

MARIA GABRIELLA RODRIGUES PUNDRICH

**Crescimento de Mudas de *Erythrina velutina* Willd. sob Fertilização
Potássica na Fase de Rustificação e Restrição Hídrica**

RECIFE – PE

2025

MARIA GABRIELLA RODRIGUES PUNDRICH

Crescimento de Mudas de *Erythrina velutina* Willd. sob Fertilização Potássica na Fase de Rustificação e Restrição Hídrica

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural de Pernambuco para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais, linha de pesquisa: Silvicultura.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Eliane Cristina Sampaio de Freitas

Coorientador: Prof^o. Dr^o. Ricardo Gallo

RECIFE – PE

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Bibliotecário(a): Auxiliadora Cunha – CRB-4 1134

P984c Pundrich, Maria Gabriella Rodrigues.
Crescimento de mudas de *Erythrina velutina* Willd. sob fertilização potássica na fase de rustificação e restrição hídrica / Maria Gabriella Rodrigues Pundrich. – Recife, 2025.
62 f.

Orientador(a): Eliane Cristina Sampaio de Freitas.
Co-orientador(a): Ricardo Gallo.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Recife, BR-PE, 2025.

Inclui referências.

1. Água - Escassez. 2. Potássio. 3. Mulungu. 4. Plantas - Nutrição 5. Mudas - Qualidade . I. Freitas, Eliane Cristina Sampaio de, orient. II. Gallo, Ricardo, coorient. III. Título

CDD 634.9

MARIA GABRIELLA RODRIGUES PUDRICH

**Crescimento de Mudas de *Erythrina velutina* Willd. sob Fertilização
Potássica na Fase de Rustificação e Restrição Hídrica**

Aprovado em: 27 de fevereiro de 2025

Banca Examinadora

Prof^o. Dr^o. Richiel Albert Rodrigues Silva

Universidade Federal Rural de Pernambuco - (UFRPE)

Prof^a. Dr^a. Maria Betânia Galvão dos Santos Freire

Universidade Federal Rural de Pernambuco - (UFRPE)

Orientadora:

Prof^a. Dr^a. Eliane Cristina Sampaio de Freitas

Universidade Federal Rural de Pernambuco - (UFRPE/PPGCF)

RECIFE – PE

2025

“Um passo à frente e você não está mais no mesmo lugar”

Chico Science

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas e instituições que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho. Ao Núcleo de Ecologia e Monitoramento Ambiental - NEMA/UNIVASF, pela disponibilização das sementes que foram fundamentais para o desenvolvimento deste estudo.

Agradeço também à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de pós-graduação, que foi essencial para a realização da pesquisa durante o período de estudo. Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

À minha orientadora, Dra. Eliane Cristina Sampaio de Freitas, por sua paciência, dedicação e orientação durante esses dois anos de jornada, que foram essenciais para o desenvolvimento e aprimoramento deste trabalho.

A minha eterna gratidão à minha família, que sempre esteve ao meu lado, me apoiando e incentivando em todas as fases da minha vida. Em especial à Helena, por toda a ajuda no decorrer do processo para realização deste mestrado.

Por fim, a todos que, de maneira direta ou indireta, contribuíram para a conclusão deste trabalho. Cada apoio, cada palavra de incentivo e cada contribuição foram indispensáveis para alcançar este resultado. Muito obrigada a todos!

PUNDRICH, MARIA GABRIELLA RODRIGUES, Crescimento de Mudras de *Erythrina velutina* Willd. sob Fertilização Potássica na Fase de Rustificação e Restrição Hídrica 2025. Orientadora: Eliane Cristina Sampaio de Freitas. Coorientador: Ricardo Gallo.

RESUMO

A água é um recurso vital para o desenvolvimento de todos os seres vivos, especialmente para as plantas, sendo essencial para processos fisiológicos como fotossíntese e absorção de nutrientes. Atualmente, a baixa disponibilidade hídrica é um problema observado em todo o mundo, e essa situação tem se agravado com as mudanças climáticas, sendo um limitante para o estabelecimento de espécies florestais. Aplicações de fertilizante potássico podem reduzir o impacto do déficit hídrico no crescimento inicial das mudras, aumentando sua eficiência no uso da água. Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar se a aplicação de fertilizante potássico em fase de rustificação reduz o estresse causado pelo déficit hídrico em mudras de *Erythrina velutina* Willd. O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Viveiro Florestal da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), em fatorial 4 x 3 (4 doses de K: 0, 100, 200 e 300 mg dm⁻³) e 3 tipos de irrigação (ID - irrigação diária, I7 - irrigação a cada 7 dias e I14 - irrigação a cada 14 dias). A semeadura foi realizada em tubetes de 288 cm³, após 15 e 30 dias da semeadura foi realizada fertilização de cobertura com macro e micronutrientes. Quando as mudras apresentaram 15 cm de altura foi realizada uma fertilização de rustificação com as doses de K, parceladas em 3 aplicações, a cada 7 dias. Após 15 dias da última fertilização potássica de rustificação, as mudras foram transplantadas para vasos de 5 L. Aos 111 dias após a semeadura (DAS), foi realizada outra fertilização potássica parcelada em 3 aplicações, a cada 7 dias. Após 15 dias da última aplicação, as mudras foram submetidas às condições hídricas de acordo com os tratamentos de irrigação. Foram analisadas as variáveis morfológicas: incremento da altura (IP), incremento do diâmetro do coleto (IDC), número de folíolos, massa de matéria seca da parte aérea (MSPA), raiz (MSR) e total (MST), comprimento da raiz principal (CRP), área foliar (AF), razão da matéria seca da parte aérea/raiz (MSPA/MSR), índice de qualidade de dickson (IQD) e densidade estomática; variáveis fisiológicas: índices de clorofila, teor relativo de água (TRA) e danos às membranas celulares; e variáveis bioquímicas: teor de clorofilas e carotenóides, concentração de peróxido de hidrogênio (H₂O₂), Malondialdeído e teor de K nas folhas. Os dados obtidos foram submetidos à análise da variância (ANOVA), teste de médias, análise de regressão a 5% de significância, e análise dos componentes principais (PCA). A irrigação ideal para o crescimento das mudras é a irrigação diária, uma vez que houve redução no crescimento e na produção de matéria seca quando a água foi limitada. A fertilização com potássio não influenciou no crescimento em altura, mas aumentou o comprimento da raiz, área foliar, teor de clorofila, reduziu danos celulares e teor de Peróxido de Hidrogênio. A aplicação da dose de 200 mg dm⁻³ de potássio é indicada para melhorar a capacidade fotossintética, teor de carotenóide, redução do estresse oxidativo e maior área foliar, podendo influenciar positivamente uma maior tolerância ao estresse hídrico nas mudras de *E. velutina*.

Palavras-chave: Estresse hídrico, Potássio, Mulungu, nutrição mineral de plantas, qualidade de mudras.

PUNDRICH, MARIA GABRIELLA RODRIGUES, Growth of *Erythrina velutina* Willd. Seedlings under Potassium Fertilization in the Rustification Phase and Water Restriction. 2025. Adviser: Eliane Cristina Sampaio de Freitas. Comit e: Ricardo Galo.

ABSTRACT

Water is a vital resource for the development of all living beings, especially plants, and is essential for physiological processes such as photosynthesis and nutrient absorption. Currently, low water availability is a common problem worldwide, and this situation has worsened with climate change, limiting the establishment of forest species. Applications of potassium fertilizer can reduce the impact of water deficit on the initial growth of seedlings, increasing their efficiency in water use. In this context, the objective of this study was to evaluate whether the application of potassium fertilizer during the rust phase reduces the stress caused by water deficit in *Erythrina velutina* Willd. seedlings. The experiment was conducted in a greenhouse at the Forest Nursery of the Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE). The experiment was carried out in a completely randomized design (CRD), in a 4 x 3 factorial (4 K rates: 0, 100, 200 and 300 mg dm⁻³) and 3 types of daily irrigation (ID - daily application, I7 - application every 7 days and I14 - application every 14 days). Sowing was carried out in 288 cm³ tubes, and after 15 and 30 days after sowing, topdressing fertilization with macro and micronutrients was performed. When the seedlings reached 15 cm in height, a rust fertilization was performed with K rates, divided into 3 applications, every 7 days. After 15 days of the last potassium fertilization of rust, the seedlings were transplanted to 5 L pots. At 111 days after sowing (DAS), another potassium fertilization was performed divided into 3 applications, every 7 days. After 15 days of the last application, changes were imposed on the water conditions according to the safety treatments. The following morphological variables were verified: height increase (IP), stem diameter increase (IDC), number of leaflets, dry matter mass of the aerial part (MSPA), root (MSR) and total (MST), main root length (CRP), leaf area (AF), dry matter ratio of the aerial part/root (MSPA/MSR), Dickson quality index (IQD) and stomatal density; physiological results: chlorophyll indices, relative water content (TRA) and damage to cell membranes; and biochemical variables: chlorophyll and carotenoid content, hydrogen peroxide (H₂O₂) concentration, malondialdehyde and K content in the leaves. The data obtained were subjected to analysis of variance (ANOVA), test of means, regression analysis at 5% significance, and principal component analysis (PCA). The ideal transparency for the growth of changes is daily productivity, since there was a reduction in growth and dry matter production when water was limited. Potassium fertilization did not influence height growth, but increased root length, leaf area, chlorophyll content, cell damage and hydrogen peroxide content. The application of a dose of 200 mg dm⁻³ of potassium is indicated to improve photosynthetic capacity, carotenoid content, reduction of oxidative stress and greater leaf area, which may influence greater tolerance to water stress in *E. velutina* seedlings.

Keywords: Water stress, Potassium, Mulungu, mineral nutrition of plants, Seedling growth.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Incremento do diâmetro do coleto (A), área foliar (B), matéria seca, sendo MSPA a matéria seca da parte aérea, MSR a matéria seca da raiz e MST matéria seca total (C), teor de clorofila (D), teor de carotenoides (E), comprimento da raiz (F), relação massa seca da parte aérea e da raiz – MSPA/MSR (G) e Índice de Qualidade de Dickson - IQD (H) das mudas de *Erythrina velutina*, aos 28 dias sob diferentes irrigações (ID: irrigação diária; I7: irrigação a cada 7 dias; I14: irrigação a cada 14 dias). Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5%.....37

Figura 2. Número de folíolos das mudas de *Erythrina velutina* Willd submetidas a diferentes doses de potássio (K) e irrigação avaliadas semanalmente por 28 dias. Sendo: Tratamento 1 - 0 mg dm⁻³ de K e irrigação diária (ID), Tratamento 2 - 0 mg dm⁻³ de K e irrigação a cada 7 dias (I7), Tratamento 3 - 0 mg dm⁻³ de K e irrigação a cada 14 dias (I14), Tratamento 4 - 100 mg dm⁻³ de K e irrigação diária (ID), Tratamento 5 - 100 mg dm⁻³ de K e irrigação a cada 7 dias (I7), Tratamento 6 - 100 mg dm⁻³ de K e irrigação a cada 14 dias (I14), Tratamento 7 - 200 mg dm⁻³ de K e irrigação diária (ID), Tratamento 8 - 200 mg dm⁻³ de K e irrigação a cada 7 dias (I7), Tratamento 9 - 200 mg dm⁻³ de K e irrigação a cada 14 dias (I14), Tratamento 10 - 300 mg dm⁻³ de K e irrigação diária (ID), Tratamento 11 - 300 mg dm⁻³ de K e irrigação a cada 7 dias (I7) e Tratamento 12 - 300 mg dm⁻³ de K e irrigação a cada 14 dias (I14).....39

Figura 3. Índice de Clorofila A e B em mudas de *Erythrina velutina* Willd submetidas a diferentes irrigação e doses de potássio por 28 dias. Sendo: Tratamento 1 - 0 mg dm⁻³ de K e irrigação diária (ID), Tratamento 2 - 0 mg dm⁻³ de K e irrigação a cada 7 dias (I7), Tratamento 3 - 0 mg dm⁻³ de K e irrigação a cada 14 dias (I14), Tratamento 4 - 100 mg dm⁻³ de K e irrigação diária (ID), Tratamento 5 - 100 mg dm⁻³ de K e irrigação a cada 7 dias (I7), Tratamento 6 - 100 mg dm⁻³ de K e irrigação a cada 14 dias (I14), Tratamento 7 - 200 mg dm⁻³ de K e irrigação diária (ID), Tratamento 8 - 200 mg dm⁻³ de K e irrigação a cada 7 dias (I7), Tratamento 9 - 200 mg dm⁻³ de K e irrigação a cada 14 dias (I14), Tratamento 10 - 300 mg dm⁻³ de K e irrigação diária (ID), Tratamento 11 - 300 mg dm⁻³ de K e irrigação a cada 7 dias (I7) e Tratamento 12 - 300 mg dm⁻³ de K e irrigação a cada 14 dias (I14).....41

Figura 4. Teor de potássio determinado antes do déficit hídrico em mudas de *Erythrina velutina* submetidas a diferentes concentrações de potássio (0, 100, 200 e 300 mg dm⁻³).....44

Figura 5. Comprimento da raiz (A), teor de carotenoide (B), teor de clorofila b (C) e teor de clorofila total (D) das mudas das mudas de *Erythrina velutina* de acordo com as doses de K, dentro dos tratamentos de irrigação (ID: irrigação diária; I7: irrigação a cada 7 dias; I14: irrigação a cada 14 dias).....45

Figura 6. Liberação de eletrólitos (A), peróxido de hidrogênio (B) e malonaldeído (C) das mudas de *Erythrina velutina*, aos 28 dias com diferente irrigação (ID: irrigação diária; I7: irrigação a cada 7 dias; I14: irrigação a cada 14 dias). Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5%.....46

Figura 7. Peróxido de hidrogênio (A) e malonaldeído (B) das mudas das mudas de *Erythrina velutina* de acordo com as doses de K, dentro dos tratamentos de irrigação (ID: irrigação diária; I7: irrigação a cada 7 dias; I14: irrigação a cada 14 dias).....58

Figura 8. Resultado da análise de componentes principais (PCA) para as variáveis massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), área foliar (AF), índice de qualidade de Dickson (IQD), comprimento da raiz (CR), liberação de eletrólitos (LE), clorofila a (clor. a), clorofila b (clor. b), clorofila total (clor. total), relação MSPA/MSR, diâmetro do coleto (DC), malonaldeído (MDA) e peróxido em mudas de *Erythrina velutina* submetidas a diferentes doses de potássio.....50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização físico-química do solo, de textura franco argilo arenosa, usado como substrato para condução das mudas de <i>Erythrina velutina</i> Willd	29
Tabela 2. Incremento de altura, teor relativo de água e densidade estomática (média e desvio padrão) de mudas de <i>Erythrina velutina</i> Willd submetidas a diferentes doses de potássio e de irrigação sem diferenças significativas em função dos tratamentos aplicados	35
Tabela 3. Resumo das análises de variância (ANOVA) para variáveis morfológicas, fisiológicas e bioquímicas avaliadas em mudas <i>Erythrina velutina</i> Willd submetidas a doses de potássio e de irrigação.	36

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

EROs - Espécies reativas de oxigênio

K - Potássio

ID- Irrigação diária

I7 - Irrigação a cada 7 dias

I14 - Irrigação a cada 14 dias.

CV - Capacidade de vaso

PA - Altura da parte aérea

DC - Diâmetro do coleto

NF - Número de folhas

AF - Área foliar

CR - Comprimento da raiz

MST - Matéria seca total

MSPA- Matéria seca da parte aérea

MSR - Matéria seca da raiz

IQD - Índice de qualidade de Dickson

DE - Densidade estomática

TRA - Teor relativo de água

PF - Peso fresco

PS - Peso seco

LE - Liberação de eletrólitos

MDA - Malondialdeído

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. OBJETIVOS.....	17
2.1 Geral.....	17
2.2 Específicos	17
3. REVISÃO DE LITERATURA	18
3.1 Estresse hídrico em plantas	18
3.2 Fertilização potássica e o estresse hídrico.....	21
3.3 <i>Erythrina velutina</i> Willd	23
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	27
4.1 Área de estudo.....	27
4.2 Delineamento Experimental.....	27
4.3 Sementes.....	27
4.4 Produção das mudas.....	27
4.5 Controle de pragas.....	29
4.6 Suspensão da irrigação.....	29
4.7 Variáveis morfológicas das mudas.....	29
4.8 Variáveis fisiológicas das mudas	30
4.9 Variáveis bioquímicas das mudas	31
4.10 Análise estatística.....	33
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
6. CONCLUSÕES.....	52
REFERÊNCIAS.....	53

1. INTRODUÇÃO

A água é fundamental para o desenvolvimento de todos os seres vivos e, nas plantas, desempenha papel importante em diversos processos fisiológicos vitais, como a fotossíntese, absorção e transporte de nutrientes (Campos; Santos; Nacarath, 2021). Segundo esses autores, a água é o principal constituinte das plantas, correspondendo a 80 a 95% da biomassa fresca, sendo também o fator mais restritivo, pois sem ela as plantas não conseguem completar seus processos fisiológicos.

Atualmente, a escassez de água é um problema observado em escala mundial, estimando-se que as mudanças climáticas aumentem os períodos de seca em diversos locais, resultando na maior ocorrência de déficit hídrico (Lizarazo; Fonseca, 2016). De acordo com o relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas - IPCC (2022), as temperaturas do ar e dos oceanos e as concentrações de gases de efeito estufa aumentaram, afetando as precipitações ao longo do globo e contribuindo para a expansão de áreas propensas à seca.

Dentre os estresses abióticos, o estresse hídrico é o que mais limita o crescimento e desenvolvimento das plantas (Farooqi *et al.*, 2020). Esse estresse ocorre, principalmente, devido à menor precipitação, acúmulo de sais no solo, baixa capacidade de retenção de água no solo, extremas temperaturas e alta intensidade luminosa (Farooqi *et al.*, 2020). Como consequência do estresse hídrico, são ocasionadas alterações fisiológicas, bioquímicas e morfológicas nas plantas, como diminuição da fotossíntese, alteração da parede celular, fechamento dos estômatos, diminuição da condutância estomática, redução da área foliar, cerosidade foliar, enrolamento das folhas, aceleração da senescência, redução do comprimento da parte aérea, produção de espécies reativas de oxigênio (EROS), danos oxidativos, redução do conteúdo de clorofila, interrupção da translocação, assimilação de fotoassimilados e, consequentemente, do crescimento (Wu; Zou, 2017; Seleiman *et al.*, 2021).

Entretanto, existem plantas que suportam períodos de seca extrema, por meio de mecanismos adaptativos ao longo da evolução, fisiológicos e/ou morfológicos, que tornam possíveis a sobrevivência e o crescimento mesmo sob efeitos adversos do estresse hídrico. Dentre os mecanismos de adaptação ao estresse hídrico, destacam-se o retardo, a tolerância e o escape (Campos; Santos; Nacarath, 2021). O retardo está associado à capacidade das plantas de manter um maior teor de água nos tecidos celulares, o que é possível graças à minimização da perda de água e à otimização de sua absorção, por meio de um sistema radicular bem desenvolvido e da redução das perdas por transpiração (Basu *et al.*, 2016). A tolerância à seca

é um mecanismo que permite a manutenção do metabolismo, mesmo quando a planta enfrenta um período de escassez hídrica, e no escape as plantas apresentam um rápido desenvolvimento fenológico, permitindo que seu ciclo seja concluído antes que o déficit hídrico alcance um estágio severo e cause danos irreparáveis (Campos; Santos; Nacarath, 2021).

