

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

GABRIELA CASTELO BRANCO OLIVEIRA

**ECOFISIOLOGIA DE MUDAS CLONAIAS DE *Eucalyptus urograndis* i144
SUBMETIDAS AO ESTRESSE SALINO**

Rio Largo – AL

2024

GABRIELA CASTELO BRANCO OLIVEIRA

**ECOFISIOLOGIA DE MUDAS CLONAIIS DE *Eucalyptus urograndis* i144
SUBMETIDAS AO ESTRESSE SALINO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a banca avaliadora do Curso de Bacharelado em Agronomia, do *Campus* de Engenharias e Ciências Agrárias, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Hugo Henrique Costa do Nascimento

Rio Largo – AL

2024

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
Bibliotecário Responsável: Erisson Rodrigues de Santana - CRB4 - 1512

O48e Oliveira, Gabriela Castelo Branco.

Ecofisiologia de mudas clonais de *Eucalyptus urograndis* i144 submetidas ao estresse salino. / Gabriela Castelo Branco Oliveira. – 2024.

50f.: il.

Orientador(a): Hugo Henrique Costa do Nascimento.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Graduação em Agronomia, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo, 2024.

Inclui bibliografia

1. Produção de mudas. 2. Salinidade. 3. Eucalipto. 4. Silvicultura. I. Título.

CDU: 630*2

FOLHA DE APROVAÇÃO

GABRIELA CASTELO BRANCO OLIVEIRA

ECOFISIOLOGIA DE MUDAS CLONAIAS DE *Eucalyptus urograndis* i144 SUBMETIDAS AO ESTRESSE SALINO

Monografia apresentada ao curso de Agronomia da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para obtenção do título de barachela em Engenheira Agrônoma.

Aprovado em: 23/02/2024.

Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 HUGO HENRIQUE COSTA DO NASCIMENTO
Data: 26/02/2024 11:23:05-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Hugo Henrique Costa do Nascimento
Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Campus de Engenharias e Ciências Agrárias – CECA
(Orientador)

Documento assinado digitalmente
 MARILIA ALVES GRUGIKI
Data: 26/02/2024 11:01:17-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^ª. Dr^ª. Marília Alves Grugiki
Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Campus de Engenharias e Ciências Agrárias – CECA
(Examinador 1)

Documento assinado digitalmente
 LEONARDO SILVA SANTOS
Data: 26/02/2024 10:44:20-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Leonardo Silva Santos
Universidade Federal de Sergipe – UFS

Departamento de Biologia
(Examinador 2)

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo caminho trilhado na graduação.

A mim mesma, por eu não desistir.

A minha família, em especial, a minha mãe Elizângela Castelo Branco, meu pai Pedro Trindade, meu irmão Jota e minha cunhada Ana Clara Marinho, por todo incentivo e apoio.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Hugo Henrique Costa do Nascimento, por todo o apoio, aprendizado, confiança e paciência.

A toda a equipe do Laboratório da Tecnologia da Produção, em especial, Erisson Serafim, Bartolomeu Junior, Barbara Moura, Mariana Santos, Mychael Gomes, Eugênio Bulhões, Gabrielle Pereira, Ana Rosinha, Hilda Rafaella, Leandro Casado, Mariângela Pereira, por toda amizade, ajuda e ensinamentos.

A minha dupla de graduação, Francielly da Guirra Bernardo, pelos ensinamentos, amizade, surtos, apoio e cumplicidade. Amizade que iniciou no laboratório, e se perpetuou até o fim da graduação.

Ao corpo docente do curso de Agronomia que contribuíram para a minha formação.

Ao Centro Acadêmico de Agronomia, gestão Uniagro (2022-2023), pelos ensinamentos e experiências compartilhadas.

Aos meus amigos da graduação, em especial, José William, Nicácio Brito, Pâmela Freitas, Ketlyn Emília, Suzanne Sárgia, Mayara Oliveira, Iannaele Cordeiro, Maria Gabriela, Gabriela Calheiros, Sarah Marcelly e Emanuel Araújo.

RESUMO

O eucalipto é uma espécie que se destaca cada vez mais no setor econômico, principalmente quando se trata da produção de madeira. O gênero apresenta espécies elevadamente produtivas na produção de matéria prima florestal, incluindo seus clones, como o i144. Embora as plantações de eucalipto sejam de fácil adaptação as condições tropicais, tolerante a seca e com rápido crescimento, a ausência de recursos hídricos de boa qualidade para a agricultura, faz com que produtores rurais utilizem águas salobras para a irrigação, a qual contém concentração de sais acima do ideal. Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar o comportamento fisiológico de mudas de *Eucalyptus urograndis* i144, submetidas a diferentes níveis de salinidade. O experimento foi realizado no Laboratório de Tecnologia da produção – Setor de Silvicultura e Viveiros Florestais, do *campus* de Engenharias e Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Alagoas. As mudas de *Eucalyptus urograndis* i144 foram adquiridas em um viveiro comercial. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, correspondendo a quatro concentrações salinas: Controle - 0 mM de NaCl, 50 mM de NaCl, 100 mM de NaCl e 150 mM de NaCl, com 5 repetições cada, totalizando 20 mudas. A solução salina foi preparada utilizando sal para análise e água destilada. Durante a pesquisa, foram avaliadas as variáveis: altura da planta, diâmetro, número de folhas por planta, e, no fim do experimento foi possível avaliar a área foliar, área foliar específica, razão da área foliar, teor relativo de água, porcentagem de integridade absoluta, porcentagem de integridade relativa e a porcentagem de danos membranares, determinação da clorofila *a*, *b*, *a/b*, total e carotenóides, biomassa seca da raiz, biomassa seca do caule, biomassa seca da folha e biomassa seca total, em gramas. Em seguida, foram determinados a alocação de biomassa para a raiz, para o caule, para folha e por fim, relação raiz/parte área. Na produção de matéria seca e crescimento, o controle (0 mM), e as concentrações 50 mM e 100 mM não diferiram entre si estatisticamente. Na produção de clorofila *a*, *b*, total e carotenóides o nível 100 mM de NaCl obteve o maior destaque entre os demais, entretanto, as mudas na concentração de 150 mM de NaCl não foram afetadas negativamente nas variáveis biomassa seca da raiz e relação raiz/parte aérea. O uso de água salina para produção do clone de eucalipto i144 é indicado até o nível de 100 mM de NaCl.

