores valores de EUA indicam plasticidade fisiológica das espécies diante de adversidade, as quais são expostas (Silva et al., 2008). Cremon et al. (2020) observaram que o baixo valor da fotossíntese (A) reflete nos valores de EUA nos tratamentos submetidos ao alagamento e que após o período de 90 dias as mudas de *C. langsdorffii* Disf. conseguem se recuperar e apresentar resultados próximos ou maiores aos das mudas controle.

Em relação a eficiência intrínseca do uso da água (EIUA), foi observado maiores valores em mudas alagadas sob 70% sombreamento, seguido de 0%, e as mudas controle apresentaram resultados mais baixos. Aos 60 dias as mudas alagadas apresentaram menor EIUA e se equipararam com as mudas controle em ambos os sombreamentos. Esse resultado é decorrente da menor G_s observada nas mudas alagadas e mostra que sob sombreamento de 70% e 0%, mesmo com G_s baixa, as mudas ainda estavam fotossintetizando. Cremon et al. (2020), descreveram resultados semelhantes, em que mudas de *C. langsdorffii* apresentaram menores valores em plantas alagadas durante os períodos de alagamento.

De acordo com Kozłowski (1997), espécies lenhosas sob alagamento, apresentam reduções nas taxas fotossintéticas seguidas da diminuição na condutância estomática, o que é atribuído à hipóxia das raízes (AROCA et al., 2012). Barbosa et al. (2020) encontraram resultados semelhantes em mudas de *C. fissilis*, em que os menores valores de G_s foram encontrados nas mudas submetidas ao alagamento.

Os baixos valores de A e G_s em plantas submetidas ao alagamento indicam que provavelmente foram resultado de causas estomáticas, entretando, a diminuição da eficiência de carboxilação da rubisco (A/C_i) nas mudas possam estar associadas à causas não estomáticas.

Jesus et al. (2021) observaram que mudas de *C. xanthocarpa* apresentaram menores valores de G_s quando cultivadas sob alagamento e sugerem que a queda nesses valores pode estar associada à menor permeabilidade e condutividade hidráulica das raízes nas condições anaeróbicas, o que leva à menor turgescência das células do tecido foliar, reduzindo a G_s . Além disso, em situação de alagamento, sob estímulo do fitohormônio ácido abscísico (ABA), ocorre a sinalização para o fechamento estomático. Essas respostas são responsáveis pelo balanço hídrico e evitam a transpiração excessiva, conforme observado em mudas de *D. alata* por Linné et al. (2021).

Parolin (2001) e Mielke et al. (2005) também relataram redução significativa da fotossíntese acompanhada pela diminuição da condutância e transpiração em espécies arbóreas tropicais tolerantes ao alagamento. Mudas de *C. xanthocarpa* também apresentaram redução linear na taxa de transpiração para as plantas controle sob 0% e 30% de sombreamento e o alagamento possibilitou menor transpiração sob sombreamento 30% e 70%, confirmando que essas condições possibilitam menor temperatura e maior umidade, o que favorece a menor intensidade de transpiração (Jesus et al., 2021).

Oliveira e Galtieri (2017) observaram que, durante o período de alagamento de plantas de *Tabebuia aurea* (paratudo), não apresentaram redução da transpiração, sugerindo que a sobrevivência das plantas alagadas esteve possivelmente ligada ao surgimento de lenticelas hipertrofiadas e ou ao controle estomático acentuado.

