



Impactos da inundação sobre as características morfológicas de plântulas de *Myrciaria dubia*

Flood impacts on the morphological characteristics of *Myrciaria dubia* seedlings

DOI: 10.55905/rdelosv16.n45-027

Recebimento dos originais: 27/07/2023

Aceitação para publicação: 25/08/2023

Iselino Nogueira Jardim

Doutor em Plantas Medicinais

Instituição: Universidade Federal do Pará

Endereço: Altamira - PA, Brasil

E-mail: jardim@ufpa.br

Milena Gomes Fontenele

Graduanda em Engenharia Florestal

Instituição: Universidade Federal do Pará

Endereço: Altamira - PA, Brasil

E-mail: milegomes68@gmail.com

RESUMO

O Camu-camu (*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh) é uma espécie pertencente à família Myrtaceae, nativa da região amazônica, encontrada em áreas alagadas sazonalmente pelas cheias das águas fluviais. Este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos do alagamento do solo sobre as características morfológicas de plântulas de *Myrciaria dubia*. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com dois tratamentos (solo alagado e não alagado) e 50 repetições para cada tratamento. As características morfológicas avaliadas foram a altura da planta, diâmetro do caule, número de folhas, comprimento da raiz, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz e massa seca total. Os resultados mostraram que as plantas alagadas apresentaram os piores resultados, nas características morfológicas avaliadas, quando comparadas as plantas não alagadas. Os resultados indicam que a *Myrciaria dubia* é uma espécie tolerante ao ambiente sazonalmente alagado, podendo assim, ser indicada para restauração de matas ripárias degradadas.

Palavras-chave: estresse hídrico, Myrtaceae, hipóxia, mata ripária, alagamento.

ABSTRACT

Camu-camu (*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh) is a species of the Myrtaceae family, native of the Amazon region, found in areas seasonally flooded by river floods. This study aimed to evaluate the effects of soil flooding on the morphological characteristics of *Myrciaria dubia* seedlings. The experimental design was completely randomized, with two treatments (flooded and non-flooded soil) and 50 replications for each treatment. The morphological characteristics evaluated were plant height, stem diameter, number of leaves, root length, shoot dry mass, root

dry mass and total dry mass. The results showed that the flooded plants presented the worst results, in the morphological characteristics evaluated, when compared to the non-flooded plants. The results indicate that *Myrciaria dubia* is a species tolerant to the seasonally flooded environment, and may therefore be indicated for restoration of degraded riparian forests.

Keywords: water stress, *Myrtaceae*, hypoxia, riparian forest, flooding.

1 INTRODUÇÃO

As florestas ripárias ou ciliares são formações vegetais restritas às margens de corpos d'água e que podem sofrer sazonalmente influências do transbordamento das águas fluviais (Sirqueira & Carmo, 2022). Esses alagamentos podem ter causas naturais ou antrópicas e afetar populações vegetais mais vulneráveis com mais frequência. Os alagamentos induzem uma série de alterações físico-químicas e biológicas no solo, com uma drástica redução da quantidade de oxigênio disponível para as raízes, restringindo assim o crescimento, desenvolvimento e produtividade das plantas (Oliveira & Joly, 2010). Também se verifica que espécies vegetais diferentes reagem de forma diferente à hipóxia do solo (Belfort et al., 2020). Se for considerado apenas as espécies tropicais, ainda assim, há uma grande diversidade de respostas nas espécies aos alagamentos periódicos do solo (Oliveira & Joly, 2010; Medri et al., 2012; Binotto et al., 2016; Vidal et al., 2019).

Em particular, na Amazônia, existe a presença de vastas áreas naturalmente alagáveis, resultante da combinação de relevos baixos e de altas precipitações, características da região (Nascimento et al., 2015). Porém, nas últimas décadas têm ocorrido a ampliação das áreas alagáveis no bioma amazônico, devido ao aumento de usinas hidrelétricas instaladas na região. Esse modelo de geração de energia hidrelétrica, baseado no represamento das águas, resulta em uma série de impactos sociais, econômicos e ambientais. Esses impactos alteram as populações, as paisagens e os sistemas ecológicos locais e regionais, tanto à montante quanto à jusante dos empreendimentos (Sirqueira et al., 2020). Conforme esses autores o alagamento de áreas para formação dos reservatórios associados às usinas hidrelétricas compromete a vegetação ripária permanentemente.

Recentemente, no Estado do Pará, novas áreas alagadas foram criadas a partir da instalação da usina hidrelétrica de Belo Monte construída no rio Xingu. A inundação permanente para a formação do lago causou a morte de milhares de espécies vegetais de importância para



biota local da região. Por exemplo, cita-se espécies com importância para a dieta de peixes e de animais terrestres. Nesse contexto, algumas ações apoiadas pela ELETRONRTE S/A, vem sendo executados, visando a reposição das espécies importantes para a fauna local. Dentre as inúmeras espécies afetadas, tem-se comunidades de *Myrciaria dubia*, conhecida popularmente como Camu-camu, uma espécie nativa da Amazônia, com ocorrência em áreas alagadas (Donado-Pestana et al., 2018). A *Myrciaria dubia* é uma espécie que apresenta grande potencial para o desenvolvimento de bioprodutos, de medicamentos e cosméticos ricos em bioativos (Donado-Pestana et al., 2018; García-Chacón et al., 2023).

