

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA FLORESTAL
BACHARELADO EM ENGENHARIA FLORESTAL

ANDRESSA CRISTINA DE LUNA

**FERTILIZAÇÃO POTÁSSICA NO CRESCIMENTO DE MUDAS DE *Eucalyptus*
camaldulensis DEHNH. SOB LIMITAÇÃO HÍDRICA.**

RECIFE-PE
2024

ANDRESSA CRISTINA DE LUNA

FERTILIZAÇÃO POTÁSSICA NO CRESCIMENTO DE MUDAS DE *Eucalyptus camaldulensis* DEHNH. SOB LIMITAÇÃO HÍDRICA.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientadora: Dra. Eliane Cristina Sampaio de Freitas

**RECIFE-PE
2024**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação Sistema
Integrado de Bibliotecas da UFRPE Bibliotecário(a): Ana Catarina
Macêdo –CRB-4 1781

L961f Luna, Andressa Cristina de
Fertilização potássica no crescimento de
mudas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. sob
limitação hídrica. / Andressa Cristina de Luna. – Recife,
2024.
26 f.; il.

Orientador(a): Eliane Cristina Sampaio de Freitas.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) –
Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Bacharelado em Engenharia Florestal, Recife, BR-PE,
2024.

Inclui referências.

1. Mudanças 2. *Eucalyptus camaldulensis*
3. Fertilização de plantas I. Freitas, Eliane Cristina Sampaio
de, orient.
II. Título

CDD 634.9

ANDRESSA CRISTINA DE LUNA

FERTILIZAÇÃO POTÁSSICA NO CRESCIMENTO DE MUDAS DE *Eucalyptus camaldulensis* DEHNH. SOB LIMITAÇÃO HÍDRICA.

Aprovado em: 04 de março de 2024

BANCA EXAMINADORA

Prof.º Dr. Marcone Moreira Santos
Avaliador - Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof.º Dr. Richeliel Albert Rodrigues Silva
Avaliador - Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof.^a. Dra. Eliane Cristina Sampaio de Freitas
Orientadora - Universidade Federal Rural de Pernambuco

**RECIFE-PE
2024
AGRADECIMENTO**

Agradeço a Deus pelo discernimento em cada etapa cada passo deste percurso acadêmico. Sua sabedoria infinita e amor incondicional se fizeram presentes nos momentos mais desafiadores, me guiando e abençoando cada conquista.

À minha falecida avó, Severina Maria, essa conquista também é sua. Seu amor e sabedoria me fizeram continuar a inspirar-me mesmo na sua ausência física. Que sua memória permaneça viva em cada passo que eu der.

Aos meus pais e minha irmã pelo suporte e incentivo para cursar uma faculdade, por não me deixar faltar nada e pelo companheirismo.

Ao meu noivo, Israel, por sua paciência, apoio constante e encorajamento para me manter firme no propósito.

Aos meus amigos, verdadeiros companheiros de jornada, que estiveram ao meu lado nos momentos de alegria e nos desafios. Em especial dedico a Renan, Beatriz, Júlia, Rubia, Leonardo, Isis, Lucas, Eduarda Olímpio, Eduarda Novais e Joseph pela companhia nos perrengues e apoio mútuo compartilhados.

Ao grupo de estudos ARBORUM, pelas discussões científicas enriquecedoras que ampliaram e aprofundaram meus conhecimentos. Cada encontro foi uma oportunidade para aprender, questionar e crescer intelectualmente.

À Florar Consultoria Ambiental Jr. e ao Pet Engenharia Florestal, mesmo com minha breve passagem em ambos grupos, fez parte do meu crescimento pessoal.

À minha orientadora, Eliane Freitas, pelos conselhos e incentivos, por acreditar no meu potencial e orientar-me com dedicação em cada projeto.

Agradeço a mim por não ter desistido.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, meu mais sincero obrigado.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da fertilização potássica de cobertura no crescimento de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, sob limitação hídrica. A semeadura foi feita com sementes melhoradas de *E. camaldulensis* Dehnh, em 80 tubetes de 55 cm³. As mudas foram conduzidas a pleno sol e foi realizada a fertilização de cobertura de macro e micronutrientes além de diferentes doses de potássio (K), usando como fonte o cloreto de potássio (KCl). Após o término da fertilização potássica, foram feitas medições da altura (H) e diâmetro do coleto (DC) para padronização das mudas de acordo com cada tratamento (dose de K), e transplantadas para vasos de 5 dm³ de capacidade, preenchidos com substrato composto por 70 % terra de subsolo e 30 % substrato comercial. Os tratamentos foram representados por um fatorial de dois regimes de irrigação (com e sem suspensão) por cinco níveis de fertilização de cobertura com K (0, 75, 150, 225 e 300 mg dm⁻³), sendo dispostos em delineamento inteiramente casualizado, com 4 repetições, cada vaso compondo uma unidade amostral. Após 15 dias do transplante, foi suspensa a irrigação na metade dos vasos por 21 dias e foi realizada a contagem do número de folhas (NF) e registros de sintomas visuais de estresse hídrico durante este período. Ao final do experimento foram feitas novas medições de altura (H), diâmetro de coleto (DC), número de folhas (NF), calculado o incremento no crescimento, e feita a densidade estomática, índice de clorofila, teor relativo de água e matéria seca. Por meio dos dados de altura (H), diâmetro do coleto (DC), massa de matéria seca da parte aérea (MSPA), raiz (MSR) e total (MST), foram calculadas as relações de qualidade de mudas: MSPA/MSRA, H/DC, e o Índice de Qualidade de Dickson (IQD). Os dados foram analisados por meio de análise de variância (p<0,05), e os que indicaram interação significativa, foram submetidos à análise de regressão dentro do fator qualitativo. Analisando os dados estatísticos observou-se que a fertilização potássica influenciou positivamente no crescimento inicial das mudas em todos os tratamentos, em que a dose ótima estimada foi de 286 Kg dm⁻³ de K. O resultado das variáveis com os fatores doses de K e irrigação das mudas *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh apresentou diferença significativa de 5 % somente para irrigação.