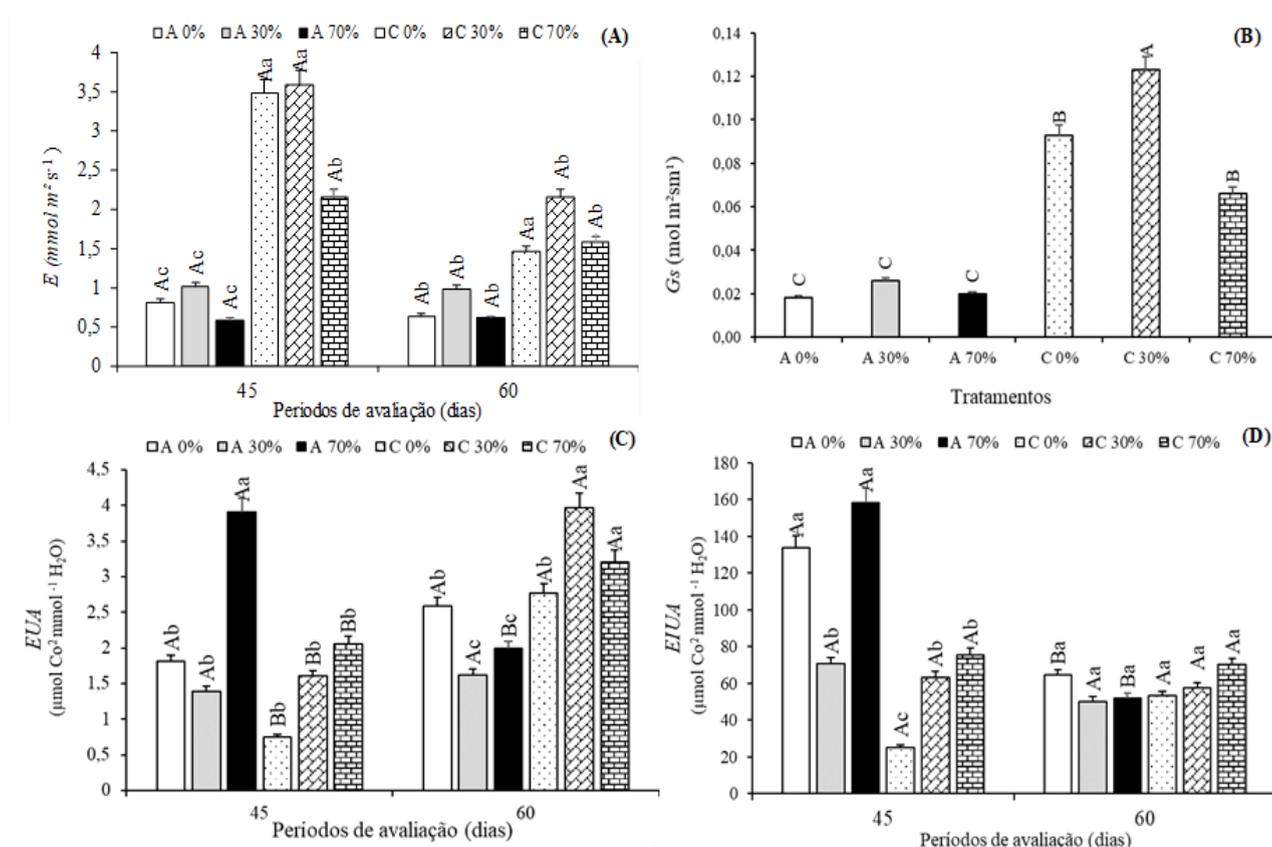


Figura 6 - E- Taxa de transpiração (A), Gs- Condutância estomática (B), EUA- Eficiência instantânea do uso da água (C), EIUA- Eficiência intrínseca no uso da água (D), em mudas de *T. Esculenta* nos regimes hídricos controle e alagado e sombreamento de 0%, 30% e 70% de sombreamento durante os períodos de avaliação. Letras maiúsculas comparam o mesmo tratamento em períodos diferentes pelo teste F e letras minúsculas comparam os diferentes tratamentos no mesmo período pelo teste (Scott Knott, $p < 0,05$).

A menor eficiência quântica potencial do PSII (Figura 7A) foi observada nas mudas cultivadas sob alagamento e 0% de sombreamento, sendo menor aos 45 dias. Ressaltamos que sob 70% de sombreamento, nos dois regimes hídricos, as mudas apresentaram os maiores valores de FV/FM, corroborando com informações da literatura em relação a incidência de luz, pois em ambiente menos luminoso a planta conseguiu, com maior eficiência, processar a luz absorvida.

De acordo com Jesus et al. (2021), quando a planta recebe mais luz do que o seu fotossistema pode processar, essa condição pode levar a planta ao estresse e, como consequência, a menor nível de eficiência fotoquímica. Resultados contrários foram encontrados no estudo de Jesus et al (2021), onde as mudas de *C. xanthocarpa* alagadas, apresentaram os menores Fv/Fm no sombreamento 70% a partir dos 30 dias.

Conforme Araújo e Deminicis (2009), o PSII é mais sensível ao calor quando comparado ao PSI, e o aumento da temperatura pode bloquear os centros de reações do PSII, causando a dissociação do complexo proteína-pigmentos da antena do núcleo central do aparato coletor de luz do PSII, sendo a proteína uma das principais estruturas danificadas pelo excesso de luminosidade.

O valor da relação Fv/Fm pode ser utilizada como um indicador de sensibilidade do desempenho fotossintético da planta (BARBOSA et al, 2020), e esses autores encontraram resultados semelhantes em mudas de *C. fissilis*, e atribuíram os resultados ao efeito duplo de estresse na muda, ou seja, estresse luminoso e hipóxico, simultaneamente. Gonçalves et al. (2012) também observaram resultados semelhantes em plantas de *Genipa spruceana* Steyererm quando parcialmente e totalmente sob alagamento, apresentando valores menores a 0,7 na relação Fv/Fm .

A produção quântica basal dos processos não fotoquímica do PSII - $F0/Fm$ aumentou linearmente nas mudas alagadas sob 0% de sombreamento e aos 60 dias observamos o maior valor (0,8217), e os menores valores para as mudas alagadas sob 70% e 30% de sombreamento (Figura 7B). Entre 30 e 40 dias, as mudas alagadas sob sombreamento, apresentaram tendência de ajuste às condições de cultivo com redução de $F0/Fm$. Os valores médios de referência dessa característica se situam entre 0,14 e 0,20 e vários autores sugerem que o aumento desta relação é um indicativo de estresse (ROHÁCEK, 2002).

O teor de prolina nas raízes das mudas aumentou linearmente durante o cultivo (Figura 7C) sendo maior nas mudas alagadas e nas maiores disponibilidades luminosas. Observamos que sob sombreamento de 70%, os valores de prolina foram menores dentro das mudas alagadas (Figura 7D).

Este aminoácido desempenha um papel importante no processo de ajuste osmótico que pode atuar garantindo o aumento de tolerância ao estresse hídrico, uma vez que aumenta a concentração dos componentes osmóticos da cultura para equalizar o potencial osmótico do citoplasma. Ela também atua como um eliminador de radicais livres para aliviar efeitos do estresse (MERWAD et al., 2018).