Palavras-chave: Produção de mudas; salinidade; eucalipto; silvicultura.

ABSTRACT

Eucalyptus is a species that is increasingly prominent in the economic sector, especially when it comes to wood production. The genus presents highly productive species in the production of forest raw materials, including its clones, such as i144. Although eucalyptus plantations are easily adapted to tropical conditions, tolerant to drought and fast growing, the absence of good quality water resources for agriculture means that rural producers use brackish water for moisture, which contains high concentrations of salts above ideal. Therefore, the objective of this work was to evaluate the physiological behavior of *Eucalyptus urograndis* i144 seedlings, subjected to different levels of salinity. The experiment was carried out at the Production Technology Laboratory – Silviculture and Forest Nurseries Sector, on the Engineering and Agricultural Sciences *campus*, at the Federal University of Alagoas. *Eucalyptus urograndis* i144 seedlings were purchased from a commercial nursery. The experimental design adopted was completely randomized, corresponding to four saline concentrations: Control - 0 mM NaCl, 50 mM NaCl, 100 mM NaCl and 150 mM NaCl, with 5 replications each, totaling 20 seedlings. The saline solution was prepared using analytical salt and distilled water. During the research, the variables were evaluated: plant height, diameter, number of leaves per plant, and, at the end of the experiment, it was possible to evaluate the leaf area, specific leaf area, leaf area ratio, relative water content, percentage of absolute integrity, percentage of relative integrity and percentage of membrane damage, determination of chlorophyll a, b, a/b, total and carotenoids, root dry biomass, stem dry biomass, leaf dry biomass and total dry biomass, in grams. Next, the allocation of biomass to the root, stem, leaf and finally, the root/part area ratio was determined. In dry matter production and growth, the control (0 mM), and the 50 mM and 100 mM concentrations did not differ statistically from each other. In the production of chlorophyll a, b, total and carotenoids, the 100 mM NaCl level obtained the greatest prominence among the others, however, the seedlings at the 150 mM NaCl concentration were not negatively affected in the root dry biomass and root/root ratio variables. aerial part. The use of saline water for the production of the i144 eucalyptus clone is recommended up to a level of 100 mM NaCl.

Key words: Seedling production; salinity; eucalyptus; silviculture

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Discos foliares na folha (A); Discos foliares em placas de petri contendo 10ml de água destilada (B); Peso túrgido dos discos foliares (C). ----- 25
- Figura 2:** Discos foliares feitos nas folhas de cada repetição (A); Discos foliares adicionados em tubo de ensaio com 30ml de água destilada (B); Determinação da condutividade elétrica total (CT) e extravasamento de eletrólitos através de um condutivímetro portátil (C)----- 26
- Figura 3:** Folíolos inseridos em tubos de ensaio revestidos com papel alumínio contendo 10ml de álcool etílico 96% (A); Leitura das clorofilas realizadas em um espectrofotômetro (B). Leituras feitas com uso do SPAD (Soil Plant Analysis Development) (C). ----- 27
- Figura 4:** Mudanças separadas em folha, caule e raiz (A); Determinação da biomassa seca da folha – BSF (B); Determinação da biomassa seca da raiz – BSC (C). ----- 28
- Figura 5:** Valores médios da Altura da Planta – AP, em cm, (A); Diâmetro do caule - D, em mm (B); Número de folhas por planta - NFP (C), onde letras maiúsculas e **pretas** comparam resultados entre os tratamentos durante as semanas e letras minúsculas **roxa, vermelha, verde** e **azul** comparam resultado dentro dos tratamentos analisados de mudas de *Eucalyptus urograndis* i144, submetidas a diferentes níveis de salinidade. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ----- 30
- Figura 6:** Índice relativo da clorofila (SPAD) das plantas (A) e folhas (B) de mudas de *Eucalyptus urograndis* i144, submetidas a diferentes níveis de salinidade. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ----- 33
- Figura 7:** Pigmentos fotossintéticos, sendo clorofila a – *Chl a* (A), clorofila b - *Chl b* (B), relação *Chl a/Chl b* (C) e carotenóides (D) em mudas de *Eucalyptus urograndis* i144, submetidas, submetidas a diferentes níveis de salinidade. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si. ----- 34
- Figura 8:** Clorofila total de mudas de *Eucalyptus urograndis* i144, submetidas a diferentes níveis de salinidade. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ----- 34
- Figura 9:** Teor Relativo de água (TRA%) em mudas de *Eucalyptus urograndis* i144, submetidas a diferentes níveis de salinidade. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ----- 36
- Figura 10:** Área foliar – AF (A), área foliar específica – AFE (B) e razão de área foliar – RAF (C), em mudas de *Eucalyptus urograndis* i144, submetidas a diferentes níveis de salinidade.

