



PATRÍCIA MARA DE OLIVEIRA

**ACLIMATIZAÇÃO DE ESTRELÍCIA: EFETIVIDADE DE
SUBSTRATOS, FONTES DE NITROGÊNIO E
DISPONIBILIDADE HÍDRICA**

**LAVRAS – MG
2023**

PATRÍCIA MARA DE OLIVEIRA

**ACLIMATIZAÇÃO DE ESTRELÍCIA: EFETIVIDADE DE SUBSTRATOS, FONTES
DE NITROGÊNIO E DISPONIBILIDADE HÍDRICA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Vegetal, área de concentração Fisiologia Vegetal para obtenção do título de mestre.

Profa. Dra. Patrícia de Oliveira Duarte Paiva
Orientadora

Dr. Jorge Marcelo Padovani Porto
Coorientador

**LAVRAS - MG
2023**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Oliveira, Patrícia Mara.

Aclimatização de estrelícia: Efetividade de substratos. fontes de nitrogênio e disponibilidade hídrica / Patrícia Mara Oliveira. - 2023.
53 p.

Orientador(a): Patrícia Duarte de Oliveira Paiva.

Coorientador(a): Jorge Marcelo Padovani Porto.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2023.

Bibliografia.

1. Fisiologia vegetal. 2. Fitotecnia. 3. Produção de mudas. I. Paiva, Patrícia Duarte de Oliveira. II. Porto, Jorge Marcelo Padovani. III. Título.

PATRÍCIA MARA DE OLIVEIRA

**ACLI MATI Z A Ç Ã O DE ESTRELÍCIA: EFETIVIDADE DE SUBSTRATOS, FONTES
DE NITROGÊNIO E DISPONIBILIDADE HÍDRICA**

**ACLI MATI Z A T I O N OF STRETC H: EFFECTIVENESS OF SUBSTRATES, SOURCES
OF NITROGEN AND WATER AVAILABILITY.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fisiologia Vegetal, área de concentração em Fisiologia Vegetal para obtenção do título de mestre.

APROVADA em 24 de abril de 2023.
Dr^a. Raírys Cravo Herrera, UFPA
Dr. Diogo Pedrosa Corrêa da Silva, UFG

Dr^a. Patrícia Duarte de Oliveira Paiva
Orientadora

Dr. Jorge Marcelo Padovani Porto
Coorientador

LAVRAS – MG

2023

À minha querida irmã Juliana Mara (in memoriam), seu apoio inabalável e amor serão sempre lembrados e valorizados. Eu queria que você estivesse aqui para celebrar este momento comigo, mas sei que está sempre comigo em meu coração. Obrigada por me inspirar a perseguir meus sonhos. Eu te amo e sinto muito a sua falta.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha sincera gratidão às pessoas que tornaram possível a realização deste trabalho:

Agradeço à minha família: meus pais, Ana Rosa e Lupércio, minha irmã Fabiana Mara e meu esposo Diego, pelo amor, compreensão e incentivo constantes.

À minha orientadora, Dra. Patrícia Duarte de Oliveira Paiva, por sua paciência, apoio incondicional, orientação e ensinamentos ao longo do desenvolvimento desta pesquisa.

Ao professor Dr. Renato Paiva, responsável pelo Laboratório de Cultura de Tecidos de Plantas (LCTP), e ao professor Dr. Vitor de Laia Nascimento, responsável pelo Laboratório de Bioquímica de Plantas, por toda a ajuda prestada e pelos recursos oferecidos para a realização dos experimentos.

À professora Dra. Michele Valquíria dos Reis, responsável pelo Horto da Universidade Federal de Lavras (UFLA), pelo fornecimento de sementes e material para os experimentos.

À banca examinadora, Dra. Rairys Cravo Herrera e Dr. Diogo Pedrosa Correa da Silva, por aceitarem o convite para avaliar este trabalho.

À equipe do LCTP, por toda a assistência e colaboração prestadas durante as análises.

Aos membros do Núcleo de Estudos em Paisagismo e Floricultura (NEPAFLOR) e do Núcleo de Estudos em Fisiologia Vegetal (NEF), por todas as discussões e contribuições que enriqueceram o desenvolvimento deste trabalho.

A Taís e Joel, pelo auxílio técnico e apoio logístico.

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia/Fisiologia Vegetal.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG).

Muito obrigada a todos!

“É fácil lamentar as vidas que não estamos vivendo.”

(Haig, Matt)

RESUMO

A *Strelitzia reginae* é uma planta ornamental tropical com grande potencial no mercado para flor de corte e jardim. Sua espécie apresenta dificuldades de propagação por ser uma planta de crescimento lento e ter sementes com dormência. Assim, uma das alternativas para acelerar a sua propagação, é o uso da técnica de micropropagação. Dentre as etapas para o processo de produção de mudas, aclimatização é crucial na adaptação gradual das plântulas do ambiente *in vitro* para o *ex vitro*. O objetivo foi determinar os elementos necessários para promover um crescimento vegetativo e uma assimilação de carboidratos mais eficientes na aclimatização da estrelícia, proveniente do cultivo *in vitro*. As sementes de estrelícia, foram imersas em ácido sulfúrico para a quebra dormência e em seguida, foi feita a assepsia com hipoclorito de sódio (NaClO) para serem inoculadas em meio MS e, após, 45 dias foram transferidas para sala de crescimento, com fotoperíodo de 16 horas e temperatura a $25 \pm 2^\circ\text{C}$ e irradiância de fótons de $36 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Os experimentos ocorreram em 4 etapas: No experimento 1, foi realizada a aclimatização utilizando os seguintes substratos: comercial (Rendmax® Floreira); vermiculita expandida; fibra de coco e casca de arroz carbonizada. No experimento 2, ocorreu a aplicação no substrato de uma solução de KNO_3 , com as concentrações de 0,0; 2,5; 3,75 e 5,0 g L^{-1} e salitre, com as concentrações de 0,0; 7,0; 7,8 e 8,2 g L^{-1} por vaso, separadamente. No terceiro experimento ocorreu a aclimatização, utilizando diferentes fontes nitrogenadas como NPK (14-14-14), salitre e KNO_3 , com as seguintes concentrações 3,2 g L^{-1} , 3,75 g L^{-1} e 3,5 g L^{-1} , respectivamente. No experimento 4 foi realizado o controle de umidade de solo em 100%, 66% e 33%, com o auxílio de duas placas de Arduino MEGA. As avaliações foram realizadas ao final do período da aclimatização. Foram avaliados a altura de parte aérea e radicular (cm), número de folhas, massa seca total (g) e análises do metabolismo de carboidratos. A partir dos resultados obtidos, foi possível inferir que, o melhor substrato para aclimatização da estrelícia é a fibra de coco, e em doses adequadas o salitre se mostrou um bom fertilizante para esta espécie vegetal e solos com umidade em 66% promovem maior crescimento e desenvolvimento radicular desta espécie.

Palavras-chaves: *Strelitzia reginae*. Nitrogênio. Irrigação. Micropropagação.

ABSTRACT

Strelitzia reginae is a tropical ornamental plant with great potential in the market for cut flowers and gardens. Its species faces difficulties in propagation due to its slow growth and seeds with dormancy. One of the alternatives to accelerate the propagation process is the use of micropropagation techniques. Among the stages of seedling production process, acclimatization is crucial for the gradual adaptation of the plantlets from the in vitro environment to the *ex vitro*. The objective was to determine the necessary elements to promote vegetative growth and efficient carbohydrate assimilation during the acclimatization of *Strelitzia reginae* derived from in vitro cultivation. The *strelitzia* seeds were immersed in sulfuric acid to break dormancy, followed by asepsis with sodium hypochlorite (NaClO) before being inoculated in MS medium. After 45 days, the seeds were transferred to a growth room with a photoperiod of 16 hours, a temperature of 25 ± 2 °C, and a photon irradiance of $36 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. The experiments were conducted in four stages: In the first experiment, acclimatization was carried out using the following substrates: commercial (Rendmax® Floreira), expanded vermiculite, coconut fiber, and carbonized rice husk. In a second experiment, a solution of KNO_3 was applied to the substrate at concentrations of 0.0, 2.5, 3.75, and 5.0 g L^{-1} , and saltpeter at concentrations of 0.0, 7.0, 7.8, and 8.2 g L^{-1} per pot, separately. In the third experiment, acclimatization was performed using different nitrogen sources such as NPK (14-14-14), saltpeter, and KNO_3 at concentrations of 3.2 g L^{-1} , 3.75 g L^{-1} , and 3.5 g L^{-1} , respectively. In experiment 4, soil moisture was controlled at 100%, 66%, and 33% using two Arduino MEGA boards. Evaluations were conducted at the end of the acclimatization period, including measurements of shoot and root height (cm), number of leaves, total dry mass (g), and carbohydrate metabolism analysis. Based on the results obtained, it was possible to infer that coconut fiber is the best substrate for acclimatizing *Strelitzia reginae*, and at appropriate doses, saltpeter proved to be a good fertilizer for this plant species, while soils with 66% moisture promote greater growth and root development of this species.

Keywords: *Strelitzia reginae*. Nitrogen. Irrigation. Micropropagation.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	16
2.	REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
2.1	Espécie vegetal.....	17
2.2	Micropropagação.....	18
2.3	Aclimatização.....	18
3.	MATERIAL E MÉTODOS.....	20
3.1	Local de estudo e material vegetal.....	20
3.2	Obtenção das plântulas de <i>S. reginae</i>	20
3.2.1	Aclimatização das plantas.....	21
3.3	Experimento 1: Uso de diferentes substratos durante a aclimatização.....	21
3.4	Experimento 2: Aplicação de diferentes doses de KNO_3 e salitre.....	21
3.5	Experimento 3: Uso de diferentes fontes adubação na aclimatização.....	22
3.6	Experimento 4: Controle de irrigação durante a aclimatização.....	22
4.	AVALIAÇÕES.....	22
4.1	Análises bioquímicas.....	23
4.1.2	Açúcares solúveis totais.....	23
4.1.3	Açúcares redutores.....	23
4.1.4	Amido.....	24
4.2	Análises estatísticas.....	24
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
5.1	Experimento 1: Uso de diferentes substratos durante a aclimatização.....	25
5.2	Experimento 2: Aplicação de diferentes doses de KNO_3 e salitre.....	30
5.3	Experimento 3: Uso de diferentes fontes adubação na aclimatização.....	36
5.4	Experimento 4: Controle de irrigação durante a aclimatização.....	43
6.	CONCLUSÃO.....	47
	Referências.....	48

1. INTRODUÇÃO

A *Strelitzia reginae* é uma espécie tropical ornamental, herbácea, com porte variando entre 1,2 e 1,5m de altura, folhas coriáceas, com inflorescência terminal com flores alaranjadas, muito utilizada em jardins e como flor de corte. Pertencente à ordem Zingiberales e família *Strelitziaceae*, é originária da África do Sul, tendo sido introduzida na Europa em 1770 e, a partir daí, distribuída para as outras partes do mundo. As flores são exóticas e a espécie é popularmente conhecida como estrelícia ou ave-do-paraíso (LORENZI; SOUZA, 2001; PATEL et al., 2017).

A estrelícia é uma planta entouceirante, propagada vegetativamente por divisão de touceiras, ou sexuadamente por meio de sementes (PAIVA et al., 2007). No entanto, uma das dificuldades enfrentadas ao realizar a propagação sexuada da estrelícia é a ocorrência de dormência química na semente, que ocorre devido à presença de inibidores de germinação, resultando na impermeabilidade do tegumento e endosperma rígido (ALMEIDA, 2020). Portanto, uma das alternativas para ampliar em escala comercial a sua propagação é realizar a sua germinação com ajuda da técnica de cultura de tecidos de plantas.

Dentre as técnicas de cultura de tecidos de plantas, a micropropagação pode ser utilizada como uma ferramenta biotecnológica para a propagação e conservação de germoplasmas de espécies (GARCIA et al., 2021). Após a seleção do material genético, ele passa pela assepsia e o estabelecimento *in vitro*, em seguida as outras etapas da micropropagação são a multiplicação, alongamento e enraizamento para que a plântula chegue ao último processo, que é o período de aclimatização. Neste processo, ocorre uma fase de adaptação progressiva das mudas do ambiente *in vitro* para um ambiente *ex vitro*, controlando fatores que podem limitar ou interromper o desenvolvimento das plantas, como temperatura, luminosidade, substrato, nutrientes e, principalmente, umidade (HEINTZE et al, 2018). Pois, a condição hídrica geralmente é um fator limitante para o estabelecimento dessas plantas (POSPISILOVA et al., 1999; LARCHER, 2000).

O tipo de substrato pode ajudar a minimizar os estresses ocorridos durante o período de aclimatização, podendo auxiliar na economia hídrica, retenção de nutrientes, poder de tamponamento, permeabilidade e aeração (FARIA, ASSIS e CARVALHO, 2010). Outros recursos, como fertilizantes e controle de irrigação, também podem ser utilizados durante o período de aclimatização. O uso adequado do nitrogênio e o controle adequado da irrigação têm se mostrado eficientes no processo de aclimatização durante a micropropagação de plantas. Durante esse período crítico de transição, é importante fornecer uma quantidade adequada de

nitrogênio, pois ele pode auxiliar no desenvolvimento saudável das raízes e no crescimento vegetativo das plantas. O nitrogênio desempenha um papel fundamental na síntese de proteínas e no estímulo ao crescimento celular. Além disso, o controle da irrigação é essencial para garantir que as plantas recebam a quantidade adequada de água, evitando a desidratação e o excesso de umidade. Uma irrigação equilibrada proporciona condições ideais para o desenvolvimento radicular e o crescimento vegetativo, contribuindo para a adaptação bem-sucedida das plantas no ambiente externo durante o período de aclimatização. (FARIA et al. 2000; PAPAFOTIOU et al., 2022).

O objetivo desta pesquisa foi investigar o efeito da determinação adequada do substrato, da fonte nitrogenada e concentração, juntamente com a condição hídrica durante o processo de aclimatização de *S. reginae*. Busca-se compreender como esses fatores influenciam o crescimento vegetativo e a assimilação de carboidratos, visando reduzir o estresse que pode ser experimentado pelas plantas durante esse período crítico. Através dessa investigação, espera-se obter informações relevantes que possam contribuir para o aprimoramento das técnicas de aclimatização de *S. reginae*, resultando em um processo mais eficiente e com melhores taxas de sobrevivência e desenvolvimento das plantas.

1. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Espécie vegetal

A estrelícia apresenta dormência química pois, as suas sementes têm um inibidor de germinação, acarretando impermeabilização do tegumento (ALMEIDA 2020), sendo a cultura de tecidos, uma das estratégias mais viáveis para ampliar a produção comercial desta espécie vegetal. Já foram realizadas algumas técnicas para propagação da *Strelitzia r. in vitro* com a utilização de sementes, cultura de embriões e rizomas coletados de plantas mãe (PAIVA et al., 2004; RAI et al., 2021; FIGUEIREDO et al., 2021).

O estabelecimento *in vitro* de estrelícia teve o intuito de avaliar o comportamento *in vitro* e a viabilidade de propagação por este processo (PAIVA et al., 2004). Durante o cultivo *in vitro* foi observada oxidação nos explantes e no meio de cultura, que ocasionam danos a esta espécie vegetal, o melhor controle da oxidação foi observado em meios de cultura acrescidos com carvão ativado ou solidificado com phytigel® (PAIVA et al, 2007). As elevadas temperaturas e reguladores de crescimento também influenciam o desenvolvimento do cultivo *in vitro* de estrelícia.

Verificou-se que elevadas temperaturas e altas concentrações de GA₃ afetam o metabolismo da planta, proporcionando aumento na atividade da redutase do nitrato, alterações nas atividades de superóxido dismutase (SOD), ascorbato peroxidase (APX), além de aumento do comprimento aéreo e radicular em embriões zigóticos de estrelícia (FIGUEREDO et al., 2021).

Desse modo, estudos vêm sendo desenvolvidos com o intuito de desenvolver estratégias que melhorem o processo de propagação, como por exemplo a caracterização das sementes e embriões de *Strelitzia reginae*, por meio de análise de imagens em GroundEye, Raio-X, além de análises anatômicas e bioquímicas. Também foram feitos estudos sobre a propagação *in vitro* a partir de rizomas, com intuito de criar brotações, concluindo que o uso de concentrações de fitorreguladores como ácido naftalenoacético (ANA) e benzilaminopurina (BAP) são eficientes para proliferação e desenvolvimento de brotos (RAI et al., 2021; TANIGUCHI et al, 2022).