A *Myrciaria dubia* é uma planta rústica, no seu ambiente natural, podendo manter-se parcialmente submersa por quatro a cinco meses durante o ano (Donado-Pestana et al., 2018). Portanto, no que concerne ao estresse hídrico induzido por alagamento, nenhum relato está disponível na literatura até o momento para a espécie *Myrciaria dubia*. Nesse contexto, conhecer às características adaptativas dessa espécie, entre elas, às características morfológicas, é importante porque oferece subsídios para projetos de restauração de matas ripárias degradadas. Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos do alagamento do solo sobre as características morfológicas de plântulas de *Myrciaria dubia*.

O conhecimento adquirido a partir desse estudo pode ser útil para à preservação, manejo e domesticação dessa espécie vegetal, que possui importância econômica, social e ecológica para a região do Médio Xingu no estado do Pará. Além disso, pode contribuir para o conhecimento do comportamento de espécies tropicais tolerantes ao alagamento.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 METODOLOGIA

A pesquisa é de cunho explicativo, visando elucidar os efeitos causados pelo alagamento das plantas de *Myrciaria dubia*. A abordagem quantitativa, foi utilizada, pois, objetivo é avaliar quantitativamente as alterações observadas nas variáveis morfológicas das plantas de *Myrciaria dubia* em ambiente alagado. Portanto, trata-se de uma pesquisa aplicada, objetivando obter conhecimentos práticos a respeito do alagamento das plantas de *Myrciaria dubia*, realizada experimentalmente em casa de vegetação.



2.2 OBTENÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA

Frutos de *Myrciaria dubia* foram coletados de plantas matrizes localizadas em área de preservação ambiental pertencente à ELETRONORTE S/A, município de Altamira, Pará, Brasil. O experimento foi conduzido em casa de vegetação no *Campus* de Altamira, Universidade Federal do Pará. O clima de Altamira é do tipo equatorial Am e Aw, da classificação de Köppen, apresentando temperaturas médias de 26 °C e precipitação mensal média de 1.700 mm (Alvares et al., 2013). A paisagem natural apresenta predominância da Floresta Equatorial Latifoliada. No estado do Pará, 74% dos solos são representados por Latossolos e Argissolos (Souza et al., 2018).

2.3 EQUIPAMENTOS E PRODUTOS QUÍMICOS

Foram utilizados os seguintes equipamentos e produtos químicos: Balança analítica (0,0001 g) (Shimadzu, BL320H, Brasil); estufa de secagem e esterilização (SL-100/A, Solab); paquímetro digital (mm); régua graduada (cm); bandejas plásticas (30×50×9,7 cm); caixas organizadora do tipo container (56 dm³); tubetes de polipropileno rígido (110 cm³); hipoclorito de sódio (água sanitária), etanol PA.

2.4 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Os frutos coletados em estágio de maturação amadurecido, caracterizados por apresentarem cor vermelho arroxeado, foram despolpados, as sementes limpas, armazenadas em câmara fria até a semeadura. Para a germinação, sementes foram desinfestadas, superficialmente, pela imersão em solução de etanol a 70% (v/v), por 30 segundos, seguida da solução de hipoclorito de sódio a 2,5% (v/v), por 60 segundos, seguida de três enxágues em água destilada. A germinação foi realizada em bandejas plásticas, contendo areia lavada esterilizada e umedecida com água destilada, mantidas em sala climatizada (24 ± 1,0 °C).

As sementes germinadas foram transferidas para tubetes de polipropileno rígido (110 cm³), preenchidos com substrato fibra de coco (AMAFIBRA[®]), de textura fina, indicado para uso agrícola e florestal. Este sistema (tubetes + sementes germinadas) foi mantido em casa de vegetação por 30 dias, com nível de sombreamento de 50,0% (sombrite) e irrigadas diariamente.

Após o período de crescimento inicial, 100 indivíduos, foram selecionados com base na altura (cm) uniforme e três pares de folhas completamente expandidas. Dois grupos de 50 indivíduos foram separados e colocados em caixas organizadoras tipo container. Um grupo em



condição de alagamento permanente, mantendo-se lâmina d'água 2 cm acima do substrato contido no tubete. O segundo grupo (grupo controle) manteve-se sob irrigação diária na condição de capacidade de campo. O delineamento experimental empregado foi o inteiramente casualizado com dois tratamentos (solo alagado e não alagado) e 50 repetições para cada tratamento.

Para a obtenção dos dados, a cada 15 dias, 10 plantas eram retiradas de cada tratamento, com a troca de água do grupo de plantas alagadas. No total, ocorreram cinco períodos de avaliação até o final do experimento.

Durante o processo de avaliação foram medidas a altura da planta (H) com uma régua graduada (cm) e o diâmetro do caule (DC) através de um paquímetro digital (mm). O número de folhas (NF) foi obtido por contagem direta. As raízes e parte aérea das plantas foram separadas. As raízes foram lavadas sobre peneira de malha fina com água corrente. Para a determinação da massa fresca, pesou-se a parte aérea da planta e as raízes de cada indivíduo em balança analítica. Em seguida, mensurou-se o comprimento da raiz (CR) através de uma régua graduada (cm). Para a determinação da massa seca, levou-se a estufa de ventilação forçada à temperatura de 70 ± 2 °C, até massa constante da parte aérea da planta e das raízes. Após esse período de secagem, o material vegetal, foi pesado em balança analítica.