Quando as mudas florestais são expostas às condições de campo, enfrentam uma combinação de condições ambientais adversas que podem causar estresse. A escassez de água no solo é o principal fator limitante para a sobrevivência e desenvolvimento das mudas de espécies florestais no campo (Freitas; Silva, 2018). O uso de mudas de qualidade inferior resulta em alta mortalidade após o transplante, pois não conseguem resistir às adversidades do ambiente, onde a condição hídrica e nutricional são dois dos principais fatores que afetam a qualidade (Ramos; Freire; França, 2020). Os nutrientes em forma mineral desempenham um papel crucial no crescimento e desenvolvimento das mudas, favorecendo sua adaptação no campo e, conseqüentemente, aumentando a taxa de sobrevivência após o plantio (Scalon *et al.*, 2011).

Dentre os nutrientes, o potássio tem posição de destaque e a fertilização potássica nas mudas no viveiro pode contribuir com sua rusticidade e mitigar os efeitos negativos da escassez de água, aumentando a tolerância (Souza; Freire, 2023). O potássio é um elemento essencial, que desempenha várias funções na planta, atuando no controle osmótico das células vegetais, ativação de enzimas e regulação do pH celular (Silva *et al.*, 2013; Battie-Laclau *et al.*, 2016).

Em virtude do contexto sobre déficit hídrico, principalmente em áreas de semiárido no Nordeste brasileiro, existe um plano de recuperação de áreas degradadas que tem como objetivo a redução dos núcleos de desertificação entre o período de 2024 a 2027 (SUDENE, 2023). Logo, o uso de tecnologias que possibilitem a revegetação nestas áreas envolve o uso de plantas tolerantes ao déficit hídrico e/ou o uso de técnicas que contribuam para esta tolerância.

Dentre as espécies florestais utilizadas para recuperar áreas degradadas, destaca-se a *Erythrina velutina* Willd, conhecida popularmente como mulungu, suinã, mulungá, bucaré, corticeira. O mulungu, espécie nativa da família Fabaceae, é classificada como pioneira, heliófita e de rápido crescimento, ocorrendo em vários estados do Brasil, presente nos Biomas Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica em formações secundárias e em áreas abertas, apresentando dispersão irregular e descontínua (Carvalho, 2008). O fuste apresenta espinhos; pode atingir em sua idade adulta dimensões próximas a 8 e 15 m de altura e 40 a 80 cm de diâmetro; suas folhas são compostas do tipo trifoliadas; as flores possuem cor vermelha ou laranja; seus frutos são do tipo legume com sementes de coloração vermelho escuro a vermelho alaranjado, que apresentam dormência tegumentar (Gilbert; Favoreto, 2012; Ribeiro; Dantas, 2019).

A espécie apresenta múltiplas finalidades, como artesanais na confecção de jangadas, brinquedos e caixotarias, madeireiros, ornamentais e paisagísticos por conta de sua floração, e industriais, onde está ligada, principalmente, a seu uso medicinal por conta de efeitos terapêuticos, com ênfase ao tratamento de ansiedade e insônia (Ribeiro; Dantas, 2019; Botelho; Oliveira; Andrade, 2021). Ademais, apresenta um rápido crescimento no viveiro e no campo, sendo usada em recuperação de áreas degradadas pelo seu comportamento pioneiro e pela capacidade de associação com fungos e bactérias fixadoras de nitrogênio (Nogueira *et al.*, 2012).

No entanto, pesquisas sobre a relação entre estresse hídrico e a fertilização potássica na fase de rustificação em mudas de *Erythrina velutina* Willd são escassas. Nesse contexto, o presente estudo visa responder a seguinte pergunta: A fertilização com potássio na fase de rustificação contribui com a tolerância à deficiência hídrica e promove melhor desenvolvimento de mudas de *Erythrina velutina* Willd? E a hipótese da pesquisa é que a aplicação de fertilizante potássico durante a fase de rustificação das mudas de *E. velutina* contribui para a tolerância ao déficit hídrico.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar se a aplicação de fertilizante potássico em fase de rustificação reduz o estresse causado pela restrição hídrica em mudas de *Erythrina velutina* Willd.

2.2 Específicos

- Analisar as variáveis morfológicas, fisiológicas e bioquímicas das mudas de *E. velutina* Willd submetidas à restrição hídrica;
- Verificar a influência das doses de potássio no crescimento das mudas de *E. velutina* Willd submetidas à restrição hídrica por meio de variáveis morfológicas e fisiológicas;
- Indicar qual dose de potássio proporciona melhor crescimento das mudas em situação de restrição hídrica de acordo com as variáveis analisadas.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Estresse hídrico em plantas

O estresse pode ser definido como uma condição adversa, que resulta em uma ampla variedade de respostas, comprometendo o crescimento e desenvolvimento das plantas, podendo ser causado por fatores abióticos, bióticos ou ambos (Ahmad; Raina; Khan, 2019). O estresse abiótico inclui parâmetros e recursos que determinam o crescimento das plantas, como temperatura, umidade relativa, luz, disponibilidade de água, nutrientes, sendo destacados os estresses por seca, inundação, salinidade e temperaturas extremas (Zhang *et al.*, 2023).

Entre os estresses abióticos, o estresse hídrico por falta de água é um dos mais estudados devido ao seu grande impacto nas plantas, causando grandes perdas no rendimento de diversas culturas e limitando a produção agrícola mundial (Koch *et al.*, 2019). Essa realidade é presente em várias regiões do mundo, onde tende a se agravar com as mudanças climáticas, sendo essa uma promotora do aumento gradativo da seca e das temperaturas, sendo fatores interligados que afetam diretamente de forma negativa o crescimento e a produtividade das culturas (Gupta; Rico-Medina; Canõ-Delgado, 2020).

A seca, por si só, causa grandes perdas no rendimento de diversas culturas, restringindo grande parte da produção agrícola mundial (Koch *et al.*, 2019). A falta de água é uma realidade mundial em diversas áreas, e com o rápido crescimento populacional e as mudanças climáticas, espera-se que as temperaturas e o estresse por seca aumentem gradualmente, onde esses dois fatores, relacionados, afetarão o crescimento e a produtividade das culturas (Gupta; Rico-Medina; Canõ-Delgado, 2020).

A água desempenha funções vitais em todos os organismos, sendo responsável pelo funcionamento de todos os processos fisiológicos essenciais, podendo ser considerada o fator mais limitante para a manutenção da vida. O estresse hídrico por falta de água ocorre quando a disponibilidade de água no solo é insuficiente para atender as necessidades hídricas das plantas, limitando a manutenção dos processos fundamentais para a sobrevivência das plantas (Campos; Santos; Nacarath, 2021). Esse estresse afeta todos os processos das plantas, desde sua germinação ao seu crescimento e desenvolvimento. O estresse acentuado prejudica quase todos os estágios das plantas de forma direta ou indireta, onde as sementes precisam da umidade no solo para conseguir germinar e as mudas para seu crescimento (Anjum *et al.*, 2017).

O estresse hídrico pode resultar em várias respostas bioquímicas e fisiológicas, como a perda de turgidez, transpiração, fotossíntese, condutância estomática, conteúdo relativo de água nas folhas, potencial hídrico, produção de espécies reativas de oxigênios, trazendo danos oxidativos às plantas, redução no desenvolvimento foliar e diversas alterações nas atividades enzimáticas, na composição de minerais, antioxidantes e proteínas (Todaka *et al.*, 2017). As plantas são submetidas continuamente ao estresse hídrico e tendem a apresentar mecanismos de resposta para suportar o estresse hídrico. Essas adaptações envolvem as funções morfológicas, fisiológicas e bioquímicas. Entre os mecanismos de resposta ao estresse hídrico, as plantas podem escapar, evitar ou tolerar o estresse hídrico (Cruz *et al.*, 2023).

O escape é a capacidade das plantas de completarem seu ciclo de vida antes da seca, evitando sofrer com a falta de água. Para isso, ocorre a modulação dos crescimentos vegetativo e reprodutivo de acordo com a disponibilidade hídrica, com estratégias de rápido desenvolvimento fenológico e plasticidade de desenvolvimento. O desenvolvimento fenológico rápido promove o crescimento acelerado e a produção mínima de sementes antes do esgotamento da água, sem contar com adaptações morfológicas, fisiológicas ou bioquímicas. Entretanto, plantas com plasticidade de desenvolvimento apresentam pouco crescimento, contando com produção limitada de flores e sementes durante a seca, mas nas estações chuvosas crescem rapidamente, gerando muitas sementes (Basu *et al.*, 2016).

Para evitar a seca, as plantas mantêm uma elevada capacidade de retenção de água nos tecidos, mesmo com menor disponibilidade hídrica no solo. Essa adaptação envolve minimizar a perda e otimizar a absorção de água, utilizando-a de forma eficaz por meio da redução de processos como a transpiração e da área de superfície transpirante. Além disso, também apresentam estruturas específicas que ajudam a conservar a água, como cutículas e sistemas radiculares profundos (Basu *et al.*, 2016).

Por fim, a tolerância à seca é a capacidade das plantas de suportar baixos teores de água em seus tecidos por meio de características de evolução adaptativa, e assim manterem seus crescimentos mesmo sob baixa disponibilidade de água, o que envolve a manutenção do turgor celular por meio do ajuste osmótico. Todos esses mecanismos permitem que as plantas sobrevivam por mais tempo a locais com baixo teor de água no solo (Basu *et al.*, 2016). As estruturas e processos fisiológicos e bioquímicos das plantas sofrem diversas alterações ao longo do processo das plantas de adequação ao estresse hídrico, nas folhas, raízes, produção de biomassa, estômatos, transpiração e condutância estomática, fotossíntese, regulações hormonais, ajuste osmótico, relação fonte-dreno (Yang *et al.*, 2021).

As folhas são o principal órgão de assimilação e transpiração nas plantas. Sob estresse hídrico, observam-se modificações visíveis, como a redução da área foliar e/ou aumento na queda das folhas (Fang; Xiong, 2015). Quando afetadas pelo déficit hídrico, adotam uma menor área, maior espessura e maior densidade no tecido foliar, adaptações que têm relação direta com a fotossíntese. A mudança na área foliar se dá em condições de déficit hídrico, onde a pressão de turgência foliar e a taxa de fotossíntese nas folhas reduzem, levando a diminuição da área foliar. Outro fator que pode ser observado é o enrolamento das folhas, por conta da perda de pressão potencial devido a perda de água. Sob escassez de água as folhas murcham, ficam amareladas e reduz-se o crescimento da parte aérea (Fanizza; Ricciardi, 2015). No entanto, cada espécie apresenta uma resposta diferente ao estresse hídrico.

A raiz da planta é o primeiro órgão que percebe o estresse hídrico, sendo ele o que absorve diretamente a água no solo e/ou substrato, e que tem um papel significativo no estresse hídrico, onde podem sofrer alterações morfológicas para aumentarem a capacidade de absorver água e nutrientes (Ilyas *et al.*, 2020). Raízes que estão bem desenvolvidas podem ajudar as plantas a absorverem água e utilizarem essa água armazenada no solo para que as plantas possam sobreviver em períodos de maior déficit hídrico (Ilyas *et al.*, 2020). Logo, alterações morfológicas nas raízes como, tamanho da raiz, pelos radiculares e densidade radicular, podem ajudar as plantas a enfrentarem o déficit hídrico.

Como resposta ao déficit hídrico, o fechamento dos estômatos é o começo para redução da transpiração e perda de água das plantas (Ullah *et al.*, 2017). A condutância estomática é um indicativo a tolerância à seca, onde o fechamento dos estômatos reduz a transpiração, aumentando a tolerância ao déficit hídrico, enquanto quando há uma grande abertura dos estômatos, aumenta-se a transpiração e reduz a tolerância ao déficit hídrico (Basu *et al.*, 2016). Entretanto, há uma relação direta dessa condutância estomática e a fotossíntese, onde essa regulação dos estômatos está envolvida na manutenção da fotossíntese. A abertura dos estômatos possibilita as trocas gasosas e absorção de CO₂, e com o fechamento dos estômatos ocorre a redução da fotossíntese. Além do processo de fechamento e abertura dos estômatos, há uma diminuição dos mesmos quando as plantas estão sob déficit hídrico (Ilyas *et al.*, 2020).

A fotossíntese é um dos processos mais afetados quando se trata de déficit hídrico. O déficit reduz a fotossíntese, diminuindo a área foliar e a taxa fotossintética por unidade de área foliar, que reduz principalmente por conta do fechamento dos estômatos (Yang *et al.*, 2021). Além disso, durante o estresse hídrico, as reações fotossintéticas e a redução de CO₂ intercelular podem levar ao acúmulo de componentes fotossintéticos, diminuindo o transporte

de elétrons. Isso pode intensificar a redução do oxigênio molecular, resultando em um aumento na produção de espécies reativas de oxigênio (EROs).

A regulação osmótica é uma das maneiras mais importantes para as plantas reduzirem seu potencial osmótico e resistirem às condições adversas causadas pelo estresse hídrico (Basu *et al.*, 2016). Essa regulação pode ser realizada de três formas: diminuição de água intracelular, aumento do conteúdo celular e diminuição do volume da célula. O objetivo é reduzir a energia livre da água dentro da célula, mantendo a diferença do potencial hídrico dentro e fora da célula e a absorção da água mesmo sob condições de menor potencial hídrico externo, proporcionando a pressão de turgência necessária para o crescimento celular (Yang *et al.*, 2021).

Quando as plantas estão sob déficit hídrico, há produção de hormônios como o ácido abscísico (ABA), regulando diversos processos que permitem a adaptação das plantas ao estresse (Ilyas *et al.*, 2020). O ABA regula diferentes processos fisiológicos de desenvolvimento das plantas, dormência das sementes, síntese de lipídios e proteínas. Após a exposição da planta ao estresse hídrico, é o principal hormônio sintetizado, tendo seus níveis de síntese aumentados e sendo translocado das raízes até as folhas, gerando um “start” para iniciar as adaptações das plantas ao estresse (Sah; Reddy; Li, 2016). Esse acúmulo de ABA regula o fechamento dos estômatos visando reduzir a transpiração, mas também reduzindo a troca de gases e, por consequência, a fotossíntese. Nesse sentido, o ABA é um regulador crucial do estresse nas plantas, controlando diferentes processos morfológicos, fisiológicos e bioquímicos, para ajudar a planta a se adaptar (Kalladan *et al.* 2017).

3.2 Fertilização potássica e o estresse hídrico

A nutrição mineral das plantas desempenha um papel fundamental na produtividade agrícola e florestal. Entre os nutrientes essenciais, o potássio (K) se destaca por apresentar um papel importante nos processos vitais das plantas, fisiológicos e bioquímicos, que afetam diretamente seu crescimento e desenvolvimento (Sanyal *et al.*, 2020). O potássio é um dos macronutrientes mais importantes para as plantas, juntamente com nitrogênio e fósforo, onde é fundamental desde o processo de produção e germinação de sementes (Ahanger *et al.*, 2016).

O potássio está disponível no solo em quatro formas distintas: iônica (0,1–0,2%), trocável (1–2%), não trocável (1–10%) e indisponível (90–98%), onde as duas primeiras formas são aquelas que podem ser absorvidas pelas plantas e são essenciais para atender às suas necessidades imediatas, enquanto as últimas são consideradas não lábeis, mantendo uma

absorção a longo prazo (Kumar *et al.*, 2020). A disponibilidade do potássio proveniente de fontes não lábeis depende de vários fatores, incluindo o tempo de deposição, a intensidade do intemperismo, e o tipo e proporção de materiais argilosos presentes no solo. A liberação de K, a partir das fontes trocáveis, é geralmente muito lenta em comparação com a taxa de absorção pelas plantas, o que torna a fertilização com K fundamental para o desenvolvimento das culturas (Kumar *et al.*, 2020).

O potássio está atrelado a diversas funções essenciais para as plantas, como a fotossíntese, respiração, síntese de proteínas, ativação enzimática, transporte de nutrientes, regulação osmótica, abertura e fechamento de estômatos (Johson *et al.*, 2022). A fertilização potássica contribui para o aumento da tolerância das plantas por meio do ajuste osmótico, que ajuda a regular a pressão interna das células; manutenção da atividade das aquaporinas, essencial para a absorção de água; alongamento celular, que favorece o crescimento; estímulo ao desenvolvimento radicular; e estabilidade das membranas celulares (Hasanuzzaman *et al.*, 2018). Além disso, o potássio desempenha papel crucial na regulação estomática e na desintoxicação de espécies reativas de oxigênio (EROs), promovendo, assim, uma melhora significativa na tolerância das plantas ao estresse hídrico (Hasanuzzaman *et al.*, 2018). No entanto, no estresse hídrico há limitação da absorção de potássio do solo pelas raízes e o crescimento das raízes, sendo necessário manter o teor de potássio adequado nas plantas (Hassan *et al.*, 2017).

Em situações de estresse hídrico, onde a disponibilidade de água é limitada, a deficiência de potássio pode comprometer a capacidade das plantas de manter a condutância estomática, resultando em dificuldades na absorção de água e na realização da fotossíntese. Essa relação entre a disponibilidade de potássio e a utilização da água é fundamental para a tolerância das plantas a períodos de seca (Maurel *et al.*, 2015).

Além disso, sob estresse hídrico, o potássio também desempenha um papel fundamental no sistema antioxidante das plantas. Em situação de estresse hídrico, a produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) aumentam, podendo causar danos oxidativos nas células das plantas (Hasanuzzaman *et al.*, 2018). O teor adequado de K ajuda a regular a produção desses EROs, atuando na inibição da NADPH-oxidase e reduzindo a produção de EROs, limitando, assim, a peroxidação lipídica e, por fim, protegendo as células e aumentando as chances de sobrevivência das plantas em ambientes em condições adversas (Hassan *et al.*, 2017).

A deficiência de K não só compromete a capacidade das plantas de realizar fotossíntese, mas também afeta outros processos fisiológicos essenciais, como a síntese de ATP e a respiração (Zhang *et al.*, 2018). A produção de ATP, que é fundamental para várias reações

metabólicas, depende da disponibilidade de potássio nas células, onde a baixa concentração pode resultar em uma diminuição significativa na produção de ATP, que por sua vez, afeta negativamente a taxa de fotossíntese e, conseqüentemente, a produção de biomassa da planta (Xiang *et al.*, 2018).

Outro fator é sua importância na osmorregulação. Quando as plantas estão sob estresse hídrico é um desafio manterem seu estado hídrico de forma positiva, e o ajuste osmótico contribui com a manutenção do alto potencial de turgescência celular e na retenção de água (Mostofa *et al.*, 2022). O K contribui para este ajuste osmótico, ajudando a regular a pressão de turgor e facilitando a absorção de água pelas raízes. O teor adequado de K resulta em menor potencial osmótico, maior pressão de turgor e conteúdo relativo de água das plantas, fatores que são cruciais para a tolerância ao estresse hídrico (Hassan *et al.*, 2017).