2.2 Micropropagação

A técnica de micropropagação possibilita muitas vantagens para a propagação de diversas espécies vegetais, como a produção em larga escala em tempo reduzido de plantas com alta qualidade e homogeneidade (GRIMALDI et al., 2016). A micropropagação pode ser usada como ferramenta biotecnológica, para a propagação de espécies de importância econômica e ornamental e contribuir para a conservação de espécies vegetais e diversificação dos materiais disponíveis para o mercado de plantas ornamentais (GARCIA et al 2021; SILVA et.al 2018).

O ambiente de cultivo *in vitro* proporciona maior controle que o ambiente *in vivo*, sendo possível manter as características ambientais únicas, proporcionando, assim, as melhores condições (XIAO et al., 2020). No entanto, a eficácia da propagação *in vitro* não depende apenas das condições ótimas na fase de multiplicação, mas também de métodos eficazes de enraizamento e crescimento *ex vitro* durante a aclimatização, como o uso de substratos e reguladores de crescimento (MURASEVA e KOSTIKOVA, 2020).

2.3 Aclimatização

A aclimatização consiste na etapa de adaptação gradual das plântulas do ambiente *in vitro* para o *ex vitro*, sob condições de temperatura, umidade e luminosidade controladas (DUTRA et al; 2020). Após a transplante das plântulas para a casa de vegetação, ocorrem alterações morfológicas e anatômicas, mudanças na condição hídrica, fotossíntese e absorção

de nutrientes. A taxa de mortalidade em algumas espécies vegetais também é afetada durante esta etapa (RODRIGUES et al. 2020; DIAS, et al., 2014, TOMBOLATO e COSTA, 1998).

As alterações das características morfológicas e fisiológicas das plantas estão relacionadas ao período de aclimatização, pois ocorre a transição das plantas de organismos heterotróficos para autotróficos (BARBOZA, et al; 2006). Essas alterações ocorrem devido a respostas da alteração do ambiente e o uso de reservas acumuladas durante o cultivo *in vitro* para tentarem sobreviver (TAVARES et al., 2008). Os carboidratos consistem no principal produto da fotossíntese, sendo responsáveis por desempenhar um papel primordial no metabolismo energético das plantas, desenvolvimento e crescimento, além de sinalização de estresse na aclimatização (FURTAUER et al., 2019).

Para diminuir o estresse durante a aclimatização, as plantas desenvolvem redes de moléculas e metabólicas para se adaptar e sobreviver sob as novas condições ambientais (ANKUSH et al., 2020). Assim, as plantas modulam o metabolismo e o transporte de açúcar para contrabalançar os impactos negativos do estresse abiótico (ANKUSH et al., 2020).

A aclimatização também é influenciada pelo tipo de substrato utilizado, que pode facilitar ou impedir o crescimento das plântulas de acordo com suas propriedades físico-químicas, promovendo diferentes respostas das plantas (SILVA et al.; 2020). O uso de substratos adequados à espécie vegetal favorece o crescimento e o desenvolvimento das plantas durante esse período (MENEZES-SÁ et al. 2022). Por se tratar de uma fase crítica para a sobrevivência e desenvolvimento das plantas, o substrato precisa ter uma boa capacidade de reter a umidade de modo que não comprometa a aeração do sistema radicular da planta (GRATTAPAGLIA & MACHADO, 1990; SILVA et al., 2011; HEINTZSE et al; 2018).

Os nutrientes têm um papel de grande importância nas atividades metabólicas das plantas. O nitrogênio (N) desempenha um papel fundamental na bioquímica das plantas, estando envolvido em processos vitais como a síntese de proteínas e aminoácidos. É um dos principais componentes da clorofila e responsável pela captura de energia luminosa durante a fotossíntese nas plantas. Essa capacidade do nitrogênio de participar da síntese de proteínas, aminoácidos e ser um constituinte fundamental da clorofila o torna um elemento essencial para o funcionamento adequado das plantas. Além disso, atua também na produção e translocação de fotoassimilados e é requerido pelas mudas para atingirem o pleno desenvolvimento vegetativo (GIAMPAOLI et al 2017; MORAES et al; 2017; PATEL et al., 2017). Durante a aclimatização de plantas é possível utilizar diversas fontes nitrogenadas com o intuito de otimizar este processo.

A utilização de fontes nitrogenadas, tais como KNO_3 , salitre e diferentes formulações de NPK, têm se mostrado eficazes no processo de aclimatização de plantas. Essas fontes fornecem macronutrientes essenciais ao crescimento e desenvolvimento, o que contribui para um melhor desempenho das plantas, após sua transferência da condição *in vitro* para *ex vitro*. No entanto, é importante salientar que as necessidades nutricionais variam entre as espécies, e altas concentrações de nitrogênio no solo podem inibir o crescimento da planta ou partes da planta como raízes, além de causar deficiências nutricionais, toxidez e clorose nas folhas (TAVARES et al., 2008; QUARESMA et al., 2020; TODJRO et al., 2021). Além disso, o regime hídrico também afeta o desenvolvimento das plantas durante o período de aclimatização, uma vez que são observadas mudanças no metabolismo das plantas, redução da área foliar e crescimento vegetativo (DEGU et al.; 2019).

Portanto, um dos maiores problemas da aclimatização é o estresse que as plantas sofrem ao passarem do ambiente *in vitro* para o *ex vitro*, uma vez que podem ter a sua eficiência fotossintética e regulação hídrica afetados, além de, alteração em alguns aspectos anatômicos e raízes não funcionais. O uso de técnicas eficientes durante a aclimatização das plantas é importante uma vez que se espera que as plantas atinjam a maior taxa de sobrevivência e consigam ter um bom crescimento e desenvolvimento. Também o uso de substratos, adubação e irrigação adequados podem ser eficazes para o aprimoramento da aclimatização (MARTINS et al., 2012; DUTRA et al., 2020).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local de estudo e material vegetal

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Cultura de Tecidos de Plantas (LCTP), do setor de Fisiologia Vegetal, do Instituto de Ciências Naturais (ICN) da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e em casa de vegetação, no Departamento de Agricultura (DAG) da UFLA. As sementes da espécie *S. reginae* foram obtidas por meio de coletas realizadas no em plantas do Setor de Paisagismo e Floricultura, da UFLA.

3.2 Obtenção das plântulas de *S. reginae*

As sementes foram escarificadas com ácido sulfúrico, com concentração de 95-98%, durante 30 minutos em uma capela e lavadas 3 vezes com água destilada (PAIVA et al., 2004),

para quebra da dormência e inoculadas em meio MS geleificado sem reguladores de crescimento (MURASHIGE; SKOOG, 1962). Após essa etapa, as sementes foram mantidas em sala de crescimento em fotoperíodo de 16 horas, temperatura de 25 ± 2 °C e irradiância de fótons de $36 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, durante 45 dias.

3.2.1 Aclimatização das plantas

As plântulas retiradas do ambiente *in vitro*, com aproximadamente 7 cm, com presença de uma raiz e duas folhas, foram lavadas em água corrente e transferidas para recipientes plásticos de 200 mL, contendo diferentes substratos e cobertas com sacos plásticos transparentes para reter a umidade, com remoção gradual até o 28º dia de aclimatização. As plantas foram aclimatizadas em sala de crescimento com fotoperíodo constante e em fotoperíodo de 16 horas, temperatura de 25 ± 2 °C e irradiância de fótons de $36 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, a aclimatização aconteceu até o 52º dia após o transplante.

3.3 Experimento 1: Uso de diferentes substratos durante a aclimatização

Foram utilizados quatro substratos: a) comercial (Rendmax® Floreira, composta por bagaço de cana, turfa, casca de pinus/eucalipto, serragem de madeira e composto orgânico); b) vermiculita expandida; c) fibra de coco (Vida Verde) e d) casca de arroz carbonizada. Durante um período de 52 dias após o transplante, as plantas foram irrigadas a cada 4 dias com água destilada. A irrigação foi feita baseando-se no método de medição direta de evapotranspiração por lisimetria, que é uma técnica para medir a quantidade de água que sai e que entra no solo, sendo os substratos irrigados até a capacidade de campo e os recipientes pesados após a irrigação (ABOUKLED et al., 1982).

3.4 Experimento 2: Aplicação de diferentes doses de KNO₃ e salitre.

As plantas com 45 dias de cultivo *in vitro*, medindo aproximadamente 7 cm e com presença de raízes, foram lavadas em água corrente e transplantadas para recipientes plásticos com capacidade de 200 mL, utilizando o substrato que apresentou melhor desempenho na etapa

anterior. Essas plantas foram mantidas em condições de temperatura e luminosidade controladas em sala de crescimento, durante 52 dias e irrigadas a cada 4 dias.

A fertilização foi realizada logo após o transplante das mudas e novamente após 25 dias do transplante, aplicando uma solução de KNO_3 PA (nitrato de potássio), com as concentrações de 2,5; 3,75 e 5,0 g L^{-1} , e salitre (15% de N, 14% de K_2O e 18% de Na) com concentrações de 0,0; 7; 7,8 e 8,2 g L^{-1} por recipiente, conforme metodologia adaptada (TAVARES et al., 2008). As avaliações foram realizadas 52 dias após o transplante.

3.5 Experimento 3: Uso de diferentes fontes adubação na aclimatização

A fertilização foi realizada logo após o transplante das mudas e novamente após 20 e 40 dias do transplante. No substrato fibra de coco foi aplicada uma solução de KNO_3 PA (nitrato de potássio), com concentração 3,75 g L^{-1} ; salitre (15% de N, 14% de K_2O e 18% de Na) com concentração de 3,5 g L^{-1} por recipiente e NPK com concentração de 3,2 g L^{-1} , conforme metodologia adaptada (TAVARES et al, 2008). As avaliações foram realizadas 60 dias após o transplante.

3.6 Experimento 4: Controle de irrigação durante a aclimatização.

As plântulas estabelecidas *in vitro*, foram transferidas para sala de crescimento, onde foram aclimatizadas por 52 dias com temperatura constante de 25 ± 2 °C e luminosidade controladas. Em seguida as plantas foram transferidas para vasos de 500 mL contendo uma mistura de solo e areia (2:1) e levadas à casa de vegetação, onde permaneceram por 52 dias.

Durante o período de cultivo as plantas foram irrigadas três vezes na semana normalmente, e após 15 dias, a umidade do solo foi mantida em três diferentes níveis: 33%, 66% e 100%. Para manter a umidade do solo foi utilizada uma placa de Arduino MEGA.

4. AVALIAÇÕES

Foram avaliados em todos os experimentos a porcentagem de sobrevivência das plantas, comprimento da parte aérea e radicular (cm), número de folhas e raízes, área foliar (cm), com o auxílio do aplicativo de celular Easy Leaf Area Free e massa fresca (g) de parte aérea e radicular. Em seguida, o material fresco foi colocado em sacos pardos e levado à estufa de

circulação forçada à 300°C para a secagem, após peso constante, as plantas foram pesadas novamente para obtenção da massa seca (g).

4.1 Análises bioquímicas

Foram realizadas análises de carboidratos utilizando tecidos de folha e raiz, seguindo os protocolos descritos no laboratório de Fisiologia e Bioquímica de Plantas do setor de fisiologia vegetal da UFLA. Para essas análises foram utilizados parte do material seco obtido nos dias de coleta dos experimentos II e III, que após coletados foram identificados e colocados em sacos pardos e mantidos em estufa de circulação forçada até peso constante à 300°C, durante 7 dias.

Conforme o protocolo de Extração de macro e micromoléculas 0,2g de massa seca foi homogeneizada em 10 mL de tampão fosfato de potássio 0,1 M pH 7,0 e levada ao banho-maria em 40 °C, por 30 minutos (ZANANDREA et al.; 2010). Em seguida, as amostras foram centrifugadas durante 10 minutos a 5.000 g. Esse extrato será usado para a quantificação de açúcares redutores, açúcares solúveis totais e proteínas totais.

4.1.2 Açúcares solúveis totais

A avaliação de açúcares solúveis totais (AST), foi realizada pelo Método da Antrona – Yemm Willis (1954). Foram adicionadas alíquotas para folha e raiz e adicionados a água destilada e 2 mL de reagente antrona. Em seguida os tubos foram agitados e levados ao banho-maria a 100°C durante 5 minutos. A quantificação foi realizada no espectrofotômetro a 620nm, baseada em uma curva padrão de glicose. Por fim, foi realizada a avaliação do conteúdo de sacarose, o teor de sacarose foi obtido a partir dos valores encontrados da subtração do AST com o AR.

4.1.3 Açúcares redutores

A quantificação de açúcares redutores foi realizada pelo Método do Ácido Dinitrosalicídico (DNS) – Miller (1959). É um dos métodos colorimétricos mais utilizado para quantificar os açúcares redutores usando o ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS) como agente oxidante. Foi utilizado alíquotas para folha e raiz, adicionando água destilada e o reagente DNS,

as amostras foram agitadas e levadas ao banho-maria durante 5 minutos a 100°C. As análises foram feitas a partir de uma curva padrão de glicose no espectrofotômetro a 595 nm.

4.1.4 Amido

Foi feita a ressuspensão do pellet dos extratos brutos com 8 mL do tampão acetato de potássio 200 mM pH 4,8. Adicionado 2 mL da solução da enzima amiloglicosidase 1 mg/mL, em seguida será incubado no banho-maria por 40 °C, durante 2 horas. A centrifugação foi feita à 5.000 g por 20 min, completando o sobrenadante com 15 mL de água. A avaliação de amido, ocorreu pelo Método da Antrona – Yemm Willis (1954).

4.2 Análises estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software estatístico R Studio. Foram utilizados diversos pacotes da linguagem estatística R, tais como *Emmeans* para realizar as análises de médias, *Multcomp* utilizado para realizar o teste Tukey, *Hnp* para verificar o intervalo de confiança, *MASS* para realizar as análises de normalidade e *ScottKnott* para realizar o teste de Scott-Knott.

O experimento I foi realizado utilizando o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 4 tratamentos e 6 repetições. Quando houve significância, os dados foram submetidos à análise de variância, utilizando os testes de Shapiro-Wilk e homogeneidade de variâncias de O'Neill-Mathews. Além disso, para realizar as comparações das médias obtidas, foi utilizado o teste de Tukey com nível de significância de $P < 0,05$.

No experimento II foi realizado utilizando o delineamento em blocos casualizados (DBC), com 7 tratamentos e 5 repetições. A análise de biomassa foi realizada por meio de uma regressão, utilizando um modelo quadrático para os dados, que em seguida foram submetidos à análise de variância, utilizando os testes de Shapiro-Wilk e homogeneidade de variâncias de O'Neill-Mathews. Já para as análises bioquímicas, as médias foram comparadas utilizando o teste de Tukey, com nível de significância de $P < 0,05$.