2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos a análise de variância ANOVA e quando significativos, foi aplicado o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Antes da análise, todos os dados foram testados para atender as pressuposições de homogeneidade e normalidade pelo teste de Levene e Shapiro-Wilk, respectivamente. Todas as análises foram realizadas no programa SISVAR (Ferreira, 2019).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados desse estudo mostraram efeitos do alagamento do solo sobre as plântulas de *Myrciaria dubia*. Também se constatou o aparecimento de sintomas como murchamento, abscisão foliar, redução de produção de novas folhas, clorose foliar, cor escura e necrose radicular. Porém, não houve o surgimento de raízes adventícias e nem lenticelas durante o período do experimento. Apesar disso, pode-se inferir que as plantas de *Myrciaria dubia* apresentam resistência ao estresse hídrico causado pelo alagamento do solo.



A análise de variância (ANOVA) demonstrou efeito significativo ($p < 0,01$) da interação dos fatores tempo de alagamento e alagamento sobre todas as características morfológicas avaliadas. Observa-se também que as variáveis altura e diâmetro do caule apresentaram os coeficientes de variação (CV) abaixo de 20%, considerados aceitáveis para experimentos realizados em casa de vegetação (Tabela 1). Contudo, os altos valores de CV para as demais variáveis são justificáveis, uma vez que foram as variáveis mais afetadas pelo alagamento.

Tabela 1. Resumo da análise de variância e médias das variáveis morfológicas em mudas alagadas e não alagadas de *Myrciaria dubia*.

FV	GL	Quadrado médio						
		H (cm)	DC (mm)	NF	CR	MSPA	MSR	MST
T	4	4,25 ^{ns}	0,52 **	25,03**	30,88 ^{ns}	0,020**	0,033**	0,10**
A	1	91,9**	0,24 ^{ns}	329,7**	333,77**	0,088**	0,386**	0,84**
T*A	4	6,64*	0,51**	13,59*	67,22**	0,016**	0,017**	0,06**
CV (%)		16,8	15,8	28,01	25,1	40,51	35,94	34,66
MG		8,26	1,69	8,140	14,14	0,132	0,142	0,274
MCSA		7,27b	1,64a	6,27b	12,26b	0,10b	0,08b	0,18b
MCSNA		9,21a	1,74a	9,94a	15,95a	0,17a	0,20a	0,37a

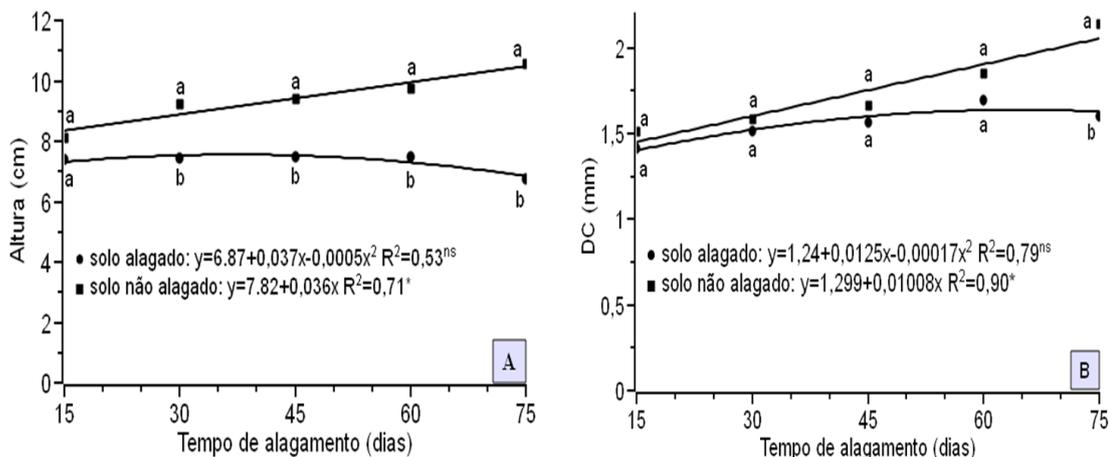
FV: fonte de variação; GL: graus de liberdade; A: alagamento; T: tempo de alagamento; MG: média geral; MCSA: média com solo alagado e MCSNA: média com solo não alagado. (***) significativo a $p < 0,01$, (**) significativo a $p < 0,05$ de probabilidade e (^{ns}) não significativo a $p < 0,05$ de probabilidade. Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si ($p < 0,05$). Fonte: autores (2023).