PALAVRAS-CHAVE: Produção de mudas, estresse hídrico, tolerância.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of potassium fertilization on the growth of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh seedlings under water limitation. The sowing was done with improved seeds of *E. camaldulensis* Dehnh in 80 tubes of 55 cm³ each. The seedlings were grown in full sunlight, and topdressing fertilization with macro and micronutrients, along with different doses of potassium (K), using potassium chloride (KCl) as a source, was applied. After the potassium fertilization was completed, measurements of height (H) and collar diameter (CD) were taken to standardize the seedlings according to each treatment (K dose), and they were transplanted into 5 dm³ capacity pots filled with a substrate composed of 70 % subsurface soil and 30 % commercial substrate. The treatments consisted of a factorial of two irrigation regimes (with and without suspension) by five levels of topdressing fertilization with K (0, 75, 150, 225, and 300 mg dm⁻³), arranged in a completely randomized design with 4 repetitions, each pot composing a sample unit. After 15 days of transplantation, irrigation was suspended in half of the pots for 21 days, and the number of leaves (NL) was counted, along with recording visual symptoms of water stress during this period. At the end of the experiment, new measurements of height (H), collar diameter (CD), shoot dry matter (NL) were taken, growth increments were calculated, and stomatal density, chlorophyll index, relative water content, and dry matter were determined. Using the data of height (H), collar diameter (CD), shoot dry matter (SDM), root (RDM), and total (TDM), seedling quality ratios were calculated: SDM/RDM, H/CD, and Dickson Quality Index (DQI). The data were analyzed using analysis of variance ($p < 0.05$), and those indicating significant interaction were subjected to regression analysis within the qualitative factor. Analyzing the statistical data, it was observed that potassium fertilization positively influenced the initial growth of the seedlings in all treatments, with the estimated optimum dose being 286 Kg dm⁻³ of K. The result of the variables with the factors of K doses and irrigation of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh seedlings showed a significant difference of 5% only for irrigation.

KEYWORDS: Seedling production, water stress, tolerance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa da localização da área do experimento.

Figura 2. Coleta dos discos para análise do teor relativo de água.

Figura 3. Altura(H) de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* em resposta à fertilização potássica aos 150 dias após a semeadura.

Figura 4. Análise de regressão das médias da contagem de folhas em mudas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh por 21 dias de suspensão hídrica.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Caracterização química da terra de subsolo usada como substrato para produção de mudas de *Eucalyptus camaldulensis*.

Tabela 2 - Análise de variância (ANOVA) das médias da altura (H) e diâmetro do coleto (DC) das mudas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh aos 150 dias após a semeadura.

Tabela 3 – Resumo da análise de variância (ANOVA) do Incremento de Altura (IH), Incremento de Diâmetro do coleto (IDC), relação Altura/Diâmetro (H/DC) do coleto, Massa seca parte aérea (MSPA), Massa seca raiz (MSR), Massa seca total (MST), relação Massa seca parte aérea / Massa seca raiz (MSPA/MSR) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) em das mudas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh aos 21 dias de suspensão de irrigação.

Tabela 4 – Médias dos tratamentos com irrigação e sem irrigação das variáveis Incremento de Altura (IH), Incremento de Diâmetro do coleto (IDC), Massa seca parte aérea (MSPA), Massa seca raiz (MSR), Massa seca total (MST), relação Massa seca parte aérea / Massa seca raiz (MSPA/MSR) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) em das mudas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh aos 21 dias de suspensão de irrigação.

Tabela 5: Análise de variância (ANOVA) das médias do Índice de clorofila a (ICA), Índice de clorofila b (ICB) e teor relativo de água (TRA) e densidade estomática da face da folha; abaxial (FAB) e adaxial (FAD) em das mudas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh aos 21 dias de suspensão da irrigação.

Tabela 6: Médias das variáveis índice de clorofila a (ICA), índice de clorofila b (ICB) e teor relativo de água (TRA) em das mudas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh aos 21 dias de suspensão da irrigação.

Tabela 7 - Equações de regressão para o número de folhas em mudas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh por 21 dias para as Doses 0, 75, 150, 225 e 300 mg dm⁻³ de K em função da irrigação.

Tabela 8- Coeficiente de correlação de Pearson entre as variáveis: Incremento de Altura (IH), Incremento de Diâmetro do coleto (IDC), relação Altura/Diâmetro do coleto (H/DC) Massa seca parte aérea (MSPA), Massa seca raiz (MSR), Massa seca total (MST), relação Massa seca parte aérea / Massa seca raiz (MSPA/MSR) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) em das mudas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh aos 21 dias de suspensão hídrica.

SUMÁRIO

1.0 INTRODUÇÃO	10
2.0 OBJETIVOS.....	11
2.1 Geral.....	11
2.2 Específicos	11
3.0 METODOLOGIA.....	11
3.1 Produção de mudas.....	12
3.2 Suspensão da irrigação.....	13
4.0 RESULTADO E DISCUSSÃO.....	15
5.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	20
6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	21

1. INTRODUÇÃO

A água é um dos recursos naturais renováveis mais importantes que dispomos, visto que todos os seres vivos e atividades antrópicas utilizam-na de forma direta ou indireta, sendo uma delas o cultivo de culturas agrícolas e florestais. A disponibilidade de água para o desenvolvimento das plantas é imprescindível, uma vez que está presente em todos os processos fisiológicos, sendo necessário selecionar culturas que sejam tolerantes à seca ou buscar estratégias que auxiliem a tolerância no metabolismo vegetal em situações de limitação hídrica.

Algumas das principais respostas fisiológicas para sobreviver à seca são: redução e abscisão de área foliar, aprofundamento das raízes no solo e fechamento dos estômatos (Taiz & Zeiger, 2009; Grossnickle, 2012 E Marco *et al.*, 2020); mecanismos os quais variam de acordo com as condições climáticas e/ou edáficas e por espécie. Em regiões áridas e semiáridas a limitação hídrica e altas temperaturas são características presentes, devido ao baixo índice de distribuição da precipitação anual, influenciando no aumento da evapotranspiração das plantas e causando desequilíbrio nas funções fisiológicas e bioquímicas, além de interferir na absorção de nutrientes essenciais (Vellini, 2008; Gonsaga, 2017; Tavares Filho, 2020; Campos, 2021).

No setor florestal brasileiro, a principal limitação da produtividade da cultura do eucalipto em áreas de deficiência de água é a baixa disponibilidade de nutrientes, sendo o potássio (K) o nutriente que tem proporcionado maior rendimento nas áreas plantadas com baixo teor de nutrientes no solo (Biagiotti, 2017; Godoi, 2020). Em ambientes que possuem pouca disponibilidade do potássio, as culturas sofrem com menor teor de proteína, fazendo que acumule aminoácidos, nitratos, aminas e amidas, além de elevar os níveis de carboidratos solúveis, diminuir o conteúdo de amido e retenção de nitrogênio solúvel (Cardozo, 2021).

De acordo com Almeida (2020), em locais de baixa fertilidade e/ou sujeitos a déficit hídrico, o potássio é um nutriente que contribui no controle estomático e mantém o turgor, por ser o principal cátion que atua na ativação enzimática no interior das células vegetais, fazendo com que as plantas que tenham uma concentração potássica adequada em seus tecidos.