Os experimentos III e IV foram conduzidos utilizando o delineamento em DBC, com 4 tratamentos e 7 repetições, e 3 tratamentos e 8 repetições, respectivamente. As variáveis respostas significativas foram submetidas a análise de variância, utilizando os testes de Shapiro-Wilk e homogeneidade de variâncias de O'Neill-Mathews. Também foi realizada as comparações das médias utilizando o teste de Tukey com nível de significância de $P < 0,05$.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Experimento 1: Uso de diferentes substratos durante a aclimatização

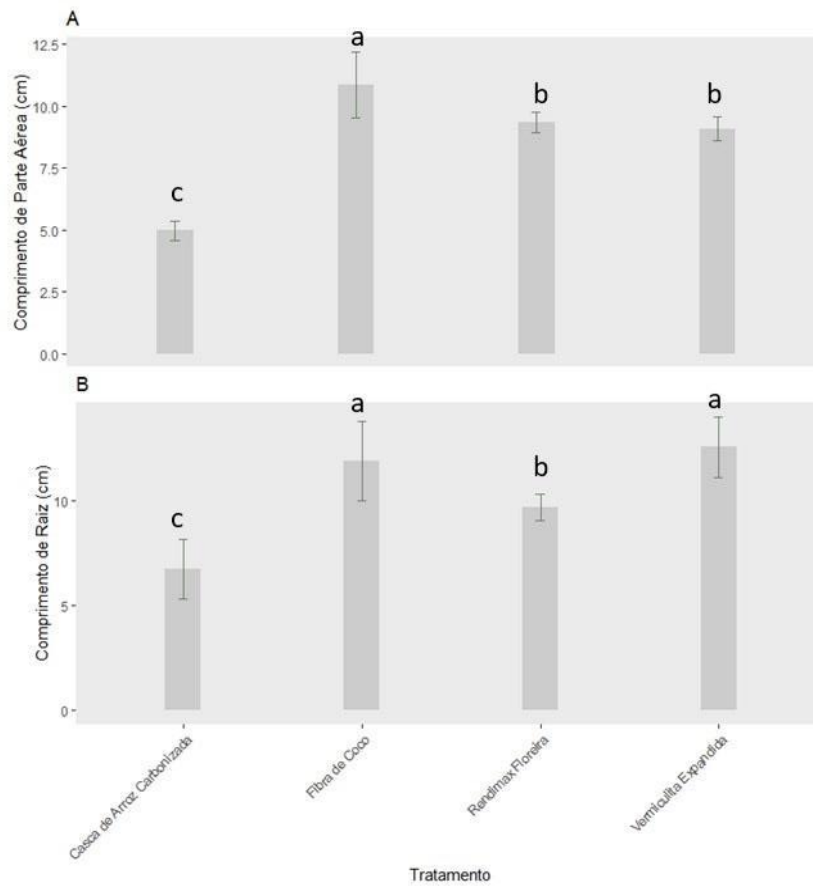
Após um período de 52 dias de aclimatização em sala de crescimento, todas as mudas apresentaram a taxa de sobrevivência de 100% em todos os tratamentos. Realizou-se o teste de Shapiro-Wilk, que indicou distribuição normal das amostras, e o teste de homogeneidade de variâncias de Bartlett assumiu que as variâncias dos resíduos são homogêneas.

Verificou-se diferença estatística significativa entre o uso dos substratos (Figura 1A). As plantas aclimatizadas em substrato fibra de coco, apresentaram maior média de crescimento (10,5 cm), enquanto as plantas cultivadas em casca de arroz carbonizada apresentaram o menor crescimento (4,67 cm). Já as plantas aclimatizadas em substrato comercial Rendmax® Floreira e vermiculita apresentaram médias de crescimento semelhantes (9,0 cm e 8,83 cm, respectivamente). Vale ressaltar que o uso de fibra de coco favoreceu um maior crescimento de parte aérea em comparação aos substratos casca de arroz carbonizada e casca de pinus durante a aclimatização de plantas da espécie *Cattleya* (LONE et al., 2008).

A utilização de fibra de coco como substrato pode ter proporcionado um maior crescimento radicular para a estrelícia devido ao seu maior acúmulo de água e nutrientes. A fibra de coco contribui para o crescimento das plantas, pois proporciona maior retenção de nutrientes e água, fornecendo uma boa estrutura para o desenvolvimento radicular (SOUSA et al., 2013).

Além disso, verificou-se que as plantas aclimatizadas com vermiculita e fibra de coco apresentaram as maiores médias para comprimento da parte radicular (Figura 1B). Em uma pesquisa realizada (ALMEIDA et al., 2020), o substrato fibra de coco também proporcionou um maior crescimento radicular para o mamão durante a aclimatização, quando comparado aos demais tratamentos. Portanto, o uso de fibra de coco como substrato pode ser uma excelente opção para promover o crescimento e desenvolvimento de plantas durante a etapa da aclimatização, em relação à estrelícia, favorecendo o desenvolvimento das raízes

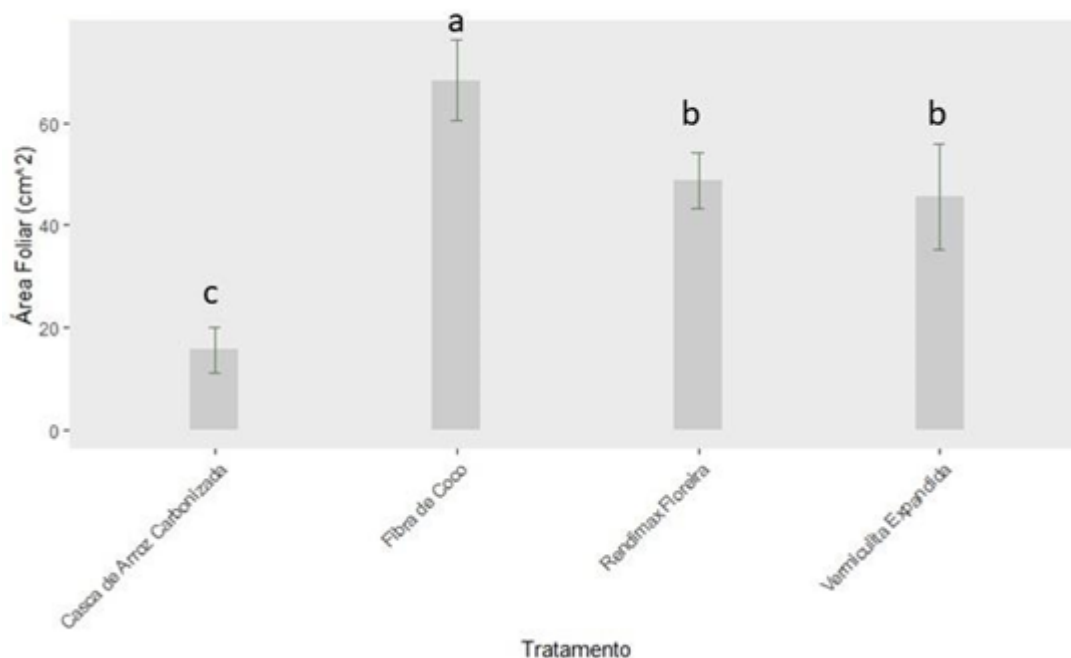
Figura 1 - Efeito de diferentes substratos no crescimento da *Strelitzia reginae*.



Fonte: Do autor (2023).

Os resultados apresentados indicaram diferenças estatisticamente significativas na área foliar das mudas de estrelícia (Figura 2). Observou-se que o uso do substrato fibra de coco proporcionou a maior média (68 cm²) para área foliar, seguido das plantas cultivadas com substrato comercial (48 cm²) e vermiculita (45 cm²), enquanto a menor média foi obtida pelas plantas aclimatizadas com casca de arroz carbonizada (13,5 cm²). Em estudos realizadas com mudas de *Eucalyptus urograndis* cultivadas em fibra de coco, apresentaram maior altura e área foliar quando comparadas a outros substratos, o que sugere efeito positivo desse substrato no crescimento e desenvolvimento das plantas durante a aclimatização (PRADO et al., 2015).

Figura 2 - Efeito de diferentes substratos na área foliar da *Strelitzia reginae*.



Fonte: Do autor (2023).

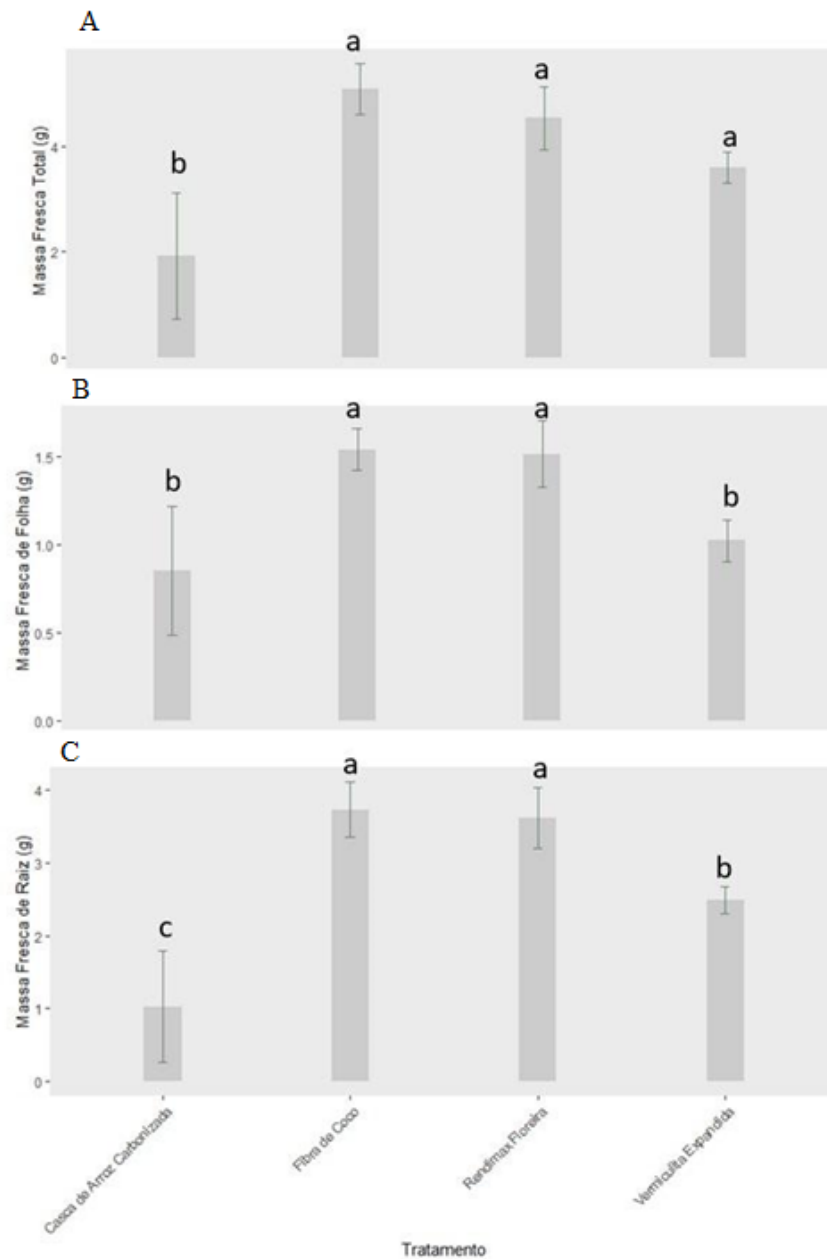
Geralmente, o maior comprimento da parte aérea e área foliar nas plantas indicam que há um investimento maior em fotossíntese e produção de carboidratos, primordiais para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Um aumento na área foliar pode indicar uma maior taxa de transpiração da planta contribuindo para maior fluxo de água e nutrientes da raiz para a parte aérea (MARTINS et al., 2016).

Com relação à massa fresca de folhas, o uso dos diferentes substratos apresentou diferenças estatisticamente significativas entre si (Figura 3). As plantas aclimatizadas com o substrato comercial Rendmax® Floreira e fibra de coco, apresentaram um desempenho superior (1,0 g e 1,0 g, respectivamente) em comparação aos substratos casca de arroz carbonizada e vermiculita expandida (0,33 g e 0,66 g, respectivamente). Esse resultado é consistente com pesquisa realizada em plantas de mamão aclimatizadas com o substrato comercial e fibra de coco, uma vez que esses substratos proporcionaram maior volume de biomassa, quando comparado ao substrato a casca de arroz carbonizada (ALMEIDA et al., 2020).

Para a massa fresca de raiz, as plantas aclimatizadas com fibra de coco e substrato comercial obtiveram as maiores médias (3,33 g e 3,17, respectivamente), e não houve diferença significativa entre elas. As plantas aclimatizadas com vermiculita obtiveram média superior

(2,0 g), enquanto as plantas aclimatizadas com casca de arroz carbonizada apresentaram a menor média (0,5 g) (Figura 3)

Figura 3 - Efeito de diferentes substratos na massa fresca da *Strelitzia reginae*.



Fonte: Do autor (2023).

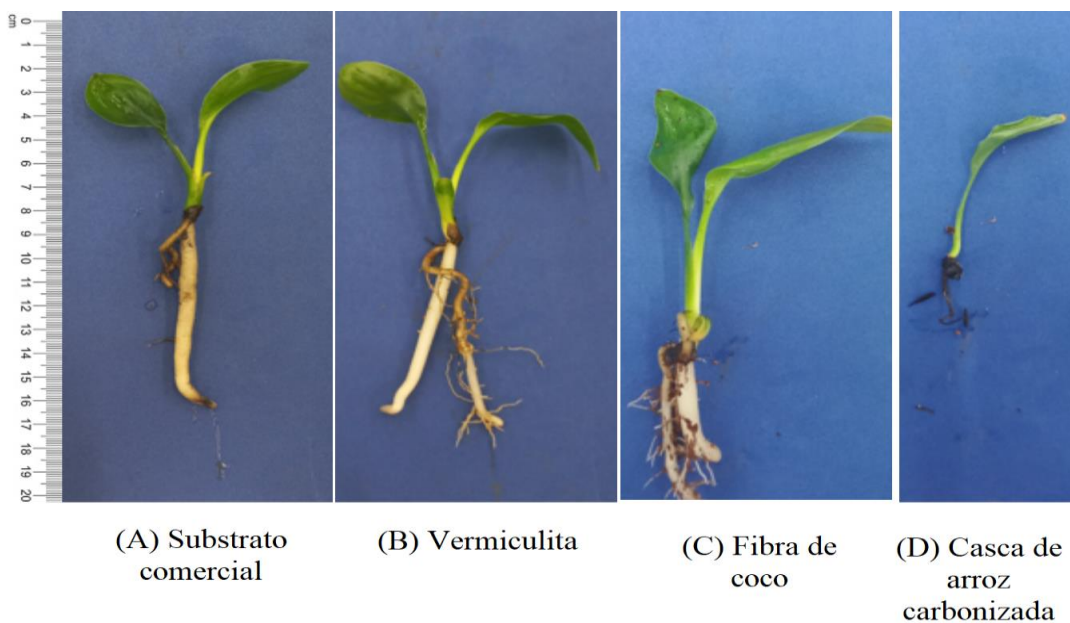
Existem algumas razões que fazem com que a fibra de coco seja um substrato capaz de promover uma boa retenção de água e nutrientes para as plantas durante o período de aclimatização. Uma delas é devido a sua estrutura porosa, que permite que a água seja absorvida

em grandes quantidades e ela fique retida por um período prolongado. Essa estrutura porosa na fibra de coco, facilita a circulação de ar no substrato, uma vez que as raízes precisam de oxigênio para se desenvolver de maneira adequada. Esta é capaz de reter nutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio, e a liberação desses nutrientes acontece de maneira gradual. Além disso, a fibra de coco tem um pH neutro, o que favorece o crescimento da maior parte das plantas, pois plantas em solos com pH inadequado têm a absorção de nutrientes prejudicados (RITTER et al., 2015; GUNATHILAKE e MADAWALA, 2020; GAO et al., 2020).

Durante o período de aclimatização, as plantas estão em um processo de adaptação ao novo ambiente, o que pode ser estressante para estas e afetar suas funções metabólicas. E a retenção de água e nutrientes no substrato é fundamental para as plantas durante esta etapa, pois precisam de um fornecimento constante de água e nutrientes para crescer e se desenvolver de maneira adequada (MITRA, 2016).

Figura 4 - Planta da espécie *Strelitzia reginae* submetida a diferentes tratamentos durante a fase de aclimatização em diferentes substratos.

Fonte: Patrícia Mara de Oliveira (2023).



Fonte: Do autor (2023).