A altura das plantas de *Myrciaria dubia* foi afetado pelo alagamento (Figura 1A). A altura média das plantas cultivadas em solo não alagado aumentou com o tempo seguindo um modelo de regressão linear. Enquanto, plantas cultivadas em solo alagado, seguem um modelo quadrático, atingindo altura máxima de 7,6 cm aos 37 dias após o alagamento. O efeito do alagamento do solo produziu um decréscimo de 17,5 % na altura em comparação às plântulas cultivadas em solo não alagado. Assim, pode-se inferir que a espécie *Myrciaria dubia*, apesar de sobreviver ao estresse, não possui capacidade de produzir novos tecidos, que resultariam em aumento em altura. Vidal et al. (2019) também encontraram resultados semelhantes em seu estudo, afirmando que a redução do crescimento em altura pode ser devido a diminuição da taxa fotossintética líquida. Enquanto outros como Yuancai et al. (2022) afirmam que as espécies usam energia para manter o metabolismo fisiológico em vez de alongar seu crescimento durante a inundação. Todavia, outros estudos têm relatado efeito positivo do alagamento sobre o crescimento da parte aérea de algumas espécies (Delevatti & Sausen, 2018; Heklau et al., 2019). De acordo com Delevatti & Sausen (2018), o maior crescimento em altura da parte aérea pode ser considerado uma estratégia fundamental para o escape de submersão. Poucos estudos, porém,



não menos importantes, relatam não haver diferenças significativas entre alturas de plantas ripárias cultivadas em solo alagado e não alagado (Moungsrimuangdee et al., 2020).

Figura 1. A) Altura da planta e B) Diâmetro do caule (DC) de mudas de *Myrciaria dúbia* cultivadas em solos alagado e não alagado em condições de casa de vegetal. *: significativo a 5% de probabilidade e ^{ns}: não significativo.



Fonte: autores (2023).

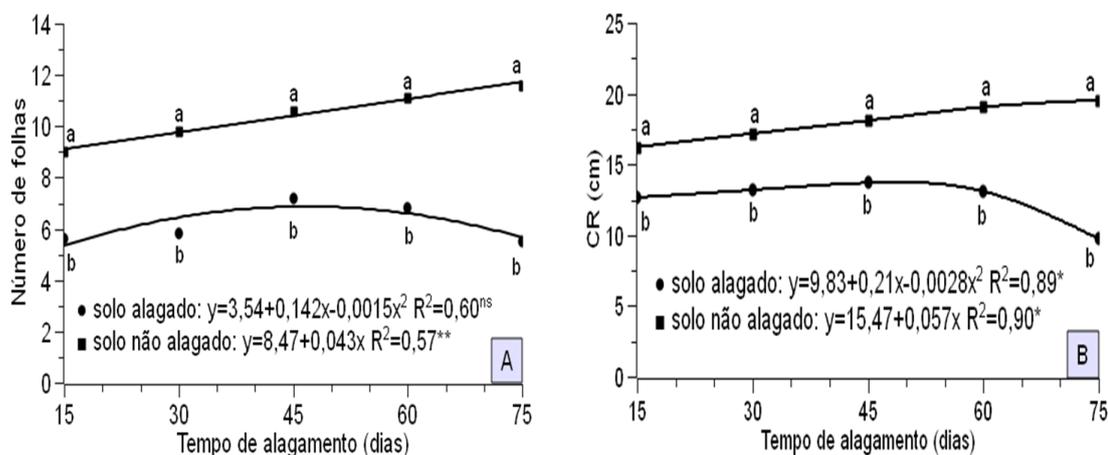
O efeito do alagamento sobre a variável diâmetro do caule ocorreu somente na última avaliação (Figura 1B). O crescimento máximo do diâmetro do caule das mudas *Myrciaria dubia* foi atingido aos 37 dias após o alagamento, com 1,47 mm estimado para o DC. O efeito do alagamento do solo produziu um decréscimo de 12,0 % no DC em comparação às plântulas cultivadas em solo não alagado. A diminuição do DC das plantas submetidas ao alagamento, verificado na última avaliação, decorre dos efeitos do estresse ocasionado pela baixa disponibilidade de oxigênio em ambiente alagado. Resultado semelhante foi observado em plantas de *Parapiptadenia rigida* (Artusi et al., 2018). Entretanto, em *Cedrela fissilis* (Binotto et al., 2016) e *Peltophorum dubium* (Carvalho et al., 2016) foi observado que não houve efeito do alagamento sobre o desenvolvimento das plântulas. Já em *Salix matsudana* o efeito do alagamento aumentou o diâmetro do caule em comparação ao grupo controle (Yuancai et al., 2022). Fatores como a condição nutricional das plantas e tempo de permanência em ambiente alagado, podem ser responsáveis por essas diferenças no crescimento em solos hipóxicos (Carvalho et al., 2016).

A maior média estimada de folhas em plantas cultivadas em solo alagado ocorreu aos 47 dias, com 7 folhas (Figura 2A). O efeito do alagamento do solo proporcionou um decréscimo de



34,23 % no NF em comparação às plântulas cultivadas em solo não alagado. Além disso, o estresse promovido pelo alagamento estimulou a abscisão foliar, evidenciada pela redução do número de folhas, observando maior produção de folhas novas nas plantas cultivadas em solo não alagado. Resultado semelhante foi observado em plantas de *Aegiphila sellowiana* (Medri et al., 2012), *Swietenia macrophylla* (Nascimento et al., 2015) e *Genipa americana* e *Guazuma ulmifolia* (Pires et al., 2018). Segundo Pires et al. (2018) a queda de folhas em resposta ao alagamento é uma estratégia comum adotada por muitas espécies lenhosas. Em contraste, em *Hydnocarpus anthelminthicus* e *Xanthophyllum lanceatum* (Moungsrimuangdee et al., 2020) e *Parapiptadenia rigida* (Artusi et al., 2018) foi observado que não houve efeito do alagamento sobre o número de folhas das plantas. Além disso, o efeito do alagamento sobre as folhas de *Myrciaria dúbia* foi severo, com prejuízo para a emissão de novas folhas. O estresse hipóxico acarreta redução da síntese e da translocação de fitorreguladores de crescimento do sistema radicular para a parte aérea, alterando os mecanismos naturais de emissão e de manutenção das folhas (Reid & Bradford, 1984). Somado a isso, o efeito do alagamento limita a absorção e o transporte de íons, culminando com o estresse mineral para parte aérea, acompanhado de senescência e abscisão prematura das folhas (Drew, 1997). Corroborando com essa proposição Pimenta (1998) declara que os efeitos do alagamento sobre a abscisão e produção de folhas podem ser reflexos da deficiência nutricional e da queda na condutância estomática e taxa fotossintética.