Outro aspecto importante a ser considerado é o papel do potássio no acúmulo de aminoácidos, em especial a prolina, que é um osmólito compatível (Ahanger; Agarwal, 2017). A prolina é conhecida por sua capacidade de ajudar as plantas a se recuperarem rapidamente após o fim do estresse. O aumento no acúmulo de prolina, induzido pelo potássio, contribui para uma melhor manutenção da água nos tecidos e proporciona uma fonte de energia para o crescimento após o estresse (Kishor; Sreenivasulu, 2014). O potássio também está envolvido na regulação de outros aminoácidos essenciais, que são fundamentais para a sanidade e desenvolvimento das plantas.

A aplicação de potássio em solos com deficiências deste nutriente tem mostrado resultados positivos na promoção do crescimento e da produtividade das culturas (Mostofa *et al.*, 2022). A fertilização com potássio é uma prática comum em regiões onde a disponibilidade desse nutriente é limitada, melhorando a tolerância das plantas ao estresse hídrico. Estudos indicam que a aplicação de potássio não apenas aumenta a biomassa, mas também melhora a eficiência do uso da água, resultando em maior sobrevivência em condições de estresse (Ho *et al.*, 2020). Portanto, o entendimento sobre o papel do potássio na fisiologia das plantas é vital para o desenvolvimento de estratégias que visem aumentar a resiliência das culturas sob estresse hídrico (Mostofa *et al.*, 2019).

3.3 *Erythrina velutina* Willd

Erythrina velutina Willd. é uma espécie florestal nativa da flora brasileira, pertencente à família Fabaceae, de rápido crescimento, sendo classificada sucessionalmente como pioneira (Ribeiro; Dantas, 2018). Conhecida popularmente como mulungu, suinã e corticeira, é nativa

das regiões Nordeste e Sudeste do Brasil nos biomas Cerrado, Mata Atlântica e Caatinga (Carvalho, 2008), sendo também encontrada em outros países, como Venezuela, Colômbia, Equador e Peru (Souza *et al.*, 2022).

Trata-se de uma árvore adaptada a ambientes de pleno sol e intolerante ao frio, que ocorre predominantemente em formações secundárias e áreas abertas. Sua dispersão é irregular e descontínua, com preferência por solos coluviais e aluviais de textura arenosa ou argilosa (Carvalho, 2008). A espécie apresenta espinhos no caule, tronco reto ou levemente tortuoso, ritidoma que varia de liso a levemente áspero, e ramificação dicotômica. Possui copa ampla e aberta, comportamento decíduo e pode atingir, na fase adulta, entre 8 a 12 metros de altura e 70 a 80 cm de diâmetro, com casca de até 25 mm de espessura (Gilbert; Favoreto, 2012).

Suas folhas são compostas/imparipinadas com três folíolos que se alternam, sustentadas por um pecíolo de 6 a 10 cm. Seus folíolos são amplos, com formato orbicular ou triangular. A inflorescência é do tipo fascículo, cada um desenvolvendo de 10-26 flores, possuindo flores hermafroditas de cor vermelha ou vermelho-alaranjada. O cálice é truncado e campanulado, medindo de 16 a 18 mm, enquanto a corola possui de 5 a 6 cm (Carvalho, 2008). A carena é relativamente menor, arredondada e com pétalas livres, acompanhada por filetes vermelhos (Ribeiro; Dantas, 2018).

Os frutos são do tipo legume, curvados, com ápices e bases agudas, com comprimento de 5-8 cm, internamente não septados, contendo de 1 a 3 sementes de coloração variando de vermelho escuro a vermelho alaranjado (Gomes *et al.*, 2022). As sementes são duras, subquadrangulares ou oblongas, com hilo curto e apresentam dormência tegumentar (Silva *et al.*, 2008). A espécie tem floração e frutificação em épocas variadas, sendo visitada e polinizada pela abelha africana (*Apis mellifera* L.), por abelhas mamangavas (*Xylocopa* spp.) e por pássaros, que a utilizam como fonte de néctar. A dispersão das sementes é zoocórica (Sazima *et al.*, 2009).

Uma das dificuldades na propagação seminal de *E. velutina* Willd. é a dormência tegumentar, que impede a absorção de água e, conseqüentemente, retarda a germinação. Para superar essa barreira, é necessário aplicar técnicas de quebra de dormência, sendo a escarificação mecânica com lixa a mais utilizada e eficaz (Silva *et al.*, 2007; Santos *et al.*, 2013; Siqueira *et al.*, 2017; Inô *et al.*, 2021).

A espécie possui diversos usos, incluindo madeireiros por conta de sua madeira macia e leve, para confecção de brinquedos, sapatos, jangadas e caixotes artesanais, ornamentais, industriais (tingimento de roupas), paisagísticos e arborização urbana por conta de suas flores atraentes e rápido crescimento (Carvalho, 2008). É especialmente valorizada por seu uso na

medicina popular devido aos efeitos terapêuticos, com destaque para o tratamento para estresse, ansiedade, depressão e insônia (Botelho; Oliveira; Andrade, 2021). Também há uso para problemas de inflamação, dor de cabeça e dentes, tosse, entre outros problemas de saúde. A sua casca é a mais utilizada para fins medicinais, seguida por sementes, flores, frutos e folhas (Souza et al., 2022)

Sendo uma espécie pioneira e tolerante à luz direta, além de pertencer à família Fabaceae, possui características desejáveis para a recuperação de áreas degradadas devido a seu rápido crescimento e sistema radicular extenso (Nogueira; Martins; Bernardes, 2012).

Diante das características mencionadas, a *Erythrina velutina* Willd. destaca-se como uma espécie de grande relevância devido a seu amplo uso e suas diversas aplicações, além da sua ocorrência no bioma Caatinga. Compreender como essa espécie reage a fatores de estresse hídrico, incluindo o uso de nutrientes como o potássio, pode oferecer alternativas para mitigar os impactos da seca e garantir o uso de mudas mais tolerantes em programas de recuperação de áreas degradadas em regiões semiáridas.

Alguns estudos avaliaram o impacto do estresse hídrico sobre o crescimento e fisiologia de sementes e mudas de *Erythrina velutina* Willd. Os trabalhos analisados demonstram que essa espécie apresenta respostas variadas ao déficit hídrico, desde redução no crescimento até mecanismos que conferem uma maior resistência. Silva *et al.* (2010) analisaram o crescimento e as relações hídricas de mudas de mulungu sob diferente irrigação. Os resultados indicaram que o estresse hídrico reduziu significativamente o número de folhas, o diâmetro do caule e a altura da planta, com redução mais drástica em condições severas (25% da capacidade de campo). Apesar da redução do crescimento, as mudas conseguiram manter o teor de água celular, sugerindo que a espécie adota estratégias fisiológicas de adaptação, como a diminuição da taxa de transpiração.

Martins *et al.* (2018) investigaram a influência de diferentes níveis de capacidade de campo (20, 50 e 80%) no crescimento e nas respostas antioxidantes do mulungu. O estresse hídrico severo (20% de capacidade de campo) resultou em maior peroxidação lipídica e aumento na atividade de enzimas antioxidantes, como catalase e peroxidase, sugerindo uma resposta ao estresse oxidativo. Apesar dessas alterações, as mudas apresentaram certa resiliência, demonstrando adaptação fisiológica ao déficit hídrico.

Aderaldo *et al.* (2020) investigaram os efeitos combinados da seca e salinidade sobre o crescimento do mulungu. O estudo demonstrou que a associação desses estresses reduziu significativamente a matéria fresca total das plantas, sendo os efeitos deletérios mais intensos nas raízes. No entanto, mesmo sob tais condições adversas, as plantas apresentaram um

crescimento moderado, sugerindo que o mulungu pode ser uma alternativa viável para a recuperação de áreas afetadas por salinidade e seca.

Almeida *et al.* (2023) avaliaram os aspectos fisiológicos e bioquímicos do estabelecimento inicial de mudas de *Erythrina velutina* sob déficit hídrico. O estudo revelou que potenciais osmóticos inferiores a -0,4 MPa comprometem significativamente a germinação e o crescimento inicial das mudas. Observou-se também um aumento na produção de carboidratos, prolina e proteínas, indicando mecanismos bioquímicos de tolerância ao estresse. No entanto, a redução na atividade da enzima superóxido dismutase sugere limitações na capacidade antioxidante da espécie em condições de seca severa.

Em geral, os estudos apontam que *E. velutina* Willd. apresenta redução no crescimento em condições de estresse hídrico, com impacto na biomassa e na área foliar. No entanto, a espécie demonstra mecanismos de tolerância, como redistribuição de biomassa, aumento de metabólitos osmóticos e ativação de enzimas antioxidantes. Esses resultados reforçam o potencial do mulungu para uso na recuperação de áreas degradadas em regiões semi-áridas, embora sua resistência varia conforme a intensidade do estresse.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Viveiro Florestal do Departamento de Ciência Florestal da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, Pernambuco.

4.2 Delineamento Experimental

O experimento foi realizado utilizando o delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 4x3, sendo quatro doses de potássio (K): 0, 100, 200 e 300 mg dm⁻³ K e três condições hídricas, referentes a suspensão de irrigação: ID- irrigação diária; I7 - irrigação a cada 7 dias; I14 - irrigação a cada 14 dias. Em cada irrigação foi mantida a capacidade de vaso (CV) de 30%. Foram utilizadas seis repetições por tratamento, cada repetição composta de um vaso com uma planta.

4.3 Sementes

As sementes utilizadas foram procedentes da Rede de Sementes do Projeto de Integração do São Francisco do Núcleo de Ecologia e Monitoramento Ambiental da Universidade Federal do Vale do São Francisco (NEMA/UNIVASF). As sementes foram submetidas a escarificação mecânica com lixa d'água nº 80, com a finalidade de superar a dormência tegumentar apresentada pela espécie (Siqueira *et al.*, 2017; Inô *et al.*, 2021). Logo após, as sementes foram higienizadas com hipoclorito de sódio a 5% por um período de 3 minutos, visando a diminuição de possíveis patógenos e contaminação e, em seguida, lavadas com água destilada para eliminar os resíduos de hipoclorito.

4.4 Produção das mudas

As mudas foram produzidas em tubetes de 288 cm³ contendo substrato comercial Basaplant (composto por 20% de turfa, 10% de vermiculita, 5% de carvão vegetal e 65% de casca de pinus; pH: 5,8 ± 0,5 e condutividade elétrica: 1,5 ± 0,3 mS cm⁻¹). Foi colocada uma semente por tubete, inseridos em bandejas de polipropileno, que ficaram a pleno sol sob irrigação automática (sistema de microaspersão, 6 vezes ao dia, com duração de 1 minuto cada lâmina de água).

Após 15 dias da semeadura (DAS), foi realizada a fertilização de cobertura de acordo

com as Freitas *et al.* (2017) utilizando: 100 mg dm⁻³ de K (cloreto de potássio - KCl), 300 mg dm⁻³ de P (fosfato de sódio monobásico anidro - NaH₂PO₄), 100 mg dm⁻³ de N (fosfato de amônio bibásico - (NH₄)₂HPO₄), 0,81 mg dm⁻³ de B (ácido bórico - H₃BO₃), 1,33 mg dm⁻³ de Cu (sulfato de cobre - CuSO₄.5H₂O), 3,66 mg dm⁻³ de Mn (sulfato de manganês monohidratado - MnSO₄.H₂O), 4,0 mg dm⁻³ de Zn (sulfato de zinco - ZnSO₄.7H₂O), 0,15 mg dm⁻³ de Mo (molibdato de amônio - (NH₄)₆Mo₇O₂₄.4H₂O). Os macronutrientes N, P e K foram parcelados em duas aplicações, onde a segunda aplicação foi aos 30 dias após a semeadura. A fertilização foi baseada em recomendações para espécies arbóreas da família Fabaceae, visto que não há recomendação para a espécie.

Aos 35 DAS, quando as mudas estavam em média com 15 cm de altura, A fertilização de rustificação com potássio foi realizada onde foram utilizadas quatro concentrações, usando o cloreto de potássio (KCl) como fonte: 0, 100, 200 e 300 mg dm⁻³ de K, parceladas em três aplicações de 100 mg dm⁻³, em intervalos de sete dias, até totalizar a concentração relacionada aos tratamentos. As soluções foram preparadas em laboratório, com água destilada e reagentes de pureza analítica.

Aos 15 dias após a última fertilização potássica de rustificação (71 DAS), foram selecionadas as mudas mais uniformes quanto à altura da parte aérea e diâmetro do coleto por tratamento de fertilização potássica (de acordo com a média e desvio padrão). Foi, então, realizado o transplântio, colocando-se uma planta por vaso com capacidade de 5 L. Os vasos foram preenchidos com substrato à base de terra de subsolo previamente caracterizado física e quimicamente (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização físico-química do solo, de textura franco argilo arenosa, usado como substrato para condução das mudas de *Erythrina velutina* Willd

pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	Na ⁺	K ⁺	P	C.O	M.O	H ⁺	Al	Arg	S	AG	AF
(H ₂ O)	cmol _c dm ⁻³					mg dm ⁻³	g kg ⁻¹	cmol _c dm ⁻³	%					
5,6	3,6	1,7	0,05	0,1	0,3	15,2 3	3,94	6,79	4,61	23	14	41	22	

Onde: C.O. - carbono orgânico; M.O. - matéria orgânica; Arg - argila; S - Silte; AG - areia grossa; AF - areia fina.

Após o transplântio, foi realizada uma fertilização com NPK Poly-Feed (25-05-25) comercial, onde a solução (2 g L⁻¹) foi preparada em laboratório, com água destilada, e aplicada

uma alíquota de 5 mL por planta.

4.5 Controle de pragas

Logo após o transplântio, foi observado que as mudas estavam com infestação de ácaros, trazendo efeitos negativos para o desenvolvimento das plantas (encarquilhamento, folhas amarelas, áreas cloróticas, e manchas necróticas). As folhas de algumas mudas, que continham ácaros, foram coletadas para posterior identificação da espécie no Laboratório de Acarologia da UFRPE. As amostras de ácaros (machos e fêmeas) foram montadas em meio de Hoyer e observadas em microscópio de contraste de fase no programa Motic Images Plus 2.0ML (Motic instruments, 2017).

Foi identificada a espécie conhecida como ácaro vermelho, *Tetranychus marianae*. Após a identificação foi realizada a aplicação do acaricida comercial da marca Forth, a base de Bifentrina, aplicado 4 vezes em intervalos de sete dias. Após constatar que as mudas não estavam mais sob infestação dos ácaros, as mudas permaneceram por 15 dias na casa de vegetação até que apresentassem aspectos sanitários adequados (folhas completamente expandidas e verdes). Antes de iniciar a suspensão da irrigação, foi realizada uma nova fertilização (2ª aplicação) de rustificação, uma vez que as mudas perderam muitas folhas após o transplântio em função da ocorrência da praga. Para isso, foi utilizada solução de cloreto de potássio (KCl), e aplicadas as concentrações 0, 100, 200 e 300 mg dm⁻³ de K, parceladas em três aplicações a cada 7 dias.

4.6 Suspensão da irrigação

Os tratamentos hídricos foram introduzidos 15 dias após a segunda fertilização de rustificação (147 DAS), quando as mudas estavam sadias e aclimatadas, e conduzido por 28 dias, equivalentes a 4 ciclos (tratamento I7) e 2 ciclos (tratamento I14). Foram consideradas as irrigações (ID, I7 e I14) e, em cada irrigação, foi considerada a capacidade de vaso de 30%. Para isso, foi utilizado o método da pesagem para chegar à capacidade de vaso determinada (Pereira *et al.*, 2005), e os vasos foram pesados a cada reidratação. A capacidade de vaso foi determinada por meio do método do funil de Haines (Haines, 1930).

4.7 Variáveis morfológicas das mudas

Foi mensurada a altura da parte aérea, usando régua graduada em cm, e o diâmetro do coleto utilizando um paquímetro digital de precisão de 0,01 mm, antes de iniciar o déficit hídrico e no fim do experimento. Com as duas medições, foi obtido o incremento para a altura

(IA) e incremento do diâmetro do coleto (IDC) (Incremento = medição final - medição inicial). Além disso, foi realizada a contagem semanalmente do número de folíolos (NF).

Ao fim do experimento (175 DAS), foi analisada a massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR), utilizando 3 repetições por tratamento, quantificadas após a separação da parte aérea e do sistema radicular, lavado em água corrente. As partes da planta foram postas em saco de papel Kraft e levadas à estufa de circulação forçada a 65 °C até peso constante, onde foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,001 g para determinar a massa de matéria seca. Com esses dados foram obtidos massa seca total (MST) e a relação da MSPA/MSR.

Também foram avaliados o comprimento da raiz principal (CRP), obtido com trena graduada, a área foliar (AF), onde os folíolos foram dispostos em uma folha de tamanho A4 e fotografadas com uma câmera digital. As imagens foram processadas com o software ImageJ.

A densidade estomática foi determinada utilizando 3 repetições por tratamento pela técnica de impressão epidérmica da folha (Ceulemans; Praet; Jiang, 1995). Por repetição, foi coletado um folíolo completamente expandido do terço médio da planta. A técnica consistiu em colar a folha em uma lâmina descartável com uma gota de adesivo instantâneo universal, a base de Etilcianoacrilato e, depois de segundos, a folha foi removida. A lâmina foi observada em microscópio óptico, sendo capturadas as imagens com uma câmera fotográfica, assim como de uma escala microscópica para calibrar o programa ImageJ. Com o programa foi realizada a contagem de estômatos e determinada a densidade estomática (estômatos mm⁻²) na face abaxial.

Também foi calculado o índice de qualidade de Dickson (IQD) (Equação 1).

$$IQD = \frac{MST}{[(A/DC)] + [(MSPA/MSR)]} \quad \text{Equação 1}$$

Em que, MST = Massa de matéria seca total; A = Altura da parte aérea; DC = Diâmetro do coleto; MSPA = Massa de matéria seca da parte aérea; MSR = Massa de matéria seca da raiz.

4.8 Variáveis fisiológicas das mudas

Foram obtidos os índices de clorofila a e b semanalmente e ao final do experimento. As leituras foram realizadas no terço médio da planta em três folíolos completamente expandidos de todas as repetições, onde foi calculada a média das leituras para cada planta, utilizando o equipamento ClorofiLOG modelo CFL 1030-FALKER.

O teor relativo de água (TRA) (Equação 2) foi realizado ao fim do experimento, de acordo com a metodologia de Guimarães e Stone (2008), onde foi utilizado um folíolo por

planta, retirado do terço médio e 3 repetições por tratamento. Para cada folíolo, foram obtidos 10 discos (diâmetro de 10 mm) utilizando um furador de papel. Os discos foram pesados para obter o peso fresco, logo após foram hidratados por 24 horas, até atingirem a turgência máxima, para obtenção do peso túrgido. Para obter o peso seco, as amostras foram colocadas em estufa de ventilação forçada de ar à 75 °C por 48 h. Todos os pesos foram obtidos em balança analítica com precisão de 0,001 g para determinar o TRA.

$$TRA = \frac{Peso\ fresco - Peso\ seco}{Peso\ túrgido - Peso\ seco} \times 100 \quad \text{Equação 2}$$

O dano às membranas celulares também foi obtido nas mudas ao fim do experimento. O dano foi determinado pela taxa de liberação de eletrólitos (LE), de acordo com a metodologia de Lutts, Kinet e Bouharmont (1996). Foi utilizado um folíolo por planta retirado do terço médio e 3 repetições por tratamento. Utilizaram-se dez discos de cada folíolo (diâmetro de 10 mm), com 1 cm de diâmetro, lavados em água deionizada e, em seguida, imersos em 30 mL de água deionizada e mantidos à temperatura ambiente. Após 24h de imersão, foi realizada a leitura da condutividade elétrica livre ($\mu S\ cm^{-1}$) inicial (C1) da água em um condutivímetro digital TEC-4MP. Posteriormente, os discos foram colocados em estufa por 1 hora sob temperatura de 100 °C, sendo então realizada a leitura final de condutividade elétrica (C2). O valor da taxa de liberação de eletrólitos foi medido pela percentagem de eletrólitos liberados em relação aos eletrólitos totais (Equação 3).

$$LE = \frac{C1}{C2} \times 100 \quad \text{Equação 3}$$

Em que, C1 = leitura inicial de condutividade elétrica; C2 = leitura final de condutividade elétrica.