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

----- 37

Figura 11: Porcentagem de Integridade Absoluta - PIA% (A), Porcentagem de Integridade Relativa - PIR% (B) e danos membranares - PD% (C), em mudas de *Eucalyptus urograndis* i144, submetidas a diferentes níveis de salinidade. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ----- 38

Figura 12: Média da biomassa seca da folha – BSF (A); biomassa seca do caule - BSC (B); biomassa seca da raiz - BSR (C); biomassa seca total – BST (D); Relação raiz/parte aérea - R/PA (E); Alocação de biomassa (F), onde, letras maiúsculas comparam resultados dentro dos tratamentos e letras minúsculas comparam resultados entre os tratamentos analisados, em mudas de *Eucalyptus urograndis* i144, submetidas a diferentes níveis de salinidade. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. -- 39

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1 Caracterizações sobre a espécie	13
2.2 Produção de Mudanças Florestais	16
2.3 Ecofisiologia do estresse em plantas	17
2.4 Influência da salinidade no crescimento e desenvolvimento vegetal	19
2.5 Principais análises em estudos com salinidade em plantas.....	21
3. METODOLOGIA	24
3.1 Avaliação biométrica.....	24
3.2 Determinação da área foliar (AF), área foliar específica (AFE) e razão de área foliar (RAF)	24
3.3 Teor relativo de água na folha (TRA%).....	25
3.4 Danos Membranares	26
3.5 Índice SPAD e pigmentos fotossintéticos	27
3.6 Alocação e partição de biomassa.....	28
3.7 Análise estatística.....	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
REFERÊNCIAS	43

1. INTRODUÇÃO

O crescimento econômico mundial está diretamente relacionado ao consumo energético, e, ao mesmo tempo em que ocorre uma tendência na redução da oferta de produtos derivados do petróleo, o que resulta em uma notável procura por fontes alternativas de energia que podem vir a substituir os combustíveis fósseis (Vieira *et al.*, 2014), e, entre elas, pode-se destacar a biomassa vegetal que vem obtendo maior espaço no cenário energético por ser considerada uma fonte limpa e renovável (Mantovani *et al.*, 2022).

A madeira do eucalipto é considerada uma adequada alternativa para produção de energia renovável, principalmente no Brasil, devido a suas características favoráveis ao cultivo da eucaliptocultura (Weule, 2018a). Ainda, é considerado uma alternativa econômica notável para o nordeste, principalmente no estado de Alagoas, visto que, seu cultivo pode substituir o da cana-de-açúcar, tornando-se uma nova opção para geração de energia no estado, suprimindo também a demanda de madeira e aumentando a rentabilidade de produtores rurais (Marangon, 2017).

O eucalipto pertencente à família botânica Myrtaceae e é de origem australiana, possui cerca de 800 espécies, onde, seus híbridos apresentam alto rendimento e elevada produtividade, além de possuir uma boa adaptação a diferentes condições edafoclimáticas, o que as torna valiosa para o crescimento de florestas com fins rentáveis (Flores *et al.*, 2016a). Possui espécies elevadamente produtivas e com boas características energéticas, principalmente na produção de matéria prima florestal com alto rendimento e rápido crescimento (Silva *et al.*, 2014).

Ainda, a produção vegetal pode ser determinada pelo balanço de radiação solar interceptada pela copa e a eficiência de conversão dessa radiação em biomassa (Silva *et al.*, 2021). Por isso, para a seleção de clones com esse intuito, é importante que a madeira seja incorporada com o objetivo de produzir bioenergia, visto que é um elemento de acentuada relevância quando a finalidade é a produção de carvão vegetal (Donato *et al.*, 2020). O clone i144 é um dos mais apropriados, em razão de apresentar elevados valores de densidade básica da madeira, além do alto teor de lignina, o que o qualifica para a produção de carvão vegetal. (Neves *et al.*, 2011).

Embora as plantações de eucalipto sejam de fácil adaptação as condições tropicais, tolerante a seca e com rápido crescimento, atinge-se as maiores produtividades em plantios acompanhados de irrigação apropriada (Reis Filho, 2011). Entretanto, a ausência de recursos hídricos de boa qualidade para a agricultura, faz com que produtores rurais utilizem águas

impróprias para a irrigação, contendo concentração de sais acima do ideal (Dias *et al.*, 2016), o que leva a salinização dessas áreas, que normalmente são utilizadas para o plantio de espécies florestais (Andrade, 2019).

Sendo assim, o uso da água salina pode se tornar uma interessante alternativa diante da vasta escassez de fontes hídricas, principalmente nas regiões semiáridas e tropicais e especialmente a de reservatórios superficiais e de águas de poço (Ayyam *et al.*, 2019). Portanto, torna-se necessário pesquisas que analisem a possibilidade de cultivos dessas espécies vegetais irrigadas com água salina, entre elas, o *Eucalyptus urograndis* i144, que possui poucos trabalhos relacionados à produção de mudas submetidas ao estresse salino.

O estresse salino consegue diminuir a absorção de solução do solo e também danificar o status hídrico e nutricional dos vegetais. Uma vez que, a presença de sódio em solos salinos reduz a assimilação do potássio gerando um desequilíbrio prejudicial ao metabolismo do vegetal. Além disso, devido à alta condutividade elétrica presente no solo, a inibição da absorção de água pela planta, promoverá conseqüentemente a diminuição no crescimento do vegetal, em função do efeito osmótico que induz a deficiência hídrica gerada pela salinidade.