Dentre as espécies de Eucalipto plantadas no Brasil, quando se trata de regiões com deficiência hídrica anual o mais indicado para cultivo é o *Eucalyptus camaldulensis* (Reis, Teles Dos Santos e Paludzyszyn Filho, 2014), visto que essa espécie apresenta um bom incremento anual em regiões áridas e semiáridas do Nordeste (Arruda Silveira, 2000; Pichelli e Soares, 2017; Shalizi, 2019 e Pinto Júnior, 2021).

A partir destas informações, a hipótese deste trabalho foi verificar se a fertilização potássica contribui com tolerância da limitação hídrica e/ou crescimento inicial das mudas desta espécie

visto que este genótipo de *Eucalyptus* é considerado tolerante e quais são seus efeitos desta fertilização no cultivo.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral:

Avaliar o efeito da fertilização potássica de cobertura no crescimento de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* sob limitação hídrica.

2.2. Específicos:

- Avaliar o crescimento e a qualidade das mudas de *Eucalyptus camaldulensis* em função da fertilização potássica;
- Verificar a influência da fertilização potássica na tolerância de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* à limitação hídrica;
- Recomendar a dose de K que proporciona maior crescimento e qualidade de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* nas condições estudadas.

3. METODOLOGIA

O experimento foi conduzido no viveiro do Departamento de Ciência Florestal – DCFL (Figura 1), pertencente a Universidade Federal Rural de Pernambuco, localizada no *Campus Dois Irmãos*, a 8 ° 01 ' 01.5 " S (latitude) 34 ° 56 ' 44.0 " W (longitude) e 11 m de altitude. Recife possui um clima tropical e na maioria dos meses do ano existe uma pluviosidade significativa com registros de temperatura e precipitação média anual, respectivamente, de 25, 7 °C e 988 mm (Climate, 2022). O experimento foi realizado em duas etapas: produção de mudas com fertilização potássica de cobertura e limitação hídrica por suspensão da irrigação.

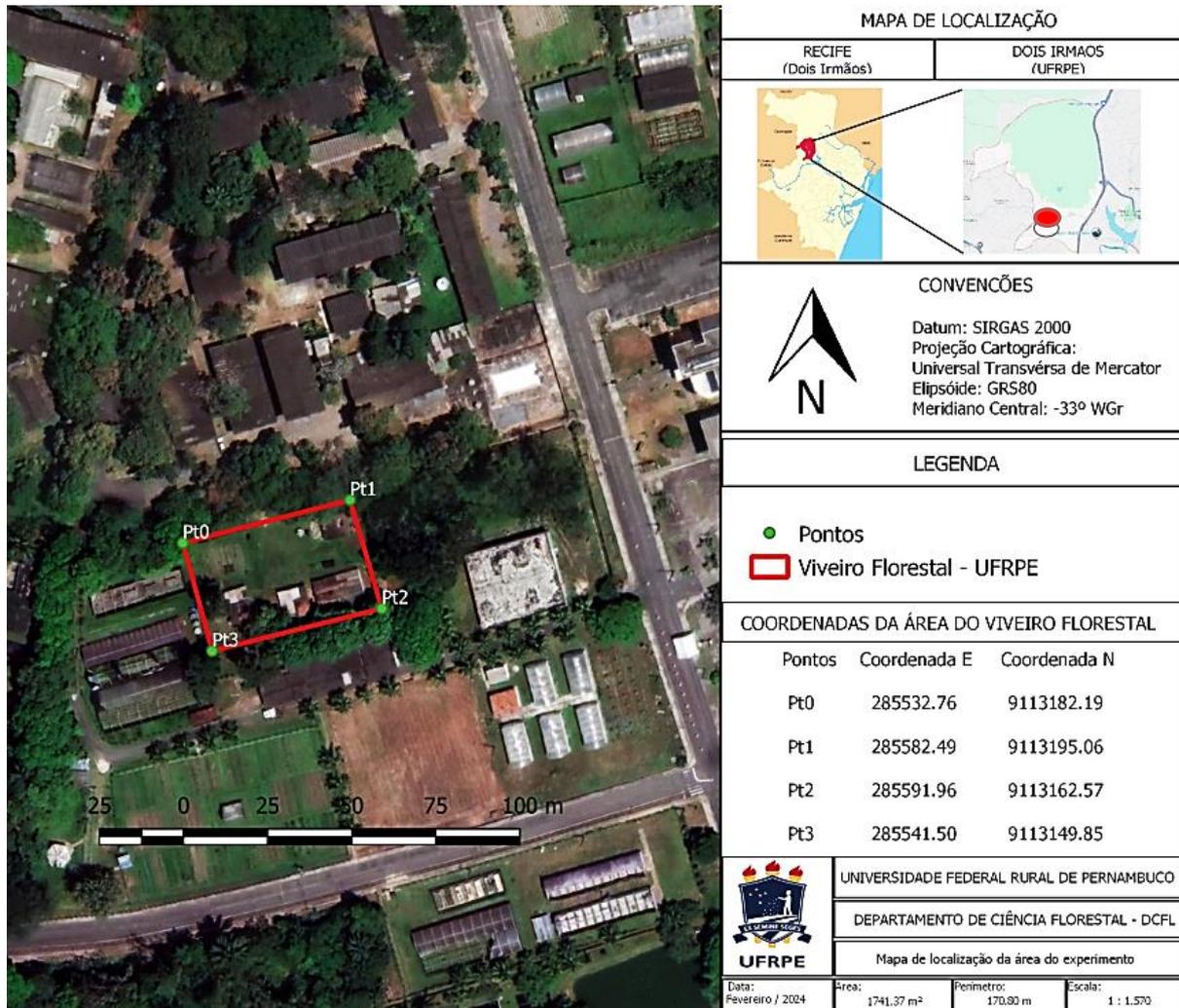


Figura 1: Mapa da localização da área do experimento. Fonte: O autor, 2024.

3.1. Produção de mudas

A semeadura foi feita com sementes melhoradas, procedentes de Área de Produção de Sementes – APS do Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF), de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, em 80 tubetes de 55 cm³. Os recipientes foram preenchidos com substrato comercial (Composto por: Turfa, Rocha Calcária, Vermiculita, Carvão Vegetal, Rocha Fosfática e Casca de Pinus) e inseridos em bandejas de polipropileno de forma alternada para aumentar o espaçamento entre as mudas para que não ocorresse competição por luz e, posteriormente, colocadas em canteiros a pleno sol. Devido ao tamanho das sementes, foram semeadas mais de uma semente por recipiente. Após a germinação, quando as mudas apresentaram 2 a 3 pares de folhas, foi realizado o raleio, deixando apenas uma muda por recipiente, escolhendo a mais vigorosa e central.