4.9 Variáveis bioquímicas das mudas

A quantificação dos teores de Clorofilas (a, b, totais) e carotenóides foi determinada de acordo com a metodologia de Lichthenthaler (1987) ao fim do experimento. Foram utilizados 80 mg de tecido foliar de 3 repetições (mudas) de cada tratamento e congelados em N líquido. Após esse processo, foram homogeneizadas as amostras em um almofariz com $CaCO_3$ e 5 mL de acetona 80%, em luz verde. O extrato foi filtrado e colocado direto em um balão de 25 mL, completando o volume e vedando o balão com papel alumínio. As leituras foram realizadas com alíquotas em cubetas de acrílico em espectrofotômetro a 470, 646,8 e 663,2 nm. Previamente, o equipamento foi calibrado com a leitura de uma amostra de acetona 80%. Todas as leituras foram feitas no escuro. As concentrações de clorofilas a, b e totais, e carotenóides

(mg L⁻¹) foram calculadas de acordo com as equações 4, 5, 6 e 7, respectivamente.

$$\text{Clorofila } a = 12,25 \times A_{663,2} - 2,79 \times A_{646,8} \quad \text{Equação 4}$$

$$\text{Clorofila } b = 21,50 \times A_{646,8} - 5,10 \times A_{663,2} \quad \text{Equação 5}$$

$$\text{Clorofilas totais} = 7,15 \times A_{663,2} + 18,71 \times A_{646,8} \quad \text{Equação 6}$$

$$\text{Carotenóides} = \frac{1000 \times A_{470} - 1,82 \times Ca - 85,02 \times Cb}{198} \quad \text{Equação 7}$$

Onde: Ca = Clorofila a; Cb = Clorofila b.

A avaliação da concentração de malondialdeído (MDA) foi realizada conforme a metodologia de Heath e Packer (1968) ao fim do experimento, utilizando 3 repetições (mudas) por tratamento. Foram pesados e macerados 200 mg de tecidos foliares em 2 mL de ácido tricloroacético (TCA) a 0,1%. Posteriormente à homogeneização, as amostras foram centrifugadas a 10.000 rpm por 5 minutos e, em seguida, foi adicionado 1 mL de TCA em 0,25 mL do sobrenadante. A mistura foi colocada em banho-maria por 30 minutos a 95 °C. Após ser retirada do banho-maria, a amostra foi submetida a um rápido resfriamento em gelo, e depois centrifugada a 10.000 rpm por 10 minutos. Após estes procedimentos, foi realizada a leitura em cubetas de acrílico das amostras em espectrofotômetro a 535 e 600 nm. A determinação das concentrações de MDA foi realizada de acordo com a equação 8.

$$MDA = \frac{ABS(535-600)}{155} \times 2 \times \frac{1}{0,2} \times 1000 \quad \text{Equação 8}$$

A determinação de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) foi realizada de acordo com a metodologia de Alexieva *et al.* (2001). Foi utilizado o mesmo extrato da análise de MDA. Após as amostras passarem pela centrifugação por 5 minutos, foram transferidos 200 µL do sobrenadante para outro recipiente e adicionados 800 µL de iodeto de potássio e 200 µL de tampão fosfato 10 mM. Todo o processo foi realizado no gelo. A solução foi mantida por uma hora no gelo e no escuro e, após retirada do gelo, aguardou-se 20 minutos para a estabilização da reação. Posteriormente, foram realizadas as leituras em cubeta de acrílico em espectrofotômetro a 390 nm. Antes de fazer a leitura das amostras, foi realizada a leitura do

branco contendo apenas o TCA. O conteúdo de H_2O_2 foi calculado por comparação com a utilização de uma curva de calibração padrão previamente feita usando diferentes concentrações de peróxido de hidrogênio.

Também foi determinado o teor de K nas folhas por digestão via úmida nítrico-perclórica, de acordo com método de Miyazawa *et al.* (2009). A análise foi realizada nas mudas, antes do começo do déficit hídrico, utilizando duas repetições por tratamento (doses de 0, 100, 200 e 300 mg dm^{-3} de K). Os folíolos, completamente expandidos, coletados no terço médio da planta, foram secados em estufa de circulação forçada a 65 °C até o peso constante. Posteriormente, foram moídos em moinho tipo Willye e coletados 0,4 g de cada repetição e colocados em tubos Taylor. Em cada tubo foram adicionados 7 mL de ácido nítrico (HNO_3) P.A. concentrado, em temperatura ambiente. Os tubos foram aquecidos em bloco digestor (100°C) por 3 horas e 30 minutos, com o objetivo de evaporar o ácido nítrico. Em seguida, 1 mL de ácido perclórico (HClO_4) P.A. concentrado foi adicionado, e a temperatura foi gradualmente aumentada até atingir 200 °C, procedendo-se à digestão até que o vapor dos tubos fosse dissipado. Em seguida, foram adicionados 20 mL de água deionizada, deixando a solução pronta para leitura no fotômetro (BFC 500).

4.10 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise da variância (ANOVA) ($p < 0,05$), teste de Scott-Knott ($p < 0,05$) e análise de regressão, dependendo da significância, e análise dos componentes principais (PCA) por meio do Software R (R Core Team, 2023).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A irrigação e as doses de potássio não tiveram efeito significativo ($p>0,05$) para o incremento da altura (IA), teor relativo de água (TRA) e densidade estomática (DE), sendo os valores de média e desvio padrão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Incremento de altura, teor relativo de água e densidade estomática (média e desvio padrão) de mudas de *Erythrina velutina* Willd submetidas a diferentes doses de potássio e de irrigação, sem diferenças significativas em função dos tratamentos aplicados

Variáveis	Média	Desvio Padrão
Incremento de altura (cm)	1,08	1,32
Teor relativo de água (%)	51,87	9,42
Densidade estomática (estômatos mm ²)	6,58	1,24

Por outro lado, as irrigações aplicadas promoveram alterações significativas ($p<0,05$) nas variáveis: incremento do diâmetro do coleto (IDC), clorofila a, clorofila b, matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca da raiz (MSR), matéria seca total (MST), MSPA/MSR, comprimento da raiz (CR), índice de qualidade de Dickson (IQD), liberação de eletrólitos (LE), área foliar (AF), teores de clorofila a, b e total, carotenóides, MDA. Enquanto as doses de potássio testadas influenciaram: comprimento da raiz (CR), liberação de eletrólitos (LE), MSPA/MSR, área foliar (AF), teores de clorofila a, b e total, carotenóides, peróxido de hidrogênio e teor de potássio foliar (Tabela 3). A interação entre os fatores de irrigação e doses de potássio não foi significativa para nenhuma das variáveis avaliadas.

Tabela 3. Resumo das análises de variância (ANOVA) para as variáveis morfológicas, fisiológicas e bioquímicas avaliadas em mudas de *Erythrina velutina* Willd submetidas a doses de potássio e de irrigação

Variáveis	P-valor Fator de variação		
	Doses de potássio	Irrigação	Potássio x Irrigação
Incremento do diâmetro do coleto (mm)	0,70	<0,01	0,057
Matéria seca da parte aérea (g)	0,31	<0,01	0,22
Matéria seca da raiz (g)	0,05	<0,01	0,32
Matéria seca total (g)	0,59	<0,01	0,17
MSPA/MSR	<0,01	<0,01	0,33
Comprimento da raiz (cm)	<0,01	<0,01	0,17
Índice de qualidade de Dickson- IQD	0,08	<0,01	0,31
Liberação eletrólitos (%)	<0,01	<0,01	0,42
Área foliar (cm ²)	<0,05	<0,01	0,17
Teor clorofila a (mg kg ⁻¹ MF)	<0,05	<0,01	0,13
Teor clorofila b (mg kg ⁻¹ MF)	<0,05	<0,01	0,26
Teor clorofila total (mg kg ⁻¹ MF)	<0,05	<0,01	0,14
Teor carotenoides (mg kg ⁻¹ MF)	<0,05	<0,01	0,10
MDA	0,18	<0,01	0,30
Peróxido de hidrogênio	0,02	0,004	0,09
Teor de K foliar (g kg ⁻¹)	<0,01	-	-

As mudas de *Erythrina velutina* submetidas a irrigação diária (ID) apresentaram os melhores desempenhos para as variáveis morfológicas, fisiológicas e bioquímicas entre todos os tratamentos, para o diâmetro do coleto (DC) foi aproximadamente 139% superior em comparação às mudas irrigadas a cada sete dias (I7), e cerca de 301% maior que as irrigadas a cada 14 dias (I14) (Figura 1). A disponibilidade de água interfere no crescimento e no desenvolvimento das mudas, principalmente devido à redução na expansão celular provocada pelo déficit hídrico. Esse impacto é especialmente danoso quando ocorre durante os estágios iniciais de crescimento das plantas (Oliveira *et al.*, 2014). Medeiros *et al.* (2023) observaram que, em plantas de *Corymbia citrodora*, as variáveis de crescimento H (altura) e DC (diâmetro do caule) foram beneficiadas pelo aumento na disponibilidade de água. Os resultados corroboram com os achados neste estudo, onde foi observado que as mudas submetidas a irrigação sem interrupção apresentaram maior crescimento em DC, sendo importante realizar as irrigações diárias na fase inicial.

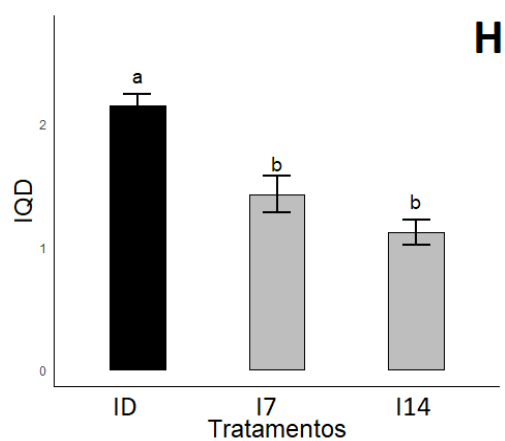
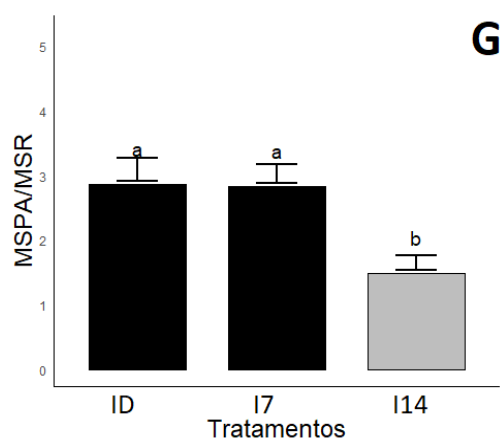
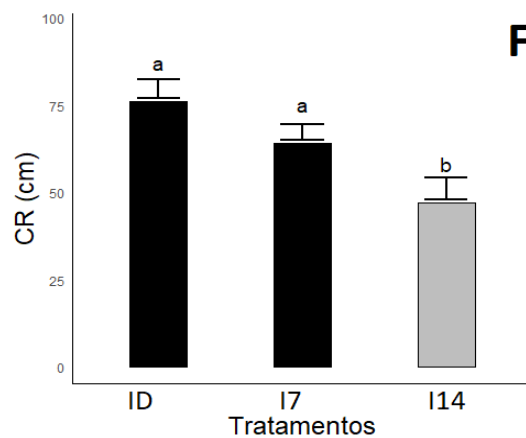
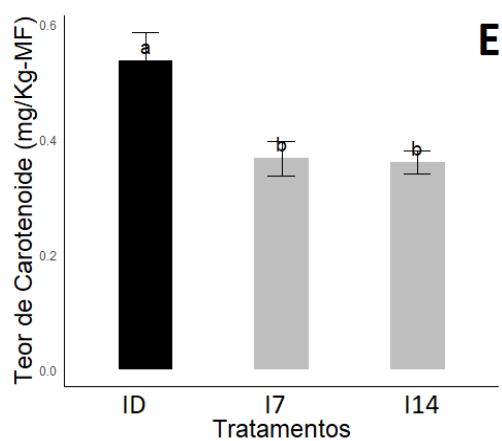
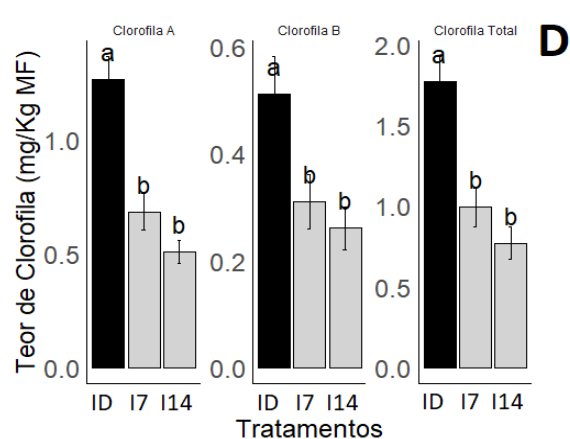
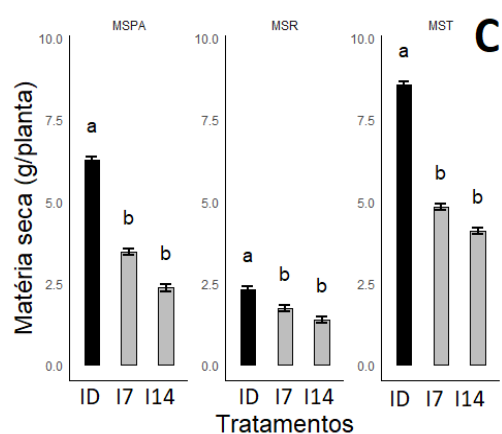
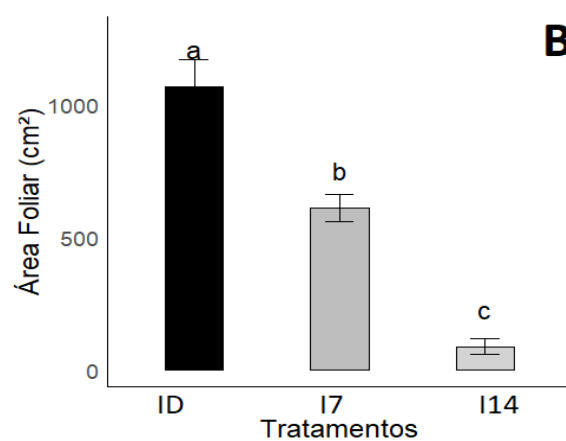
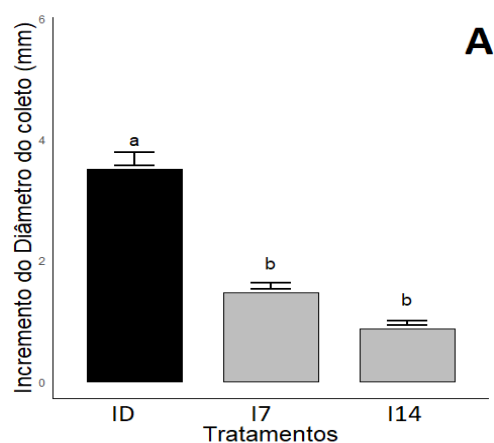


Figura 1. Incremento do diâmetro do coleto (A), área foliar (B), matéria seca, sendo MSPA a matéria seca da parte aérea, MSR a matéria seca da raiz e MST matéria seca total (C), teor de clorofila (D), teor de carotenoides (E), comprimento da raiz (F), relação massa seca da parte aérea e da raiz – MSPA/MSR (G) e Índice de Qualidade de Dickson - IQD (H) das mudas de *Erythrina velutina*, aos 28 dias sob diferentes irrigações (ID: irrigação diária; I7: irrigação a cada 7 dias; I14: irrigação a cada 14 dias). Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5%.

As mudas irrigadas diariamente apresentaram as maiores áreas foliares (Figura 1B), o que favorece a capacidade de captação de luz e, consequentemente, a taxa fotossintética. A área foliar é um dos principais determinantes do potencial fotossintético da planta, já que maior área significa maior superfície para a troca gasosa e captura de luz. O estresse hídrico frequentemente impacta a área foliar, sendo esse impacto resultado da redução na assimilação de carbono durante o processo de fotossíntese, esse efeito está diretamente ligado a mecanismos fisiológicos como condutância hidráulica, expansão celular e senescência foliar, que desempenham papel importante na adaptação das plantas às condições de seca (Von Arx *et al.*, 2012). Sob estresse hídrico, ocorre uma redução da área foliar, afetando negativamente a capacidade fotossintética da planta, pois uma menor área foliar resulta em menor absorção de luz solar e, consequentemente, na redução da taxa de assimilação de CO₂ (Tezara *et al.*, 1999; Farooq *et al.*, 2009).

A redução da área foliar em plantas submetidas à restrição hídrica ocorre devido à diminuição da condutância hidráulica que é influenciada pelo potencial hídrico da folha. À medida que esse potencial diminui, há uma redução na espessura e na área foliar, e mudanças estruturais nas folhas. Outro fator é que a senescência foliar é regulada por hormônios como ABA e citocininas, que modulam a abscisão foliar e a inibição do crescimento de novas folhas (Scoffoni *et al.*, 2014). Essa senescência foi observada nos tratamentos com maior restrição de água.

Foi observado, semanalmente, que o número de folíolos ao longo dos 28 dias, tiveram os melhores resultados nos tratamentos 7, 4 e 1 (Figura 2), sendo esses todos sob irrigação diária (ID). Esses tratamentos correspondem às doses de potássio de 200, 100 e 0 mg dm⁻³ de K, respectivamente, e demonstram que a disponibilidade contínua de água é fundamental na fase inicial de crescimento. A dose de 100 mg dm⁻³ de K foi a mais eficiente, permitindo uma resposta mais estável ao longo do tempo avaliado, mantendo-se mais constante em relação número de folíolos durante os 28 dias de avaliação.