Simultaneamente, ocorre também o efeito iônico, no qual os íons Na^+ e Cl^- assimilados de forma excessiva do solo, promovem também redução no desenvolvimento da planta (Mansour, 2014). Dessa maneira, a tolerância de uma planta à salinidade torna-se um fator essencial para o fornecimento de vantagens ambientais e econômicas, quando cultivadas em regiões que apresentam condições de salinidade (Cavalcante *et al.*, 2018).

Diante disso, o objetivo da pesquisa foi avaliar o comportamento fisiológico e a produção de matéria seca de mudas de *Eucalyptus urograndis* i144 submetidas a diferentes níveis de salinidade com a finalidade de indicar até qual concentração salina não é prejudicial a produção de mudas da espécie.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Caracterizações sobre a espécie

Existem controvérsias sobre os locais e datas exatas dos primeiros surgimentos do gênero *Eucalyptus* no Brasil, entretanto, em meados do século XIX, já havia ocorrências da espécie no país como função primordial de servir como quebra-vento, fins ornamentais, extração de seu óleo essencial e passou também a ser utilizado como substituto da madeira de florestas nativas, tendo sua aplicação em lenha para locomotivas (Dossa *et al.*, 2010).

Em consequência do crescimento da silvicultura no país no século XX, de acordo com o autor Jacobs (1979), os primeiros estudos sobre a aptidão silviculturais, técnicas e científicas com fins econômicos são aquelas produzidas por Edmundo Navarro de Andrade, em Jundiá e Rio Claro no estado de São Paulo, que realizou uma série de testes contando com 144 espécies do gênero a qual foi renomada como um grande avanço para o período e algumas espécies foram consideradas promissoras à eucaliptocultura no Brasil. Ainda, nessa época, houve a busca por espécies que atendessem as novas tecnologias madeireiras e industriais, como papel, celulose e carvão vegetal, no qual, o cultivo do eucalipto foi impulsionado devido ao seu grande desenvolvimento vegetativo e sua rusticidade (Mazette, 2017).

O eucalipto é de origem australiana, tasmânia e ilhas da Oceania (Weule, 2018b), pertence a ordem Myrtales, família Myrtaceae, com cerca de 800 espécies e híbridos comerciais os gêneros *Eucalyptus* e *Corymbia* (Celestrino, 2014). Devido ao rápido crescimento e grande adaptabilidade, as espécies de *Eucalyptus* spp. são geralmente utilizadas em plantações nas regiões tropicais e subtropicais (Dias *et al.*, 2017), mas, desenvolvem-se em diferentes condições edafoclimáticas devido sua versatilidade ecológica, o que concede ao gênero elevada distribuição mundial (Macedo *et al.*, 2014).

Suas folhas são perenifólias, apresentam dimorfismo foliar quando jovens e possuem glândulas secretoras de óleos, dado que, os óleos essenciais das espécies de *Eucalyptus* spp. são múltiplas misturas de compostos voláteis adquiridos de plantas aromáticas, e usados por seu perfume e atribuições farmacológicas como funções anti-inflamatória, antifúngica, antimicrobiana e acaricida (Dhakad *et al.*, 2017).

As flores deste gênero são hermafroditas, porém as espécies são preferentemente alógamas, com taxa de autogamia que pode chegar até 30% (Eldridge, 1978). Ainda, entre os tipos celulares que constituem a madeira de espécies como o eucalipto, sua casca é intitulada de subér, podendo ser lisa ou rugosa cobrindo todo o caule da planta, apresenta um ciclo anual

que se solta em determinadas épocas do ano, o que deixa a mostra um caule liso e claro, caracterizando a espécie e, além disso, as fibras são o componente essencial compondo a maior porcentagem do lenho, entre 20%-80%, efetuando também a função de estrutura mecânica (Burger & Richter, 1991).

Conforme Parron (2021), a eucaliptocultura fornece serviços ecossistêmicos sejam eles retenção de sedimento, melhor infiltração da água, serrapilheira, ciclagem de nutrientes e matéria orgânica. Ademais, por ser uma espécie florestal de rápido desenvolvimento, o eucalipto contribui de forma física e química na recuperação de áreas degradadas (Amorim, 2021) como também, ao chover, sua copa evita os impactos direto das gotas de chuva no solo, prevenindo uma futura erosão e subseqüentemente protege os recursos hídricos próximos pois dificulta que as partículas de solos sejam carregadas por enxurradas (Cândido *et al.*, 2014).

Outros recursos ambientais interessantes oferecidos por essa cultura é a fixação de CO₂, um hectare com plantio de eucalipto pode estocar 184 toneladas no ciclo de sete anos (Lelis, 2019). Por fim, a eucaliptocultura funciona de forma funcional para seu habitat, visto que, além de produzir biomassa vegetal, inclui também lar para vida selvagem como inimigos naturais de controles de praga, sequestro e armazenamento de carbono e estimula atividades culturais e sociais (Tavares *et al.*, 2019).

O eucalipto se adaptou adequadamente as condições edafoclimáticas aqui presente e por causa da diversidade entre as árvores como as características botânicas e silviculturais, foi favorecida a hibridação espontânea expressada através da variação fenotípica das mudas produzidas antigamente, apresentando altas taxas de crescimento, ampla plasticidade e elevada qualidade dos seus produtos devido ao uso diversificado de sua madeira, sendo para geração de energia, movelaria, lenhas e produção de estacas (Embrapa, 2019).