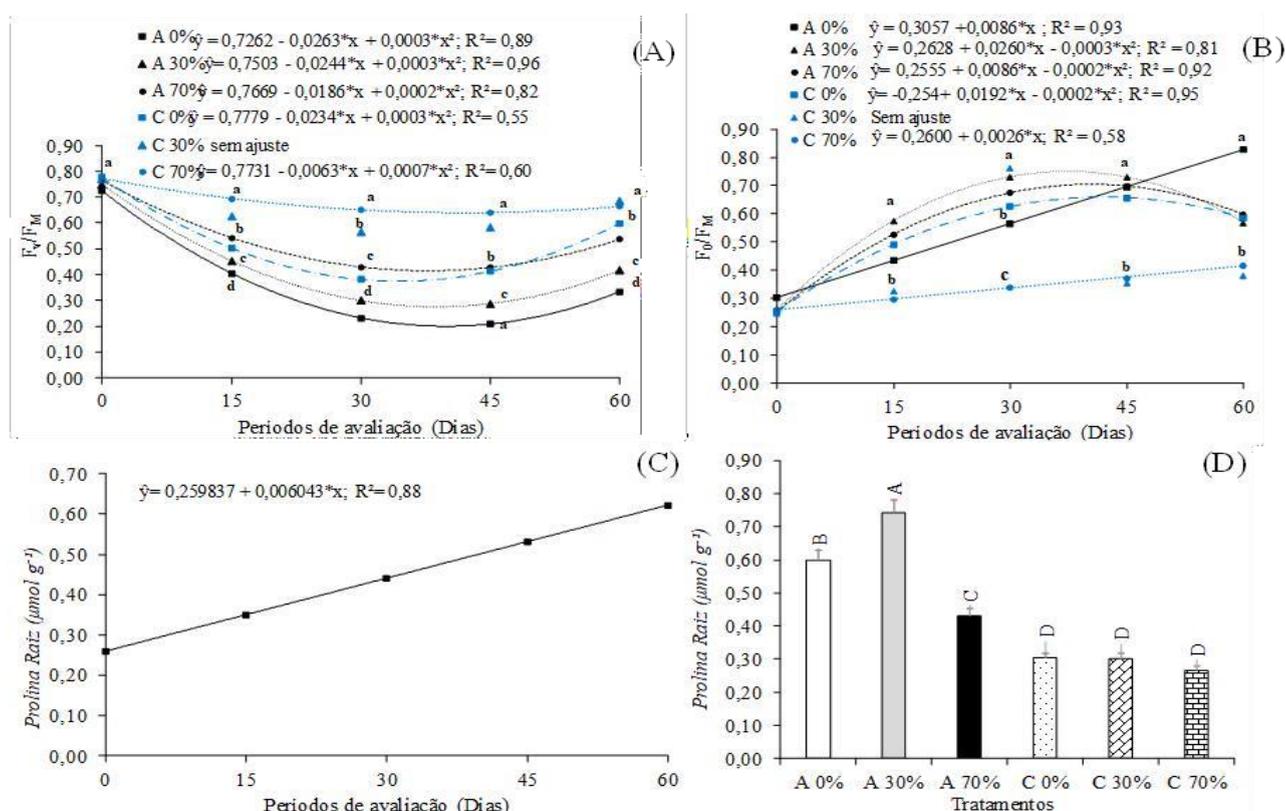


Figura 7 - F_v/F_m - Eficiência quântica potencial do PSII (A), F_0/F_m - Produção quântica basal dos processos não fotoquímicos do PSII (B), *Teor de Prolina raiz* (C e D), em mudas de *T. esculenta* nos regimes hídricos controle e alagado e sombreamento de 0%, 30% e 70% de sombreamento durante os períodos de avaliação.

Assim, o seu acúmulo nos tecidos da planta é tido como um indicativo do estresse hídrico, e a presença da prolina pode ser um componente significativo nos sinais de tradução das principais vias de transmissão sistêmica de resistência adquirida (ANDRADE et al., 2021), o que pode ter contribuído para a sobrevivência da espécie ao estresse.

O conteúdo relativo de água reduziu com o aumento do período de alagamento (Figura 8A) destacando que aos 60 dias, os maiores valores foram de 67, 24 e 69 e ocorreram nas mudas cultivadas sob 70% de sombreamento nos regimes controle e alagado, respectivamente, indicando que o sombreamento pode mitigar o efeito estressante do alagamento, e que o pleno sol acentua o efeito do alagamento. Apesar da condição alagada inativar as aquaporinas, o que poderia levar a menor turgescência foliar, as mudas sob 70% de sombreamento ao transpirar menos que no cultivo sob 0%, mantiveram o maior conteúdo relativo de água e com isso maior turgescência. As mudas a 0% e, principalmente, as alagadas apresentaram menor conteúdo relativo de água. As mudas 70% se ajustaram de maneira mais rápida com o aumento do CRA a partir dos 30 dias de avaliação.

Não houve efeito dos tratamentos e nem interação dos tratamentos e tempo sobre a área foliar das mudas de *T. esculenta*, exceto as mudas sob 70% de sombreamento (Figura 8B), em que a área foliar foi significativamente maior, independente do regime hídrico. No decorrer do experimento, foi observado o aumento linear na área foliar das mudas, o que pode ser atribuído ao seu crescimento normal.

Observa-se na literatura, que folhas de plantas que se desenvolvem sob baixa intensidade de

luz, tanto a concentração de clorofila quanto a área foliar tendem a ser maiores do que em folhas que crescem a pleno sol. Essas respostas atuam como mecanismos para maximizar a eficiência de captura de fótons, aumentando assim a eficiência fotossintética. A área foliar é uma importante característica que reflete a adaptação às mudanças ambientais, e está relacionada ao crescimento, interceptação de luz, eficiência fotossintética e transpiração (FIALHO et al., 2011; MOTA et al., 2012). Embora a redução da área foliar seja uma resposta comum e rápida em plantas sob alagamento, e que depende da turgência foliar e uma resposta à hipóxia (GREGÓRIO et al., 2008; TAIZ e ZEIGER, 2009; BARBOSA et al., 2021), o tempo de exposição das mudas pode não ter sido suficiente para afetar negativamente esse órgão da planta ou que o efeito do sombreamento se sobrepôs ao efeito negativo do alagamento.

Observa-se maior índice de qualidade de mudas (IQD) sob 70% de sombreamento, em ambos os regimes hídricos (Figura 8C), indicando que sob sombreamento mais intenso pode ocorrer maior produção e distribuição de fotoassimilados nas mudas dessa espécie. Isso deve-se ao fato de que nessa condição, ocorre menor exposição das mudas à luz solar intensa, e conseqüentemente, a temperatura do ambiente é reduzida e com isso talvez talvez os estômatos podem se manter abertos por mais tempo, favorecendo a entrada de CO₂. Além disso, podemos considerar que a menor disponibilidade luminosa não foi limitante para a produção de fotoassimilados necessários para o crescimento dessa espécie, lembrando que a *T. Esculenta* é uma espécie de classificação ecológica secundária e tolerante ao sombreamento.

Barbosa et al. (2021), ao encontrar valores baixos de IQD em mudas de *C. fissilis* sob 0% e 30% de sombreamento, sugerem que foi reflexo das menores massas secas da raiz e parte aérea nos tratamentos alagados, esse comportamento foi semelhante ao observado no presente estudo para *T. esculenta*.

O índice de Dickson é considerado eficiente para indicar a qualidade das mudas, sendo usualmente utilizado para considerar aspectos como robustez e equilíbrio da distribuição da biomassa das plantas (DALMOLIN et al., 2015). Maiores valores do IQD, normalmente, estão associados a maiores valores de massa seca da parte aérea e raiz das plantas, quando esses valores se encontram em níveis baixos, é indicado que a qualidade da muda é baixa (CALDEIRA et al., 2012).