As mudas foram conduzidas a pleno sol no viveiro do Departamento de Ciência Florestal. A irrigação foi realizada diariamente por sistema de microaspersão, 6 vezes ao dia, em lâmina

fina de água, com duração de 1 minuto cada. Após o raleio, foi realizada a fertilização de cobertura parcelada em duas aplicações, intercaladas com intervalos de 20 dias, com 300 mg dm⁻³ de Fósforo (P), 100 mg dm⁻³ de Nitrogênio (N), 0,81 mg dm⁻³ de Boro (B), 1,33 mg dm⁻³ de Cobre (Cu), 3,66 mg dm⁻³ de Manganês (Mn), 4,0 mg dm⁻³ de Zinco (Zn), 0,15 mg dm⁻³ de Molibdênio (Mo). A fertilização potássica foi feita com 5 doses, usando o cloreto de potássio (KCl) como fonte: 0, 75, 150, 225 e 300 mg dm⁻³ de K, parcelada em três aplicações, intercaladas com intervalos de 20 dias. As soluções foram preparadas separadamente, usando água destilada e reagentes de pureza analítica, contendo os nutrientes citados acima, até obter a concentração desejada, misturados com bastão de vidro até homogeneizar e aplicado 1 mL por tubete com o auxílio de uma pipeta.

Aos 150 dias após a semeadura, foram feitas medições da altura (H) e diâmetro do coleto (DC) de todas as plantas utilizando régua graduada em cm e paquímetro digital com precisão de 0,01 mm, respectivamente. Após obter as medidas destas variáveis, foram selecionadas 8 mudas em função da média e desvio padrão da altura e diâmetro do coleto, por tratamento de fertilização potássica, e transplantadas para vasos de 5 dm³ de capacidade, preenchidos com substrato composto por 70 % de terra de subsolo, que foi seca e peneirada, e 30 % substrato comercial.

Foi coletada uma amostra de 300 g da terra de subsolo utilizado na composição do substrato para realização da caracterização física e química. A análise física foi feita de acordo com a metodologia de Donagemma *et al.* (2017) para granulometria, obtendo as frações 23 % de Argila, 41 % de areia grossa, 22 % de areia fina e 14 % de silte. A análise química foi feita no Laboratório de Química Ambiental de Solos, pertencente à Universidade Federal Rural de Pernambuco, localizada no *Campus* Dois Irmãos (Tabela 1).

Tabela 1 – Caracterização química da terra de subsolo usada como substrato para produção de mudas de *Eucalyptus camaldulensis*.

Amostra	pH (água)	Ca	Mg	Al	Na	K	P	C.O.	M.O.	H+Al
	1:2,5	cmol _c dm ⁻³					mg dm ⁻³	g kg ⁻¹		cmol _c dm ⁻³
Solo	5,6	3,6	1,70	0,05	0,10	0,30	15,23	3,94	6,79	4,61

Em que: C.O - carbono orgânico; M.O - matéria orgânica; Fonte: O autor, 2022.

3.2. Suspensão da irrigação

Os tratamentos foram representados por um fatorial de dois regimes de irrigação (com e sem suspensão) por cinco níveis de fertilização de cobertura com K (0, 75, 150, 225 e 300 mg

dm⁻³), sendo dispostos em delineamento inteiramente casualizado, com 4 repetições, cada vaso compondo uma unidade amostral.

As mudas foram conduzidas em casa de vegetação até o final do experimento. Após 15 dias do transplântio, foi suspensa a irrigação na metade dos vasos por 21 dias e foi realizado a contagem de folhas diariamente e registros de sintomas visuais de estresse hídrico (por exemplo, desidratação/murcha, curvatura das folhas e gema apical) por meio de imagens e anotações.

Nos tratamentos com manutenção da irrigação, ela foi feita de forma individualizada, com auxílio de uma proveta para fornecer a mesma lâmina de irrigação para as mudas. Ao final do experimento foram feitas novas medições de H, DC e calculado o incremento no crescimento e realizado a contagem de folhas.

O índice relativo das clorofilas a e b foi obtido de forma indireta, duas folhas de cada muda, por meio do uso de um clorofilômetro portátil ClorofiLOG® modelo CFL1030 (Falker®, Brasil) ao término do experimento, 21 dias de suspensão da irrigação.

A densidade estomática foi feita usando 2 mudas por tratamento, utilizando a técnica de impressão epidérmica para cada face da folha. Essa técnica consiste em colocar a folha em uma lâmina com adesivo instantâneo universal éster de cianoacrilato. Os estômatos foram observados com auxílio de um microscópio óptico e em seguida foi obtida, no programa Image J, a densidade estomática nas faces adaxial e abaxial.

Para determinação do teor relativo de água (TRA) foram utilizadas 2 mudas por tratamento. Com um alicate perfurador de papel foram coletados dez discos foliares por repetição, os quais foram imediatamente pesados em balança de precisão para obtenção do peso da massa fresca (PMF). Em seguida, os mesmos foram acondicionados em placas de Petri, cobertos por água destilada e mantidos em por um período de 24 horas (Figura 2).

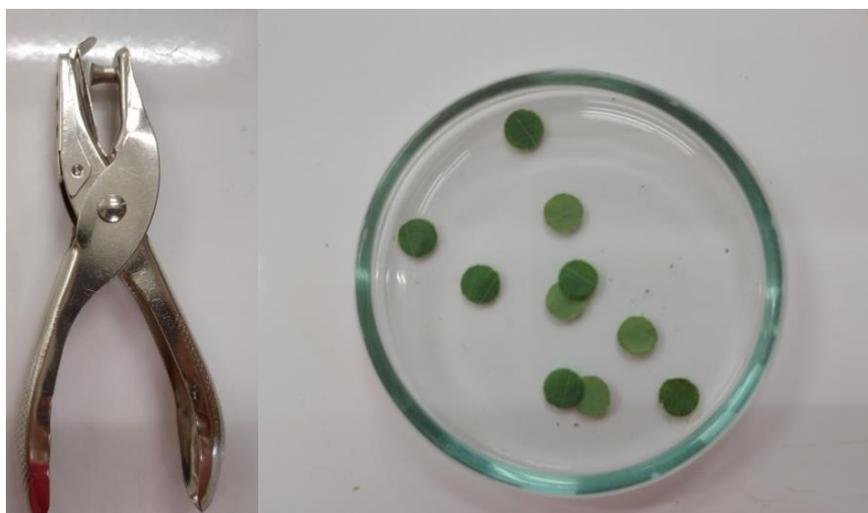


Figura 2: Coleta dos discos para análise do teor relativo de água. O autor, 2022.