Figura 2. A) Número de folhas (NF) e B) Comprimento da raiz (CR) de mudas de *Myrciaria dúbia* cultivadas em solos alagado e não alagado em condições de casa de vegetal. * e **: significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente e ^{ns}: não significativo.



Fonte: autores (2023).



O menor comprimento de raiz (CR) foi obtido em plantas cultivadas em solo alagado (Figura 2B). A raiz atingiu o máximo de crescimento estimado aos 38 dias após o alagamento, com 14 cm de comprimento. O efeito do alagamento do solo produziu um decréscimo de 21,94 % no CR em comparação às plântulas cultivadas em solo não alagado. No final do experimento, o comprimento da raiz das plantas cultivadas em solo alagado experimentou uma redução significativa em relação ao tratamento não alagado. Resultado semelhante foi observado em plantas de *Eugenia uniflora* e *Parapiptadenia rigida* (Artusi et al., 2018) e *Peltophorum dubium* (Carvalho et al. 2016). Entretanto, em *Inga vera* e *Eugenia involucrata* (Artusi et al., 2018) e *Cedrela fissilis* (Binotto et al., 2016) não foi observado efeito do alagamento sobre o desenvolvimento das plântulas. Mas segundo Medri et al. (2012) a maioria das espécies tolerantes estudadas apresentam redução do crescimento das raízes quando submetidas ao alagamento do solo.

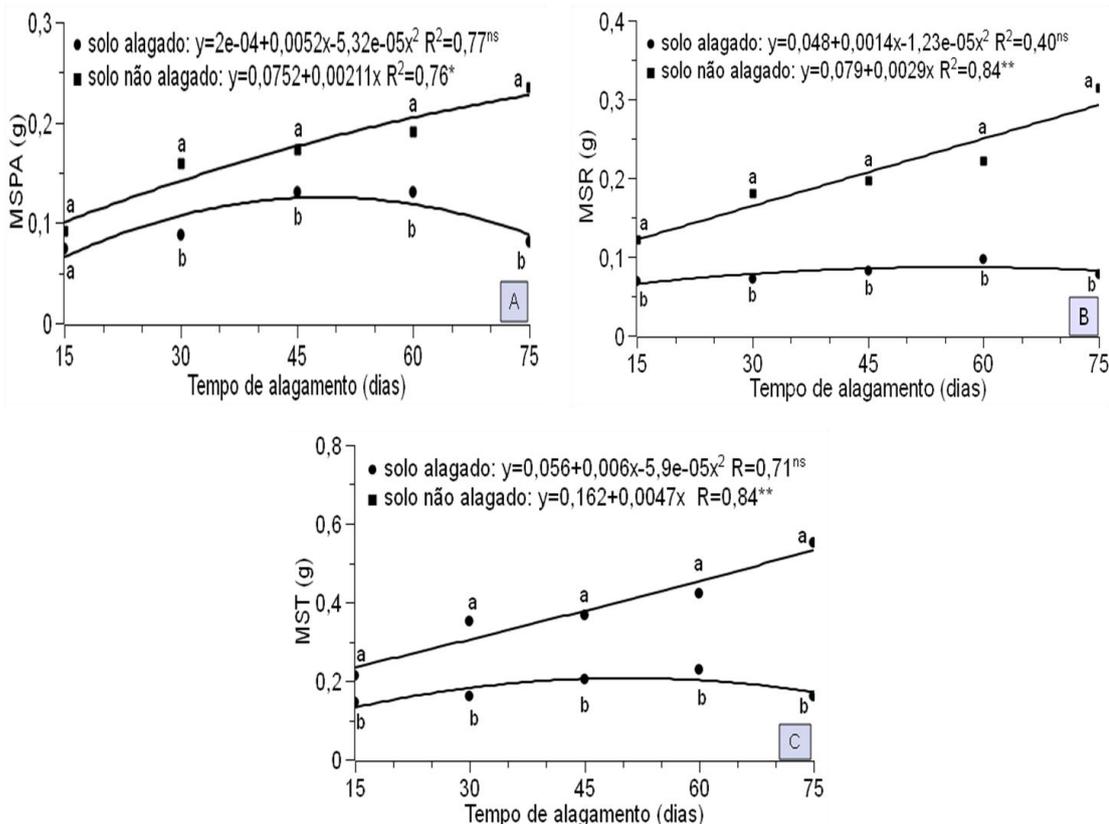
Durante as avaliações, observou-se que as raízes se apresentavam escuras e na parte final do experimento também se encontravam necrosadas. O escurecimento e necrose das raízes também foi observado por Carvalho et al. (2016). Vidal et al. (2019) afirmam que o escurecimento da raiz pode estar relacionado ao aumento da atividade enzimática associada à respiração anaeróbica, levando ao excesso de produção de etanol. Segundo Striker (2012) as raízes são afetadas diretamente pelas condições anaeróbicas do solo devido às inundações.