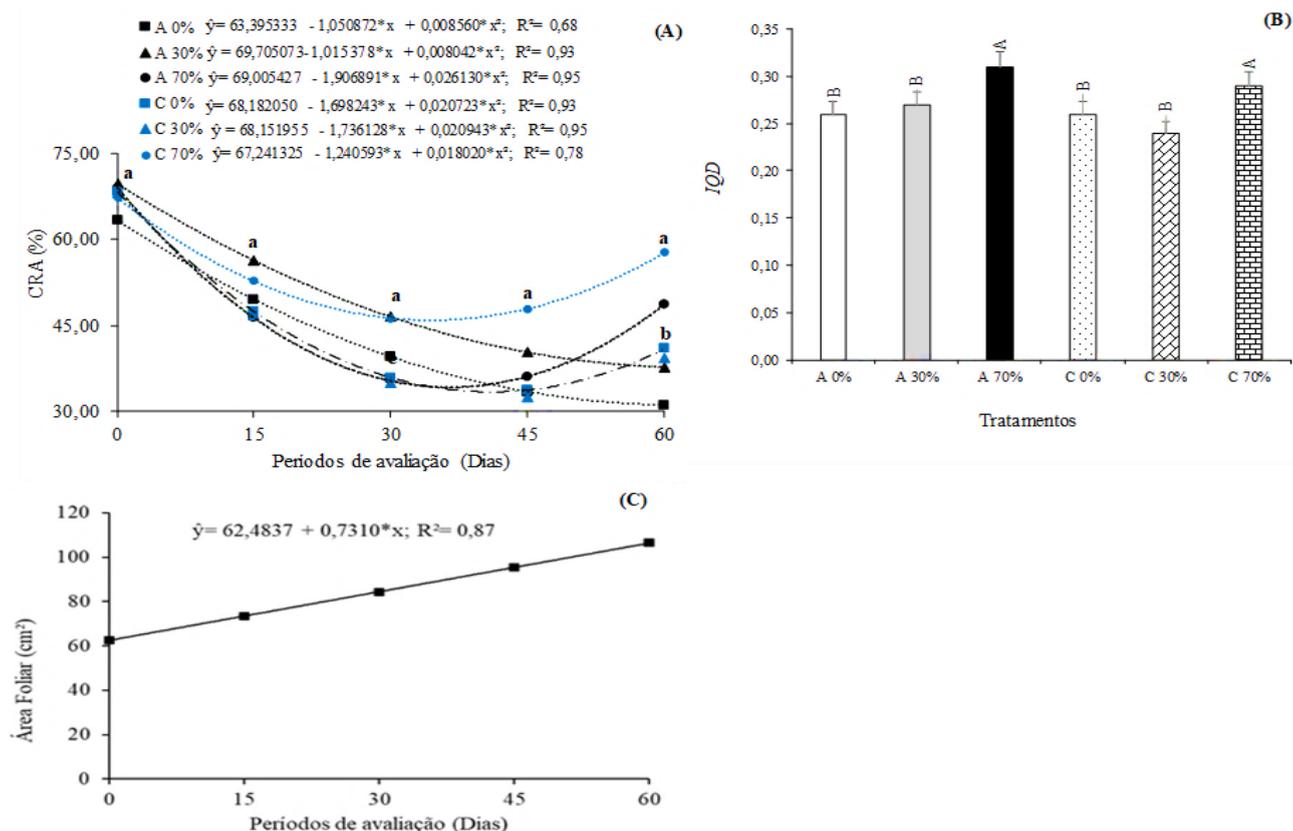


Figura 8 - CRA- Conteúdo relativo de água (A), *IQD*- Índice de qualidade (B) e Área foliar (C) em mudas de *T. Esculenta* durante os períodos de avaliação. Letras maiúsculas comparam o mesmo tratamento em períodos diferentes pelo teste F e letras minúsculas comparam os diferentes tratamentos no mesmo período pelo teste (Scott Knott, $p < 0,05$).

Assim, os resultados de F_v/F_m , F_0/F_m e prolina comprovam o efeito estressante do alagamento associado à exposição ao sol pleno (0% de sombreamento) e que os sombreamentos avaliados contribuíram para aliviar o estresse do alagamento representando condição de cultivo favorável para produzir mudas de *T. esculenta* de qualidade, levando em consideração que a tolerância de uma espécie à habitats temporariamente inundados é um complexo que envolve uma combinação de estratégias adaptativas voltadas para recuperação dos danos causados durante a inundação (LOPEZ; KURSAR, 2003). Por isso é indicada para reflorestamentos em áreas de mata ciliar, com bastante valorização econômica por possuir potencial madeireiro, florestal e comercial, sendo empregada na construção civil para estruturas internas. (LORENZI, 2016).

5. CONCLUSÃO

As mudas de *Talisia esculenta* são sensíveis ao alagamento e ao cultivo sob 0% e 30% de sombreamento, e esses fatores atuam sinergicamente para acentuar o efeito estressante.

Os sombreamentos mitigaram o efeito estressante do alagamento sobre as mudas, sendo que o sombreamento de 70% proporcionou maior qualidade de mudas.

A fluorescência avaliada nos resultados F_v/F_m , F_0/F_m e síntese de prolina contribuíram para a sobrevivência das mudas e a retomada do metabolismo fotossintético e crescimento sob condição estressante de cultivo.