Após esse período, os discos foram novamente pesados para obtenção do peso da massa túrgida (PMT). E por fim, os discos foram colocados em estufa com circulação forçada de ar ± 65 °C, por 24 horas para obter o peso da massa seca (PMS). O TRA foi calculado através da equação 1.

$$TRA = \frac{PMF - PMS}{PMT - PMS} 100 \quad \text{Equação 1}$$

As mudas foram separadas em raiz e parte aérea, secas em estufa com circulação forçada de ar, a uma temperatura ± 70 °C por 72 horas, até peso constante. Em seguida, as partes constituintes das plantas foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,01 g. Por meio dos dados de altura (H), diâmetro do coleto (DC), massa de matéria seca da parte aérea (MSPA), raiz (MSR) e total (MST), foram calculadas as relações de qualidade de mudas: MSPA/MSRA, H/DC, e o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) de acordo com a equação 2:

$$IQD = \frac{MST}{\left(\frac{H}{DC} + \frac{MSPA}{MSR}\right)} \quad \text{Equação 2}$$

Os dados foram analisados por meio de análise de variância ($p < 0,05$), e os que indicaram interação significativa, foram submetidos à análise de regressão dentro do fator qualitativo. Na escolha das equações de regressão, foram considerados a significância dos coeficientes e o coeficiente de determinação (R^2). Também foi calculado o coeficiente de correlação de Pearson para avaliar a correlação entre as variáveis dependentes. Para essas análises foi utilizado o R (R Development Core Team, 2024).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando os dados estatísticos da Tabela 2, observa-se que o resultado da altura e diâmetro do coleto das mudas *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh em função da fertilização potássica aos 150 dias após a semeadura, quando submetidos à análise de variância, admite diferença significativa de 1 % entre os tratamentos de doses de potássio apenas para variável altura, afirmando que há diferença em pelo menos dois tratamentos de fertilização potássica.

Tabela 2 - Análise de variância (ANOVA) das médias da altura (H) e diâmetro do coleto (DC) das mudas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh aos 150 dias após a semeadura.

FV	GL	P-VALOR	
		H (cm)	DC (mm)
TRATAMENTOS (K)	4	<0,01	>0,05

Em que: Fonte de variação (FV), Grau de liberdade (GL). Fonte: O autor, 2022.

A Figura 3 apresenta a resposta da altura em função das doses de potássio nas mudas de *Eucalyptus camaldulensis*. Na dose zero de K as mudas apresentam em média altura de 22,204 cm. O K influenciou positivamente o crescimento em altura em todos os tratamentos, em que a dose ótima estimada foi de 286 kg dm⁻³ de K. Segundo Godoi (2020), a fertilização potássica pode influenciar positivamente no crescimento em altura e produção de matéria seca em condições normais ou de estresse hídrico.

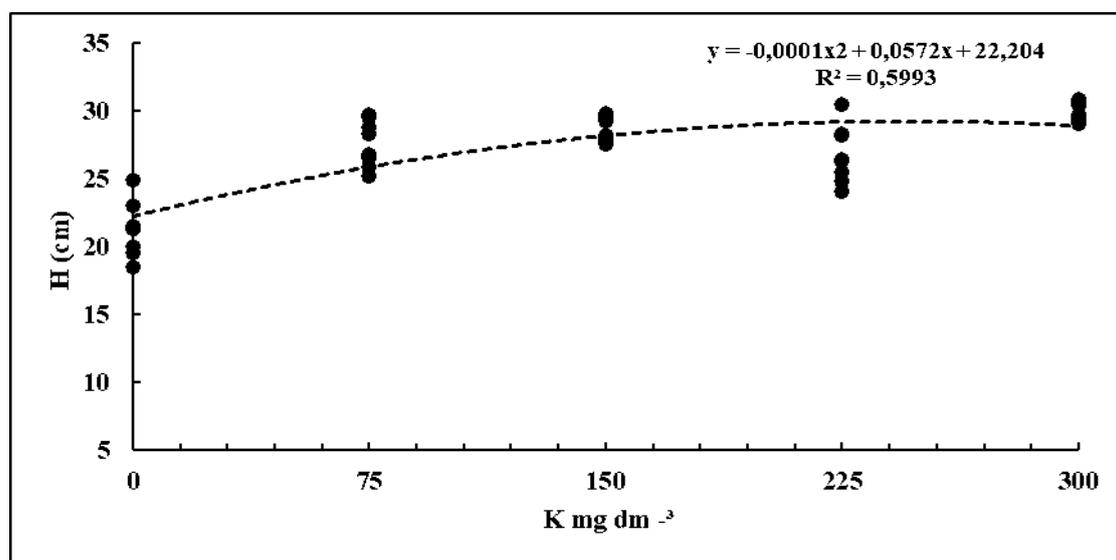


Figura 3: Altura (H) de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* em resposta à fertilização potássica aos 150 dias após a semeadura. Fonte: o autor, 2022.

Analisando os dados da Tabela 3, observa-se que os parâmetros morfológicos das mudas *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, aos 150 dias após a semeadura para os fatores K e interação K e irrigação não apresentam diferença significativa de 5 % para nenhuma das variáveis observadas, indicando que a fertilização potássica só teve influência positiva no crescimento inicial das mudas. Já para o fator irrigação, foi verificada diferença significativa de 5 % entre os tratamentos para todas as variáveis morfológicas, com exceção da variável H/DC.

Como somente a irrigação indicou diferença estatística, infere-se que não houve interação entre os fatores, logo, as doses de K não proporcionaram aumento na tolerância hídrica nas mudas. Segundo Andrade *et al.* (2018), a resposta da fertilização varia em razão de vários fatores desde a espécie como também a fonte de nutriente utilizada. Porém, de acordo com Arruda Silveira e Malavolta (2000), a necessidade por potássio no crescimento pode ser tardia nas espécies de *Eucalyptus*, podendo apenas ser significativo em idade mais avançada quando ocorrer o acúmulo de biomassa, além de que o *Eucalyptus camaldulensis* é

caracterizado por tolerar altas temperaturas e períodos de seca prolongados, o que pode justificar a falta de interação da fertilização potássica na fase de mudas.

Entretanto, a fertilização de cobertura pode diminuir a permanência das mudas em viveiro, proporcionando que atinjam a altura mínima necessária para condução ao campo, diminuindo os custos de produção.

Tabela 3 – Resumo da análise de variância (ANOVA) do Incremento de Altura (IH), Incremento de Diâmetro do coleto (IDC), relação Altura/Diâmetro (H/DC) do coleto, Massa seca parte aérea (MSPA), Massa seca raiz (MSR), Massa seca total (MST), relação Massa seca parte aérea / Massa seca raiz (MSPA/MSR) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) em das mudas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh aos 21 dias de suspensão de irrigação.