5.2 Experimento 2: Aplicação de diferentes doses de KNO₃ e salitre.

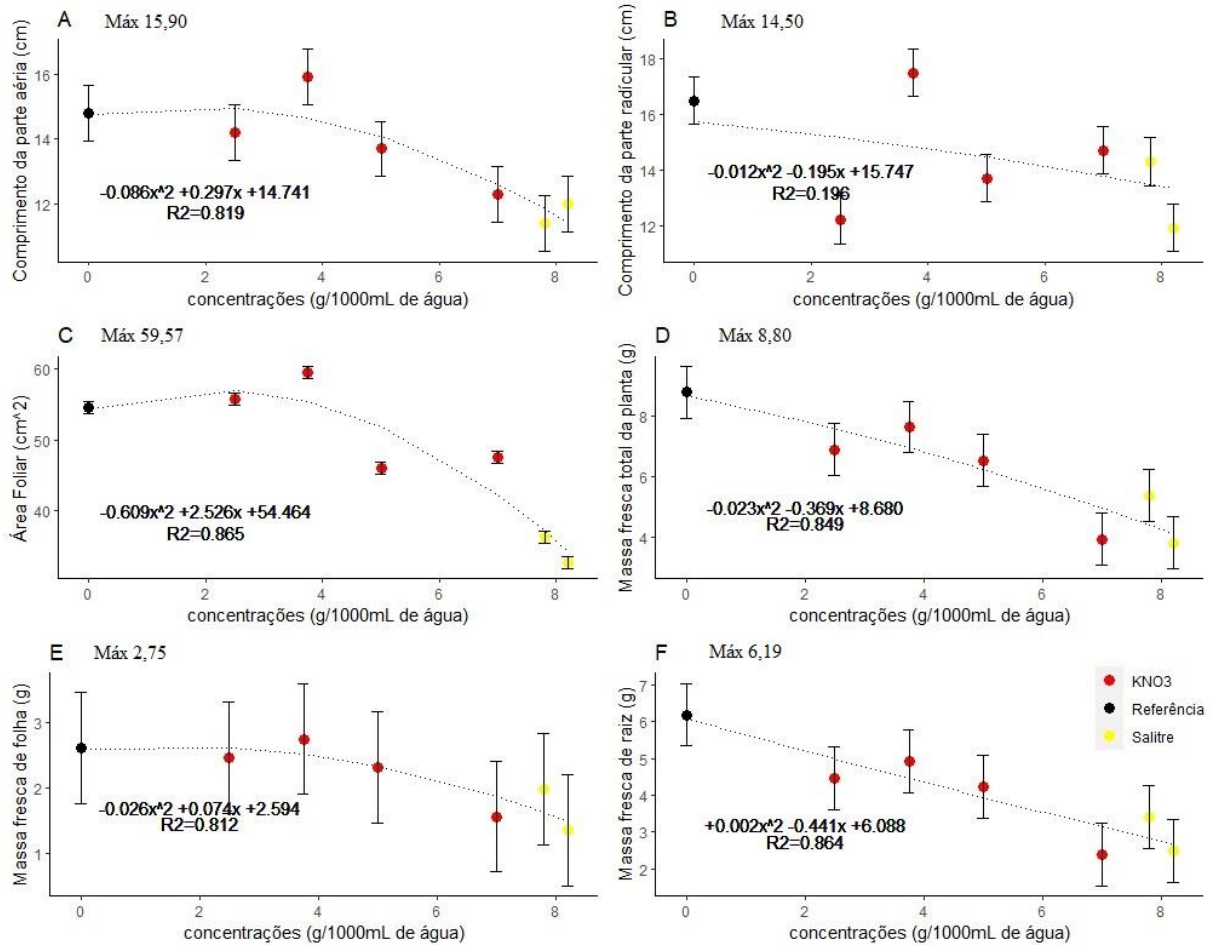
Com base nos resultados do teste de Shapiro-Wilk, que indicou distribuição normal, com significância de 5% e no teste de homogeneidade de variâncias de O'Neill-Mathews, que indicou que as variações nos grupos são homogêneas, é possível inferir que as condições para a realização de uma análise estatística confiável foram atendidas. Não houve diferença significativa entre os tratamentos para as variáveis número de folhas e raízes. Foi realizada a análise de regressão ajustando um modelo quadrático de dados, que indicou que os tratamentos realizados foram significativos.

As plantas que receberam o tratamento $3,75 \text{ g L}^{-1}$ de KNO_3 apresentaram uma média maior do que as demais plantas para comprimento de parte aérea, comprimento radicular, área foliar e massa fresca de folha (Figura 5). Isso pode indicar que essa dose proporciona um melhor aproveitamento dos nutrientes disponíveis no solo e maior eficiência no processo fotossintético, e pode ser que isso estimule a produção de hormônios do crescimento, proporcionando um maior crescimento e desenvolvimento para as plantas de estrelícia (MARSCHNER, 2012; GONÇALVES et al., 2016).

Esses resultados colaboram com pesquisas realizadas de crescimento *ex vitro* de cultivares de bananeiras cvs. *Prata-Anã* e *Nanicão*, utilizando fertilizantes nitrogenados no crescimento inicial, também foi constatado que o uso de KNO_3 promoveu maior área foliar e massa fresca de parte aérea, durante o período de aclimatização (SIQUEIRA et al., 2013). Outro estudo feito com bromélias, indicou que o uso de KNO_3 durante o processo de aclimatização favoreceu o seu desenvolvimento e promoveu maior crescimento (TAVARES et al., 2008).

No entanto, algumas concentrações dos fertilizantes contribuíram para a diminuição de massa fresca total e massa fresca de raiz inibindo o seu desenvolvimento (Figuras 5 e 6). As doses da adubação com KNO_3 e salitre em excesso, podem ter provocado toxicidade às plantas, o que pode levar a um desequilíbrio nutricional, que pode prejudicar a absorção de água e nutrientes, afetando o balanço hormonal e atividade enzimática da planta prejudicando o seu crescimento e desenvolvimento (MARSHER, 2012; TAIZ et al., 2017).

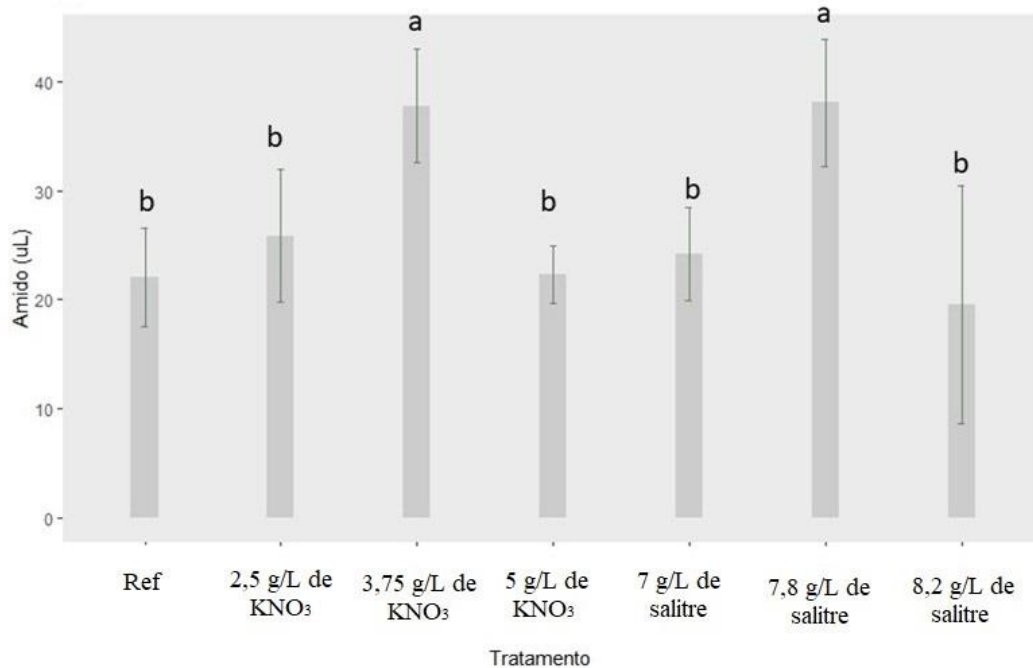
Figura 5 - Planta da espécie *Strelitzia reginae* aclimatizadas com duas fontes de nitrogênio, KNO_3 e salitre, e, diferentes concentrações: planta referência, sem adição de nutrientes; 2,5; 3,75 e 5 g L^{-1} de KNO_3 e 7; $7,8 \text{ g L}^{-1}$ de salitre.



Fonte: Do autor (2023).

Observou-se diferença estatisticamente significativa entre as plantas para amido em folha. As plantas tratadas com doses de $7,8 \text{ g L}^{-1}$ de salitre e $3,75 \text{ g L}^{-1}$ de KNO_3 ($38 \mu\text{L}$ e $25,8 \mu\text{L}$, respectivamente), apresentaram maior acúmulo de amido em relação aos demais tratamentos, (Figura 6). O maior acúmulo de amido nas plantas que foram tratadas com $3,75 \text{ g L}^{-1}$ KNO_3 , isso pode indicar que essas plantas foram capazes de realizar mais fotossíntese e produzir um excesso de carboidratos, uma vez que essa concentração apresentou as melhores médias de biomassa em comprimento de parte aérea, massa fresca de folha e área foliar. Uma vez que o KNO_3 contém nitrogênio e potássio, que são macronutrientes essenciais no crescimento e desenvolvimento das plantas (TAIZ et al., 2017). Portanto, o aumento na quantidade de amido nas folhas pode ser um indicativo que essa dose foi benéfica para o crescimento e desenvolvimento da estrelícia durante a etapa de aclimatização.

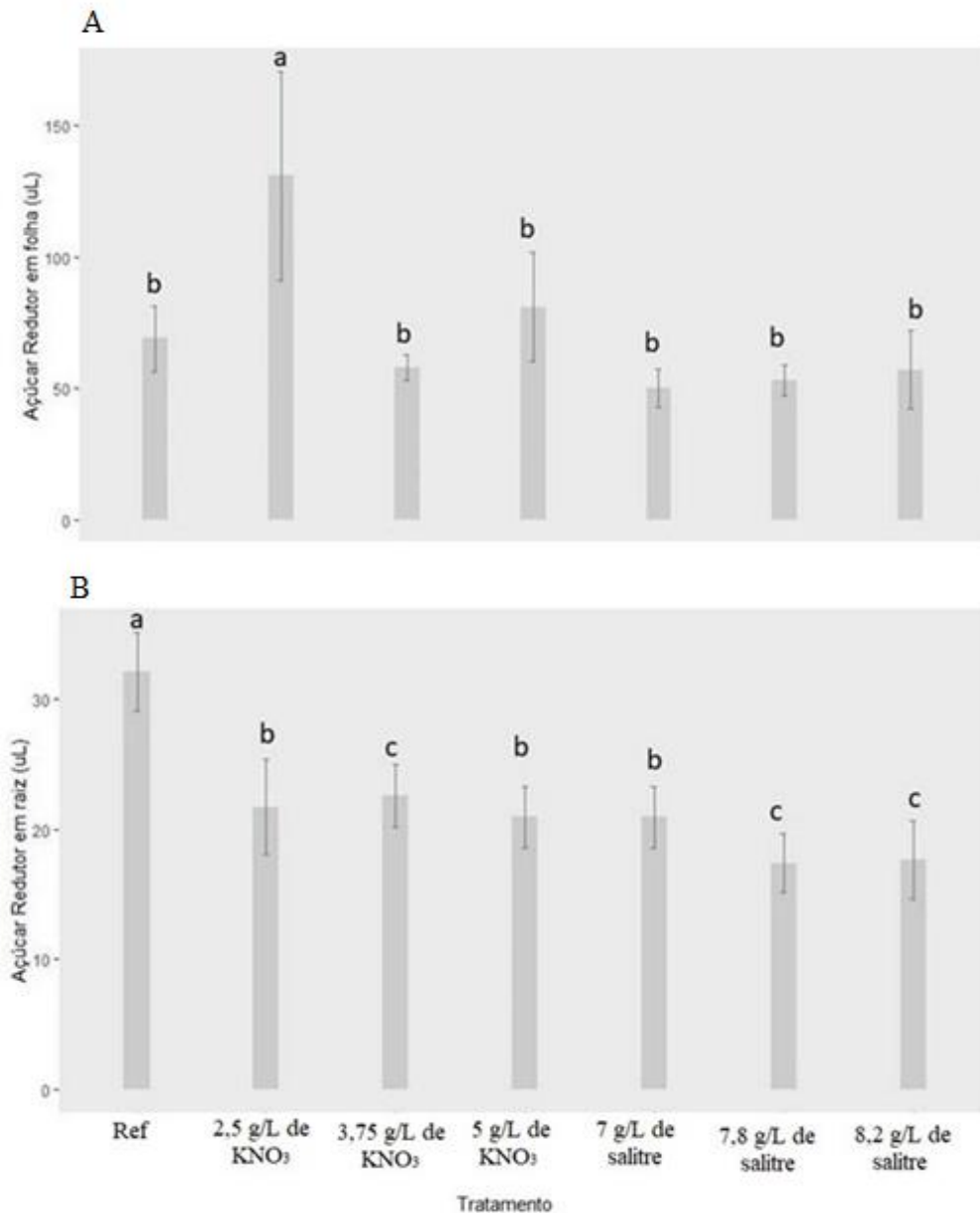
Figura 6 - Planta da espécie *Strelitzia reginae* submetida a diferentes tratamentos durante a fase de aclimatização. As plantas foram aclimatizadas com duas fontes de nitrogênio, KNO_3 e salitre em diferentes concentrações.



Fonte: Do autor (2023).

Em açúcares redutores (AR) analisadas em folhas, observou-se que as plantas com o tratamento $2,5 \text{ g L}^{-1}$ de KNO_3 , apresentaram maior acúmulo desse açúcar ($130 \mu\text{L}$), enquanto os demais tratamentos obtiveram teores de AR semelhantes (Figura 7). O acúmulo de AR na planta indica que ela foi capaz de realizar a fotossíntese de maneira adequada, porém não foi capaz de converter essa energia em crescimento. Em raízes, as plantas referência apresentaram maior acúmulo de AR que as demais plantas. Isso pode indicar que as doses de nitrogênio foram prejudiciais ao desenvolvimento radicular das plantas, indicando uma diminuição na atividade metabólica desse órgão ou que esses açúcares foram translocados para outras partes da planta com maior demanda (SILVA et al., 2001).

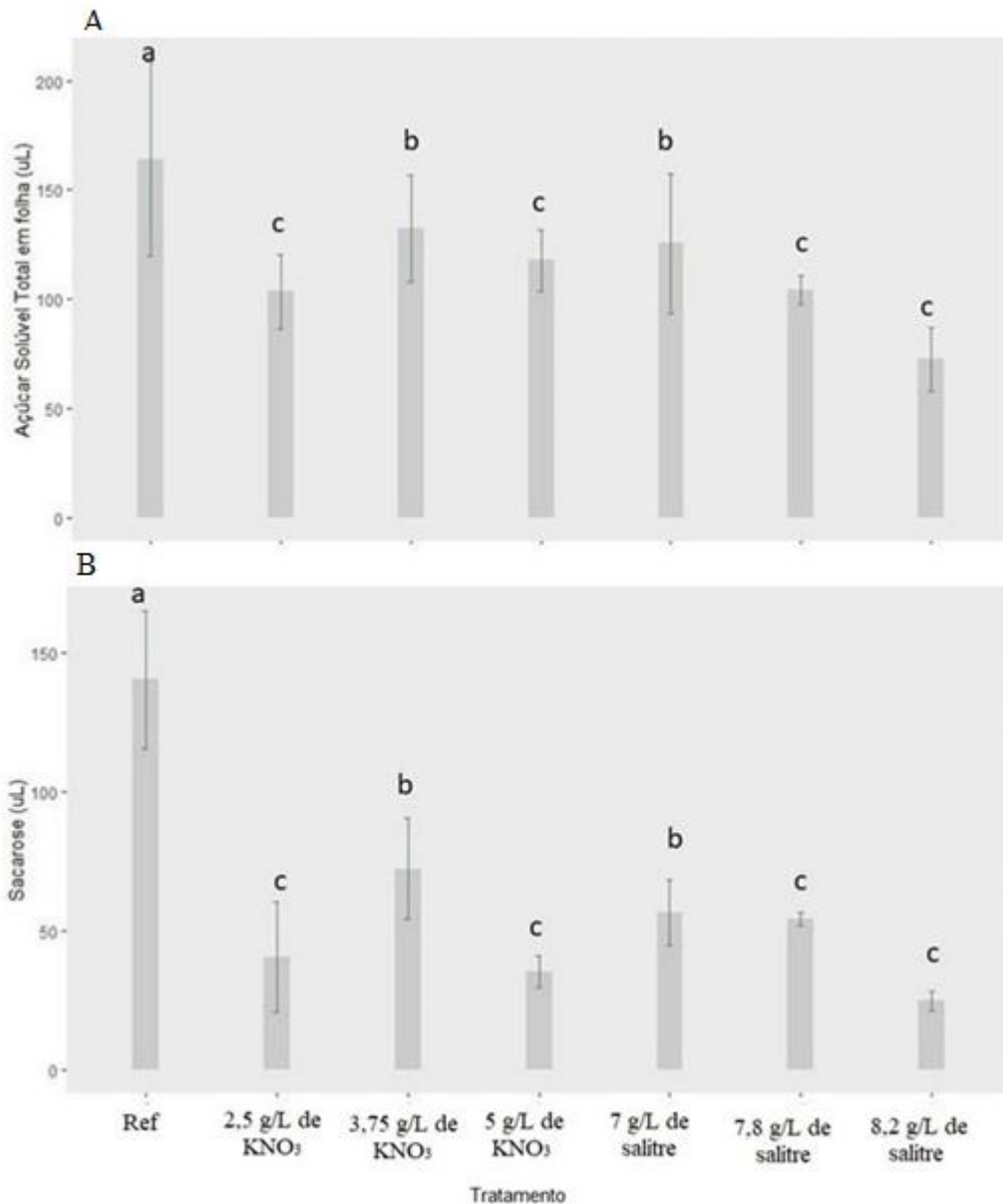
Figura 7 - Planta da espécie *Strelitzia reginae* a diferentes tratamentos durante a fase de aclimatização. As plantas foram aclimatizadas com duas fontes de nitrogênio, KNO_3 e salitre.