Deste modo a espécie em estudo pode ser indicada para o plantio de áreas degradadas em ambientes que são sujeitos a inundação como matas ciliares e regiões próximas a barragens.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, E. U.; MONTE, D. M. O.; CARDOSO, E. A.; SANTOS-MOURA, S. S.; MOURA, M. F. Emergência e crescimento inicial de plântulas de *Talisia esculenta* (A. St. –HIL) Radlk em função de profundidade e posição de semeadura. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 2, p. 328- 339, 2013.
- ALVES, E. U.; SILVA, K. B.; GONÇALVES, E. P.; CARDOSO, E. de A.; ALVES, A. U. Germinação e vigor de sementes de *Talisia esculenta* (St. Hil) Radlk em função de diferentes períodos de fermentação. **Semina: Ciências Agrárias**, [S.L.], v. 30, n. 4, p. 761, 20 dez. 2009. Universidade Estadual de Londrina. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2009v30n4p761>.
- ALVES, JD, ZANANDREA, I., DEUNER, S. *et al.* Respostas antioxidantes e adaptações morfoanatômicas ao armazenamento em *Sesbania virgata*. **Árvores** **27**, 717–728 (2013).
- ANDRADE, W. L., DE MELO, A. S., MELO, Y. L., DA SILVA SÁ, F. V., ROCHA, M. M., DA SILVA OLIVEIRA, A. P., & FERNANDES JÚNIOR, P. I. *Bradyrhizobium* inoculation plus foliar application of salicylic acid mitigates water deficit effects on cowpea. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 40, n. 2, p. 656-667, 2021.
- ARAÚJO, S. A. C.; DEMINICIS, B. B. Fotoinibição da fotossíntese. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 7, n. 4, p. 463-472, 2009.
- AROCA, R.; PORCEL, R.; LOZANO-RUIZ, J, M. Regulation of root water uptake under abiotic stress conditions. **Journal of Experimental Botany**, v. 63, n. 1, p. 43–57, 2012.
- BARBOSA, D.C.A. Fruto, germinação e crescimento de plântulas de *Talisia esculenta* Radlk. (Sapindaceae). **Botânica Estudo e Pesquisa**, v.3, n.4, p.1-8, 1972.
- BARBOSA, L. de O.; DRESCH, D. M.; SCALON, L.; SCALON, S. de P. Q. Ecophysiological Strategies of *Cedrela fissilis* Vell. Seedlings under Conditions of Flooding and Light Availability. **Journal Of Sustainable Forestry**, [S.L.], p. 1-16, 7 jan. 2021.
- BATES, L.; WALDREN, R.P.; TEARE I.D. Rapid determination of free proline for water stress studies. **Plant Soil** 1973; 39:205-207
- BARTIERES, E. M. M. ET AL. O sombreamento minimiza os efeitos do déficit hídrico em mudas de *Campomanesia xanthocarpa* (Mart.) O. Berg. **Revista Brasileira de Biologia [online]**. 2023, v. 83 [Acessado em 3 de setembro de 2022], e244718. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1519-6984.244718>>. Epub 21 de junho de 2021. ISSN 1678-4375. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.244718>
- BATISTA, C. U. N.; MEDRI, M. E.; BIANCHINI, E.; MEDRI, C.; PIMENTA, J. A. Tolerância à inundação de *Cecropia pachystachya* Trec. (Cecropiaceae): aspectos ecofisiológicos e morfoanatômicos. **Acta Botanica Brasílica**, vol. 22, n. 1, p. 91-98, 2008.
- BATISTA, C.U.N. et al. Tolerância   inunda o de *Cecropia pachystachya* Trec. (Cecropiaceae): aspectos ecofisiológicos e morfoanatômicos. **Acta Botânica Brasileira**, v.22, n.1, p.91-98, 2008.
- BLUM, A.; JOHNSON, J. W.; RAMSEUR, E. L. The effect of a drying top soil and a possible non-hydraulic root signal on wheat growth and yield. **Journal of Experimental Botany**, Oxon, v.42, n.243, p.1225-1231, 1991.
- BRASIL. (2016). Na cozinha com as frutas, legumes e verduras. **Ministério da Saúde**. Brasília, DF.
- CALDEIRA, M. V. W.; DELARMELINA, W. M.; L BE, S. G.; GOMES, D. R.; GONÇALVES, E. O.; ALVES, A. F. Biossólido na composi o de substrato para a produ o de mudas de *Tectona grandis*. **Floresta**, v. 42, n. 1, p. 77-84, 2012.

CAMPOS, A. J. de M. .; SANTOS, S. M. .; NACARATH, I. R. F. F. . Water stress in plants: a review. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 15, p. e3111101523155, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i15.23155. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/23155>. Acesso em: 4 feb. 2023.

CARMONA, R.; REZENDE, L.P.; PARENTE, T.V. Extração química de sementes de gabioba (Campomanesia adamantium Camb.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.16, n.1, p.31-33, 1994.

CARON, B. O.; SOUZA, V. Q.; CANTARELLI, E. B.; MANFRON, P. A.; BEHLING, A.; ELOY, E. Crescimento em viveiro de mudas de *Schizolobium parahyba* (Vell.) S. F. Blake. submetidas a níveis de sombreamento. **Ciência Florestal**, v.20, n.4, p. 683-689, 2010.

CARVALHO, N. O. S. et al. Crescimento inicial de plantas de licuri (*Syagrus coronata* (Mart.) Becc.) em diferentes níveis de luminosidade. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.3, p.351- 357, 2006.

CARVALHO, P. E. R. **Influência da intensidade luminosa e do substrato no crescimento, no conteúdo de clorofila e na fotossíntese de *Cabralea canjerana* (Vell) Mart. subsp. *canjerana*, *Calophyllum brasiliense* Camb. e *Centrolobium robustum* (Vell) Mart. Ex Benth.**, na fase juvenil. 1996. 157p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

CASTRO, D. S. de. **Extração e utilização do amido do endocarpo da pitomba na elaboração de catchup e no desenvolvimento de revestimentos comestíveis**. 2019. 132 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2019. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/3572>.

CAVALCANTE A.C.R; CAVALLINI M.C. & LIMA N.R.C.B. (2009). Estresse por déficit hídrico em plantas forrageiras. **Embrapa Caprinos e Ovinos**.

CHAVARRIA, G.; SANTOS, H. P. (2012). **Plant water relations: absorption, transport and control mechanisms**. In: Advances in selected plant physiology aspects (eds. by Montanaro G & Dichio B), pp. 105-132. Rijeka: Intech.

CHEN, H.; ZAMORANO, M.F.; IVANOFF, D. **Effect of flooding depth on growth, biomass, photosynthesis, and chlorophyll fluorescence of *Typha domingensis***. 2010.

CREMON, T; SCALON, S. P. Q; ROSA, D. B. C.J; DRESCH, D. M. How does *Copaifera langsdorffii* respond to flooding under different irradiance levels? **Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology**, 156:1, 68-78, 2020.