FV	P-VALOR							
	IH (cm)	IDC (mm)	H/ DC	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)	MSPA/ MSR	IQD
K	> 0,05	> 0,05	> 0,05	> 0,05	> 0,05	> 0,05	> 0,05	> 0,05
IRRIGAÇÃO	< 0,01	< 0,01	> 0,05	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	≤ 0,05
K x IRRIGAÇÃO	> 0,05	> 0,05	> 0,05	> 0,05	> 0,05	> 0,05	> 0,05	> 0,05

Fonte: O autor, 2022.

Na tabela 4 é possível observar que os tratamentos que não houve suspensão da irrigação proporcionaram o maior crescimento das mudas. De acordo com Taiz e Zeiger (2009), o crescimento celular, a fotossíntese e a produtividade dependem diretamente do potencial hídrico na planta, então pode-se entender que a suspensão hídrica limitou o crescimento.

Tabela 4 – Médias dos tratamentos com irrigação e sem irrigação das variáveis Incremento de Altura (IH), Incremento de Diâmetro do coleto (IDC), Massa seca parte aérea (MSPA), Massa seca raiz (MSR), Massa seca total (MST), relação Massa seca parte aérea / Massa seca raiz (MSPA/MSR) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) em das mudas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh aos 21 dias de suspensão de irrigação.

IRRIGAÇÃO	IH (cm)	IDC (mm)	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)	MSPA/ MSR	IQD
0	8,81	0,36	1,63	0,60	0,79	2,42	0,19
1	24,30	1,19	3,08	0,81	0,78	3,86	0,24

Em que: 0 – com suspensão da irrigação; 1- sem suspensão da irrigação. Fonte o autor, 2022

De acordo com Santos (1998) e Campos (2021), a limitação hídrica ocasiona mudanças na anatomia, fisiologia e bioquímica, podendo influenciar na redução do desenvolvimento das células, transpiração e redução na translocação de assimilados, o que interfere diretamente na manutenção e crescimento das plantas, além de os efeitos do déficit hídrico vai variar de acordo

com a sua intensidade e da duração, a espécie, e sua capacidade genética em responder às mudanças do ambiente. Indicando que durante a produção das mudas de *Eucalyptus camaldulensis* a irrigação é um fator limitante no seu crescimento inicial.

Foi observado diferença estatística para o índice de clorofila a e b, e teor relativo de água para o fator irrigação, porém para densidade estomática das folhas, faces adaxial e abaxial, não foi observada diferença significativa para nenhum dos fatores avaliados (Tabela 5).

Tabela 5: Análise de variância (ANOVA) das médias do Índice de clorofila a (ICA), Índice de clorofila b (ICB) e teor relativo de água (TRA) e densidade estomática da face da folha; abaxial (FAB) e adaxial (FAD) em das mudas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh aos 21 dias de suspensão da irrigação.

FV	P-VALOR					
	GL	CLOR A	CLOB	TRA	FAB	FAD
K	4	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05
IRRIGAÇÃO	1	<0,05	<0,01	<0,01	>0,05	>0,05
K x IRRIGAÇÃO	4	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05
RESÍDUO	10					

Fonte: O autor, 2022.

Segundo Chemlalia *et. al* (2022) a taxa fotossintética é menos afetada em *Eucalyptus camaldulensis* durante condições de privação de água, o que pode explicar os índices de clorofila serem maiores nos tratamentos que houve suspensão da irrigação (Tabela 6). Moura *et al* (2016) verificaram que em pinhão manso ocorreu aumento dos pigmentos fotossintéticos quando submetido a déficit hídrico indicando tolerância da espécie à limitação de água e melhor desempenho fotossintético da planta para manter seu desenvolvimento.

Para a variável TRA, observou-se maiores teores para os tratamentos sem suspensão da irrigação, segundo Valadares, Paula F e Paula C (2014) isso é decorrente da resposta fisiológica da planta à seca em que uma das consequências é a redução do conteúdo de água das folhas.

Tabela 6: Médias das variáveis índice de clorofila a (ICA), índice de clorofila b (ICB) e teor relativo de água (TRA) em das mudas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh aos 21 dias de suspensão da irrigação.

IRRIGAÇÃO	ICA	ICB	TRA (%)
0	40,37	16,81	37,26
1	35,93	11,75	88,17

Em que: 0 – com suspensão da irrigação; 1- sem suspensão da irrigação. Fonte o autor, 2022.

Para o número de folhas em relação a fertilização potássica e suspensão da irrigação (Figura 4.), foi possível verificar que os tratamentos em que não houve suspensão hídrica obteve

uma contagem crescente do número de folhas para a maioria dos tratamentos no decorrer de 21 dias.