Estresses abióticos e bióticos geram modificações no ambiente e por consequência nas propriedades tecnológicas da madeira. Portanto, para uma espécie ou clone ser classificada como apta para a produção de celulose ou energia, são avaliados os parâmetros associados aos atributos da madeira, como sua densidade básica, lignina, morfologia da fibra, teor de carboidratos, extrativos e minerais, são fundamentais para determinação do uso e aplicação da madeira (Santos *et al.*, 2016), visto que, a demanda de florestas com maiores produtividades, nesse cenário, parte dos plantios de espécies florestais utilizando clones, desenvolvidos para tolerarem doenças e estresses ambientais, bem como mostrarem melhor crescimento e qualidade da madeira (Benatti, 2013).

As principais espécies plantadas no país são o *E. grandis*, *E. saligna*, *E. urophylla*, *E.*

viminalis e os híbridos de *E. grandis* x *E. urophylla*, *Corymbia citriodora* e *E. Camaldulensis* (ABRAF, 2013). Entre eles, pode-se destacar a clonagem do híbrido urograndis, originado do cruzamento do *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, desenvolvido no Brasil na década de 80 e mostra-se como o material genético mais utilizado no país no setor florestal brasileiro, pois seu cruzamento uniu as melhores características das duas espécies, como qualidades físicas, químicas, energéticas e anatômicas da madeira (Santarosa *et al.*, 2014).

Atualmente o Brasil é o maior exportador de celulose do mundo e a representatividade nas exposições estão cada vez maiores devido aos amplos plantios da espécie e de seu acelerado crescimento, rendendo altas produtividades da eucaliptocultura no país, em diferentes regiões brasileiras e por isso, é um dos principais países que mais produz e publica trabalhos sobre a tecnologia e fabricação de celulose e papel (Nascimento, 2022).

Em área de produção, o setor florestal brasileiro possui aproximadamente nove milhões de hectares de áreas de floresta plantada, no qual 77% corresponde ao cultivo de espécies de eucalipto (IBÁ, 2020), incluindo clones e híbridos do gênero, uma vez que, são considerados fonte de insumo na indústria florestal para produção de papel, carvão vegetal, serraria, painéis e usinas de tratamento de madeira (Souza *et al.*, 2017). Além disso, a cadeia produtiva florestal atingiu 7,5%, em 2021, o que levou a bater um recorde na receita bruta de de R\$ 244,6 bilhões (IBÁ, 2022).

Com o passar dos anos e o aumento da implantação do eucalipto no Brasil e devido sua boa adaptação edafocimática, fato esse que fez com que o gênero *Eucalyptus* fosse considerado uma alternativa econômica notável para o nordeste, principalmente no estado de Alagoas, visto que, seu cultivo pode substituir o da cana-de-açúcar, tornando-se uma nova opção para geração de energia no estado, suprimindo também a demanda de madeira e aumentando a rentabilidade de produtores rurais (Marangon, 2017).

O território e a economia alagoana formou-se sobre a produção da cana-de-açúcar, destinando parcelas de terras férteis da Zona da Mata litorana até a mesorregião leste e agreste do estado (Almeida, 2018). Portanto, uma das incentivas ao plantio de eucalipto em Alagoas é através de políticas públicas proporcionadas pelo Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (CETENE), junto com o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) em 2014, que empreendeu a iniciativa a implantações de unidades experimentais de clones de *Eucalyptus* spp., de maneira a impulsionar a produção diversificada no nordeste (APIMEC, 2015). Além disso, as implantações de eucaliptocultura mostram-se com enorme potencial na produção de biomassa para geração de energia renovável.

Entre os implantes de povoamento florestal no estado, está o clone *E. urograndis* (*E. grandis* x *E. urophylla*), que se destaca nas regiões tropicais podendo ser utilizado de diferentes formas (Almeida, 2003). Para a silvicultura brasileira, o clone i144 é um dos mais plantados para a produção de carvão vegetal (Meira *et al.*, 2021), pois seu cruzamento teve o objetivo de conseguir em uma única espécie as características do *Eucalyptus grandis* e características e do *Eucalyptus urophylla*, como maior densidade da madeira, celulose, propriedades físicas, bem como, a obtenção de plantas com maior tolerâncias a estresses abióticos como o déficit hídrico (Pereira, 2017).

2.2 Produção de Mudanças Florestais

Atualmente a produção de mudas florestais é crescente e se destaca principalmente no reflorestamento, restauração de matas ciliares, arborização, recuperação de áreas degradadas e entre outros. A qualidade das mudas se dá através dos seus atributos morfológicos, fisiológicos e nutricionais, que pode resultar tanto do manejo de viveiros no qual são produzidas, como de fatores genéticos e pode ser observada mediante o desenvolvimento da muda no viveiro e no campo (Pereira *et al.*, 2017). Portanto, garantir mudas com parâmetros de qualidade de crescimento e resistentes a estresses abióticos aumenta as chances de sobrevivência das mesmas quando postas em locais sob condições adversas.

Inúmeros fatores podem influenciar a produção de mudas de boa qualidade, como as sementes, tipos de substratos e recipientes utilizados, manejo, irrigação e adubação durante seu processamento (Costa *et al.*, 2015). As sementes são primordiais para o desenvolvimento de uma muda com bons atributos, as características físicas e fisiológicas são uma referência tanto para o armazenamento, no qual as reservas não virem meios de disseminação de patógenos e doenças (Jungues *et al.*, 2016), semeadura e para o estabelecimento das plântulas (Santos *et al.* 2017).