Fonte: Do autor (2023).

Com relação ao Açúcar Solúvel Total (AST) e sacarose em folhas, os resultados foram semelhantes (Figura 8). As plantas sem nenhuma adubação apresentaram maior acúmulo desses açúcares, enquanto as plantas tratadas tiveram uma redução. Para AST as doses com 5 g L⁻¹ de salitre; 7,8 g L⁻¹ de salitre; 2,5 g L⁻¹ de KNO₃ e 8,2 g L⁻¹ de salitre, apresentaram as menores médias (117,76; 104,12; 103,48 e 81,88 µL, respectivamente), enquanto para sacarose, as piores médias foram para 2,5 g L⁻¹ de KNO₃; 5 g L⁻¹ de salitre e 8,2 g L⁻¹ de salitre (40,68; 35,48 e 24,82 µL, respectivamente).

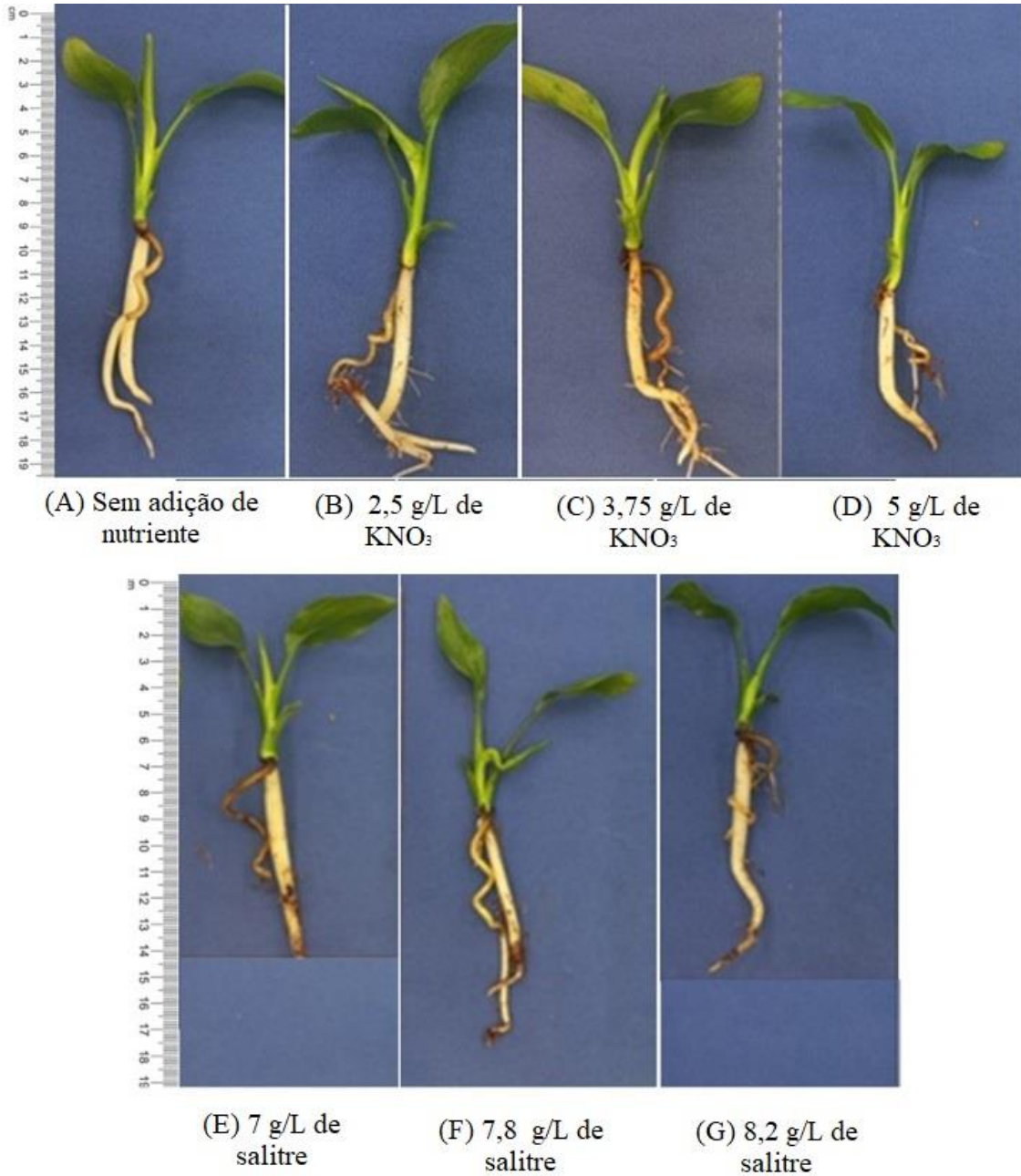
Figura 8 - Planta da espécie *Strelitzia reginae* submetida a diferentes tratamentos durante a fase de aclimatização. As plantas foram aclimatizadas com duas fontes de nitrogênio, KNO_3 e salitre.



Fonte: Do autor (2023).

Portanto as concentrações utilizadas nos tratamentos promoveram um efeito negativo para a produção desses açúcares nas folhas, não se mostrando eficientes. Uma vez que o acúmulo de nitrogênio no solo pode elevar a produção de hormônios vegetais, como a citocinina, causando inibição da síntese e acúmulo de AST e sacarose (GARCIA et al., 2013).

Figura 9 - Planta da espécie *Strelitzia reginae* submetida a diferentes tratamentos durante a fase de aclimatização. As plantas foram aclimatizadas com duas fontes de nitrogênio, KNO_3 e salitre em diferentes concentrações.



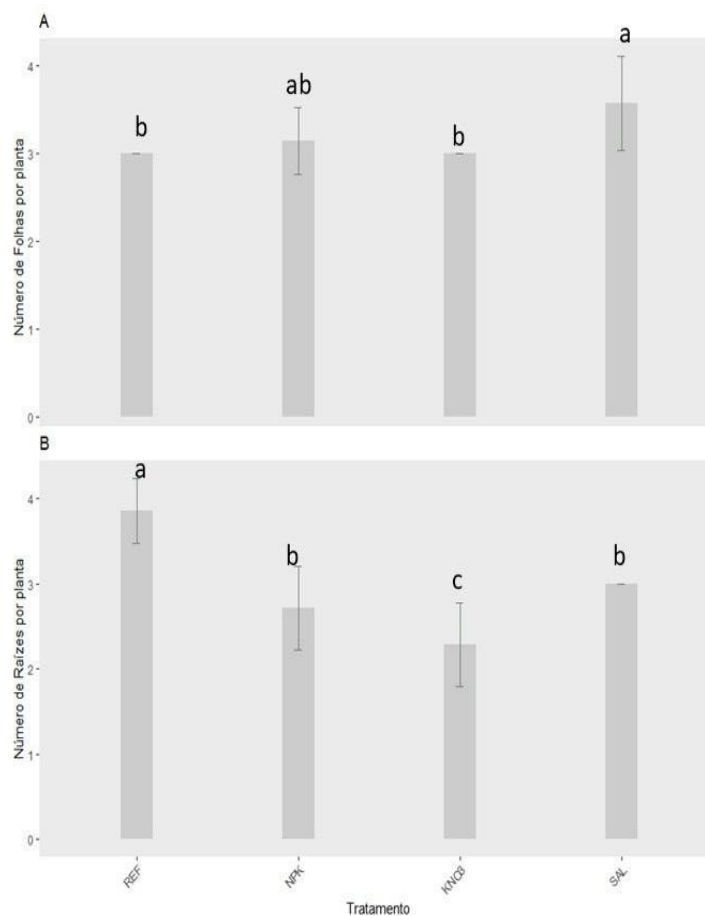
Fonte: Do autor (2023).

5.3 Experimento 3: Uso de diferentes fontes adubação na aclimatização

Foi realizado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, indicando que as amostras têm distribuição normal. O teste de homogeneidade de variâncias de Bartlett concluiu que existe homogeneidade entre os diferentes grupos de tratamentos.

As plantas referência e as que tiveram o tratamento com a adubação salitre apresentaram médias semelhantes. A quantidade de raízes também foi significativa entre os tratamentos. As plantas referências apresentaram a maior média de raiz (3,86 raízes por planta), seguida por salitre (3 raízes por planta), 14-14-14 (2,71 raízes por planta) e KNO₃ (2,29 raízes por planta). Portanto, o uso de diferentes fontes nitrogenadas não interferiu na quantidade de folhas e raízes nas plantas durante o período de aclimatização (Figura 10).

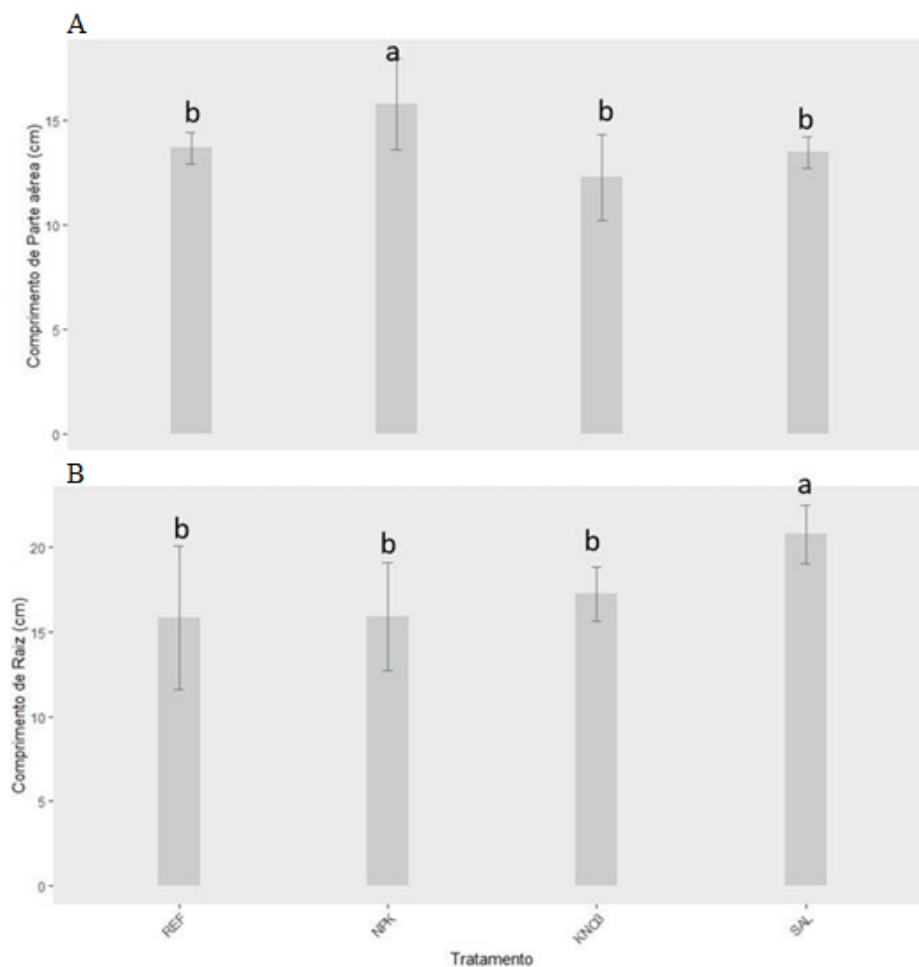
Figura 10 - Efeito de diferentes fontes nitrogenadas no número de folhas e raízes da *Strelitzia reginae*.



Fonte: Do autor (2023).

Para comprimento de parte aérea, houve diferença estatística significativa entre as plantas (Figura 11). O uso de NPK (14-14-14), apresentou o maior comprimento de parte aérea entre as plantas durante a aclimatização (15,7 cm). As plantas tratadas com o KNO_3 tiveram o pior desempenho (12 cm), além disso, as plantas adubadas com salitre e as plantas sem adubação apresentaram crescimento de parte aérea semelhante. Pesquisas feitas em *Anthurium maricense* mostraram que a utilização de NPK durante o período de aclimatização, influenciou positivamente a altura da planta e o número de folhas (CAMPOS et al., 2019). Uma vez que este fertilizante é composto por elementos essenciais ao crescimento da planta como nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), e por conter uma quantidade relativamente alta de N (14%) isso pode ter levado ao crescimento da parte aérea da planta (SOFYAN et al., 2014).

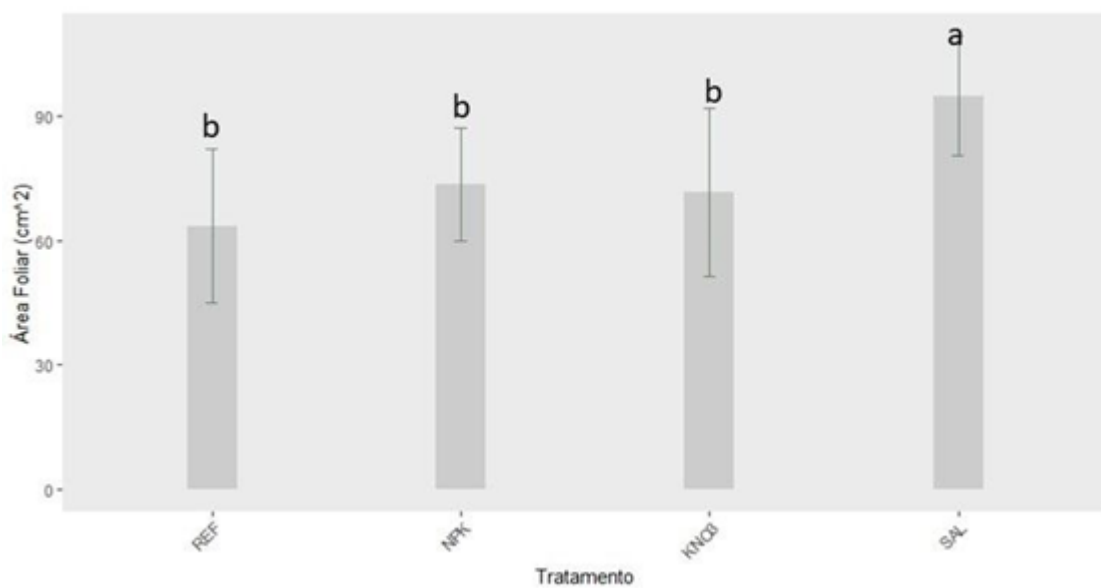
Figura 11 - Efeito de diferentes fontes nitrogenadas no comprimento de parte aérea e raiz em plantas da espécie *Strelitzia reginae*.



Fonte: Do autor (2023).

As plantas tratadas com salitre apresentaram o maior crescimento de parte radicular (20,57 cm) e as demais plantas apresentaram crescimento semelhante entre si. O salitre também promoveu maior área foliar (94,4 cm²) (Figura 12). O aumento no comprimento da raiz e área foliar, pode ser explicado pelos efeitos causados pelo nitrogênio no metabolismo da estrelícia. Uma vez que é responsável pela síntese de aminoácidos e proteínas que fazem parte dos componentes estruturais das raízes e folhas (LI et al., 2019).