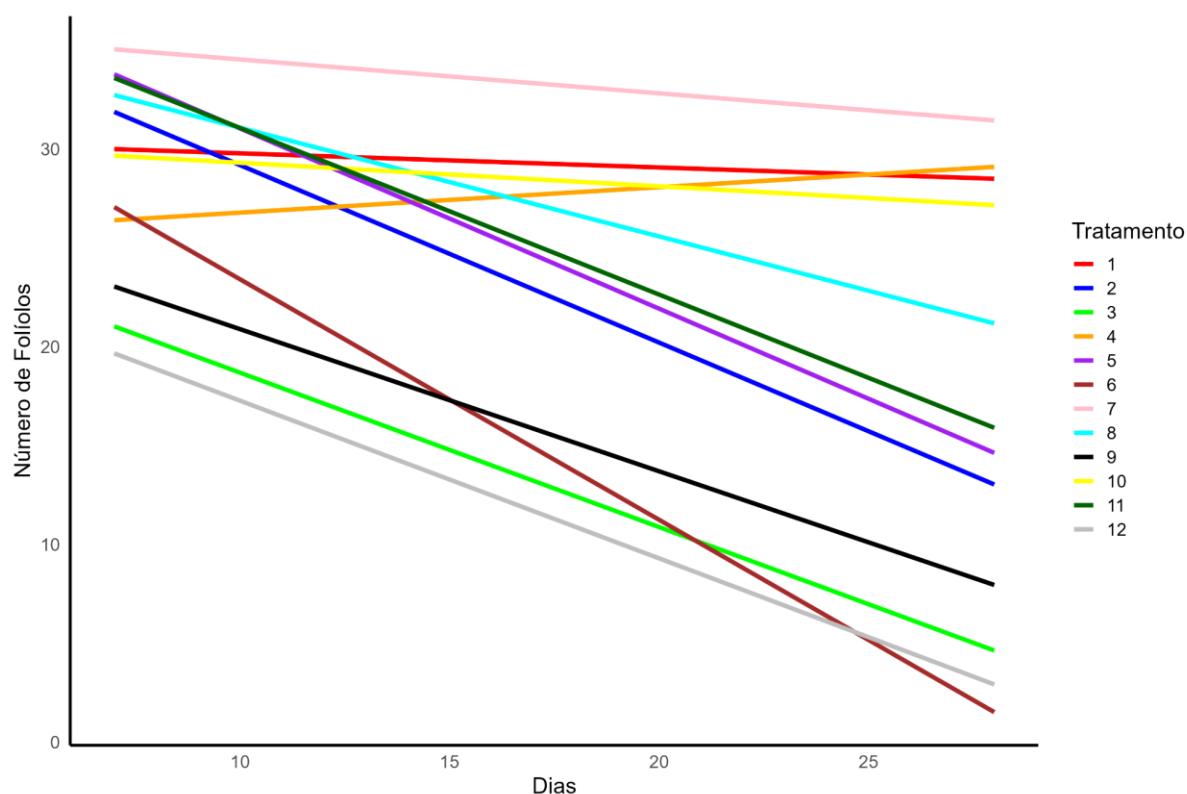


Figura 2. Número de folíolos das mudas de *Erythrina velutina* Willd submetidas a diferentes doses de potássio (K) e irrigação avaliadas semanalmente por 28 dias. Sendo: Tratamento 1 - 0 mg dm⁻³ de K e irrigação diária (ID), Tratamento 2 - 0 mg dm⁻³ de K e irrigação a cada 7 dias (I7), Tratamento 3 - 0 mg dm⁻³ de K e irrigação a cada 14 dias (I14), Tratamento 4 - 100 mg dm⁻³ de K e irrigação diária (ID), Tratamento 5 - 100 mg dm⁻³ de K e irrigação a cada 7 dias (I7), Tratamento 6 - 100 mg dm⁻³ de K e irrigação a cada 14 dias (I14), Tratamento 7 - 200 mg dm⁻³ de K e irrigação diária (ID), Tratamento 8 - 200 mg dm⁻³ de K e irrigação a cada 7 dias (I7), Tratamento 9 - 200 mg dm⁻³ de K e irrigação a cada 14 dias (I14), Tratamento 10 - 300 mg dm⁻³ de K e irrigação diária (ID), Tratamento 11 - 300 mg dm⁻³ de K e irrigação a cada 7 dias (I7) e Tratamento 12 - 300 mg dm⁻³ de K e irrigação a cada 14 dias (I14).

Esses resultados estão relacionados ao maior teor de pigmentos fotossintetizantes no tratamento de irrigação diária e maior produção de matéria seca. A fotossíntese está diretamente relacionada aos pigmentos fotossintéticos, como as clorofilas e os carotenóides.

Essa diminuição da área foliar reflete o estado fisiológico da planta sob déficit hídrico, evidenciado pela redução dos teores de pigmentos fotossintéticos e pela menor eficiência fotossintética (Kuromori; Seo; Shinozaki, 2018).

Nas mudas irrigadas diariamente, foram observados maiores teores de clorofila a e b, assim como a concentração de carotenóides. Para o teor clorofila a, as mudas sob irrigação diária (ID) apresentaram o maior valor, com um aumento de aproximadamente 85% em relação às mudas irrigadas a cada 7 dias (I7) e 148% em comparação com as mudas irrigadas a cada 14 dias (I14) (Figura 1D). Isso foi observado para o teor clorofila b, em que as mudas irrigadas diariamente (ID) tiveram o maior teor, com um aumento de 65% em relação às mudas com irrigação a cada 7 dias (I7) e 73% em comparação com as mudas irrigadas a cada 14 dias (I14). Quanto ao teor total de clorofila, as mudas sob irrigação diária (ID) mostraram o maior valor, com um aumento de 78% em relação às mudas irrigadas a cada 7 dias (I7) e 130% em comparação com as mudas irrigadas a cada 14 dias (I14) (Figura 1).

Para os carotenóides, as mudas sob irrigação diária (ID) mostraram o maior teor, com um aumento de 46% em relação às mudas irrigadas a cada 7 dias (I7) e 49% em comparação com as mudas irrigadas a cada 14 dias (I14) (Figura 1E). Os carotenóides são pigmentos essenciais na fotoproteção das plantas, localizados nas lamelas dos cloroplastos em associação com as clorofilas, o que permite a transferência de energia para os centros de reação (Taiz; Zeiger, 2013). Estes pigmentos atuam absorvendo o estado excitado da clorofila, prevenindo a formação do oxigênio singlete ($^1\text{O}_2$), uma molécula altamente reativa que causa danos celulares, como em lipídeos (Wahid, 2007).

O teor de clorofila nas folhas é um importante indicador do estado fisiológico das plantas e reflete sua capacidade de realizar a fotossíntese e responder a condições de estresse. No experimento, observou-se que o teor de clorofila foi maior nas plantas submetidas à irrigação diária, indicando que a disponibilidade de água favorece a manutenção e produção de clorofila. Em situações de estresse hídrico, é comum ocorrer uma diminuição do teor de clorofila devido à degradação dos pigmentos, o que compromete a função fotossintética e, consequentemente, o crescimento da planta (Butt *et al.*, 2017).

Observou-se que os pigmentos fotossintetizantes, avaliados pelos índices de clorofila e ao longo dos dias de exposição aos regimes hídricos, apresentaram aumento nos tratamentos que receberam doses de potássio combinadas com irrigação diária (Figura 3). Os melhores resultados foram observados nos tratamentos 4, 7 e 10, correspondentes às doses de 100, 200 e 300 mg dm⁻³ de K com irrigação diária (ID), indicando que a disponibilidade contínua de água com o fornecimento potássio, favorece os índices de clorofila.

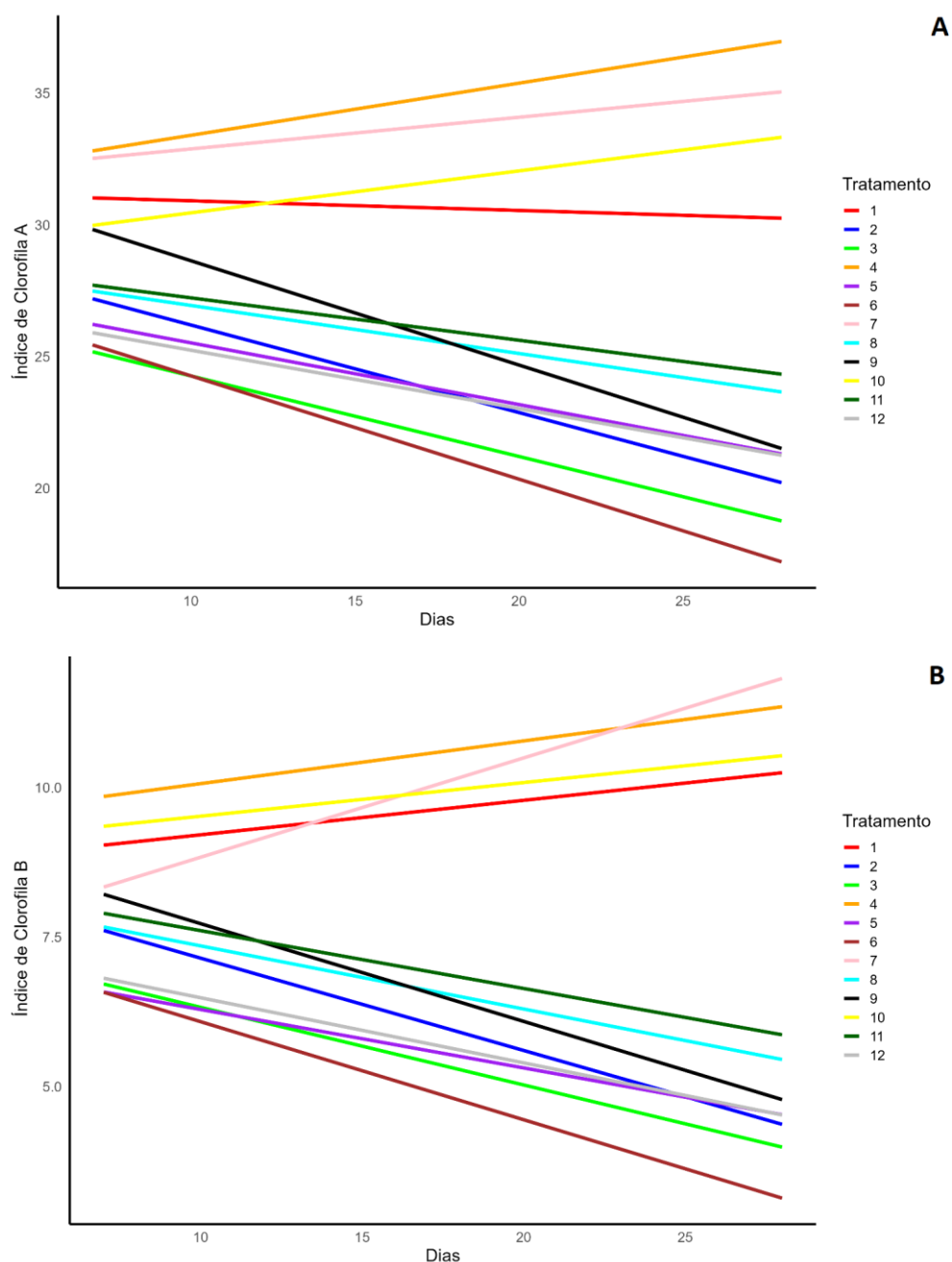


Figura 3. Índice de clorofila a e b em mudas de *Erythrina velutina* Willd submetidas a diferentes irrigação e doses de potássio por 28 dias. Sendo: Tratamento 1 - 0 mg dm⁻³ de K e irrigação diária (ID), Tratamento 2 - 0 mg dm⁻³ de K e irrigação a cada 7 dias (I7), Tratamento 3 - 0 mg dm⁻³ de K e irrigação a cada 14 dias (I14), Tratamento 4 - 100 mg dm⁻³ de K e irrigação diária (ID), Tratamento 5 - 100 mg dm⁻³ de K e irrigação a cada 7 dias (I7), Tratamento 6 - 100 mg dm⁻³ de K e irrigação a cada 14 dias (I14), Tratamento 7 - 200 mg dm⁻³ de K e irrigação diária (ID), Tratamento 8 - 200 mg dm⁻³ de K e irrigação a cada 7 dias (I7), Tratamento 9 - 200 mg dm⁻³ de K e irrigação a cada 14 dias (I14), Tratamento 10 - 300 mg dm⁻³ de K e irrigação diária (ID), Tratamento 11 - 300 mg dm⁻³ de K e irrigação a cada 7 dias (I7) e Tratamento 12 -

300 mg dm⁻³ de K e irrigação a cada 14 dias (I14).

Com maior capacidade fotossintética, espera-se uma maior produção de biomassa. Para mudas irrigadas diariamente houve maior produção de biomassa de matéria seca da parte aérea (MSPA), raiz (MSR) e total (MST) (Figura 1C). Baixos valores de biomassa em plantas sob menor disponibilidade hídrica pode ser resultado de mecanismos de defesa. Conforme Taiz *et al.* (2017), esses mecanismos são uma das primeiras respostas das plantas à escassez de água, permitindo-lhes manter o metabolismo em funcionamento, mesmo em condições adversas. Entre os efeitos do déficit hídrico em espécies florestais, destacam-se a redução do crescimento, acompanhada por uma menor área foliar, baixa produção de matéria seca, diminuição da parte aérea e aumento da abscisão foliar, sendo esses ajustes estratégias das plantas para economizar recursos e preservar funções vitais em situações de estresse hídrico (Kuromori; Seo; Shinozaki, 2018).

O comprimento radicular (CR), que também é um indicador de como a planta explora o solo em busca de água, foi significativamente maior nas mudas irrigadas diariamente e a cada sete dias (Figura 1F). O aumento do comprimento da raiz está diretamente relacionado ao crescimento das mudas, pois um sistema radicular maior em profundidade pode melhorar a absorção de nutrientes e água, essencial para o desenvolvimento contínuo da planta. As raízes desempenham um papel essencial na absorção de água, tendo um papel significativo na sobrevivência das plantas em períodos de seca (Lobet; Draye, 2012). Raízes mais desenvolvidas permitem uma maior captação de água do solo, aumentando a capacidade de absorção e aproveitamento dos recursos hídricos disponíveis (Gowda *et al.*, 2011). No entanto, o estresse hídrico pode ter efeitos negativos, como a inibição do crescimento de raízes o que prejudica a eficiência da planta em absorver água e nutrientes (Xiao *et al.*, 2020).

A influência do déficit hídrico na alocação de biomassa leva a uma mudança no desenvolvimento das raízes em relação à parte aérea para minimizar a perda de água e garantir a sobrevivência em condições limitantes. A relação MSPA/MSR apresentou os maiores valores nos tratamentos de irrigação diária e de irrigação a cada sete dias (Figura 1G), indicando que a maior disponibilidade hídrica favorece o crescimento da parte aérea em comparação às raízes. Esses resultados corroboram com Scalon *et al.* (2011), que observaram maior relação MSPA/MSR em condições de disponibilidade de água em mudas de *Guazuma ulmifolia* Lam. Por outro lado, a irrigação a cada 14 dias a relação foi menor, indicando que o estresse hídrico direciona maior alocação de fotoassimilados para o sistema radicular, em vez da parte aérea, conforme Taiz e Zeiger (2013).

De acordo com Eziz *et al.* (2017), as condições de seca resultam em um aumento na biomassa radicular, pois as plantas priorizam o crescimento das raízes para alcançar fontes de água mais profundas. Espécies de eucalipto, por exemplo, apresentaram aumento de 10% na alocação de biomassa radicular sob condições de déficit hídrico (Ngugi *et al.*, 2003). Da mesma maneira, um estudo com *Arabidopsis thaliana* demonstrou maior alocação de carbono para as raízes, indicando uma mudança estratégica na alocação de recursos durante o estresse hídrico (Durand *et al.*, 2016).

O índice de qualidade de Dickson (IQD) é um indicador amplamente utilizado para avaliar a qualidade de mudas, especialmente sob condições de estresse hídrico, pois reflete o equilíbrio entre a robustez estrutural e a distribuição de biomassa da planta (Heberle *et al.*, 2018). Sua relevância se deve à forte correlação com variáveis fundamentais de crescimento, como diâmetro do coleto, massas secas da raiz e da parte aérea, além da massa seca total, fatores determinantes que refletem em um crescimento mais vigoroso e uma maior capacidade de estabelecimento e sobrevivência em campo (Binotto *et al.*, 2010; Alonso *et al.*, 2024). Os resultados deste estudo com mudas de *Erythrina velutina* Willd. corroboram essa relação, uma vez que as mudas submetidas à irrigação diária apresentaram os maiores valores de IQD (Figura 1H). Esse aumento do índice foi acompanhado por uma maior matéria seca total e um maior diâmetro do coleto, indicando um desenvolvimento mais equilibrado da biomassa. Dessa forma, os valores observados neste estudo indicam que a irrigação diária favoreceu o crescimento mais equilibrado, resultando em mudas com maior qualidade e potencial de sobrevivência em campo.

Em relação à fertilização potássica, o acréscimo das doses de K na fase de rustificação ocasionou o aumento do teor foliar de potássio em mudas de *Erythrina velutina*, sendo a dose de 300 mg dm⁻³ de K a que possibilita a obtenção do maior teor foliar desse nutriente (Figura 4). Isso indica que, à medida que se aumenta a disponibilidade de potássio no substrato, há maior absorção e acúmulo desse nutriente nas folhas das mudas. O modelo polinomial indica uma tendência à estabilização do teor foliar em doses mais altas, o que pode estar associado a um ponto de saturação da capacidade de absorção.

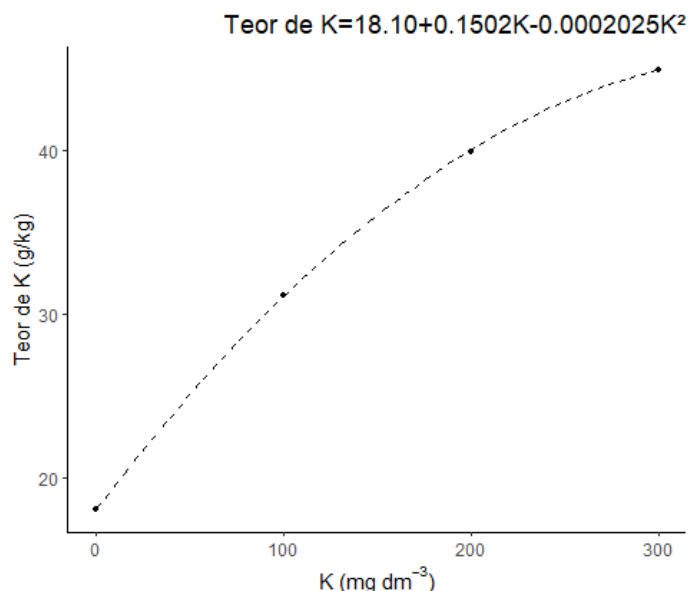


Figura 4. Teor foliar de potássio determinado antes do déficit hídrico em mudas de *Erythrina velutina* submetidas a diferentes concentrações de potássio (mg dm⁻³).

Em relação ao crescimento das mudas em função das doses de K, para AF, MSPA/MSR, teor de clorofila a e total, não foi possível ajustar regressões significativas ($p < 0,05$)

A fertilização com potássio favoreceu o crescimento radicular das mudas, com incremento no comprimento das raízes até a dose aproximada de 167 mg dm⁻³ (Figura 5A). A partir desse ponto, os valores apresentaram uma tendência de redução, indicando que doses de até 200 mg dm⁻³ de K têm efeito positivo sobre o desenvolvimento do sistema radicular. O potássio é reconhecido por seu papel fundamental na regulação estomática e no aumento das taxas fotossintéticas, além de contribuir significativamente para a translocação de assimilados necessários ao crescimento radicular (Sustr; Soukup; Tylova, 2019). Um fornecimento adequado de potássio pode promover um maior crescimento das raízes, aumentando a área de superfície radicular e, conseqüentemente, a absorção de água, mesmo em condições de déficit hídrico (Romheld; Kirkby, 2010).