O substrato é um elemento de influência direta na formação inicial de plântulas e deve apresentar utilidades básicas como o fornecimento de água, oxigênio, nutrientes e a sustentação da mesma, portanto, as características que devem conter é uma boa capacidade de troca de cátions, aeração adequada, teor de nutrientes suficientes, retenção de umidade, PH, porosidade, para favorecer o desenvolvimento das raízes, bem como ser isentos de patógenos (Krause *et al.*, 2017). É recomendável a mistura de dois ou mais substratos para a formulação de um onde a muda irá se desenvolver, visto que, dificilmente um material isolado conterá todas as características desejáveis e suas proporções e misturas devem ser em função das propriedades

que possuem (Wendling & Dutra, 2017).

Ainda, a deficiência hídrica nos substratos pode deixar as plântulas vulneráveis a estresse, pragas e doenças, pois induzem o fechamento estomático, conseqüentemente diminuindo a taxa de crescimento e reduzindo a área foliar, além de provocar o acúmulo de solutos e antioxidantes (Rocha *et al.*, 2017).

A escolha do tipo de recipiente para a confecção de mudas também é fundamental, uma vez que, possuem determinadas funções como promoção do crescimento e proteção das raízes de danos mecânicos e desidratação, conter o substrato permitindo nutrição adequada para as plantas e favorecer a sobrevivência no campo após o transplante (Zuffo *et al.*, 2018). Geralmente, recipientes maiores permitem a melhor qualidade das plântulas por estarem relacionados com maior quantidade e distribuição de substrato, acondicionando melhor as mudas (Embrapa, 2016), contudo, recipientes menores mostram-se também satisfatórios pois além de reduzir os custos na fase de produção, permitem a formação de mudas com boa qualidade com melhor rendimento no plantio (Lima Filho *et al.*, 2019)

2.3 Ecofisiologia do estresse em plantas

A fisionomia de uma determinada vegetação pode ser caracterizada mediante as condições ambientais adversas a qual são submetidas (Humboldt, 1982). A ecofisiologia vegetal pode ser definida como ciência que estuda as respostas morfofisiológicas das plantas à medida que os processos como crescimento e desenvolvimento são afetados através das interações com o meio ambiente ao seu redor (Lambers *et al.*, 2017). O estudo dos fatores ecofisiológicos auxilia no entendimento sobre como as plantas se adaptam em condições de estresse, visto que, os vegetais estão submetidos a diversificados estresses bióticos e abióticos que interrompem diferentes processos metabólicos encarregados pelo desenvolvimento dos mesmos (Maraghni *et al.*, 2011).

De acordo com Larcher (2004), o estresse pode ser descrito como qualquer perturbação significativa as condições ótimas à vida e seus impactos podem causar alterações em quaisquer estado funcionais do vegetal, podendo ser reversíveis ou não em função da natureza do estresse, do grau de severidade, do tempo de exposição ao fator estressor, do estado de desenvolvimento ao qual acontece, da espécie e das condições edafoclimáticas presentes. Além disso, segundo o referido autor, o estresse pode ser dividido em fase de alarme, estágio de resistência e estágio de exaustão.

No início, ocorre as disfunções metabólicas, onde há a desestabilização de estruturas

moleculares, o que leva a caída de atividades vitais do vegetal, como a fotossíntese. No estágio de resistência, a planta incita etapas de normalização do metabolismo mesmo submetida a ação do agente estressor, com o intuito de regenerar as ações vitais e atividade fisiológica que foram afetadas pelo estresse, parciais ou total, podendo ser chamado também de período de aclimatação. No estágio de exaustão acontece o esgotamento da planta, resultado do tempo de exposição e severidade de perturbação, provocando danos crônicos que impossibilitam a estabilização do metabolismo, levando a senescência celular precoce e até morte de células e tecidos. Contudo, na fase de resistência, é possível que ocorra o regeneramento parcial ou total das funções fisiológicas da planta devido a anulação do fator estressor se os danos causados pelo estresse forem reversíveis (Lichtenthaler, 1998; Lisar *et al.*, 2012).

As plantas são expostas a múltiplos fatores ambientais geradores de estresses, como hídrico (seca ou alagamento), salino, luminoso, altas temperaturas, ventos, geadas, deficit nutricional etc., que resultam em respostas fisiológicas desde a germinação das sementes até a maturidade, podendo causar perdas severas no crescimento e desenvolvimento, produção, partição e alocação de biomassa da cultura (Khan *et al.*, 2021). A limitação de locomoção dos vegetais concebeu que as espécies desenvolvessem meios para sua sobrevivência em locais onde não estão sobre condições ideais de sobrevivência, sendo flexíveis, podendo ou não comprometer de alguma forma os processos fisiológicos primários, por estarem sobre influencia dos fatores bióticos e abióticos (Isah, 2019). Por isso, as plantas possuem a capacidade de agir como sensores biológicos do ecossistema que estão introduzidas, sendo habilitadas a captar as mudanças ambientais e se ajustarem as novas circunstâncias mediante as respostas bioquímicas que irão alterar seu metabolismo e crescimento natural (Rossi *et al.*, 2012a).

A tolerância e sensibilidade dos vegetais em cenários estressantes são eventos complexos que afetam múltiplos estágios de desenvolvimento das plantas e ainda, sobre influência dos abióticos, as mesmas são afetadas negativamente pois ocorre a conturbação dos eventos integrados como alterações moleculares, fisiológicas, bioquímicas, morfológicas e de desenvolvimento (Warsi *et al.*, 2023). Devido a isso, há o desenvolvimento de mecanismos para lidar com o estresse como adaptação celular e molecular (Broetto *et al.*, 2017).