DALMOLIN, A. C.; THOMAS, S. E. O.; ALMEIDA, B. C.; ORTIZ, C. E. R. Alterações morfofisiológicas de plantas jovens de *Curatella americana* L. submetidas ao sombreamento. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 13, n. 1, p. 41-48, 2015.

DANTAS, B. F.; LOPES, A. P.; SILVA, F. F. S.; LÚCIO, A. A.; BATISTA, P. F.; PIRES, M. M. M. L.; ARAGÃO, C. A. Taxas de crescimento de mudas de catingueira submetidas a diferentes substratos e sombreamentos. **Revista Árvore**, v. 33, n. 3, p. 413-423, 2009.

DELIAS, D.; HUTHER, C. M.; ZANANDREA, I. Antioxidant activity in tomato plants cv. Micro-Tom induced to temperature and flooding stress. **Communications in Plant Sciences**, v.2, p.141-143, 2012.

DIAS-FILHO, M.B. Respostas morfofisiológicas de *Brachiaria* spp. ao alagamento do solo e a síndrome da morte do capimmarandu. In: BARBOSA, R.A. (Ed). Morte de pastos de braquiárias. Campo Grande, MS: **EMBRAPA Gado de Corte**, 2006. p.83-10.

DU, T.; MENG, P.; HUANG, J.; PENG, S.; XIONG, D. Fast photosynthesis measurements for phenotyping photosynthetic capacity of rice. **Plant methods**, v. 16, n. 1, p. 1-10, 2020.

DUBOIS, V., MORITZ, T., GARCIA-MARTINEZ, J. Comparison the role of gibberellins and ethylene in response to submergence of two lowland rice cultivars. Senia & Bomba, **Journal Plant Physiology**, 10.1016, 2010.

ÉDER-SILVA, E.; ARAÚJO, D.R. Qualidade fisiológica, aspectos morfológicos e número de cromossomos da espécie *Talisia esculenta* Radlk. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento sustentável**, v.9, n.3, p.275-282, 2014.

ENGEL, V. L. **Influência do sombreamento sobre o crescimento de mudas de essências nativas, concentração de clorofila nas folhas e aspectos de anatomia**. 1989. 202f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - ESALQ, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

FELFILI, J. M.; FAGG, C. W.; PINTO, J. R.R. (2005). Modelo nativas do bioma stepping stones na formação de corredores ecológicos, pela recuperação de áreas degradadas no cerrado. In: Arruda, M. B. (Org.). **Gestão Integrada de Ecossistemas Aplicada à Corredores Ecológicos**. Brasília, p. 187-209.

FERREIRA, D. F. **Sisvar**: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, 35:1039-1042, 2011.

FIALHO, G.S; DALVI, L.P; DALVI, N.B.C; KUHLCAMP K.T; EFGEN, E.M. (2011). Prediction of the leaf area in zucchini fruit: anon-destructive, exact, simple, fast and practical method. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável** 1:59-63.

FRAGA, L. N., OLIVEIRA, A. K.de S., ARAGÃO, B. P., SOUZA, D. A. de., SANTOS, E.W. P. dos., MELO, J.A., SILVA, A.M. de O., JUNIOR, A. W., CORRÊA, C. B., WARTHA, E. R. S. de A., BACCI, L., CARVALHO, M.M. de. Mass spectrometry characterization, antioxidant, activity, and cytotoxicity of the peel and Pulp extracts of Pitomba, **Food Chemistry**. V.340, 2021, 127929, ISSN 0309-8146, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127929>.

GONÇALVES, J. F. D. C.; MELO, E. G. D. F.; SILVA, C. E. M. D.; FERREIRA, M. J.; JUSTINO, G. C. Estratégias no uso da energia luminosa por plantas jovens de *Genipa 49 spruceana* Steyererm submetidas ao alagamento. **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, n. 2, p. 391- 398, 2012.

GRANDIS, A., GODOI, S., BUCKERIDGE, M. S. (2010). Respostas fisiológicas de plantas amazônicas de regiões alagadas às mudanças climáticas globais. **Revista Brasileira de Botânica**, 33(1), 1–12.

GREGÓRIO, T. A., GOBBO, L. G., CARDOSO, J. F., DEMUNER, V. G., HEBLING, S. A. Efeito do alagamento sobre o crescimento inicial de *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) Toledo (Ipê-rosa). **Natureza online**, 6 (2): 91-98, 2008.

GUARIM NETO, G. **Plantas medicinais do Estado de Mato Grosso**. Brasília: Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior, 1996. 72 p.

GUARIM NETO, G.; SANTANA, S. R.; SILVA, J. V. B. Repertório botânico da pitombeira (*Talisia esculenta* (A. St.-Hil.) Radlk - Sapindaceae. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 33, n.2, p. 237-242, 2003.

HARIDASAN, M. 2008. Nutrição mineral de plantas nativas do cerrado. **Revista Brasileira de Fisiologia**. 12: 54-64.

HATAMIAN, M.; NEJAD, A. R.; KAFI, M.; SOURI, M. K.; SHAHBAZI, K. Nitrate improves hackberry seedling growth under cadmium application. **Heliyon**, v. 6, n. 1, p. e03247, 2020.

HENRIQUE, P. DE C. ET al. Características fisiológicas e anatômicas de plantas de sibipiruna submetidas à hipoxia. **Ciência Rural [online]**. 2010, v. 40, n. 1 [Acessado 27 Agosto 2022], pp. 70-76. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-84782009005000221>>. Epub 06 Nov 2009. ISSN 1678-4596. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009005000221>.