A MSPA das plantas cultivadas em solo não alagado seguiu um modelo linear crescente, enquanto a MSPA das plantas cultivadas em solo alagado seguiu um modelo quadrático (Figura 3A). A MSPA das plantas cultivadas em solo alagado atingiu o máximo de crescimento aos 49 dias após o alagamento, com 0,23 g estimada para a MSPA. O efeito do alagamento do solo promoveu uma redução de 29,0 % na MSPA em comparação às plântulas cultivadas em solo não alagado. Essa redução pode ser explicada em parte pela abscisão foliar sofrida pelas plantas cultivadas em meio alagado. Esse resultado é reforçado por Pires et al. (2018) que observaram a redução da biomassa total das plantas *Genipa americana* e *Guazuma ulmifolia*, provocado pela queda de folhas estimulado pelo estresse do alagamento. Artusi et al. (2018) também observaram redução da MSPA em *Eugenia uniflora* e *Parapiptadenia rigida*, porém em plantas de *Inga vera* e *Eugenia involucrata* não foi observado essa redução na MSPA entre plantas cultivadas em meio alagado e do grupo controle. Segundo os autores, essas estratégias morfológicas são inerentes a



cada espécie e estão intimamente ligadas a sobrevivência e crescimento em condições de saturação hídrica.

Figura 3. A) Massa seca da parte aérea (MSPA), B) Massa seca da raiz (MSR) e C) Massa seca total (MST) de mudas de *Myrciaria dúbia* cultivadas em solos alagado e não alagado em condições de casa de vegetal. *e **: significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente e ^{ns}: não significativo.



Fonte: autores (2023).

A massa seca das raízes (MSR) de plantas submetidas ao alagamento foi inferior àquelas mantidas em solo não alagado (Figura 3B). A MSR das plantas em solo não alagado seguiu um modelo linear, enquanto a MSR das plantas em solo alagado seguiu um modelo quadrático. O máximo crescimento em massa seca da raiz das plantas em solo alagado foi atingido aos 56 dias após o alagamento, com 0,07 g estimada para a MSR. O efeito do alagamento do solo produziu uma redução de 67,3 % na MSR em comparação às plântulas cultivadas em solo não alagado. Oliveira & Joly (2010) estudando o comportamento da espécie *Calophyllum brasiliense* Camb. em ambiente alagado e não alagado observaram que houve redução na massa seca da raiz das plantas alagadas. Esse efeito pode ser explicado em razão do processo de hipoxia, o qual é resultado do deslocamento dos gases do solo e do excesso de água na região radicular (Capon et



al., 2009), afetando a formação, ramificação e crescimento das raízes que por sua vez, difere de acordo com a tolerância da espécie frente ao alagamento (Nascimento et al., 2015). Ainda, as consequências geradas pelo baixo nível de oxigênio ocasionam redução das reservas de carboidratos nas raízes, decorrente das mudanças do metabolismo aeróbico que se torna menos eficiente (Bailey-Serres & Voesenek, 2008), podendo ocorrer acúmulo de vários metabólitos secundários, que por sua vez danificam ou prejudicam o desenvolvimento da planta (Greenway et al., 2006).

Os dados de massa seca total (MST) ajustaram-se ao modelo de regressão quadrático em função do tempo de alagamento (Figura 3C). O crescimento máximo em massa seca total das plantas em solo alagado foi atingido aos 51 dias após o alagamento, com 0,21 g estimada para a MST. O efeito do alagamento do solo nas plântulas de camu-camu produziu um decréscimo de 47 % na MST em comparação às plantas cultivadas em solo não alagado. Pelacani et al. (1998) verificaram a diminuição da produção de matéria seca total em espécies florestais inundadas. De acordo com esses autores a baixa disponibilidade de oxigênio ocasionado pela inundação é fator responsável pela redução da produção de matéria seca total nas espécies estudadas. Além disso, a concentração da MST na planta é reflexo direto da produção fotossintética líquida, mais à quantidade de nutrientes minerais absorvidos (Santos et al., 2020).

O alagamento também induz alterações morfológicas de espécies de zonas úmidas, por exemplo, a formação de raízes adventícias e lenticelas hipertrofiadas (Moungsrimuangdee et al., 2020). No presente estudo, não foi verificado a presença de raízes adventícias e nem de lenticelas hipertrofiadas, poros usados para troca de gás. A falta dessas estruturas pode afetar tanto o crescimento quanto o desenvolvimento da raiz e parte aérea nas espécies lenhosas alagadas (Moungsrimuangdee et al., 2020). Alguns trabalhos reportam a importância das raízes adventícias para a recuperação da taxa fotossintética e para o crescimento em altura e diâmetro do caule em mudas inundadas (Mielke et al., 2005; Iwanaga & Yamamoto, 2008).