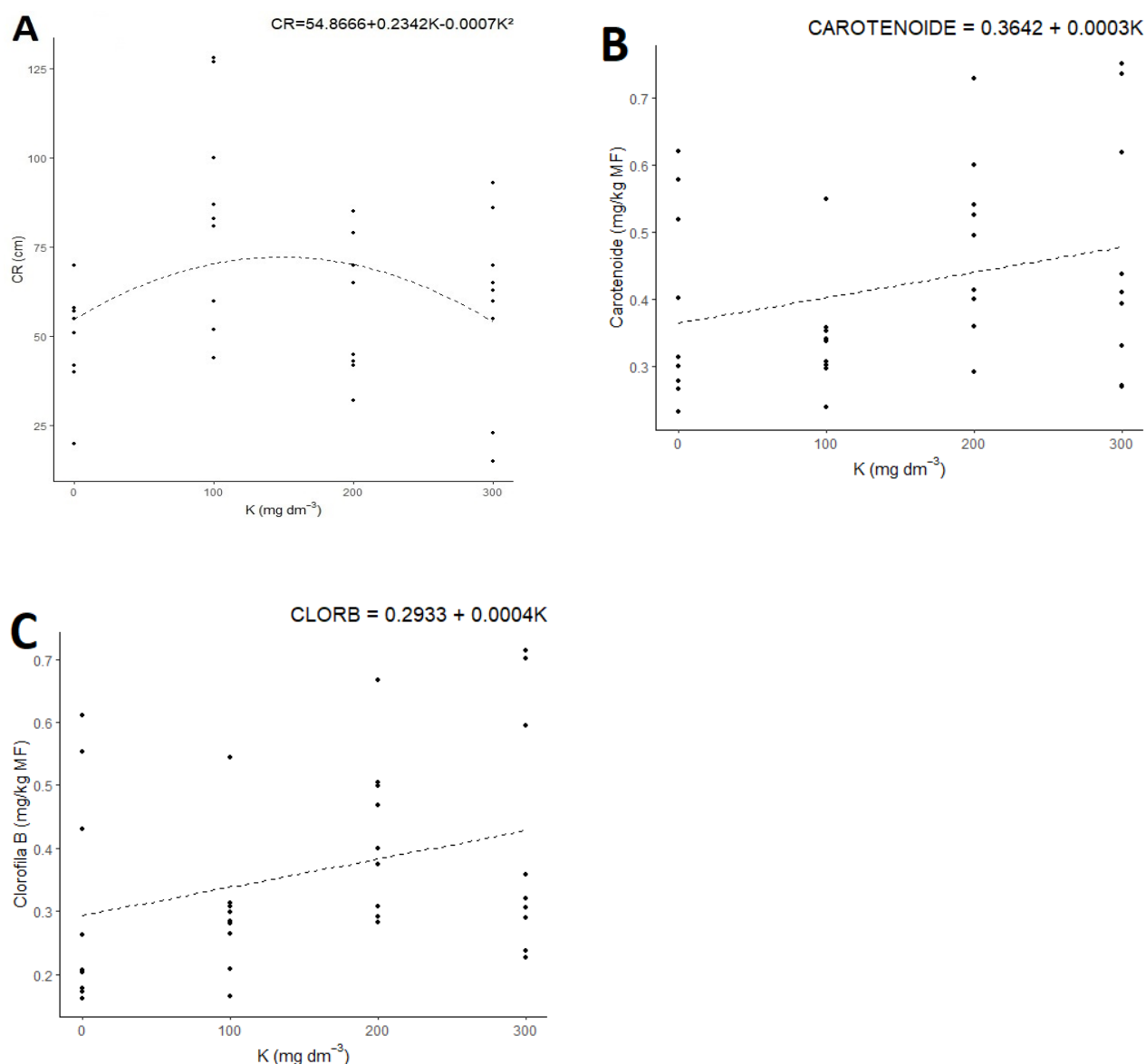


Figura 5. Comprimento da raiz (A), teor de carotenoide (B), teor de clorofila b (C) e teor de clorofila total (D) das mudas de *Erythrina velutina* de acordo com as doses de K, dentro dos tratamentos de irrigação (ID: irrigação diária; I7: irrigação a cada 7 dias; I14: irrigação a cada 14 dias).

A aplicação de potássio promoveu um aumento no teor de clorofila b nas mudas, com resultados superiores aos observados no tratamento controle (Figura 5C). Entre as doses avaliadas, a de 300 dm^{-3} de K apresentou os maiores valores, evidenciando o efeito positivo do potássio. O K é um elemento essencial que desempenha um papel vital no processo de fotossíntese e na translocação de carboidratos, ajudando a manter a condutância estomática, a taxa de transpiração e a taxa fotossintética, contribuindo para uma fotossíntese eficiente mesmo em condições de estresse (Naciri *et al.*, 2021). Plantas com níveis adequados de potássio exibem melhor proteção contra o estresse hídrico, mantendo a biomassa, a produção de clorofila e uma

taxa de fotossíntese mais eficiente (Bednarz *et al.*, 1998) . Essa melhoria ocorre devido à influência do potássio na eficiência de processos fisiológicos fundamentais, como a regulação das trocas gasosas (Trankner *et al.*, 2018).

A fertilização com potássio também resultou em elevação nos níveis de carotenóides nas mudas (Figura 5B), entre as doses testadas, a de 300 dm^{-3} de K destacou-se por proporcionar os maiores teores, indicando que a fertilização com esse nutriente pode ser eficaz no aumento da produção desses pigmentos. Esse fator pode contribuir para uma maior fotoproteção em mudas sob déficit hídrico, ajudando a proteger o aparelho fotossintético e manter a atividade da planta mesmo em condições adversas. O potássio, portanto, pode desempenhar um papel importante na defesa contra o estresse oxidativo, reduzindo os danos celulares.

Em relação aos indicadores de estresse hídrico, a liberação de eletrólitos pelas mudas de *Erythrina velutina* foi significativamente maior nas condições de restrição hídrica, especialmente no tratamento com irrigação a cada 14 dias (I14), evidenciando um comprometimento da integridade das membranas celulares nessas condições (Figura 6A). As mudas irrigadas a cada 14 dias (I14) mostraram o maior valor de liberação de eletrólitos, com um aumento de, aproximadamente, 22% em relação às mudas irrigadas diariamente (ID) e 62% em comparação com as mudas irrigadas a cada 7 dias (I7).

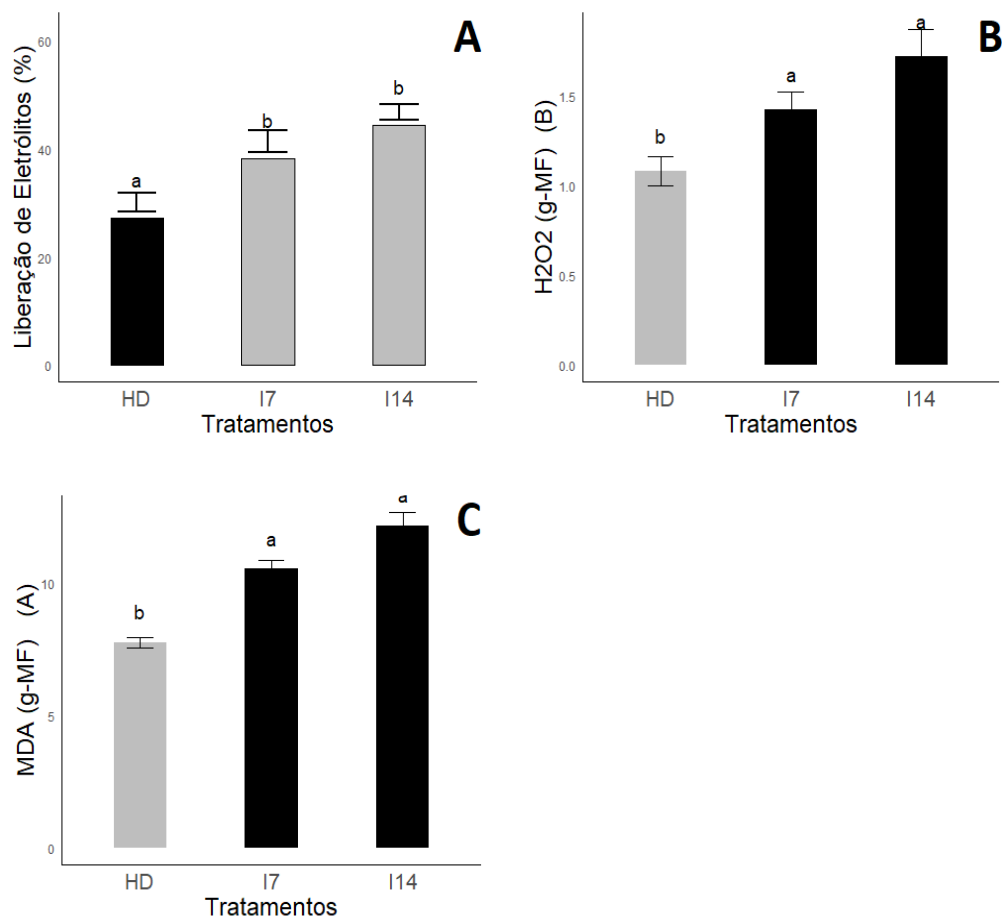


Figura 6. Liberação de eletrólitos (A), peróxido de hidrogênio (B) e malonaldeído (C) das mudas de *Erythrina velutina*, aos 28 dias com diferente irrigação (ID: irrigação diária; I7: irrigação a cada 7 dias; I14: irrigação a cada 14 dias). Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5%.

Maiores valores de liberação de eletrólitos estão diretamente relacionados à integridade das membranas celulares, visto que o déficit hídrico compromete a estabilidade da membrana plasmática, levando ao aumento da permeabilidade e, conseqüentemente, ao vazamento de eletrólitos (Djanaguiranan *et al.*, 2018). Esse aumento de eletrólitos está atribuído ao aumento da produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) sob estresse hídrico, que danificam os componentes celulares e resulta na despolarização da membrana e ativação dos canais iônicos (Tovar-Rosales *et al.*, 2024). Esse efeito foi evidenciado pelos maiores valores de peróxido de hidrogênio observados nas mudas submetidas à restrição hídrica, indicando um acúmulo significativo de EROs nessas condições (Figura 6B).

A elevação dos níveis de peróxidos sugere um desbalanço no sistema antioxidante da planta, levando a danos oxidativos que comprometem a integridade celular e agravam a perda de eletrólitos (Elsalahy *et al.*, 2020). Como consequência desse desequilíbrio oxidativo, também foi observado aumento nos níveis de malondialdeído (MDA) (Figura 6C), subproduto da peroxidação lipídica, indicando maior dano às membranas celulares.

O aumento do MDA está associado ao acúmulo excessivo de EROs, que, em condições sem estresse, mantêm um equilíbrio entre sua produção e eliminação. No entanto, sob estresse hídrico, a capacidade antioxidante das plantas pode ser superada, resultando em danos oxidativos, incluindo peroxidação lipídica das membranas celulares (Elsalahy *et al.*, 2020). Esse processo leva à formação de MDA, um biomarcador amplamente utilizado para indicar o grau de peroxidação lipídica e a extensão dos danos oxidativos nas plantas (Aksu; Altay, 2020).

A acumulação excessiva de H_2O_2 pode levar à degradação de lipídios e proteínas, além de induzir lesões estruturais às membranas celulares. Quando os níveis de EROs ultrapassam a capacidade antioxidante da planta, ocorre a oxidação de componentes celulares essenciais, impactando negativamente no crescimento e desenvolvimento vegetal (Zandalinas *et al.*, 2018).

A liberação de eletrólitos, portanto, surge como consequência da integridade celular comprometida, especialmente em função da peroxidação lipídica intensificada — e esta, por sua vez, evidenciada pelos altos níveis de MDA e H_2O_2 nas mudas sem irrigação diária. Os tratamentos que apresentaram maior liberação de eletrólitos também coincidem com aqueles

que exibiram os maiores níveis de peróxido de hidrogênio e MDA, demonstrando de forma integrada o agravamento do estresse oxidativo sob déficit hídrico.

Quanto às doses de potássio, as mudas do tratamento controle ($0 \text{ mg dm}^{-3} \text{ K}$) apresentaram a maior liberação de eletrólitos e peróxido de hidrogênio (Figuras 7A e 8B).

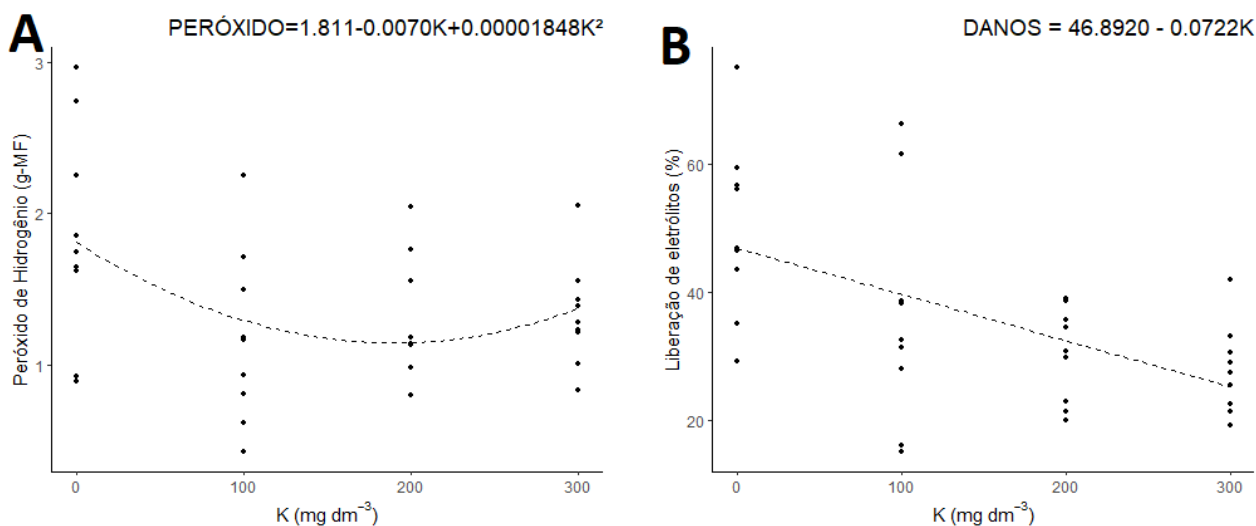


Figura 7. Peróxido de hidrogênio (A) e liberação de eletrólitos (B) das mudas das mudas de *Erythrina velutina* de acordo com as doses de K, dentro dos tratamentos de irrigação (ID: irrigação diária; I7: irrigação a cada 7 dias; I14: irrigação a cada 14 dias)

O potássio desempenha um papel fundamental na mitigação desses danos, atuando na estabilização da membrana celular e na regulação dos canais iônicos (Bajii *et al.*, 2017). Esse nutriente contribui para a homeostase iônica, prevenindo o vazamento excessivo de eletrólitos e ajudando a manter o potencial de membrana em situações de déficit hídrico (Mulet *et al.*, 2023).

As mudas no tratamento controle apresentaram as maiores taxas de liberação de eletrólitos, indicando um maior comprometimento da integridade celular. Sendo a dose de K que proporciona a menor liberação de peróxido é $189,39 \text{ mg dm}^{-3}$.

Embora não tenha sido observada interação entre fertilização e irrigação, esse resultado sugere que a ausência de potássio pode tornar as plantas mais vulneráveis a estresses prolongados no campo. Assim, a fertilização potássica pode desempenhar um papel importante na mitigação dos danos celulares em condições de estresse hídrico de longa duração, contribuindo para uma maior resiliência das plantas no campo. Em comparação, as mudas com fertilização potássica na fase de rustificação mostraram redução nesse vazamento, indicando

um efeito protetor. A presença de K^+ contribui para a manutenção do turgor celular e regulação da pressão osmótica, evitando perdas excessivas de água e preservando a estrutura das células vegetais durante períodos de restrição hídrica (Nieves-Cordones *et al.*, 2019).

A adição de potássio também reduziu os níveis de peróxido de hidrogênio em comparação com as plantas sem adição de K (Figura 7). As mudas que não receberam potássio apresentaram os maiores valores de peróxido de hidrogênio, indicando maior estresse oxidativo. O potássio é um nutriente essencial que desempenha um papel importante na regulação da homeostase osmótica, redução da perda de água pela planta e manutenção da integridade da membrana celular (Farahani *et al.*, 2019). Estudos apontam que o fornecimento adequado de K auxilia na ativação de enzimas antioxidantes, como superóxido dismutase (SOD), peroxidase (POD), catalase (CAT), glutathione redutase (GR) e ascorbato peroxidase (APX), promovendo a remoção de EROs e reduzindo os danos oxidativos (Hasanuzzaman *et al.*, 2020; Siddiqui *et al.*, 2021).

A redução dos níveis de H_2O_2 nas plantas tratadas com potássio confirma que esse nutriente exerce um efeito protetor contra o estresse hídrico, minimizando a degradação lipídica das membranas celulares e melhorando a tolerância das plantas à seca. Esses resultados corroboram com estudos que indicam que a suplementação com K melhora a integridade das membranas celulares e reduz a formação excessiva de EROs sob condições de estresse (Wang *et al.*, 2013; Zahoor *et al.*, 2017). Assim, o uso de potássio pode ser uma estratégia eficiente para mitigar os impactos do déficit hídrico sobre mudas de Mulungu, contribuindo para uma maior tolerância da espécie em ambientes com baixa disponibilidade hídrica.

A análise de componentes principais (PCA) realizada para o conjunto de variáveis morfológicas, fisiológicas e bioquímicas das mudas de *Erythrina velutina* mostra as correlações que ajudam a compreender os efeitos dos regimes hídricos e da fertilização potássica (Figura 8). As duas primeiras dimensões explicaram, juntas, cerca de 70,4% da variabilidade total dos dados (Dim1: 54,9% e Dim2: 15,5%).