As respostas celulares ao estresse englobam mudanças no ciclo e expansão celular, na vacuolização como também mudanças na arquitetura da parede celular, o que de certa forma colabora para a tolerância das células ao estresse; de forma bioquímica, os vegetais modificam seu metabolismo de variadas formas para conseguir se ajustar ao estresse ambiental, produzindo

compostos osmorreguladores como a prolina, glicina e betaína (Rossi *et al.*, 2012b). Em fase inicial, comumente não é possível observar sintomas visíveis, porém fisiologicamente pode ocorrer alterações significativas (Cramer *et al.*, 2011).

Dessa forma, as culturas estão expostas a condições abióticas distintas e respondem a isso com a ativação de mecanismos de defesa para garantir sua sobrevivência, a adaptabilidade e tolerância variam de acordo com a espécie e suas variedades.

2.4 Influência da salinidade no crescimento e desenvolvimento vegetal

O termo salinidade é aplicado como um indicador de acúmulo de sais solúveis na rizosfera ou no solo, sendo na maioria das vezes nocivo ao desenvolvimento das plantas (Ribeiro, 2010), ainda, é considerado um antigo problema para a agricultura, podendo ter como um de seus motivos a baixa precipitação e manejo de irrigação inadequado (Rueda, 2019), o que gera uma quantidade excedente de sais no solo que consegue alterar as funções fisiológicas, bioquímicas e o metabolismo celular das plantas afetando a produção da cultura, crescimento e rendimento (Ramírez *et al.*, 2017).

Ademais, permite distúrbios nas relações hídricas e mudanças na absorção de nutrientes essenciais, pois, a alta condutividade elétrica do solo inibe o absorvimento de água, que gera a redução do crescimento vegetal em razão do efeito osmótico que influi o déficit hídrico ocasionado pela salinidade (Amorim *et al.*, 2010). Comumente, a salinidade é um tipo de estresse abiótico que possui alto impacto nas práticas agrícolas causando redução do potencial osmótico e aumento da atividade iônica do solo (Terrezas Rueda, 2018a).

O cloreto de sódio (NaCl) é considerado um sal solúvel e o mais abundante encontrado, o mesmo é responsável por reter água e por esse motivo os vegetais sobre efeito do estresse salino costumam sofrer também com o estresse hídrico, pois, a molécula de água age como solvente, oportunizando a atração do NaCl que possui alta afinidade com a mesma, decompondo o Na^+ do Cl^- , no qual irão se unir ao O^- e o H^+ , uma vez que, o acúmulo de sódio anula a absorção de água das plantas (Plazek *et al.*, 2013). Os primeiros efeitos do estresse salino nos vegetais são o decréscimo do potencial osmótico, causando danos fisiológicos, desequilíbrio nutricional e toxicidade pelos íons cloro e sódio (Terrezas Rueda, 2018b).

Na medida em que as plantas se desenvolvem em condições de salinidade, ocorre a diminuição do potencial osmótico interno para suprir o aumento do potencial osmótico no solo devido o acúmulo de sal, uma vez que, é uma ação necessária para que haja manutenção da atividade enzimática e o transporte do floema, evitando a desidratação ou morte (Lamz *et al.*,

2013). Essa técnica é um mecanismo adaptativo utilizado como forma de tolerar as condições de deficit hídrico e alta salinidade. Perante a isso, devido o aumento da absorção do íon Na^+ , ocorre conseqüentemente a redução do K^+ (potássio) nas folhas e raízes, por causa da competição entre os dois pelo mesmos sítios de infiltração na membrana plasmática, e, como os sais acometem o equilíbrio osmótico da célula no qual o K^+ é considerado um dos principais componentes relacionados ao equilíbrio celular (Bertazzini *et al.*, 2018), uma vez que a relação entre K^+/Na^+ é vital para a ativação das reações bioquímicas catalisadoras no citosol assegurando o crescimento das plantas (Wakeel, 2013).

Além do mais, para compensar o desequilíbrio causado pela salinidade e o prejuízo na estabilidade osmótica celular, o K^+ induz a produção de prolina como uma forma de solucionar sua redução (Roy *et al.*, 2014). Esse nutriente, K^+ , é associado as ações bioquímicas e físicas como a osmorregulação, ativação de enzimas, transporte de solutos, alongamento e manutenção do turgor celular, abertura e fechamento dos estômatos assim como estruturação dos cloroplastos sendo seu equilíbrio intracelular necessário para o rendimento e produção das culturas (Shabala & Pottosin, 2014).

Outrossim, em decorrência da limitação hídrica ocasionada pela alta concentração de sódio, as plantas deixam suas células flácidas e diminui a divisão e expansão celular, o que reduz o crescimento da superfície foliar, em consequência o mecanismo de ajustamento osmótico interno é iniciado com o objetivo de manter suas células túrgidas, ocasionando lento desenvolvimento nos vegetais sob estresse (Otto *et al.*, 2017). A baixa na absorção de água é um dos motivos que auxiliam a perda de crescimento das plantas sobre solos salinos, fator que se liga diretamente à fotossíntese pois há uma baixa assimilação de CO_2 por causa de redução da condutância estomática para diminuir a perda de água por transpiração, de modo que as plantas estressadas diminuem a taxa fotossintética, que decaí quando há muitas concentrações de Na^+ nos cloroplastos, afetando processos fotoquímicos e bioquímicos envolvidos na fotossíntese (Taiz *et al.*, 2017).