De um modo geral, os efeitos causados pelo estresse hídrico nas plantas forçam-nas a ajustarem seus parâmetros morfológicos, fisiológicos e bioquímicos para sobreviverem sob a condição de inundação (Moungsrimuangdee et al., 2020). O grau e intensidade desses ajustes dependem da natureza da planta e do tempo as quais foram submetidas ao estresse, com efeito sobre seu crescimento e desenvolvimento. Nesse sentido, para a espécie *Myrciaria dubia* sugere-se, para trabalhos futuros, avaliar as alterações fisiológicas e bioquímicas envolvidas nas



respostas associadas à tolerância ao alagamento, visando à compreensão das estratégias utilizadas pela espécie para sobreviver ao alagamento.

4 CONCLUSÕES

As mudas de *Myrciaria dubia* (camu-camu) embora tenham demonstrado sensibilidade ao alagamento sobreviveram até o 75º dia do experimento. Nesse período pôde-se observar que o alagamento afetou o crescimento em altura e diâmetro do caule a partir do 37º dia, o comprimento da raiz, o número de folhas, massa seca da parte aérea, raiz e total, a partir, respectivamente, do 38, 47, 49, 56 e 51º dia.

Outros sintomas apresentados pelas plantas de *Myrciaria dubia* sob estresse hídrico foram: Murchamento, abscisão foliar, redução de produção de novas folhas, clorose foliar, cor escura e necrose radicular. Não foi verificado a formação de raízes adventícias e nem de lenticelas.

Nas condições do presente trabalho, concluiu-se que a *Myrciaria dubia* é uma espécie é tolerante ao alagamento. Logo, a espécie *Myrciaria dubia* pode ser utilizada em programas de revegetação de matas ripárias degradadas, em regiões naturais dessa espécie.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Pró-reitoria de Pesquisa da Universidade Federal do Pará (PROPESP), pela concessão da bolsa de Iniciação Científica para realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C, Gonçalves, J. L. M., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711-728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Artusi, A. C., Delevatti, H. A. A., Teixeira, C. S., Milesi, S. V., Kissmann, C., & Sausen, T. L. (2020). Respostas morfológicas ao alagamento em espécies arbóreas de florestas ribeirinhas subtropicais brasileiras. *Iheringia*, 75: e2020001. <https://doi.org/10.21826/2446-82312020v75e2020001>
- Bailey-Serres, J., & Voesenek, L. A. C. J. (2008). Flooding stress: acclimations and genetic diversity. *Annual review of plant biology*, 59, 313-339. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092752>
- Belfort, C. C., Barbosa, R. B. S., Mota, L. S., Carvalho, M. S. S., Oliveira, M. C. P., Campelo, P. E. B., et al. (2020). Root moisture saturation as a stress factor in zucchini (*Cucurbita pepo*). *Research, Society and Development*, 9(8): e467985197. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i8.5197>
- Binotto, B., Antoniazzi, A. P., Neumann, G. M., Sausen, T. L., & Budke, J. C. (2016). Tolerância de plântulas de *Cedrela fissilis* VELL. a diferentes amplitudes e intensidades de inundação. *Ciência Florestal*, 26, 1339-1348. <https://doi.org/10.5902/1980509825153>
- Capon, S. J., James, C. S., Williams, L., & Quinn, G. P. (2009). Responses to flooding and drying in seedlings of a common Australian desert floodplain shrub: *Muehlenbeckia florulenta* Meisn. (tangled lignum). *Environmental and Experimental Botany*, 66(2), 178-185. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2009.02.012>
- Carvalho, L. S. O., Lira, J. M. S., Rodrigues, A. C., Lara, T. S., Pacheco, F. V., & Alvarenga, A. A. (2016). Mecanismos de Resistência de *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert Submetido a Condições de Alagamento. *Floresta e Ambiente*, 23(4), 582-588. <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.135015>
- Delevatti, H. A. A., & Sausen, T. L. (2018). Effects of flooding in native and exotic tree species. *Perspectiva*, 42(157), 29-35.
- Donado-Pestana, C. M., Moura, M. H. C., Araujo, R. L., Santiago, G. L., Barros, H. R. M., & Genovese, M. I. (2018). Polyphenols from Brazilian native Myrtaceae fruits and their potential health benefits against obesity and its associated complications. *Current Opinion in Food Science*, 19, 42-49. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2018.01.001>
- Drew, M. C. (1997). Oxygen deficiency and root metabolism: injury and acclimation under hypoxia and anoxia. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 48, 223-250. <https://dx.doi.org/10.1146/annurev.arplant.48.1.223>

Ferreira, D. F. (2019). Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. *Revista Brasileira de Biometria*, 37, 529-535. <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>

García-Chacón, J. M., Marín-Loaiza, J. C., & Osorio, C. (2023). Camu Camu (*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh): An Amazonian Fruit with Biofunctional Properties—A Review. *ACS Omega*, 8, 5169-5183. <https://pubs.acs.org/10.1021/acsomega.2c07245>

Greenway, H., Armstrong, W., & Colmer, T. D. (2006). Conditions leading to high CO₂ (> 5 kPa) in waterlogged–flooded soils and possible effects on root growth and metabolism. *Annals of Botany*, 98(1), 9-32. <https://doi.org/10.1093/aob/mcl076>