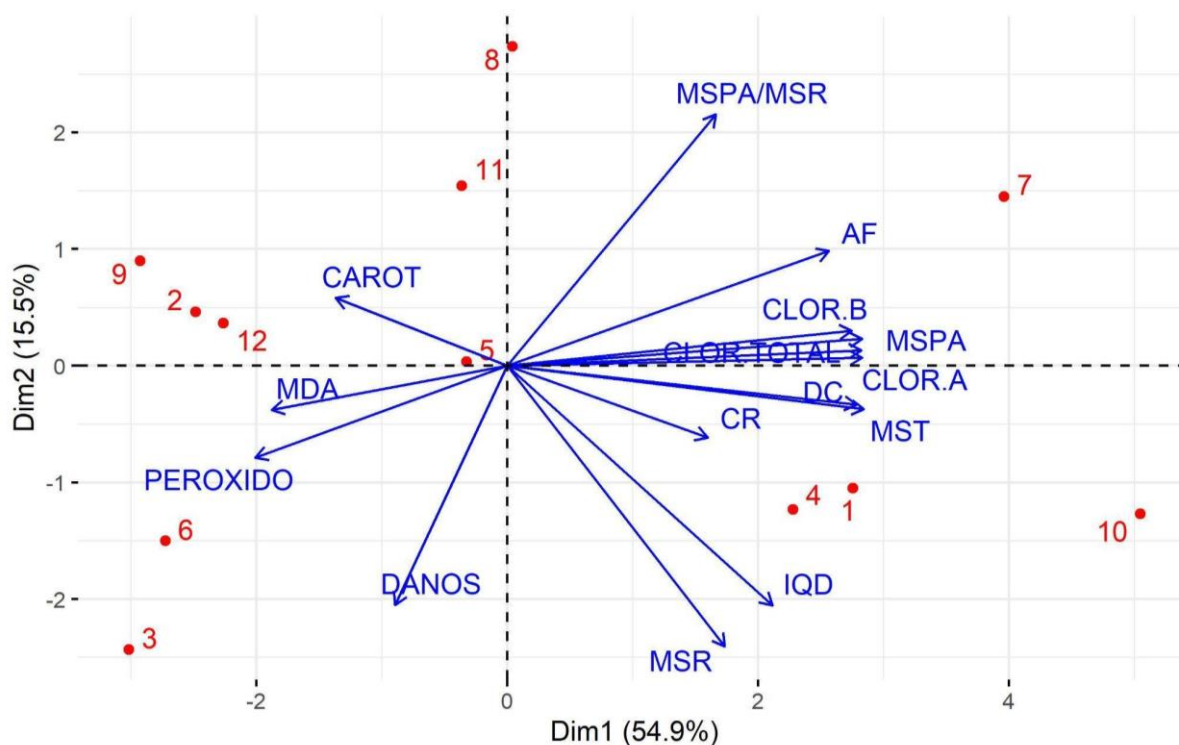


Figura 8. Análise de componentes principais (PCA) para as variáveis massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), área foliar (AF), Índice de qualidade de Dickson (IQD), comprimento da raiz (CR), liberação de eletrólitos (LE), Clorofila A (Clor.a), clorofila B (Clor.B), Clorofila total (Clor.total), relação MSPA/MSR, diâmetro do coleto (DC), Malonaldeído (MDA) e Peróxido em mudas de *Erythrina velutina* Willd. submetidas a diferentes doses de potássio. Sendo os pontos: 1 - 0 mg dm⁻³ de K e irrigação diária (ID), 2 - 0 mg dm⁻³ de K e irrigação a cada 7 dias (I7), 3 - 0 mg dm⁻³ de K e irrigação a cada 14 dias (I14), 4 - 100 mg dm⁻³ de K e irrigação diária (ID), 5 - 100 mg dm⁻³ de K e irrigação a cada 7 dias (I7), 6 - 100 mg dm⁻³ de K e irrigação a cada 14 dias (I14), 7 - 200 mg dm⁻³ de K e irrigação diária (ID), 8 - 200 mg dm⁻³ de K e irrigação a cada 7 dias (I7), 9 - 200 mg dm⁻³ de K e irrigação a cada 14 dias (I14), 10 - 300 mg dm⁻³ de K e irrigação diária (ID), 11 - 300 mg dm⁻³ de K e irrigação a cada 7 dias (I7) e 12 - 300 mg dm⁻³ de K e irrigação a cada 14 dias (I14).

No quadrante direito do gráfico observou-se um agrupamento entre as variáveis associadas ao crescimento das mudas: matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca da raiz (MSR), matéria seca total (MST), índice de qualidade de Dickson (IQD), diâmetro do coleto (DC), comprimento de raiz (CR) e área foliar (AF). Estas variáveis também apresentaram forte correlação com os pigmentos fotossintéticos, como clorofila a (CLOR.A),

clorofila b (CLOR.B) e clorofila total (CLOR.TOTAL). Esse agrupamento indica que as mudas com melhores atributos de crescimento também apresentaram maiores valores de pigmentos fotossintéticos e área foliar. Esse padrão é corroborado por Taiz *et al.* (2017), que destacam que o crescimento vegetal está diretamente ligado à eficiência da fotossíntese, dependendo da integridade dos pigmentos e da estrutura foliar. Em condições adequadas de nutrição e disponibilidade hídrica, as plantas otimizam a fotossíntese, promovendo acúmulo de biomassa e desenvolvimento de estruturas essenciais.

No lado oposto (negativo da Dim1), agruparam-se variáveis ligadas ao estresse oxidativo e fisiológico, como peróxido de hidrogênio (H_2O_2), MDA (malondialdeído), vazamento de eletrólitos (DANOS), relacionadas a tratamentos com menor frequência de irrigação (I14). Revelando uma correlação negativa entre os fatores de estresse e os atributos de crescimento, evidenciando que o estresse hídrico elevou os níveis de peroxidação lipídica e comprometeu a integridade das membranas celulares, refletindo-se em menor desenvolvimento das plantas. Em situações de déficit hídrico, há um aumento dos danos celulares, sequência da produção de EROS que leva à degradação de lipídios de membrana e consequente aumento de MDA (Apel; Hirt, 2004).

A variável Carotenóides (CAROT) aparece mais próxima ao centro do gráfico, sugerindo um papel moderado e intermediário. Apesar de não estar diretamente associada às variáveis de crescimento, sua leve proximidade às variáveis oxidativas indica que os carotenóides exerceram uma função de proteção antioxidante. De fato, como descrito por Taiz *et al.* (2017), os carotenóides atuam como dissipadores de energia excedente da luz e como neutralizadores de espécies reativas de oxigênio, protegendo os tecidos foliares contra o estresse foto oxidativo.

Os tratamentos 2, 3, 6, 9 e 12, associados a intervalos maiores sem irrigação (7 e 14 dias) apresentam resultados negativos, com elevados níveis de estresse oxidativo, como demonstrado pelos altos valores de MDA, Peróxido e danos à membrana. Mesmo que esses tratamentos tenham doses de potássio, a falta de água consegue reduzir os benefícios que o potássio trás, resultando em danos às plantas.

No entanto, os tratamentos localizados à direita na análise, como 4, 1, 7 e 10, estão relacionados à irrigação diária, com potássio favorecendo o crescimento das mudas, estando relacionado às variáveis de crescimento como aumento da biomassa, área foliar e teores de clorofila. Esses resultados indicam que a disponibilidade de água, aliada à fertilização potássica é fundamental para garantir o desenvolvimento e crescimento das mudas de mulungu, sendo o potássio um potencializador desse crescimento quando associado a boas condições de

irrigação. Esse efeito benéfico pode ser atribuído ao papel fisiológico do potássio na manutenção da homeostase celular, regulação osmótica, transporte de açúcares e ativação de enzimas antioxidantes (Marschner, 2012), o que contribui para a integridade das membranas e conservação dos pigmentos fotossintéticos. Assim, em condições adequadas de disponibilidade hídrica, o fornecimento de potássio favorece a fotossíntese eficiente e reduz os danos causados pelo estresse oxidativo, promovendo melhor desempenho fisiológico e crescimento vegetal (Marschner, 2012; Batista *et al.*, 2015; Taiz *et al.*, 2017).

Assim, os resultados desta PCA corroboram evidências da literatura nacional e internacional e indicam que o uso estratégico da fertilização potássica em conjunto com a irrigação otimiza o desempenho fisiológico das plantas, reduzindo a incidência de estresse oxidativo e promovendo maior eficiência produtiva.

6. CONCLUSÕES

A irrigação ideal para o crescimento das mudas de mulungu é o de irrigação diária, para as condições estudadas. A restrição de irrigação resulta em uma diminuição do crescimento e na produção de matéria seca das plantas, independentemente da dose de potássio aplicada. A fertilização potássica não exerceu influência no crescimento das plantas em altura, mas favorece o aumento no comprimento da raiz, redução na liberação de eletrólitos, aumento no teor de clorofila b e carotenóides, e na redução do peróxido de hidrogênio. Sendo assim, é indicado fazer a fertilização das mudas com 200 mg dm^{-3} de potássio na fase de rustificação, para ter mudas com maiores capacidades fotossintéticas, menor danos nas membranas e maior comprimento da raiz, ajudando a absorver mais água, podendo reduzir o estresse hídrico em condições de restrição hídrica.

REFERÊNCIAS

- ADERALDO, F. I. C.; BRAGA, J. D. F.; COSTA, F. R. S.; BRITO, P. O. B. Efeitos combinados da seca e da salinidade no crescimento de plantas de mulungu (*Erythrina velutina* Wild). **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, Curitiba, v. 3, n. 3, p. 2732-2740, jul./set. 2020. ISSN 2595-573X. <https://doi.org/10.34188/bjaerv3n3-181>
- AHMAD, B.; RAINA, A.; KHAN, S. Impact of Biotic and Abiotic Stresses on Plants, and Their Responses. IN Disease Resistance in Crop Plants. **Springer**, P.1-19, 2019. DOI: 10.1007/978-3-030-20728-1_1.
- AHANGER, M.A.; MORAD-TALAB, N.; ABD-ALLAH, E.F.; AHMAD, P.; HAJIBOLAND, R. Plant growth under drought stress: Significance of mineral nutrients. In: Water Stress and Crop Plants, p.649-668, 2016
- AHANGER, M.A., AGARWAL, R.M. Potassium up-regulates antioxidant metabolism and alleviate growth inhibitor under water and osmotic stress in wheat (*Triticum aestivum* L). **Protoplasma**, 254, 1471–1486, 2017. <https://doi.org/10.1007/s00709-016-1037-0>
- AKSU, G.; ALTAY, H. The effects of potassium applications on drought stress in sugar beet. **Sugar Tech** 22 (6), 1092–1102, 2020. doi: 10.1007/s12355-020-00851-w
- ALEXIEVA, V; SERGIEV, I; MAPELLI, S; KARANOV, E. The effect of drought and ultraviolet radiation on growth and stress markers in pea and wheat. **Environment**, p.1337-1344, 2001.
- ALMEIDA, D. T. da R. G. F.; SILVA, M. A. D.; GONÇALVES, E. P.; ALMEIDA, F. F. A.; SILVA, J. C. de A.; RODRIGUES, C. M.; VIANA, J. S. Initial establishment of *Erythrina velutina* Willd seedlings under water deficit: physiological and biochemical aspects. **Brazilian Journal of Environmental Sciences**, v. 58, n. 3, p. 352-364, set. 2023. DOI: 10.5327/Z2176-94781712. ISSN 2176-9478.
- ANJUM, S.A.; ASHRAF, U.; ZOHAIB, A.; TANVEER, M.; NAEEM, M.; ALI, I.; NAZIR, U. Growth and development responses of crop plants under drought stress: a review. **Zemdirbyste**, V.104, P.267–27, 2017. DOI: 10.13080/z-a.2017.104.034
- BAHADUR, A; BATOOL, A; NASIR, F; JIANG, S; MINGSEN, S; ZHANG, Q; PAN, J; LIU, Y; FENG, H. Mechanistic Insights into Arbuscular Mycorrhizal Fungi-Mediated Drought Stress Tolerance in Plants. **International Journal of Molecular Sciences**. v. 20, n. 17, p. 1-18, 2019. <https://doi.org/10.3390/ijms20174199>
- BAJJI M, KINET JM, LUTTS S. The use of the electrolyte leakage method for assessing cell membrane stability as a water stress tolerance test in durum wheat. **Plant Growth Regul**, 36: 61-70, 2002. <https://doi.org/10.1023/A:1014732714549>

BARROS, N.F; NOVAIS, R.F; TEIXEIRA, J.L; FERNANDES FILHO, E.I. Nutricalc 2.0 – sistema para cálculo del balance nutricional y recomendación de fertilizantes para el cultivo de eucalipto. **Bosque**, v.16, p.129-131, 1995. DOI:10.4206/bosque.1995.v16n1-16

BASU, S; RAMEGOWDA, V; KUMAR, A; PEREIRA, A. Plant adaptation to drought stress. **F1000Research**, v. 05, p.1-10 , 2016. <https://doi.org/10.12688/f1000research.7678.1>

BATTIE-LACLAU, P.; DELGADO-ROJAS, J. S.; CHRISTINA, M.; NOUVELLON, Y.; BOUILLET, J. P.; PICCOLO, M. C.; MOREIRA, M. Z.; GONÇALVES, J. L. M.; ROUPSARD, O.; LACLAU, J. P. Potassium fertilization increases water-use efficiency for stem biomass production without affecting intrinsic water-use efficiency in *Eucalyptus grandis* plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 364, p. 77-89, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.01.004>

BEDNARZ, C.W., OOSTERHUIS, D.M., EVANS, R.D. Leaf photosynthesis and carbon isotope discrimination of cotton in response to potassium deficiency. **Environ. Exp.Bot.** 39, 131–139, 1998. [https://doi.org/10.1016/S0098-8472\(97\)00039-7](https://doi.org/10.1016/S0098-8472(97)00039-7)

BOTELHO, R. M; OLIVEIRA, L. S; ANDRADE, L. G. Estudo da utilização popular da espécie medicinal *Erythrina mulungu* mart. Ex benth no transtorno da ansiedade. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**. São Paulo, v. 7, n. 10, p. 1331-1345 , 2021. DOI:10.51891/rease.v7i10.2666

BUTT, Y.N.; FATIMA, Q.;NASAR, S.; IKRAM, J.;AKRAM, S. Drought Tolerance In Plants: A Review. **Res. Rev. J Ecol. Environ. Sci.**, 5,4, 2017.

CAMPOS, A. J. M; SANTOS, S. M; NACARATH, I. R. F. F. Estresse hídrico em plantas: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 15, p.e311101523155, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i15.23155>

CAO, X.; CHEN, C.; ZHANG, D.; SHU, B.; XIAO, J.; XIA, R. Influence of nutrient deficiency on root architecture and root hair morphology of trifoliolate orange (*Poncirus trifoliata* L. Raf.) seedlings under sand culture. **Sci. Hortic.**, 162, 100–105, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.07.034>

CARVALHO, P.E.R. Mulungu (*Erythrina velutina*). **Embrapa Florestas**. Circular Técnica,160,6p, 2008.

CEULEMANS, R; PRAET, L. V; JIANG, X. N. Effects of CO₂ enrichment, leaf position and clone on stomatal index and epidermal cell density in poplar (*Populus*). **New Phytology**, v. 131, p. 99-107, 1995. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1995.tb03059.x>

CRUZ, N. T.; PORTO, E. M. V.; RAMOS, B. L. P.; SANTOS, H. P.; SEIXAS, A. A.; SANTOS, A. P. S. Estresse hídrico em plantas forrageiras: uma breve revisão. **Revista Científica Rural**, v. 25, n. 1, 2023. DOI: <https://doi.org/10.29327/246831.25.1-14>

DJANAGUIRAMAN, M., BOYLE, D. L., WELTI, R., JAGADISH, S. V. K., & PRASAD, P. V. V. Decreased photosynthetic rate under high temperature in wheat is due to lipid desaturation, oxidation, acylation, and damage of organelles. **BMC plant biology**, v. 18, n. 1, p. 55, 2018. DOI: 10.1186/s12870-018-1263-z

ELSALAHY, H. H.; BELLINGRATH-KIMURA, S. D.; RO, C.-L.; KAUTZ, T.; DÖRING, T. F. Crop resilience to drought with and without response diversity. **Front.Plant Sci.** 11, 721. 2020. doi: 10.3389/fpls.2020.00721

ELSHEERY, N.; CAO, K. F. Gas exchange, chlorophyll fluorescence, and osmotic adjustment in two mango cultivars under drought stress. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 30, n. 6, p. 769-777, 2008. <http://dx.doi.org/10.1007/s11738-008-0179-x>.

FARAHANI, S.; MAJIDI HERAVAN, E.; SHIRANI RAD, A. H.; NOORMOHAMMADI, G. Effect of potassium sulfate on quantitative and qualitative characteristics of canola cultivars upon late-season drought stress conditions. **J. Plant Nutr.** 42 (13), 1543–1555, 2019. doi: 10.1080/01904167.2019.1628987

FANG, Y.; LIAO, K.; DU, H.; XU, Y.,; SONG, H.; LI, X.; XIONG, L. A stressresponsive NAC transcription factor SNAC3 confers heat and drought tolerance through modulation of reactive oxygen species in rice. **J Exp Bot**, 66,6803–6817, 2015.<https://doi.org/10.1093/jxb/erv386>

FANIZZA, G.,; RICCIARDI, L. Influence of drought stress on shoot, leaf growth, leaf water potential, stomatal resistance in wine grape genotypes (*Vitis vinifera* L.). **Vitis**, 29:371, 2015. <https://doi.org/10.5073/vitis.1990.29.special-issue.371-381>

FAROOQ, M.; WAHID, A.; KOBAYASHI, N.; FUJITA, D.; BASRA, S.M.A. Plant drought stress: Effects, mechanisms and management. **Agron. Sustain. Dev.**, 29, 185–212, 2009. DOI:10.1051/agro:2008021

FAROOQI, Z. U. R; AYUB, M. A; REHMAN, M, Z. U; SOHAIL, M. I; USMAN, M; KHALID, H; NAZ, K. Regulation of drought stress in plants. In: TRIPATHI, D. K; SINGH, V. P; CHAUHAN, D. K; SHARMA, S; PRASAD, S. H; DUBEY, N. K; RAMAWAT, N. **Plant Life Under Changing Environment Responses and Management**, p. 77-104,2020.

FREITAS, E.C.S.D.; PAIVA, H.N.D.; LEITE, H.G.; OLIVEIRA, S.N.D. Crescimento e qualidade de muda de *Cassia grandis* Linnaeus f. em resposta à adubação fosfatada e calagem. **Ciência Florestal**, 27, 509-519, 2017. <https://doi.org/10.5902/1980509827732>

FREITAS,R.S; DA SILVA, E.C. Respostas fisiológicas de mudas de *Aspidosperma pyrifolium* (Apocynaceae) a ciclos de suspensão de rega. **Scientia Plena**, v. 14, n. 5, 2018. DOI:10.14808/sci.plena.2018.051201

GILBERT, B.; FAVORETO, R. *Erythrina* sp. Fabaceae (Leguminosae, Faboideae). **Revista Fitos**, v. 7, n. 03, p. 185–197, 2012.

GOMES, A.S., RODRIGUES, E.D.M., MOURA D.C., DE MELO, J.I.M., RIBEIRO, R.D.T.M., DE QUEIROZ, R.T. Fabaceae Lindl. in a conservation unit in the semi-arid region of Paraíba, Brazil. **Phytotaxa**, 555 (1), 17–41, 2022. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.555.1.2>.

GOWDA, V.R.P.; HENRY, A.; YAMAUCHI, A.; SHASHIDHAR, H.E.; SERRAJ, R. Root biology and genetic improvement for drought avoidance in rice. **Field Crop. Res.**, 122, 1–13, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.03.001>

GUIMARÃES, C.M; STONE, L.F. Métodos de Avaliação das Condições Hídricas das Plantas. **Comunicado Técnico**, p. 1-8, 2008.

GUPTA, A.; RICO-MEDINA, A.; CANÕ-DELGADO, A.I. **Science**, 368, 266–269, 2020. DOI: 10.1126/science.aaz7614

HAINES, W. B. Studies in the physical properties of soil. **Journal Agricultural Science**, v. 20, p. 97-116, 1930.