HERRERA, A.; TEZARA, W.; MARÍN, O.; RENGIFO, E. Stomatal and non-stomatal limitations of

- photosynthesis in trees of a tropical seasonally flooded forest. **Physiologia Plantarum**, v. 134, p. 41–48, 2008.
- JACKSON, M.B.; COLMER, T.D. Response and adaptation by plants to flooding stress. **Annals of Botany**, v.96, p.501-505, 2005.
- JESUS, M. V.; SCALON, S.P. Q.; DRESCH, D. M.; LINNÉ, J. A.; REIS, L. C. Physiological behavior of *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg. seedlings under flooding and shading. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 42, n. 6, p. 3149-3166, 2021.
- JUNGLOS, F. S.; JUNGLOS, M. S.; DRESCH, D. M.; BENTO, L. F.; SANTIAGO, E. F.; MUSSURY, R. M.; SCALON, S. D. P. Q. (2018) Respostas morfofisiológicas de *Ormosia arborea* (Fabaceae) em condições de alagamento e pós-inundação. **Australian Journal Botany** 66:489–499.
- JONES, H. G.; JONES, M. B. Introduction: some terminology and common mechanisms. In JONES, H.G.; FLOWERS, M; JONES, M.B. (Ed.). *Plants under stress: biochemistry, physiology and ecology and their applications to plant improvement*. Cambridge: **Cambridge University Press**, 1989. p. 1-10.
- JUNIOR, G. do N. A.; GOMES, F. T.; SILVA, M. J. da; JARDIM, A. M. F.da R.; SIMÕES, V. J. L. P.; IZIDRO, L. P. S.; LEITE, M. L. de M.V.; TEIXEIRA, V. I.; SILVA, T. G. F. da.; Estresse hídrico em plantas forrageiras: Uma revisão. **PUBVERT- Medicina veterinária e zootecnia**, v.13, n.1, a241, p.1-10, Jan., 2019. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v13n01a241.1-10>.
- KOZLOWSKI, T. T. Responses of woody plants to flooding and salinity. **Tree Physiology Monograph**, Victoria, v. 1, n. 1, p. 1-29, 1997.
- KERBAUY, G. B. *Fisiologia Vegetal*. São Paulo: **Guanabara**, 2004.
- KREUZWIESER, J., RENNENBERG, H., 2014. Molecular and physiological responses of trees to waterlogging stress. **Plant, Cell & Environment** 37, 2245–2259.
- LARCHER, W., 2003. *Physiological Plant Ecology: Ecophysiology and Stress Physiology of Functional Groups* (4th Edition). **Springer-Verlag**, Berlin Heidelberg.
- LIMA, M. C. **Influência de níveis de sombreamento sobre o crescimento, produção de pigmentos fotossintéticos e assimilação de nitrogênio em mil-folhas (*Achillea millefolium* L.)**. 2009. 83f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.
- LIMA, M. S.; ARAUJO, M. M.; AIMI, S. C.; DE OLIVEIRA, V. V.; BERGHETTI, Á. L.; NASCIMENTO, N. F.; TAROUÇO, C. P. Use of physiological attributes to select native forest species for forest restoration in the southern Atlantic Forest biome, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 501, p. 1-11, 2021.
- LINNÉ, J. A.; JESUS, M. V.; DE LIMA, V. T.; REIS, L. C.; DRESCH, D. M.; DE PAULA QUINTÃO SCALON, S.; SANTOS, C. C. Effects of shading on growth and photosynthetic metabolism in *Dipteryx alata* Vogel. seedlings under flooding. **Brazilian Journal of Botany**, v. 44, n. 3, p. 629-638, 2021.
- LIU, J., BOWMAN, K. W., LEE, M., HENZE, D. K., BOUSSEREZ, N., BRIX, H., JAMES COLLATZ, G., MENEMENLIS, D., OTT, L., PAWSON, S., JONES, D., NASSAR, R. (2014). **Carbon monitoring system flux estimation and attribution: Impact of ACOS-GOSAT XCO₂ sampling on the inference of terrestrial biospheric sources and sinks**. *Tellus B*, 66(1).
- LORENZI, H. 1992. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa, Ed. Plantarum.
- MAIA, J. M.; SILVA, S. L. F.; VOIGT, E. L.; MACEDO, C. E. C.; PONTE, L. F. A.; SILVEIRA, J. A. G. Atividade de enzimas antioxidantes e inibição do crescimento radicular de feijão caupi sob diferentes níveis de salinidade. **Acta Botanica Brasilica**, v.26, n.2, p.342-349, 2012.
- MARTINAZZO, E. G.; PERBONI, A. T.; OLIVEIRA, P. V.; BIANCHI, V. J.; BACARIN, M. A. Atividade fotossintética em plantas de ameixeira submetidas ao déficit hídrico e ao alagamento. **Ciência Rural**, v.43,

n.1, p.35-41, 2013.

MELO, H.C., CASTRO, E.M., SOARES, A.M., MELO, L.A., ALVES, J.D. Alterações anatômicas e fisiológicas em *Setaria anceps* Stapf ex Massey e *Paspalum paniculatum* L. sob condições de estresse hídrico. **Hoehnea** 34(2): 145- 153, 2007.

MERWAD, A. R. M., DESOKY, E. S. M., & RADY, M. M. Response of water deficit-stressed *Vigna unguiculata* performances to silicon, proline or methionine foliar application. **Scientia Horticulturae**, v. 228, p. 132-144, 2018.

MIELKE, M. S. et al. Some photosynthetic and growth responses of *Annona glabra* L. seedlings to soil flooding. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 19, n. 4, p. 905-911, 2005.

MONTIBELLER, B.; KMOCH, A.; VIRRO, H.; MANDER, Ü.; UUEMAA, E. Increasing fragmentation of forest cover in Brazil's Legal Amazon from 2001 to 2017. **Scientificreports**, v. 10, n. 1, p. 1-13, 2020.

MOTA, L. H.; SCALON, S. P. Q.; HEINZ, R. Sombreamento na emergência de plântulas e no crescimento inicial de *Dipteryx alata* Vog. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 3, p. 423-431, 2012.

COPOLOVICI L.; NIINEMETS Ü. Flooding induced emissions of volatile signalling compounds in three tree species with differing waterlogging tolerance. *Plant, Cell & Environment*, v. 33, n. 9, p. 1582–1594, 2010.

OLIVEIRA, A. K. M. DE E 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 [online]**. 2017, v. 27, n. 1 [Acessado 20 Outubro 2022], pp. 181-191.

PAROLIN, P. Morphological and physiological adjustments to waterlogging and drought in seedlings of Amazonian floodplain trees. **Oecologia**. 2001 Aug; 128(3): 326-335. Doi: 10.1007/s004420100660. Epub 2001 Mar 3. PMID: 24549901.

PENG, Y., ZHOU, Z., ZHANG, Z. et al. Molecular and physiological responses in roots of two full-sib poplars uncover mechanisms that contribute to differences in partial submergence tolerance. 2018.