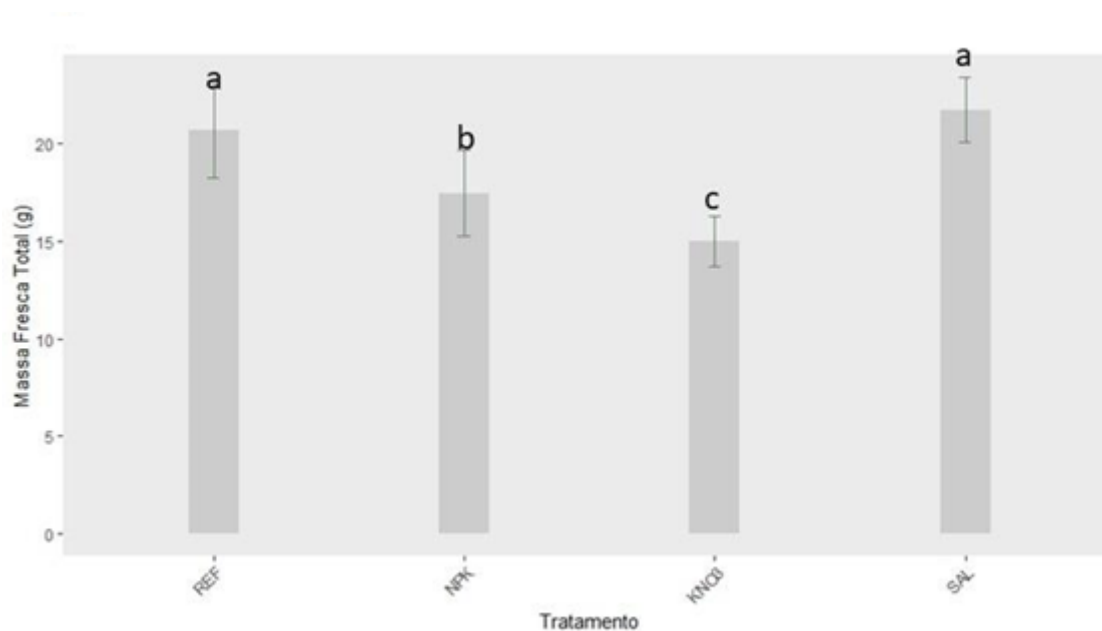
Figura 12 - Efeito de diferentes fontes nitrogenadas na área foliar da espécie *Strelitzia reginae*.



Fonte: Do autor (2023).

As plantas tratadas com salitre (21,3 g) e as plantas sem adubação (20,3 g) apresentaram a maior massa fresca total, enquanto as plantas tratadas com KNO₃ apresentaram a menor média (14,6 g) (Figura 13). Em espécies do gênero *Ptaffia*, estudos indicaram que as plantas tratadas com salitre apresentaram maior biomassa do que as tratadas com KNO₃ (RIBEIRO E TEIXEIRA, 2008).

Figura 13 - Efeito de diferentes fontes nitrogenadas na massa fresca total de plantas da espécie *Strelitzia reginae*.



Fonte: Do autor (2023).

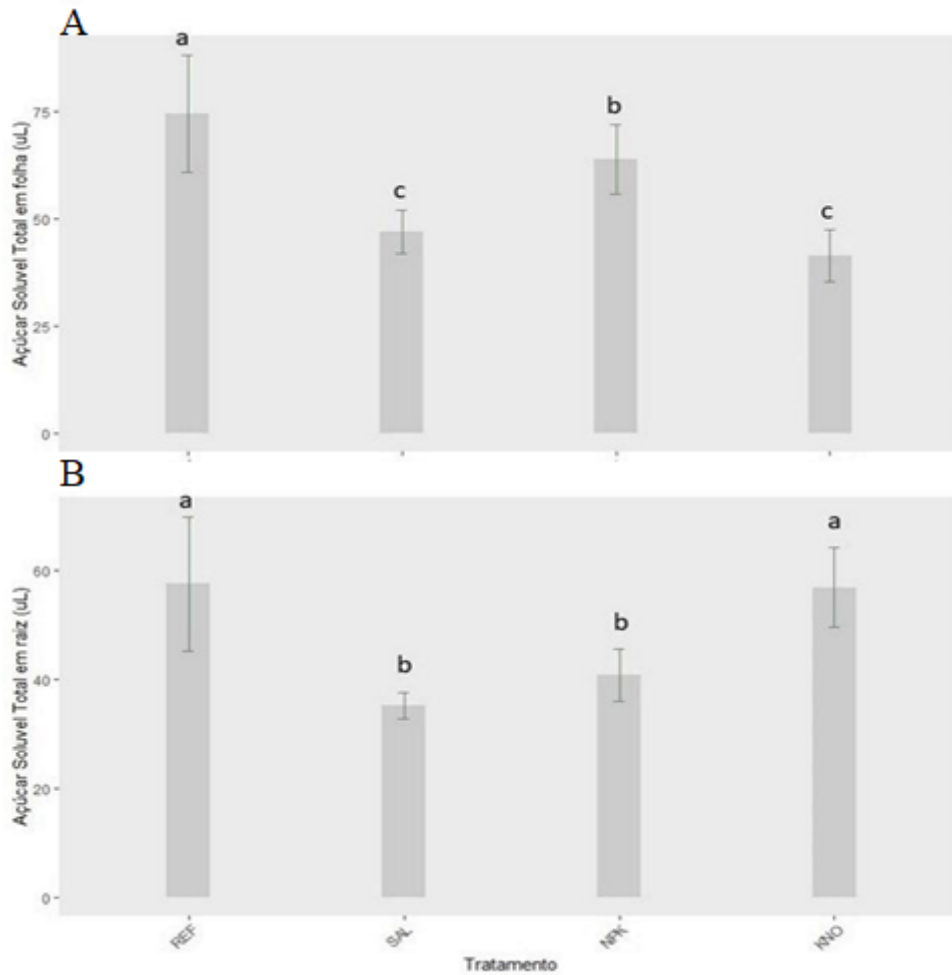
Tanto KNO₃ como o salitre e o NPK contém nitrogênio, que é um macronutriente essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Porém o NPK e KNO₃ apresentam potássio em sua composição, que também é um macronutriente essencial para o crescimento das plantas, com isso eles se tornam fertilizantes mais completos que o salitre e com isso, plantas adubadas com NPK e KNO₃, apresentam melhor desenvolvimento que as plantas adubadas com salitre. No entanto, existem alguns casos, em que as plantas adubadas com salitre apresentam melhor desempenho devido a alguns fatores, como espécie, concentração do nutriente e disponibilidade (SILVA e SOUZA, 2018; SOBRAL e ALVES, 2019).

Uma hipótese que pode tentar explicar o melhor desempenho nas plantas tratadas com salitre em relação aos outros fertilizantes, é que a dose utilizada foi mais adequada para a espécie estudada e com isso as plantas fertilizadas com salitre obtiveram maior biomassa total e comprimento de raiz. E pode ser que os outros fertilizantes estavam em concentrações inadequadas, o que inibiu o crescimento e desenvolvimento das plantas.

Observou-se que o acúmulo de Açúcar Solúvel Total (AST) em folha e raiz foi maior nas plantas sem adubação (74 e 57,47 µL, respectivamente), enquanto o salitre induziu a pior média (46,92 e 35,12µL, respectivamente). Em folhas, o tratamento com NPK teve a segunda maior média (63,92 µL). As plantas tratadas com KNO₃ apresentaram o maior acúmulo de sacarose

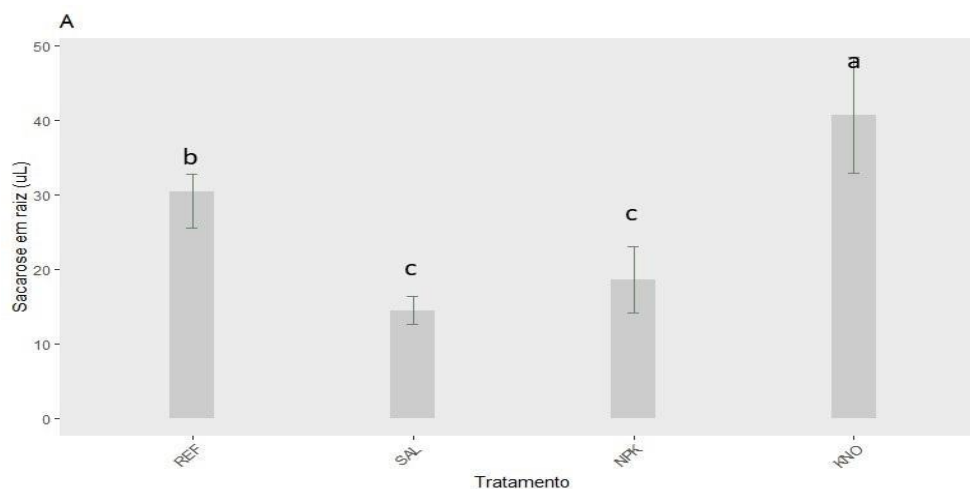
(40,77 μL), seguida das plantas sem adubação (30,42 μL). Os tratamentos com NPK e salitre apresentaram as menores médias (18,65 e 14,47 μL , respectivamente) (Figura 14 e 15).

Figura 14 - Efeito de diferentes fontes nitrogenadas na concentração de açúcar solúvel total em plantas da espécie *Strelitzia reginae*.



Fonte: Do autor (2023).

Figura 15 - Efeito de diferentes fontes nitrogenadas no acúmulo de sacarose em raiz de plantas da espécie *Strelitzia reginae*.

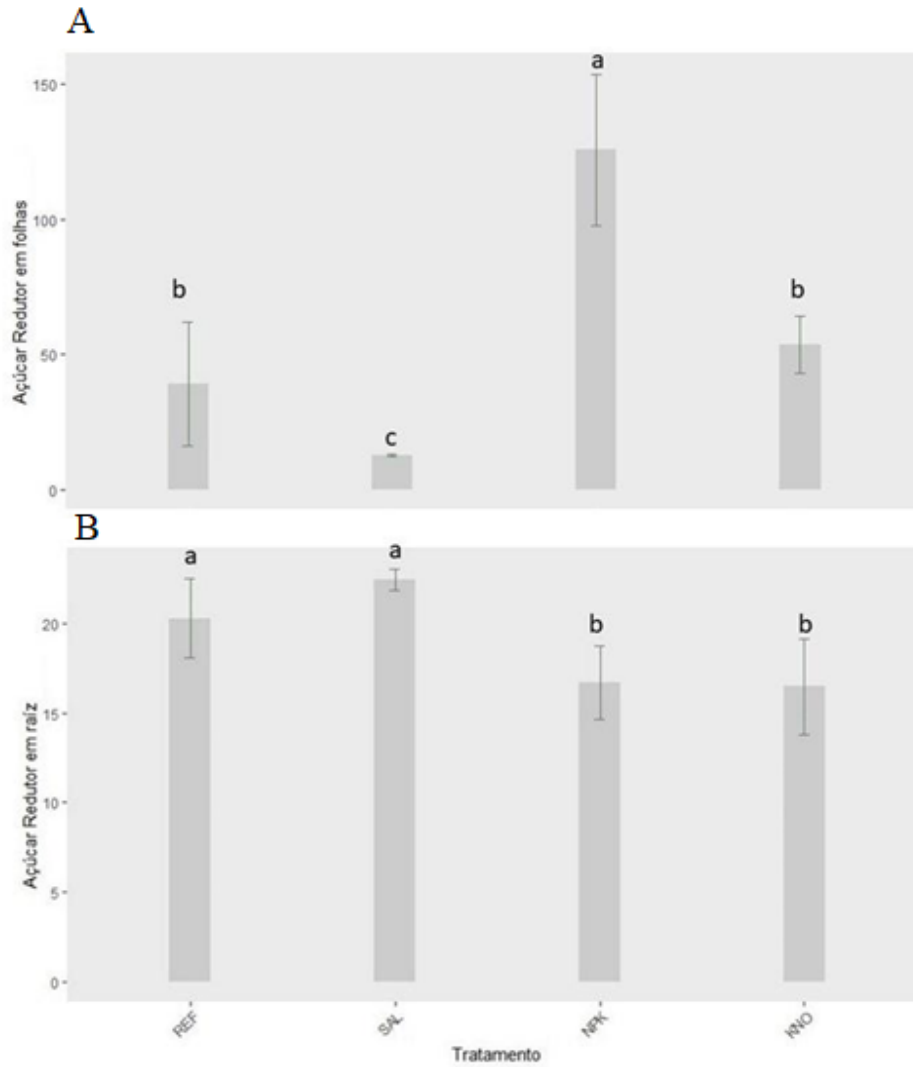


Fonte: Do autor (2023).

Portanto, o uso de fontes nitrogenadas nestas concentrações para a espécie *Strelitzia reginae*, não foram eficientes no acúmulo de AST. Uma vez que pode ter ocorrido um excesso de nitrogênio, com isso as plantas podem ter alocado a energia mais em crescimento vegetativo, como comprimento de raízes, área foliar, massa fresca total, como visto nas plantas adubadas com salitre, em vez de acumular açúcares. Outra possível explicação para esse comportamento são de que, ao ter mais nitrogênio disponível, a planta pode ter tido um aumento compensatório na respiração celular, com isso a planta deixa de acumular açúcares, uma vez que tem maior demanda de uso energia para o aumento da taxa fotossintética (MAKINO, 2011; GARNETT, et al., 2016).

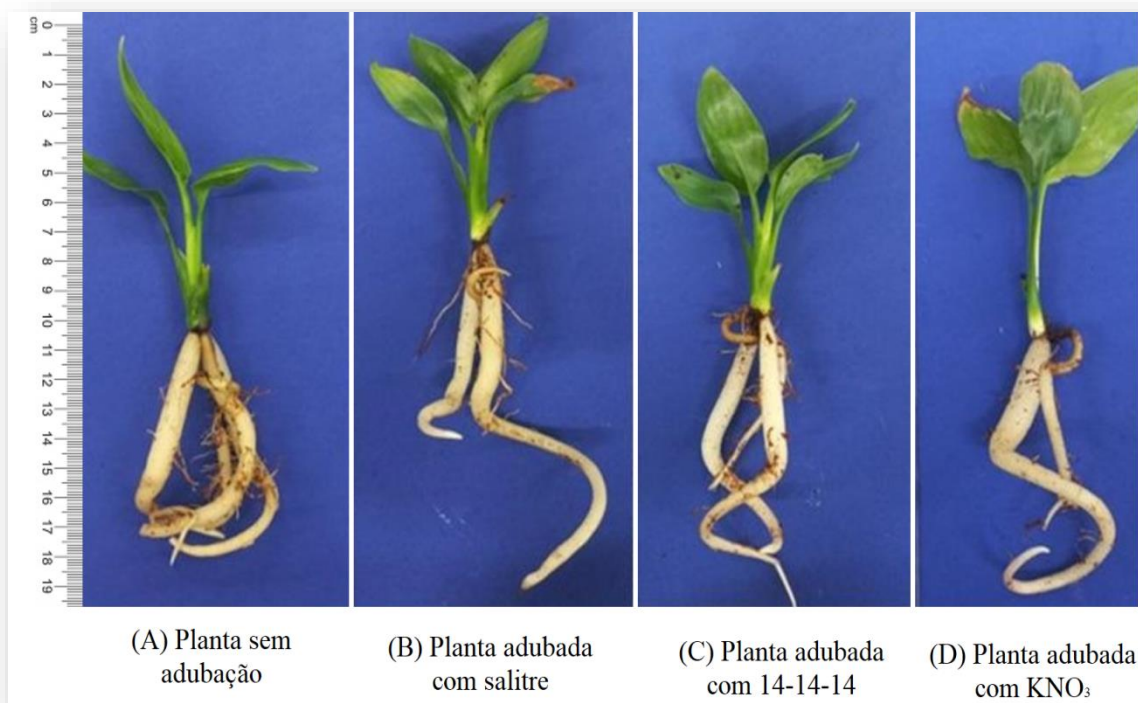
Em relação aos Açúcares Redutores (AR), as plantas adubadas com NPK apresentaram as maiores médias (125,63 µL) em folhas. As plantas tratadas com salitre apresentaram a maior redução de AR (12,63 µL), enquanto as plantas sem adubação e com KNO₃ apresentaram desempenho semelhante (53,52 e 39,13 µL, respectivamente). Para raiz, as plantas tratadas com salitre e sem adubação apresentaram os maiores acúmulos de AR (22,4 e 20,32 µL, respectivamente), enquanto as plantas tratadas com NPK e KNO₃ apresentaram médias semelhantes (16,72 e 16,5 µL, respectivamente) (Figura 16).