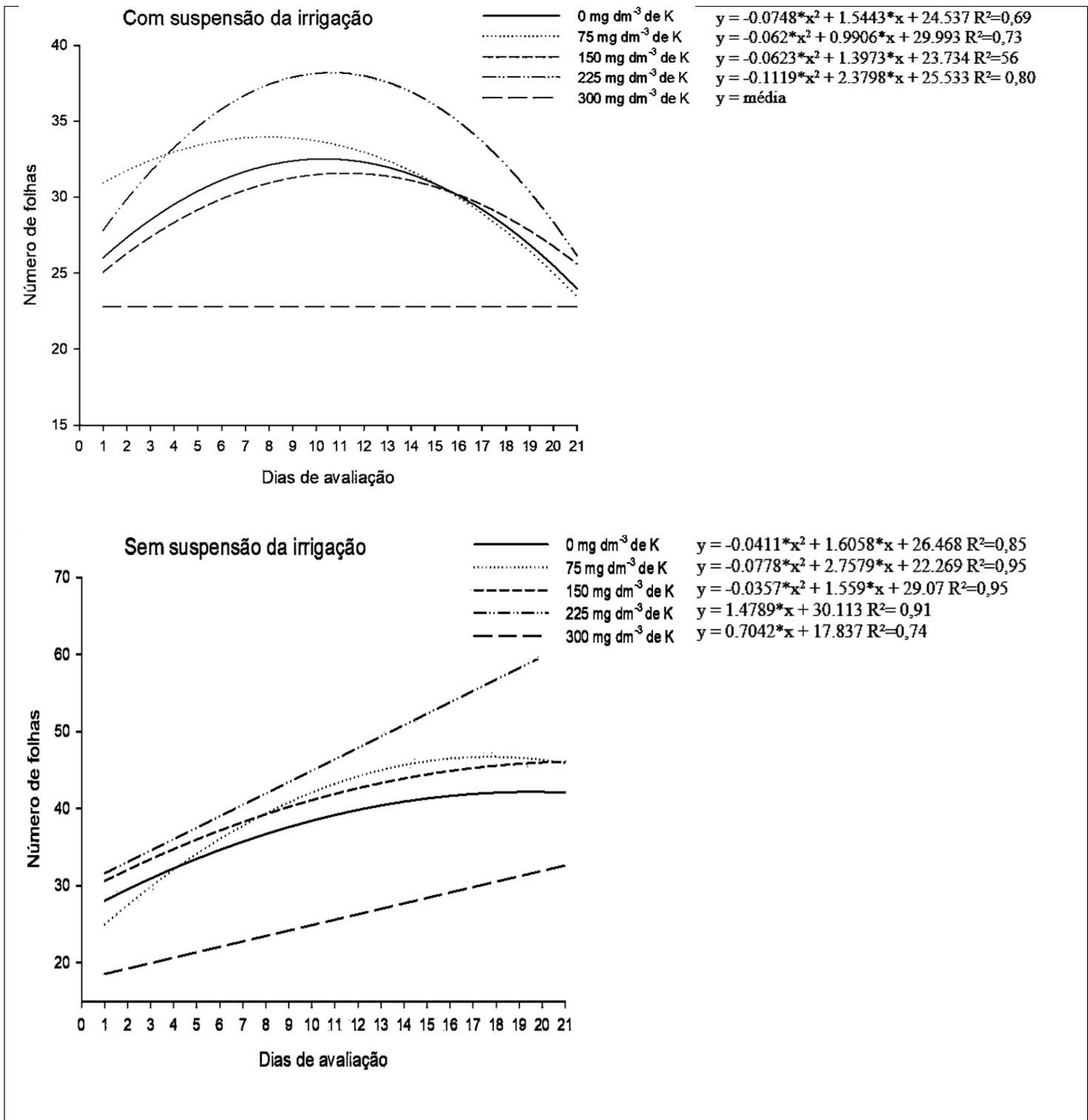


Figura 4: Análise de regressão no número de folhas em mudas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh por 21 dias de suspensão hídrica. Em que: * apresenta p-valor <0,01. Fonte: O autor, 2022.

A dose de 300 mg dm⁻³ de K aparenta promover uma certa tolerância à limitação hídrica, visto que mesmo com a suspensão da irrigação, o número de folhas permanece constante. Isso indica que o potássio pode desempenhar um papel na capacidade da planta de lidar com a escassez de água, possivelmente por meio de mecanismos de regulação osmótica ou outros processos fisiológicos. Esse resultado foi semelhante a dose ótima estimada em 286 kg mg⁻³ de K para crescimento inicial em altura, indicando que o potássio é importante tanto na conservação das folhas quanto na promoção do crescimento vertical das plantas.

A análise de correlação de Pearson (conforme Tabela 8) considerando r = 0,10; 0,30 e 0,50 como uma correlação fraca, moderada e forte (Cohen,1992) respectivamente; o Índice de Qualidade de Desenvolvimento é apontado como altamente correlacionado com as variáveis MSPA, MSR e MST, e DC. O IQD é considerado o parâmetro fundamental na avaliação da qualidade da muda, pois reflete o equilíbrio das características morfológicas, no entanto para sua determinação é necessário métodos destrutivos para obtenção da maioria das variáveis.

Tabela 8- Coeficiente de correlação de Pearson entre as variáveis: Incremento de Altura (IH), Incremento de Diâmetro do coleto (IDC), relação Altura/Diâmetro do coleto (H/DC) Massa seca parte aérea (MSPA), Massa seca raiz (MSR), Massa seca total (MST), relação Massa seca parte aérea / Massa seca raiz (MSPA/MSR) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) em das mudas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh aos 21 dias de suspensão hídrica.

Parâmetros	Coeficiente de correlação Pearson						
	DC (mm)	H/DC	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)	MSPA/MSR	IQD
H (cm)	0,44	0,44	0,35	-0,10	0,29	0,50	-0,16
DC (mm)	-	-0,38	0,46	0,15	0,45	0,32	0,55
H/DC	-	-	-0,03	-0,23	-0,08	0,22	-0,58
MSPA (g)	-	-	-	0,31	0,98	0,60	0,71
MSR (g)	-	-	-	-	0,51	-0,39	0,61
MST (g)	-	-	-	-	-	0,45	0,78
MSPA/MSR	-	-	-	-	-	-	0,08

Fonte: o autor, 2024.

Por outro lado, o diâmetro do coleto é um dos parâmetros de fácil obtenção e sem a necessidade de métodos destrutivos. A partir dele, é possível estimar a capacidade da muda de sobreviver em campo, tornando-o uma ferramenta valiosa na avaliação do desenvolvimento das plantas visto que ele possui relação com altura, parte aérea e biomassa seca conforme Mula (2011), o que justifica a variável DC resultar numa correlação positiva significativa com quase todas as outras variáveis (Tabela 8), com maiores valores para IQD, MSPA, MST e H.

5.0. CONCLUSÃO

A dose de K que proporcionou um bom crescimento inicial na altura, e na manutenção das folhas mesmo sob suspensão hídrica foi de 300 kg dm⁻³ de K. Entretanto, a fertilização potássica não teve efeito no crescimento de mudas após transplantadas nas condições estudadas. Os tratamentos que não houve suspensão da irrigação proporcionaram o maior crescimento das mudas indicando que durante a produção das mudas de *Eucalyptus camaldulensis* a irrigação é um fator limitante no seu crescimento inicial.

6.0. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Ediglécia Pereira de. **Reflexos da adubação potássica e dos níveis de água em aspectos fisiológicos e bioquímicos de mudas de espécies arbóreas da Caatinga**. 2020. Dissertação (Mestre em Ciências Florestais) - Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal, da Universidade Federal de Campina Grande, *Campus* de Patos/PB, [S. l.], 2020. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/22033>. Acesso em: 29 mar. 2022.

ANDRADE, Raphael Henrike Martins de *et al.* ADUBAÇÃO FOSFATADA NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Cassia ferruginea* E *Cassia grandis*. **Nucleus**, Ituverava, v. 15, n. 1, p. 41-50, abr. 2018. ISSN 1982-2278. Disponível em: <<http://nucleus.feituverava.com.br/index.php/nucleus/article/view/1792>>. Acesso em: 10 set. 2022. doi:<https://doi.org/10.3738/1982.2278.1792>.

ARRUDA SILVEIRA, Ronaldo LV de; MALAVOLTA, Eurípedes; GAVA, José Luiz. **NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO POTÁSSICA EM *EUCALYPTUS***. Informações Agronômicas. Encarte Técnico, Nº 91, setembro, 2000. Disponível em: [http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/7852024C3430C60383257AA300696DCD/\\$FILE/Encarte%2091.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/7852024C3430C60383257AA300696DCD/$FILE/Encarte%2091.pdf). Acesso em: 10 abr. 2022.