REIS, SM, MARIMON-JUNIOR, BH, MORANDI, PS, SANTOS, CO, OLIVEIRA, B. e MARIMON, BS, 2016. Desenvolvimento inicial e qualidade de mudas de *Copaifera langsdorffii* Desf. sob diferentes níveis de sombreamento. **Ciência Florestal**, vol. 26, p. 11-20.

REGO, G. M.; POSSAMAI, E. Efeito do sombreamento sobre o teor de clorofila e crescimento inicial do Jequitibá-rosa. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 53, p. 179-194, 2006.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As matas de galeria no contexto do bioma Cerrado. In: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L.; SOUSA-SILVA, J. C. (Ed.). Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria. Planaltina, DF: **Embrapa Cerrados**, 2001. p. 29-47.

RODRIGUES, R.R. & NAVE, A.G. 2000. Heterogeneidade florística das matas ciliares. In Matas ciliares: conservação e recuperação. (R.R. Rodrigues & H.F. Leitão Filho, eds.). Edusp, São Paulo, p.45-71.

RODRIGUES, S.; DE BRITO, E. S.; DE OLIVEIRA SILVA, E.. Pitomba—*Talisia esculenta*. In: Exotic Fruits. Academic Press, 2018. p. 351- 354.

ROHÁČEK, R. Chlorophyll fluorescence parameters: the definitions, photosynthetic meaning, and mutual relationship. **Photosynthetica**, v. 40, p. 13-29, 2002.

SANTOS, T.C., JUNIOR, J.E.N., PRATA, A.P.N. Frutos da Caatinga de Sergipe utilizados na alimentação humana. **Scientia Plena**, v.8, 2012, p.1-7.

SANTOS, H. G. et al. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5.ed. rev. ampli. Rio de Janeiro: **Embrapa**. 2018; 531p.

SCALON, S. P. Q.; KODAMA, F. M.; DRESCH, D. M.; PEREIRA, Z. V.; MUSSURY, R. M.; SCALON, L. Q. Gas Exchange in Caryocar Brasiliense Cambess Seedlings in Water Deficit Conditions. **Floresta e Ambiente**. v. 27, p. 2, 2020.

SER (Society of Ecological Restoration). 2004. **SER International Primer on Ecological Restoration**. Washington, DC. 13 p

SCREMIN-DIAS, E, LORENZ-LEMKE, A.P. AND OLIVEIRA, A. K. M. The floristic heterogeneity of the Pantanal and the occurrence of species with different adaptive strategies to water stress. **Brazilian Journal of Biology** [online]. 2011, v. 71, n. 1 suppl 1 [Accessed 27 August 2022], pp. 275-282. Available from: <<https://doi.org/10.1590/S1519-69842011000200006>>. Epub 25 Apr 2011. ISSN 1678-4375. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842011000200006>.

SILVA, C.E.M.; GONÇALVES, J.F.C.; FELDPAUSCH, T.R. Water-use efficiency of tree species following calcium and phosphorus application on an abandoned pasture, central Amazonia, Brazil. **Environmental and Experimental Botany**, v.64, n.2, p.189- 195, 2008.

SILVA, RP de S.; FREIRE, AL de O.; BAKKE, IA; FERREIRA, CD; JUSTINO, STP; FREITAS, A. de L. Sombreamento e seus reflexos no crescimento e trocas gasosas de *Microdesmia rigida* (Benth.) Sothers & Prance. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, [S. l.], v. 9, n. 7, pág. e878974508, 2020. DOI: 10.33448/rsdv9i7.4508. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/4508> . Acesso em: 30 ago. 2022.

SOTERRONI, A. C.; RAMOS, F. M.; MOSNIER, A.; FARGIONE, J.; ANDRADE, P. R.; SOUTO FILHO. Pitombeira: cultivo desorganizado. Recife: **CEASA**, 1974.

SOUTO FILHO. **Pitombeira: cultivo desorganizado**. Recife: CEASA, 1974.

SOUSA, V. F.; COELHO, E. F.; FIZZONE, J. A.; FOLEGATTI, M. V.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; OLIVEIRA, F. C. Eficiência do uso da água pelo meloeiro sob diferentes frequências de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.2, p.183-188, 2000.

TAIZ, L., ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4 Ed. Porto Alegre- RS, p.738-748, 766-770, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6 ed. Artmed, 2017.

TOURNAIRE-ROUX C, SUTKA M, JAVOT H, GOUT E, GERBEAU P, LUU DT, BLIGNY R, MAUREL C. Cytosolic pH regulates root water transport during anoxic stress through gating of aquaporins. **Nature**. 2003 Sep 25;425(6956):393-7. doi: 10.1038/nature01853. PMID: 14508488.

VIEIRA, F. & PEREIRA, E. (2008). Biometria, armazenamento de sementes e emergência de plântulas de *Talisia esculenta* Radlk. (Sapindaceae) Biometry, storage of seeds, and seedling emergence of *Talisia esculenta* Radlk. (Sapindaceae). **Ciência E Agrotecnologia - CIENC AGROTEC**. 32.

WFO (2022). *Talisia Esculenta* Radlk. Publicado na internet; <http://www.worldfloraonline.org/taxon/wfo-0001135264>. Acessado em 31 de agosto de 2022.

YIN, D.; CHEN, S.; CHEN, F.; GUAN, Z.; FANG, W. Morphological and physiological responses of two chrysanthemum cultivars differing in their tolerance to waterlogging. **Environmental and Experimental Botany, Amsterdam**, v.67, n.1, p.87-93, 2009.

ZANELLA, F.; SONCELA, R.; LIMA, A. L. S. Formação de mudas de maracujazeiro amarelo sob níveis de sombreamento em Ji-Paraná/RO. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.30, n.5, p.880-884, 2006.

ZU, E. E. K.; AYRE, B.; GODAR, J.; LIMA, M. G. B.; BAUCH, S.; GARRETT, R.; GARDNER, T. Using supply chain data to monitor zero deforestation commitments: an assessment of progress in the Brazilian soy sector. **Environmental Research Letters**, v. 15, n. 3, p. 035003, 2020.