Figura 16 - Efeito de diferentes fontes nitrogenadas no acúmulo de açúcar redutor em plantas da espécie *Strelitzia reginae*.



Fonte: Do autor (2023).

Figura 17 - Planta da espécie *Strelitzia reginaes* submetida a diferentes fontes de nitrogênio durante a fase de aclimatização



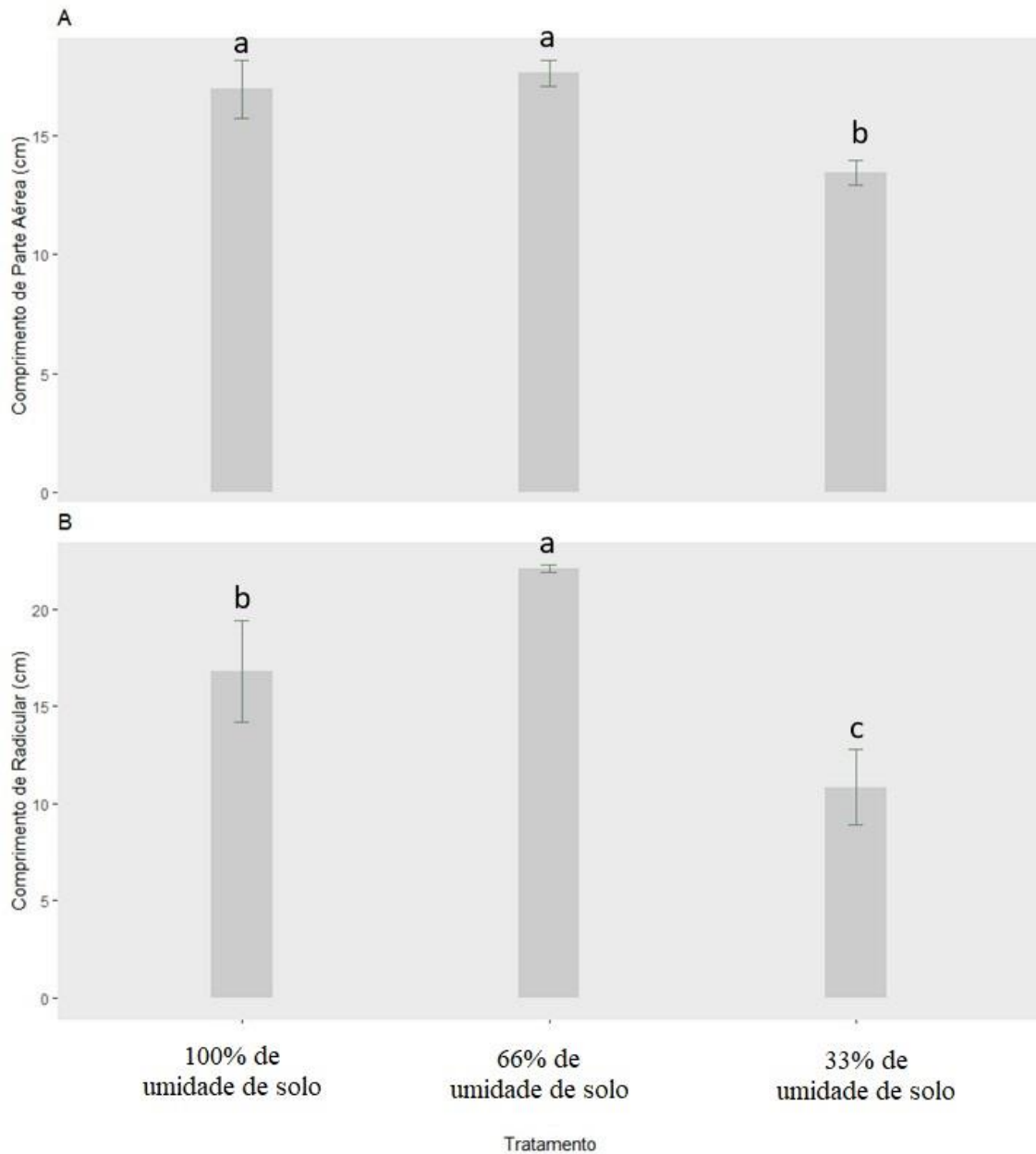
Fonte: Do autor (2023).

5. 4 Experimento 4: Controle de irrigação durante a aclimatização.

Para a análise estatística foi realizado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, indicando que as amostras apresentaram distribuição normal ao nível de significância de 0.005. Também foi realizado o teste de homogeneidade de variâncias de Barlett, indicando que foram atendidos os pressupostos necessários para realizar a análise de variância (ANOVA).

As plantas com umidade de solo em 33% apresentaram a menor média de crescimento que as demais (13,4 cm), enquanto o tratamento com umidade de solo em 66% apresentou uma média semelhante às plantas referência (Figura 18). Além disso, as plantas que receberam a umidade de solo em 33% exibiram as piores médias para crescimento radicular (10,8 cm), massa fresca total (16,23 g), folha (4,27 g) e raiz (10,95 g).

Figura 18 - Comprimento de parte aérea e radicular da planta da espécie *Strelitzia reginae* submetida a diferentes condições hídricas durante a fase de aclimatização



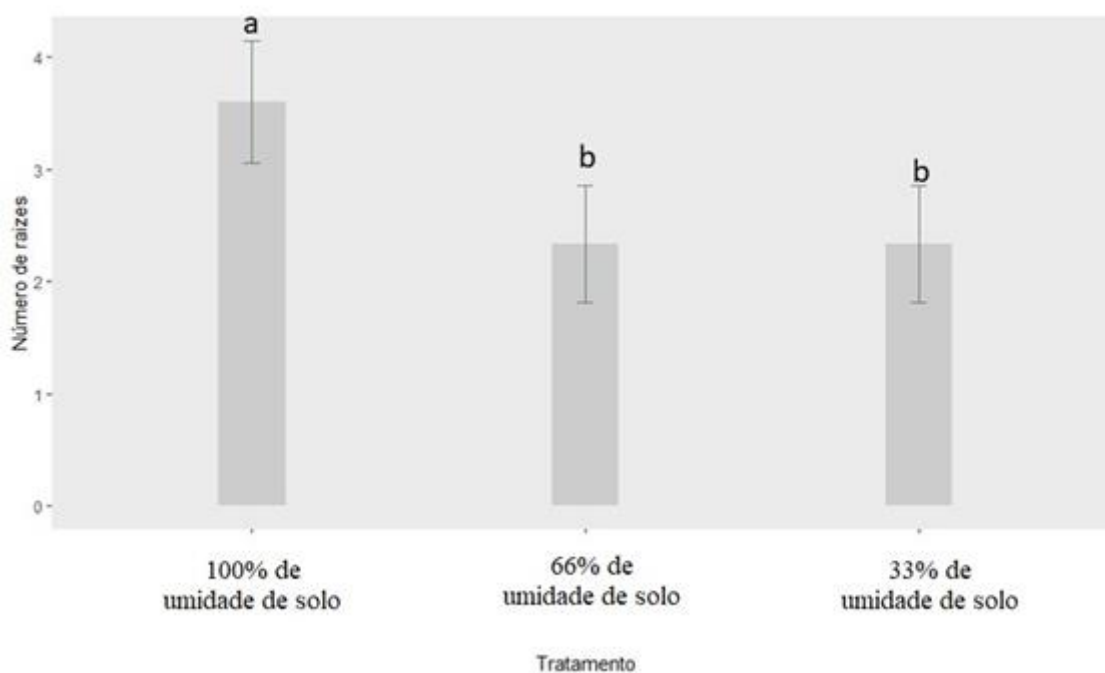
Fonte: Do autor (2023).

Os resultados obtidos corroboram com pesquisas anteriores realizadas com a espécie *Hevea brasiliensis*, que mostram que a redução da biomassa das plantas submetidas a um menor regime hídrico se dá devido à tentativa de a planta minimizar os danos causados pela falta de água, a fim de evitar potenciais danos oxidativos (NASCIMENTO et al., 2019). Esse comportamento se deve ao fato de que a disponibilidade hídrica é um fator limitante para o

crescimento das plantas, e, quando as plantas são cultivadas em solos com maior umidade, elas podem apresentar maior crescimento e massa fresca (SILVA, 2020). Por outro lado, a redução no valor da massa fresca e comprimento de raiz, podem ser explicados pelo fato de que em solos muito secos, o oxigênio se torna um fator limitante para o crescimento e desenvolvimento das raízes por apresentar uma aeração inadequada (SMITH, 2019).

Ao analisar as respostas para comprimento das raízes das plantas, foi observado que há diferença entre os tratamentos (Figura 19). Em particular, as plantas submetidas a umidade de solo em 66% apresentaram a maior média em comprimento de raiz (22,1 cm) e massa fresca de raiz (19,98 g), o que sugere um melhor desenvolvimento radicular em comparação com os demais tratamentos.

Figura 19 - Número de raízes de plantas da espécie *Strelitzia reginae* submetida a diferentes condições hídricas durante a fase de aclimatização.



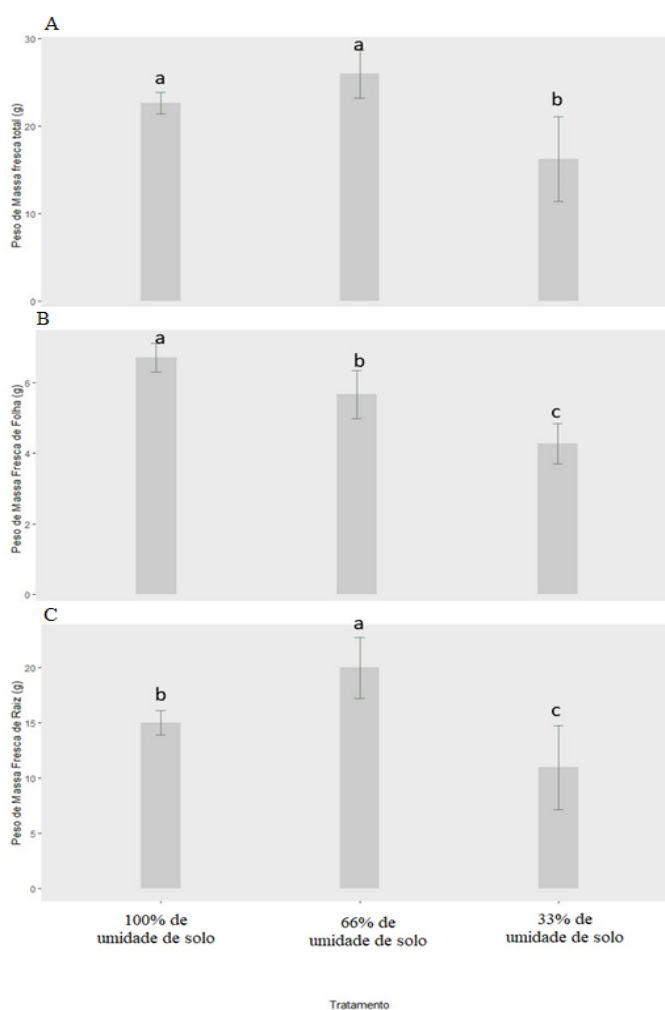
Fonte: Do autor (2023).

Portanto, é possível observar que as plantas que tiveram um maior acesso a água apresentaram um menor pronunciamento radicular, uma vez que não precisam estender suas raízes em busca de água. Por outro lado, as plantas mantidas em solo com umidade de 33%, podem ter sofrido um estresse hídrico, o que limitou o seu crescimento e desenvolvimento. Uma vez que plantas tropicais são adaptadas a ambientes com altas temperaturas e chuvas frequentes

e ao passarem por dificuldades de obtenção de água e nutrientes podem ter o seu desenvolvimento afetado (TAIZ et al., 2017; SANTOS, 2018).

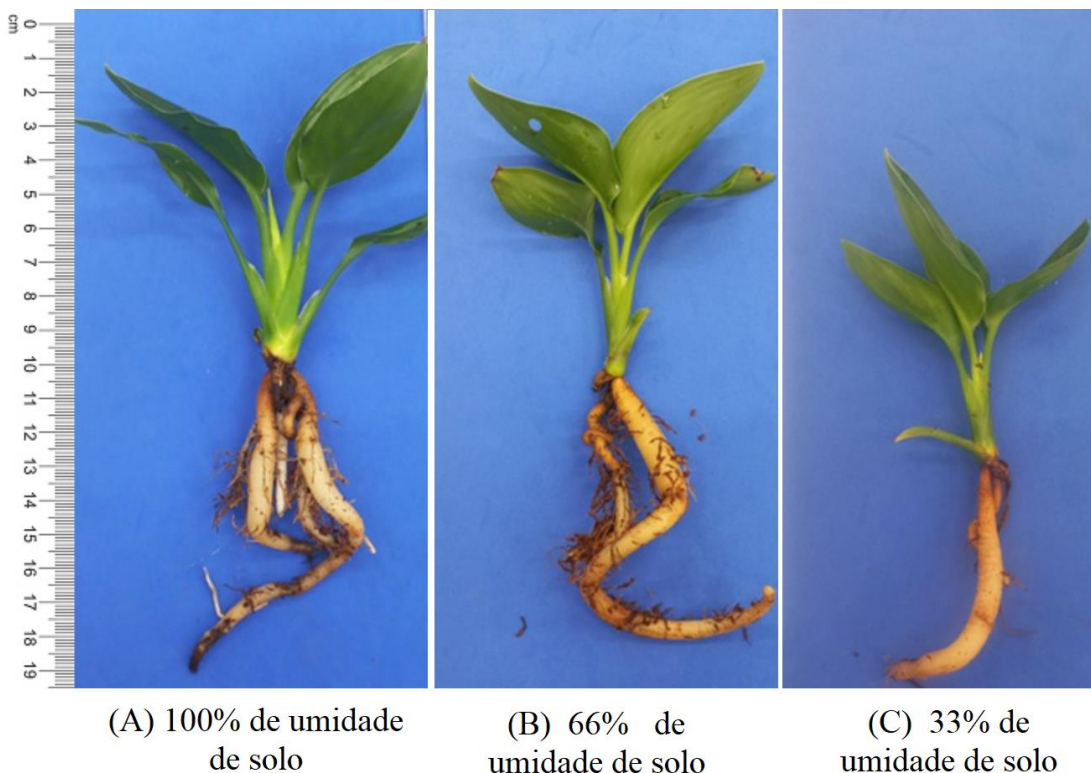
As plantas referência apresentaram a maior média (6,62 g) para massa fresca de folhas e quantidade de raízes por plantas (Figuras 19 e 20 B, respectivamente). Em relação à massa fresca total, as plantas referência e as irrigadas com umidade 66% apresentaram comportamentos semelhantes (Figura 20). A irrigação adequada do solo pode promover maior disponibilidade de água e nutrientes para as plantas, o que pode resultar em maior produção de biomassa de malhas e, conseqüentemente, no crescimento das plantas. Além disso, solos com teores mais elevados de umidade podem favorecer a atividade da microbiota do solo, aumentando a disponibilidade de nutrientes para as plantas, como nitrogênio, e favorecendo o pH do solo, para o desenvolvimento das plantas (SANTOS, 2018).

Figura 20 - Massa fresca de plantas da espécie *Strelitzia reginae* submetida a diferentes condições hídricas durante a fase de aclimatização.



Fonte: Do autor (2023).

Figura 21 - Planta da espécie *Strelitzia reginae* cultivadas em solo com diferentes teores de umidade de solo durante a fase de aclimatização



Fonte: Do autor (2023).