BIAGIOTTI, Gabriel *et al.* Fertilização potássica na implantação de *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Jonhson. *Scientia Forestalis/Forest Sciences*, v. 45, n. 113, p. 129-137, 2017. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/174716>>. Acesso em: 03 mar. 2022.

CAMPOS, AJ de M.; SANTOS, S.M.; NACARATH, IRFF. Estresse hídrico em plantas: uma revisão. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, [S. l.] v. 10, n. 15, pág. e311101523155, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i15.23155. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/23155>. Acesso em: 19 abr. 2022.

CARDOZO, Leonardo Santos. **Potássio na cultura do Eucalipto**: Uma revisão bibliométrica. Universidade Estadual Paulista (Unesp), 2021. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/215618>>.

Chemlali, Imen *et al.* “Anatomical, physiological, biochemical and molecular responses of Eucalyptus spp. under water deficit conditions and characteristics of Tunisian arid species: an overview.” **Notulae Scientia Biologicae** (2022): n. pag. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/reader/b20868de0dba19968ed5c28d6fe707c455a571bc>. Acesso em 16 fev 2024.

CLIMATE-DATA.ORG: Dados Climáticos Para Cidades Mundiais. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/pernambuco/recife-5069/>. Acesso em: 11 abr. 2022.

COHEN, Jacobo. (1992). Statistical power analysis. **Current Directions in Psychological Science**, 1(3), 98–101. <https://doi.org/10.1111/1467-8721.ep10768783>. Acesso em: 25 fev. 2024

DONAGEMMA, Guilherme Kangussu *et al.* **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2017. 230 p. Embrapa Solos. Documentos, 132.

GODOI, Natasha Mirella Inhã. **Adubação e residual de doses de nitrogênio, fósforo e potássio no eucalipto em sistema de talhadia no Cerrado**. 2020. Dissertação (Mestre em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista – UNESP, *Campus* de Ilha Solteira, 2020. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/192107>. Acesso em 22 abr. 2022

GONSAGA, Renan Furlan. **Produção de madeira e eficiência de utilização de nutrientes em clones de eucaliptos em diferentes idades**. 2017. Dissertação (Mestre em Agronomia) -

Universidade Estadual Paulista - Unesp, *Campus* de Jaboticaba, 2017. Disponível em: [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/150232/gonsaga_rf_me_jabo.pdf?sequence=3 & isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/150232/gonsaga_rf_me_jabo.pdf?sequence=3&isAllowed=y). Acesso em: 19 abr. 2022.

GROSSNICKLE, SC Why seedlings survive: influence of plant attributes. *New Forests* 43, 711–738 (2012). Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11056-012-9336-6>. Acesso em: 16 mar 2021.

MARCO, Rudinei De *et al.* Initial Growth and Quality of *Toona ciliata* Seedlings under Different Substrates. **Floresta e Ambiente** [online]. 2020, v. 27, n. 18 Mai, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.027318>. Acesso em 26 mar. 2022.

MOURA, Adenilda Ribeiro de. *et al.* RELAÇÕES HÍDRICAS E SOLUTOS ORGÂNICOS EM PLANTAS JOVENS DE *Jatropha curcas* L. SOB DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 2, p. 345–354, abr. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509822735>. Acesso em: 16 fev 2024.

MULA, Horácia Celina Armando. **AValiação de diferentes substratos na produção de mudas de *Sebastiania commersoniana* (Baillon) L. B. Smith & R. J. Downs**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 2011. Disponível em: http://www.floresta.ufpr.br/pos-graduacao/defesas/pdf_ms/2011/d566_0777-M.pdf. Acesso em: 22 fev 2024.

PICHELLI, Katia; SOARES, Simone. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Eucalipto: perguntas e respostas**. 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/florestas/transferecia-de-tecnologia/eucalipto/perguntas-e-respostas>. Acesso em: 12 jan. 2021.

PINTO JUNIOR, José Elidney; OLIVEIRA, Edilson Batista de. **O Eucalipto e a EMBRAPA: Quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. 1160 p. Disponível em: <http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=1131859&biblioteca=vazio&bu>

[sca=1131859&qFacets=1131859&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1](#). Acesso em: 26 ago. 2021.

R Core Team (2024). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.

Reis, C.A.F., Telles dos Santos, P.E. e Paludzyszyn Filho, E. 2014. **Avaliação de clones de eucalipto em Ponta Porã, Mato Grosso do Sul**. *Pesquisa Florestal Brasileira*. 34, 80 (dez. 2014), 263–269. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/977455>. Acesso em: 18 mar. 2022

SANTOS, Reginaldo Ferreira e CARLESSO, Reimar. DÉFICIT HÍDRICO E OS PROCESSOS MORFOLÓGICO E FISIOLÓGICO DAS PLANTAS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** [online]. 1998, v. 2, n. 3 [Acessado 10 Setembro 2022], pp. 287-294. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v2n3p287-294>>. ISSN 1807-1929. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v2n3p287-294>.

SHALIZI, Mohammad Nasir. Effects of Five Growing Media and Two Fertilizer Levels on Polybag—Raised Camden Whitegum (*Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage) Seedling Morphology and Drought Hardiness. *Forests*. Jun, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/f10070543>. Acesso 11 Mar. 2021

TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo. **Fisiologia vegetal**. Universitat Jaume I, 2009.

TAVARES FILHO, Gilberto. Qualidade da água no semiárido e seus efeitos nos atributos do solo e na cultura da *Moringa oleifera* Lam. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 43, ed. 3, 6 nov. 2020. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/rca/article/view/20722>. Acesso em: 28 mar. 2022.

VASCONCELOS, Rodrigo Tenório de. **Adubação fosfatada e potássica na implantação de *Khaya senegalensis* A. Juss.** 2016. Tese (Doutor em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal/SP, out 2016. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/145016>. Acesso em: 10 set. 2022.

VELLINI, Ana Lúcia Tonani Tolfo *et al.* Respostas fisiológicas de diferentes clones de eucalipto sob diferentes regimes de irrigação. **Revista Árvore** [online]. 2008, v. 32, n. 4 , pp. 651-663. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-67622008000400006>>. Acesso em 31 mar 2022.

Valadares, Jane; PAULA, Nádia Figueiredo de; PAULA, Rinaldo César de. Alterações fisiológicas em híbridos de eucalipto sob diferentes regimes de segurança. **Revista Ciência Agronômica**, v. 4, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1806-66902014000400019>. Acesso em: 22 fev 2024.