Heklau, H., Jetschke, G., Bruelheide, H., Seidler, G., & Haider, S. (2019). Species-specific responses of wood growth to flooding and climate in floodplain forests in Central Germany. *IForest – Biogeosciences and Forestry*, 12(3), 226-236. <https://doi.org/10.3832/ifor2845-012>

Iwanaga, F., & Yamamoto, F. (2008). Effects of flooding depth on growth, morphology and photosynthesis in *Alnus japonica* species. *New Forests*, 35, 1-14. <https://doi.org/10.1007/s11056-007-9057-4>

Medri, C., Pimenta, J. A., Ruas, E. A., Souza, L. A., Medri, O. S., Sayhun, S., et al. (2012). O alagamento do solo afeta a sobrevivência, o crescimento e o metabolismo de *Aegiphila sellowiana* Cham. (Lamiaceae)? *Semina: Ciências Biológicas e da Saúde*, 33(1), 123-134.

Mielke, M. S., Almeida, A-A. F., Gomes, F. P., Mangabeira, P. A. O., & Silva, D. C. (2005). Effects of soil flooding on leaf gas exchange and growth of two neotropical pioneer tree species. *New Forest*, 29, 161-168. <https://doi.org/10.1007/s11056-005-0247-7>

Moungsrimuangdee, B., Waiboonya, P., Yodsa-nga, P., & Larpkern, P. (2020). Responses to flooding of two riparian tree species in the lowland tropical forests of Thailand. *Environment and Natural Resources Journal*, 18(2), 200-208. <https://doi.org/10.32526/enrj.18.2.2020.19>

Nascimento, M. E., Cunha, R. L. M., Galvão, J. R., Alves Filho, P. P. C., Nascimento, M. K. C., Cunha, R. F., et al. (2015). Aspectos morfoanatômicos e fisiológicos de *Swietenia macrophylla* king submetida a duas condições de inundação. *Revista de Agricultura*, 90(3), 237-249. <https://doi.org/10.37856/bja.v90i3.207>

Oliveira, V. C., & Joly, C. A. (2010). Flooding tolerance of *Calophyllum brasiliense* Camb. (Clusiaceae): morphological, physiological and growth responses. *Trees*, 24: 185-193. <https://doi.org/10.1007/s00468-009-0392-2>

Pelacani, C. R., Oliveira, L. E. M., & Cruz, J. L. (1998). Resposta de espécies florestais à baixa disponibilidade de oxigênio: alterações na produção e distribuição de matéria seca. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 33(1), 37-41.

Pimenta, J. A. Estudo populacional de *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg (Myrfaceae) no Parque Estadual Mata Godoy, Londrina, PR. 150p. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado) –



Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 1998.
<https://doi.org/10.47749/T/UNICAMP.1998.135471>

Pires, H. R. A, Franco, A. C., Piedade, M. T. F., Scudeller, V. V., Kruijt, B., & Ferreira, C. S. (2018). Flood tolerance in two tree species that inhabit both the Amazonian floodplain and the dry Cerrado savanna of Brazil. *AoB Plants*, 10(6). <https://doi.org/10.1093/aobpla/ply065>

Reid, D. M., & Bradford, K. J. (1984). Effects of flooding on hormone relations. Flooding and plant growth. In: Kozlowski, T. T. (Org). *Flooding and Plant Growth*. Florida: Academic Press. p. 195-219.

Santos, V. R., Costa, L. C., Rocha, M. A. S., Santos, C. G., Santos, M. A. L., Rabêlo, F. H. S., et al. (2020). Biomass accumulation, extraction and nutrient use efficiency by cover crops. *Research, Society and Development*, 9(10): e9969109433. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i10.9433>

Sirqueira, E. G. G., Laufger, J., Lolis, S. F., & Marques, E. E. (2020). A vulnerabilidade das matas ripárias diante da construção de grandes empreendimentos hidrelétricos na bacia do rio Tocantins. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, 9(1), 375-395. <https://doi.org/10.19177/rgsa.v9e12020375-395>

Sirqueira, R. M., & Carmo, F. M. S. (2022). Dinâmica da Serapilheira em Floresta Estacional Semidecidual atingida por Barragem Hidrelétrica. *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, 10(2), 281-296.

Souza, E. S., Fernandes, A. R., Braz, M. A. S., Oliveira, F. J., Alleoni, L. R. F., & Campos, M. C. C. (2018). Physical, chemical, and mineralogical attributes of a representative group of soils from the eastern Amazon region in Brazil. *Soil*, 4(3), 195-212. <https://doi.org/10.5194/soil-4-195-2018>

Striker, G. G. (2012). Time is on our side: the importance of considering a recovery period when assessing flooding tolerance in plants. *Ecological Research*, 27(5): 983-987. <https://doi.org/10.1007/s11284-012-0978-9>

Vidal, D. B., Andrade, I. L. M. M., Dalmolin, A., & Mielke, M. (2019). Photosynthesis and growth of copaiba seedlings subjected to soil flooding. *Floresta e Ambiente*, 26(1). <https://doi.org/10.1590/2179-8087.056916>

Yuancai, Q., Arif, M., Dong, Z., Ting, W., Qin, Y., Bo, P., et al. (2022). The effect of hydrological regimes on the concentrations of nonstructural carbohydrates and organic acids in the roots of *salix matsudana* in the Three Georges Reservoir, China. *Ecological Indicators*, 142, 109-176. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109176>