HASANUZZAMAN, M.; BHUYAN, M. H. M, B.; NAHAR,A.; HOSSAIN,S.; MAHMUD,J.A.L.; HOSSEN, S.; MASUD, A.A.C.; MOUMITA.;FUJITA, M. Potassium: A Vital Regulator of Plant Responses and Tolerance to Abiotic Stresses. **Agronomy**,8, 31, 2018. doi:10.3390/agronomy8030031

HASANUZZAMAN, M.; BHUYAN, M. B.; ZULFIQAR, F.; RAZA, A.; MOHSIN, S. M.; MAHMUD, J. A. Reactive oxygen species and antioxidant defense in plants under abiotic stress: Revisiting the crucial role of a universal defense regulator. **Antioxidants** 9 (8), 681, 2020. doi: 10.3390/antiox9080681

HASSAN,M.U.; AAMER,M.;CHATTHA,M.U.;ULLAH,M.A.;SULAMAN,S.; NAWAZ, M.;ZHIQIANG,W.; YANQIN,M .; GUOQIN,H. The Role of Potassium in Plants under Drought Stress: Mini Review. **Journal of Basic & Applied Sciences**, 13, 268–271,2017. <https://doi.org/10.6000/1927-5129.2017.13.44>

HEATH, R.L; PACKER,L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts I kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. **Arch Biochem Biophys**, v.125, p.189-198, 1968. DOI: 10.1016/0003-9861(68)90654-1

HEBERLE, K.; DRANSKI, J. A. L.; MALAVASI, M. M.; MALAVASI, U. C. Morfometria e lignificação em função da aplicação de ácido jasmônico em mudas de ipê roxo e guajuvira. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 17, n. 3, p. 317-325, 2018

HO, L.H., RODE, R., SIEGEL, M., REINHARDT, F., NEUHAUS, H.E., YVIN, J.C., PLUCHON, S., HOSSEINI, S.A., POMMERENIG, B. Potassium application boosts photosynthesis and sorbitol biosynthesis and accelerates cold acclimation of common plantain (*Plantago major* L.). **Plants** 9 (10), 1259, 2020. <https://doi.org/10.3390/plants9101259>

ILYAS, M.; NISAR, M.; KHAN, N.; HAZRAT, A.; KHAN, A.H.; HAYAT, K.; FAHAD, S.; KHAN, A.; ULLAH, A. Drought Tolerance Strategies in Plants: A Mechanistic Approach. **Journal of Plant Growth Regulation**, v.40, p. 926–944, 2021. <https://doi.org/10.1007/s00344-020-10174-5>

INÔ, C. F. A.; SANTOS, D. S.; LOPES, A. S.; DORNELAS, C. S. M.; LACERDA, A. V.; MEDEIROS, J. G. F. Avaliação de diferentes métodos de superação de dormência em sementes de *Erythrina velutina* willd. Pesquisa e desenvolvimento de abordagens para o ensino de ciências biológicas. **Editora Amplla**, p.83-89, 2021. DOI:10.51859/amplla.pda351.1121-0

IPCC: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2022.

JOHNSON, R.; VISHWAKARMA, K.; HOSSEN, S.; KUMAR, V.; SHACKIRA, A. M.; PUTHUR, J.T.; ABDI, G.; SARRAF, M.; HASANUZZAMAN, M. Potassium in plants: Growth regulation, signaling, and environmental stress tolerance. **Plant Physiology and Biochemistry**, 172, 56–69, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2022.01.001>

KALLADAN, R.; LASKY, J.R.; CHANG, T.Z.; SHARMA, S.; JUENGER, T.E.; VERSLUES, P.E. Natural variation identifies genes affecting drought-induced abscisic acid accumulation in *Arabidopsis thaliana*. **PNAS**, v114, p.11536–11541, 2017. <https://doi.org/10.1073/pnas.1705884114>

KISHOR, P.B.K.; SREENIVASULU, N. Is proline accumulation per se correlated with stress tolerance or is proline homeostasis a more critical issue?. **Plant Cell Environ** 37(2):300–311, 2014. DOI: 10.1111/pce.12157

KOCH, G.; ROLLAND, G.; DAUZAT, M.; BÉDIEÉ, A.; BALDAZZI, V.; BERTIN, N.; GUÉDON, Y.; GRANIER, C. Leaf production and expansion: A generalized response to drought stresses from cells to whole leaf biomass—a case study in the tomato compound leaf. **Plants**, v.8, n.10, p.409, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants8100409>.

KUMAR, P.; KUMAR, T.; SINGH, S.; TUTEJA, N.; PRASAD, R.; SINGH, J. Potassium: A key modulator for cell homeostasis. **Journal of Biotechnology**, 324, 198–210, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2020.10.018>

KUROMORI, T.; SEO, M.; SHINOZAKI, K. ABA Transport and Plant Water Stress Responses. **trends Plant Sci**, v.23, n.6, p.513–522, 2018. doi: 10.1016/j.tplants.2018.04.001.

LICHTHENTHALER, HK. 1987. Chlophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. In: COLOWICK, S.P; KAPLAN, N.O. Methods in Enzimology, v.148. **Academic Press**, San Diego, pp.350-382.

LIZARAZO, J. C. F; FONSECA, L. P. M. Mechanisms for tolerance to water-deficit stress in plants inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi. A review. **Agronomía Colombiana**, v. 34, n. 02, p. 179-189, 2016. DOI:10.15446/agron.colomb.v34n2.55569

LOBET, G.; DRAYE, X. Novel scanning procedure enabling the vectorization of entire rhizotron-grown root systems. **Plant Methods**, 9, 1, 2013. DOI:10.1186/1746-4811-9-1

LUTTS, S; KINET, J. M; BOUHARMONT, J. Effects of salt stress on growth, mineral nutrition and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. **Plant Growth Regulation**, v. 19, p. 207–218, 1996.

NACIRI, R., LAHRIR, M., BENADIS, C., CHTOUKI, M., OUKARROUM, A. Interactive effect of potassium and cadmium on growth, root morphology and chlorophyll a fluorescence in tomato plant. **Sci. Rep.** 11 (1), 5384, 2021. DOI:10.1038/s41598-021-84990-4

NAUTYAL, P. C.; NAGESWARA-RAO, R. C.; JOSHI, Y. C. Moisture deficit induced change in leaf water content, leaf carbon exchange rate and biomass production in groundnut cultivars differing in specific leaf area. **Field Crops Research**, v. 74, p. 67-79, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(01\)00199-X](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(01)00199-X)

NOGUEIRA, N.O.; OLIVEIRA, M.O.; MARTINS, S.C.A. BERNARDES, C.O. Utilização de leguminosas para recuperação de áreas degradadas. **Enciclopédia Biosfera**, v.8, n. 14, p.2121, 2012.

MARTINS, K.; BRITO, P. O. B.; ARRUDA, J. F. de; NUNES JÚNIOR, F. H.; PONTES FILHO, R. A.; GONDIM, F. A. Plant growth, antioxidative enzymes, lipid peroxidation and organic solute contents in *Mulungu* seedlings (*Erythrina velutina*) under different field capacities. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 7, 2018. DOI:10.5539/jas.v10n7p443

MARSCHNER, P. **Mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. Londres: Academic Press, 2012. 651 p.

MAUREL, C., BOURSIAAC, Y., LUU, D.T., SANTONI, V., SHAHZAD, Z., VERDOUCQ, L. Aquaporins in plants. **Physiol. Rev.** 95, 2014. <https://doi.org/10.1152/physrev.00008.2015>, 1321–135.

MEDEIROS, R. L. S.; BORJAS-VENTURA, R. R.; SOUZA, J. V. O.; FERNANDES, J. P. P., GRATÃO.; P. L.; PAULA, R. C. How does water deficit induce changes in primary and secondary metabolism in *Corymbia citriodora* seedlings? **Scientia Forestalis**, v.51, e3911, 2023. <https://doi.org/10.18671/scifor.v50.51>

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; MURAOKA, T.; CARMO, C. A. F. S.; MELO, W. J. Análise química de tecido vegetal. In: SILVA, F. C. da (ed.). *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. p. 191-233.

MOSTOFA, M.G.; RAHMAN, M.; GHOSH, T.K.; KABIR, A.H.; ABDELRAHMAN, M.; KHAN, A.R.; MOCHIDA, K.; TRAN, L.P. Potassium in plant physiological adaptation to abiotic stresses. **Plant Physiology and Biochemistry**, 186, 279–289, 2022. DOI: 10.1016/j.plaphy.2022.07.011

MOTIC IMAGES PLUS 2.0ML (2017). Motic China Group, China. URL https://www.motic.com/As_Support_Download/d42.html.

OLIVEIRA, M. K. T.; DOMBROSKI, J. L. D.; MEDEIROS, R. C. A.; MEDEIROS, A. S. Desenvolvimento inicial de *Erythrina velutina* sob restrição hídrica. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 36, n. 88, p. 481-488, out./dez. 2016. DOI: 10.4336/2016.pfb.36.88.1261.

PEREIRA, J. R. D; CARVALHO, J. A; MIGUEL, D. S; SANTANA, M. J. Consumo de água pela cultura do crisântemo cultivada em ambiente protegido. **Engenharia Agrícola**, v. 25, p. 651-659, 2005. DOI:10.1590/S0100-69162005000300010

PLENCHETTE, C.; FORTIN, J. A.; FURLAN, V. Growth responses of several plant species to mycorrhizae in a soil of moderate P-fertility. **Plant Soil**, v.70, p. 199-209, 1983.

R CORE TEAM (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

RAMOS, F.R; FREIRE, A.L.O; FRANÇA, G.M. Crescimento e acúmulo de biomassa em mudas de craibeira (*Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore) sob estresse hídrico e adubação potássica. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.16, n.04, p.213-221, 2020. <https://doi.org/10.30969/acsa.v16i4.1307>

RIBEIRO, R. C; DANTAS, B. F. Mulungu *Erythrina velutina* Willd. **Comitê Técnico de Sementes Florestais**. Nota Técnica nº 7, 2019.

ROMHELD V, KIRKBY EA. Research on potassium in agriculture: Needs and prospects. **Plant Soil**, 335: 155- 180, 2010. <https://doi.org/10.1007/s11104-010-0520-1>

SAH, S.K.; REDDY, K. R.; LI, J. Absciscic acid and abiotic stress tolerance in crop plants. **Front Plant Sci**, 7:571, 2016. DOI: 10.3389/fpls.2016.00571

SANYAL, S.K., RAJASHEKER, G., KISHOR, P.K., KUMAR, S.A., KUMARI, P.H., SARITHA, K.V., RATHNAGIRI, P., PANDEY, G.K. Role of protein phosphatases in

signaling, potassium transport, and abiotic stress responses. In: Pandey, G.K. (Ed.), Protein Phosphatases and Stress Management in Plants. **Springer**, Cham, p. 203–232, 2020. https://doi.org/10.1007/978-3-030-48733-1_11.

SIDDIQUI, M. H., KHAN, M. N., MUKHERJEE, S., ALAMRI, S., BASAHI, R. A., AL-AMRI, A. A., ET AL. Hydrogen sulfide (H₂S) and potassium (K⁺) synergistically induce drought stress tolerance through regulation of h⁺-ATPase activity, sugar metabolism, and antioxidative defense in tomato seedlings. **Plant Cell Rep.** 40 (8),1543–1564, 2021. doi: 10.1007/s00299-021-02731-3

SILVA, A.P DA; ALVAREZ, V.H; SOUZA, A.P; NEVES, J.C.L; NOVAIS, R.F; DANTAS, J.P. Sistema de recomendação de fertilizantes e corretivos para a cultura do abacaxi –Fertcalc-Abacaxi. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p,1269-1280,2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832009000500020>

SILVA, E. C. da; SILVA, M. F. A.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; ALBUQUERQUE, M. B. Growth evaluation and water relations of *Erythrina velutina* seedlings in response to drought stress. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 22, n. 4, p. 225-233, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202010000400002>

SILVA, P. M.C.; UCHÔA, S. C. P. BARBOSA, J. B. F.; BASTOS, V.; ALVES, J. M. A.; FARIAS, L. C. Efeito do potássio e do calcário na qualidade de mudas de cedro doce (*Bombacopsis quinata*). **Revista Agro@mbiente**, v. 7, n. 1, p. 63-69, 2013. <https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v7i1.842>

SIQUEIRA, J. V. G.; BARROS, J. P. A.; ARAÚJO, Y. P.; SILVA, T. G. F. SOUZA, L. S. B. Tratamentos pré-germinativos em sementes de espécies da Caatinga. **Journal of Environmental Analysis and Progress**.n. 02, n. 04, p. 499-508, 2017. <https://doi.org/10.24221/jeap.2.4.2017.1471.499-508>

SELEIMAN, M. F; SUHAIBANI, N. A; ALI, N; AKMAL, M; ALOTAIBI, M; REFAY, Y; DINDAROGLU, T; WAJID, H. H. A; BATTAGLIA, M. L; Drought Stress Impacts on Plants and Different Approaches to Alleviate Its Adverse Effects. **Plants**, v. 10, n. 2, 2021. <https://doi.org/10.3390/plants10020259>

SCALON, S. de P. Q.; MUSSURY, R. M.; EUZÉBIO, V. L. de M.; KODAMA, F. M. KISSMANN, C. . **Ciência Florestal**, v. 21, n. 4, p. 655– 662, 2011. <https://doi.org/10.5902/198050984510>

SOUZA,R.R; FREIRE, A.L.O.Crescimento e qualidade de mudas de *Microdesmia rigida* (Benth.) Sothers & Prance em resposta à adubação potássica e ao turno de rega. **Rev. Ciênc. Agra.** V.66, 2023. DOI:10.5281/zenodo.10354437

SOUZA, J.L., NUNES, V.V., CALAZANS, C.C., SILVA-MANN, R. Biotechnological potential of medicinal plant *Erythrina velutina* Willd: a systematic review. *Biocatal. Agric. Biotechnol.* 45, 102488, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2022.102488>

SUDENE. PRDNE - Plano Regional de Desenvolvimento do Nordeste. Documento de referência do Plano Regional de Desenvolvimento do Nordeste para o período 2024-2027. 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/sudene/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/conselho-deliberativo/arquivos/PDRNE2427REF.pdf>>

SUSTR, M., SOUKUP, A., TYLOVA, E. Potassium in root growth and development. *Plants*, 8 (10), 435, 2019. <https://doi.org/10.3390/plants8100435>

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

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

TEZARA, W.; MITCHELL, V.J, DRISCOLL, S.D.; LAWLOR, D.W.: Water stress inhibits plant photosynthesis by decreasing coupling factor and ATP. *Nature*. 401, 914–7, 1999. DOI:10.1038/44842

TODAKA, D.; ZHAO, Y.; YOSHIDA, T.; KUDO, M.; KIDOKORO, S.; MIZOI, J.; TOYOOKA, K. Temporal and spatial changes in gene expression, metabolite accumulation and phytohormone content in rice seedlings grown under drought stress conditions. *Plant J*, v.90, p.61–78, 2017. DOI: 10.1111/tpj.13468

TRANKNER, M., TAVAKOL, E., JÁKLI, B. Functioning of potassium and magnesium in photosynthesis, photosynthate translocation and photoprotection. *Physiol.Plantarum* 163 (3), 414–431, 2018. DOI: 10.1111/ppl.12747

ULLAH, A.; SUN, H.; YANG, X.; ZHANG, X. Drought coping strategies in cotton: increased crop per drop. *Plant Biotechnol J*, 15:271–284, 2017. DOI: 10.1111/pbi.12688

VELIKOVA, V.; YORDANOV, I.; EDREVA, A. Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants. *Plant Science*, p. 59–66, 2000. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(99\)00197-1](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(99)00197-1)

VIERHEILIG, H, COUGHLAN, A. P.; WYSS, U.; PICHE, Y. Ink and vinegar, a simple technique for arbuscular mycorrhizal fungi. *Applied and Environmental Microbiology*, v. 64, n. 12, p. 5004-5007, 1998. DOI: 10.1128/AEM.64.12.5004-5007.1998

YANG, X.; LU, M.; WANG, Y.; WANG, Y.; LIU, Z.; CHEN, S. Response Mechanism of Plants to Drought Stress. *Horticulturae*, 7(3), 50, 2021. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7030050>

XIAO, S.; LIU, L.; ZHANG, Y.; SUN, H.; ZHANG, K.; BAI, Z.; DONG, H.; LI, C. Fine root and root hair morphology of cotton under drought stress revealed with RhizoPot. **J. Agron. Crop Sci.**, 206, 679–693, 2020. <https://doi.org/10.1111/jac.12429>

XIANG, J., ZHOU, X., ZHANG, X., LIU, A., XIANG, Y., YAN, M., PENG, Y., CHEN, X. The Arabidopsis AtUNC-93 acts as a positive regulator of abiotic stress tolerance and plant Agents in the Amelioration of Plant Abiotic Stress: Biochemical and Molecular Perspectives, *Front. Plant Sci*, 535–562, 2018. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00718>

WAHID, A. Physiological implications of metabolite biosynthesis for net assimilation and heat-stress tolerance of sugarcane (*Saccharum officinarum*) sprouts. **Journal of Plant Research, Faisalabad**, v. 120, n. 2, p. 219- 228, 2007. DOI: 10.1007/s10265-006-0040-5

WANG, M.; ZHENG, Q.; SHEN, Q.; GUO, S. The critical role of potassium in plant stress response. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 14, n. 4, p. 7370-7390, 2013. <https://doi.org/10.3390/ijms14047370>

WARAICH, E.A.; AHMAD, R.; HALIM, A.; AZIZ, T. Alleviation of temperature stress by nutrient management in crop plants: A review. **J. Soil Sci. Plant Nutr.**, 12, 221–244, 2012. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162012000200003>

ZANDALINAS, S. I.; MITTLER, R., BALFAGÓN, D.; ARBONA, V.; GÓMEZ-CADENAS, A. Plant adaptations to the combination of drought and high temperatures. **Physiol. Plantarum** 162 (1), 2–12, 2018. doi: 10.1111/ppl.12540

ZAHOOR, R., ZHAO, W., DONG, H., SNIDER, J. L., ABID, M., IQBAL, B., ET AL. Potassium improves photosynthetic tolerance to and recovery from episodic drought stress in functional leaves of cotton (*Gossypium hirsutum* l.). **Plant Physiol. Biochem.** 119, 21–32, 2017. doi: 10.1016/j.plaphy.2017.08.011

ZASOSKI, R.J. BURAU, R.G. A rapid nitric-perchloric acid digestion method for multi-element tissue analysis. *Communications in soil science and plant analysis*, **New York**, v.8, n.5, p.425-436, 1977

ZHANG, Y.; XU, J.; LI, R.; GE, Y.; LI, Y.; LI, R. Plants' Response to Abiotic Stress: Mechanisms and Strategies. **Int. J. Mol. Sci.**, 24, 10915, 2023. <https://doi.org/10.3390/ijms241310915>

ZHANG, S., TONG, Y., LI, Y., CHENG, Z.-M., ZHONG, Y. Genome-wide identification of the HKT genes in five Rosaceae species and expression analysis of HKT genes in response to salt-stress in *Fragaria vesca*. **Genes Genomics** 1–12, 2018. DOI: 10.1007/s13258-018-0767-0