6. CONCLUSÃO

A pesquisa avaliou diferentes tratamentos na aclimatização da planta *Strelitzia reginae*. Foram analisados diferentes substratos, concentrações de nitrato de potássio e salitre, fontes de nitrogênio e regime hídrico. Os resultados mostraram que o substrato de fibra de coco promoveu o melhor crescimento da planta, enquanto substratos inerentes limitaram o crescimento. A dose de $3,75 \text{ g L}^{-1}$ de KNO_3 foi a mais eficiente em diversos parâmetros. O uso de NPK promoveu maior crescimento da parte aérea, o salitre favoreceu o crescimento radicular. O regime hídrico com 66% de umidade foi mais adequado para o desenvolvimento das plantas. Os resultados podem ser úteis para produtores de estrelícia durante a aclimatização, visando um crescimento saudável e vigoroso.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, S. A. et al. Temperature and substrate response in seed emergence and early papaya development. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 41131-41140, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n6-596
- BARBOZA, S. et al. Anatomia foliar de plantas micropropagadas de abacaxi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 2, p. 185-194, 2006. DOI: 10.1590/S0100-204X2006000200002
- CAMPOS, A.S. et al. Doses de Osmocote na aclimatização de plântulas micropropagadas de *Anthurium maricensn*. **Revista Agroambiente On-line**, v. 13, n. 1, p. 14-23, 2019. DOI:10.1590/2179-8711.1107017
- DEGU, A. et al. "Swift metabolite changes and leaf shedding are milestones in the acclimation process of grapevine under prolonged water stress." **BMC Plant Biology**, v.19, n.1, 2019. DOI: 10.1186/s12870-019-1652-y
- DIAS, M. C. et al. Study of the effects of foliar application of ABA during acclimatization. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, Dordrech, v. 117, n. 2, p. 213-224, 2014. DOI: 10.1007/s11240-014-0434-3
- DUTRA, M. de F. B. et al., Aclimatization of cactus pear genotypes. *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill RESISTANT TO CARMINE COCHINEAL (*Dactylopius opuntiae*). **HOLOS**, v. 7, p. 1–19, 2020. DOI: 10.15628/holos.2020.10689
- FARIA, A. P. et al., Aplicação dos fitorreguladores enraizadores em mudas de orquídeas em diferentes concentrações. In: **MOSTRA ACADÊMICA DE TRABALHOS DE AGRONOMIA** (MATA), Londrina. Resumo... Londrina: UEL, v. 4, p.89, 2000. DOI: 10.1590/S0102-05362008000200009
- FARIA, R. T.; ASSIS, A. M.; CARVALHO, J. F. R. P. **Cultivo de orquídeas**. Londrina: Mecenas, 2010.
- FIQUEIREDO, J. R. M. et al.; Temperature and GA, on ROS and cytogenectic stability during *in vitro* cultivation of *strelitzia* zygotic embryos. **Ciência e Agrotecnologia**, v.45, 2021. DOI: 10.1590/1413-7054202145020220
- FURTAUER, L.; WEISZMANN, J.; NAGELE, T. Dynamics of plant metabolism during cold acclimation. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 20, p. 5411, 2019. DOI: 10.3390/ijms20215411
- GAO, Y. et al. The water-holding properties of peat and coconut coir substrates for ornamental plant cultivation. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, n. 35, p. 44257-44265, 2020. DOI: 1511-3701
- GARCIA, E. C. et al. Nitrogen fertilization affects growth, yield and sugar content of sweet sorghum for bioenergy production. **Industrial Crops and Products**, v. 50, p. 343-349, 2013. DOI: 10.1016/j.indcrop.2016.01.038

GARCIA, F. R. et al. Micropropagação de *Aechmea miniata* e *Aechmea blanchetiana*. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 43, e45110, 2021. DOI: 10.1590/2175-7860202172037

GARNETT, T. P. e GRAHAME, J. W. Nitrogen assimilation and mobilization in plants, and their regulation. **Annual Plant Reviews**, 48, 205-240, 2016. DOI: 10.1146/annurev-arplant-042811-105532

GIAMPAOLI, P et al. Effect of fertilisation with urea on development in the ornamental bromeliad *Aechmea fasciata*. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 4, p. 657-662, out-dez, 2017. DOI: 10.5935/1806-6690.20170076

GONÇALVES, J. F. de C.; GOMES, J. M. F. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Viçosa: UFV, 2016. 294 p.

GRATTAPAGLIA, D.; MACHADO, M. A. Micropropagação. In: TORRES, A C.; CALDAS, L. S. (Ed.). Técnicas e aplicações da cultura de tecidos de plantas, Brasília, DF: ABCTP/Embrapa, p.99-170, 1990.

GRIMALDI, F. et al. Protocolo para micropropagação de marmeleiro BA29 em meio semissólido. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.15, n.3, p.266-270, 2016. DOI: 10.5965/223811711532016266

GUNATHILAKE, N. e MADAWALA, H. M. T. B. Coconut coir fiber: A sustainable alternative for soilless plant cultivation. **Sustainable Chemistry and Pharmacy**, 18, 2003. DOI: 10.1590/2447-536X.v28i3.2456

HEINTZE, W. et al. Ex vitro acclimatization of *Hippeastrum reticulatum* using different substrates. **Ciência Rural, Santa Maria**, v. 48, n. 12, e20180015, 2018.32, 2020. DOI: 10.1590/0103-8478cr20180205

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 472 p.

LI, T., et al., Effects of nitrogen addition on root growth and morphology of six grassland species in Northern China. **PeerJ**, v.7, e8016, 2019. DOI: 10.17221/142/2021-PSE

LONE et al. Aclimatização de *Cattleya* (Orchidaceae), em substratis alternativos ao xaxim e ao esfagno. **Acta Sci. Agron. Maringá**, v.30 n.4, p.465-469, 2008. DOI: 10.4025/actasciagron.v30i4.5299

LORENZI, H.; SOUZA, H. M. **Plantas ornamentais no Brasil**: arbustivas, herbáceas e trepadeiras. Nova Odessa: Plantarum, 2001. 1088 p.

LORENZI, H.; FILHO, L. E. M. **As plantas tropicais de Roberto Burle Marx** - The tropical plants of R. Burle Marx. Nova Odessa: Plantarum, 2001. 486 p.

NASCIMENTO, N.F. et al; Fuctional leaf responses of ypong *Heave brasiliensis* plant subjected to water deficiency and rewatering, **Ciência Florestal**, v.29, n.3, p.1101-1111, 2019. DOI: 10.1590/1678-4499.20200447

MARTINS, J. P. R. et al. Alterações na anatomia caulinar de ipê-amarelo em diferentes condições de pré-aclimatização em tubos de ensaio. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 7, n. 3, p. 502-507, 2012. DOI: 10.5039/agraria.v7i3a1606

MARTINS, R. B. et al. Características morfológicas e fisiológicas de plantas de soja em diferentes estádios fenológicos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.11, n.4, p.374-379, out./dez. 2016. DOI: 10.1590/s0102-0536-20220404

MARSCHNER, P. **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. San Diego: Academic Press, 2012.

MAKINO, A. Photosynthesis, grain yield, and nitrogen utilization in rice and wheat. **Plant Physiology**, v. 155, n. 1, p. 125-129, 2011. DOI: 10.1590/S0100-06832014000300008

MENEZES, S. et al., In Vitro Propagation and Conservation of *Cattleya Tigrina* A. Rich. **Ciência Rural** 52.5. Vol.52, 2022. DOI: 10.7213/ciencia.v9i2.11780

MITRA, S. K. **Plant Adaptation to Environmental Stress**. Academic Press, 2016. DOI: 10.3390/plants12081666

MORAES, G. P. et al. Adubação nitrogenada associada à inoculação com *Azospirillum brasilense* na cultura do milho. **Agropecuária Técnica**, Areia, v. 38, n. 3, p. 109-116, 2017. DOI: 10.25066/agrotec.v38i3.29919

MURASEV, D.; KOSTIKOVA, V. In vitro and ex vitro rooting of *Spiraea betulifolia* subsp. *aemiliana* (Rosaceae), an ornamental shrub. **BIO Web of Conferences**, v. 9, p. 00058, 2017. DOI: 10.1051/bioconf/20202400058

MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. **Physiologia Plantarum**, Malden, v. 15, n. 3, p. 473-497, 1962. Disponível em [https://www.scirp.org/\(S\(czeh2tfqyw2orz553k1w0r45\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1943677](https://www.scirp.org/(S(czeh2tfqyw2orz553k1w0r45))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1943677). Acessado em 06 de junho de 2023.

PAIVA, P. D. de P. et al., 2004. In vitro establishment of *strelitzia* (*Strelitzia reginae* Banks). **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v.28, n.5, p. 1031-1037, set.out., 2004. Disponível em <https://www.scielo.br/j/cagro/a/Qg4wtXWphmCfYkG4hBMQV7w/?format=pdf&lang=pt> Acessado em 06 de junho de 2023.

PAIVA, P. D. de P., PAIVA, R. & PASQUAL, M. 2007. Controle de oxidação no cultivo in vitro de embriões de estrelícia (*Strelitzia reginae*). **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**. v.13, n.2, p. 107-112, 2007. DOI: 10.14295/rbho.v13i2.213

PAPAFOTIOU, M.; et al; E. Acclimatization of Mediterranean Native Sages (*Salvia* spp.) and Interspecific Hybrids in an Urban Green Roof under Regular and Reduced Irrigation. **Sustainability**, 14, 4978, 2022. DOI: 10.3390/su14094978

PATEL, D. K. et al. Effect of nitrogen and phosphorus on growth, flowering and yield of bird of paradise (*Strelitzia reginae*) under shade net. **International Journal of Chemical Studies**,

New Delhi, v. 5, n. 4, p. 1498-1500, 2017. disponível em <https://www.ijcmas.com/6-9-2017/Dishaben%20K.%20Patel,%20et%20al.pdf> Acessado em 06 de junho de 2023.

PRADO, R.M., et al., Crescimento e desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus urograndis* em diferentes substratos. **Ciência Florestal**, 25(2), 413-422, 2015. Disponível em <https://www.scielo.br/j/rarv/a/vpzpKdwSdDyGPRQT5b44ZYR/?format=pdf&lang=pt> Acessado em 01 de junho de 2023.

QUARESMA, J. P. et al. Produção de mudas de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa*) em resposta à calagem, NPK e micronutrientes. **Investigações, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 9, n. 8, p. e817986372, 2020. DOI: 0.33448/rsd-v9i8.6372

RAI, O.; RANA, M.; BAG, N. Micropropagação de ave do paraíso (*Strelitzia reginae* Ait.). **National Academy Science Letters**, v. 44, p. 447-451, 2021. DOI: 10.1007/s40009-020-01023-W

RIBEIRO, J.M. & TEIXEIRA, S.L. Substituição de nitrato de potássio (PA) por salitre potássico no preparo de meio de cultura de tecidos vegetais esterilizado com hipoclorito de sódio. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.4, 1209-1213, 2008. DOI: 10.1590/S1413-70542008000400026

RITTER, A., et al. Coconut coir dust as a low-cost adsorbent for the treatment of wastewaters. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, 3(4), 2514-2521, 2015. Disponível em <https://cyberleninka.org/article/n/948910>. Acessado em 20 de maio de 2023.

RODRIGUES, M. et al. Leaf anatomy micromorphometry plasticity and histochemistry of *Azadirachta indica* during acclimatization. **Rodriguésia**, v. 71, e01902018, 2020. DOI: 10.1590/2175-7860202071019

SANTOS, A. A. et al. Characterization of genetic diversity of bird-of-paradise accessions. **Ornamental Horticulture**, v.24, n.1, p.50-57, 2018. DOI: 10.14295/oh.v24i1.1132

SANTOS, B. Influence of soil moisture on soil microbiota and plant nutrition. **Soil Biology and Biochemistry**, 126, 78-85, 2018. DOI: 10.1590/1678-4499.2018237

SANTOS, J. A. S. **Fisiologia Vegetal**. Viçosa: Editora UFV, 2018. 224 p.

SIQUEIRA, D. et al. Fertilizantes nitrogenados no crescimento inicial *ex vitro* de cultivares de bananeira. **Agrária – Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.8, n.3, p.421-427, 2013. DOI: 10.5039/agrarian.v8i3a2575. DOI: 10.5039/agraria.v8i3a2575

SILVA, A. Influence of soil moisture on plant transpiration. **Journal of Plant Physiology**, 8(3), 45-52, 2020. DOI: 0.33448/rsd-v9i8.6372

SILVA, A. L. L. et al. Pré-aclimatização e aclimatização em cultivo hidropônico de plantas micropropagadas de *Eucalyptus saligna* Sm. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 16, n. 1, p. 79-86, 2018. DOI: 10.7213/ciencial.v9i2.11780

SILVA, A.P. Disponibilidade hídrica no solo e seu efeito no crescimento das plantas. **Revista Brasileira de Agricultura**, 6, 3, 45-53, 2020. DOI: 10.1590/S0100-06832014000300008

- SILVA, D.P.C. et al., In vitro conservation of ornamental plants : **Horticultura Ornamental** Vol.24 No.1 pp.28-33 ref.many, 2018. DOI: 10.3390/su14094978
- SILVA, E. M. R. et al., Influence of sodium and potassium nitrate on the growth and nutrient contents of bell pepper plants. **Horticultura Brasileira**, 36(3), 317-323, 2018. DOI: 10.1590/s0102-0536-20220404
- SILVA, K. B. et al. Sucrose and substrates on the acclimatization of micropropagated *Luehea divaricata* plants. **Floresta e Ambiente**, v. 27, n. 1, p. e20171170, 2020. DOI:10.1590/2179-8711.1107017
- SILVA, L. C. et al. Açúcares redutores: importância fisiológica e mecanismos de sua regulação em plantas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 13, n. 1, p. 56-69, 2001. DOI: 10.1051/bioconf/20202400058
- SMITH, R. H. **Plant tissue culture: techniques and experiments**. London: Academic Press, 2013. DOI: 10.25066.v38i3.29919
- SMITH, J. The importance of soil moisture for plant growth. **Journal of Agricultural Science**, v. 7, n. 2, p. 10-18, 2019. DOI: 10.3390/plants12081666
- SOBRAL, L., & ALVES, P. L. C. A. Nitrogen and potassium fertilization on growth and yield of sweet potato. **African Journal of Agricultural Research**, 14(30), 1513-1519., 2019. DOI: 10.1590/1678-4499.20200447
- SOFYAN, M. et al.; Effects of Nitrogen, Phosphorus and Potassium (NPK) Fertilizers on Plant Growth, Yield and Quality of Tomato (*Solanum lycopersicum* L.). **Journal of Biology, Agriculture and Healthcare**, v. 4, n. 4, p. 7-15, 2014. DOI: DOI: 10.5039/agraria.v7i3a1606
- SOUSA, A.C. A utilização de fibra de coco como substrato para plantas: uma revisão de literatura. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.8, n.2, p.39-46, 2013. DOI: 2236-9724
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.
- TANIGUCHI, M. et al. Morpho-anatomical and biochemical characterization of *Strelitzia reginae* seeds and embryos. **Horticultura Ornamental**, v. 28, n. 3, 2022. DOI: 10.1590/2447-536X.v28i3.2456.
- TAVARES AR; et al.; Efeito da adubação foliar com KNO₃ na aclimatização de bromélia cultivada in vitro. **Horticultura Brasileira** 26: 175-179, 2008. DOI: 10.1590/S0102-05362008000200009
- TODJRO CACAÏ, G. H. et al. Efeitos de substrato não convencional e fertilizante NPK na aclimação de mudas de mandioca para produção de material vegetal. **Ciências Agrárias**, v. 12, n. 10, out. 2021. DOI: 10.5433/1679-0359.2019v40n5Supl1p2151
- TOMBOLATO, A. F. C.; COSTA, A. M. M. Micropropagação de plantas ornamentais. **Boletim Técnico, Campinas**, v.174, p.1-72, 1998. DOI: 10.15628/holos.2020.10689

XIAO, J.; et al., Effect of Iron Source and Medium pH on Growth and Development of *Sorbus commixta* In Vitro International **journal of molecular sciences**, Vol.22 (1), p.133, 2020. DOI: 10.3390/ijms22010133

YU, P., et al., Root System Development and its Relationship with Plant Growth and Stress Adaptation. **Plants** (Basel, Switzerland), 8(7), 2007. DOI: 10.3390/biom13040627