Subseqüentemente a toxicidade surge também quando os íons na água salina ou solo se aglomeram de forma excessiva no tecido da planta de forma que ocasionam diminuição no rendimento independente da concentração de sais, o que a princípio viabiliza um desbalanceamento osmótico celular e, seguidamente, uma toxidez iônica que irá causar danos citoplasmáticos e danos morfológicos na bordadura e ápice de folhas mais velhas devido ao maior acúmulo nelas (Dias *et al.*, 2016). As causas associadas de forma direta a toxidez iônica são os processos de senescência e morte celular, induzidas pela salinidade.

A existência de sódio nos solos é capaz de restringir a absorção de nutrientes como potássio e diminuir a concentração de Ca^{+2} trocável, ocasionando negativamente o desequilíbrio no metabolismo vegetal. A disposição de cálcio é de grande importância para manter os teores adequados de íons nos tecidos vegetais minimizando os efeitos da salinidade (Taiz e Zeiger, 2017).

Portanto, a tolerância de uma determinada espécie vegetal ao estresse salino é um fator decisivo para sua sobrevivência quando cultivadas nessas condições (Cavalcante *et al.*, 2018). A depender da cultivar, a resposta aos impactos negativos causados pelo estresse se diferem, no qual para cada existe um limiar tolerável que não gera redução na produtividade potencial, pois algumas são mais tolerantes que as outras, como também do nível de salinidade (Raj *et al.*, 2010).

2.5 Principais análises em estudos com salinidade em plantas

O estresse salino provoca mudanças no metabolismo vegetal, interferindo processos de crescimento, desenvolvimento e produtividade, por isso, análises diferentes são realizadas em plantas submetidas a salinidade, como análise das variáveis de crescimento e alocação de biomassa, que permite entender os procedimentos fisiológicos e sua produtividade nas plantas (Benincasa, 1988).

Uma variável fisiológica comumente avaliada nos estudos sobre seca e seca ocasionada pela salinidade é a área foliar, considerada hiper sensível, visto que, expostas aos fatores estressores em processo de maturação das folhas, as mesmas podem entrar no processo de senescência ou abscisão foliar precoce (Turkan, 2011). O deficit hídrico ligado a diminuição da turgescência foliar produz redução do processo de desenvolvimento da área foliar (Maraghni *et al.*, 2011a). Dessa forma, as folhas estão diretamente ligadas aos processos produtivos que inclui consequências como declínio na produção, partição e alocação de biomassa, porém, o acúmulo de matéria seca para folha, caule e raiz dependem do grau de severidade do estresse, o que torna necessário a análise das diferentes variáveis de crescimento nos efeitos da seca e suas reações nos vegetais (Benincasa, 2003). Ainda, a área foliar é assentida pela água disponível no solo e é considerada um meio de adaptação das plantas aos efeitos provocados pelo sal.

Além disso, nos casos de seca, o desenvolvimento radicular pode ser maior que o da parte aérea em razão da ampliação das raízes para espaços mais profundos do solo em busca de água, conseqüentemente, aumentando a relação raiz/parte aérea (Larcher, 2004). Salienta-se

que a relação raiz/parte aérea é determinada pelo equilíbrio funcional entre assimilação de água através das raízes e as etapas de translocação dos produtos fotossintéticos, no qual o crescimento da parte aérea é restringido pela quantidade de água absorvida já que a mesma age de forma direta nos processos de expansão celular e, paralelo a isso, a expansão das raízes é delimitada pela quantidade de fotoassimilados, fazendo com que cresçam até que suas exigências estejam iguais às de fotoassimilados conseguidos na parte aérea (Taiz & Zeiger, 2013).

Em conformidade com o autor Amirjani (2010), as respostas osmóticas primárias de uma planta submetida a salinidade são as alterações nas relações hídricas que levam a baixa do potencial hídrico foliar (Ψ_w), intervindo de modo direto no teor relativo de água (TRA), presente nas células vegetais comprometendo a manutenção da turgescência foliar celular que, conseqüentemente, restringe as trocas gasosas de formas parciais ou totalmente, subsequentemente interferindo os processos fotossintéticos e transpiracionais das plantas.

A determinação do teor relativo de água (TRA) é uma das variáveis que avalia as relações hídricas dos vegetais e o nível de estresse sendo enfrentado, sua determinação corresponde à medida do déficit de água nas folhas em razão do peso e da quantidade de água nos tecidos foliares, dado que mostra e quantifica a deficiência presente no instante da amostragem (Maraghni *et al.*, 2011b). Essa técnica foi desenvolvida por Weatherley (1950) e é popularmente utilizada em pesquisas envolvendo estresses que alteram o status hídrico das plantas

Os pigmentos fotossintéticos, nesse caso sendo eles clorofila *a*, *b* e carotenóides, agem também como um indicador de agente estressor, ocorrendo uma restrição nos teores de clorofila em grande parte das espécies florestais (Freitas *et al.*, 2007). Devido aos efeitos que acometem a área foliar, como redução do tamanho e número de folhas e da área que capta luz, os processos fotossintéticos e as trocas gasosas são diretamente influenciados (Sengar *et al.*, 2013a). Segundo Portes *et al.* (2010), os restringimentos acontecem consoante a degradação das clorofilas em virtude das reações de síntese serem em meio líquido.

Todavia, alguns trabalhos mostram que determinadas espécies arbóreas podem apresentar uma resposta contrária, como o incremento no teor de clorofila (LIU *et al.*, 2011). Contudo, por ser um micronutriente essencial para o desenvolvimento de uma cultura, o cloro (Cl), possui ação danosa quando em excesso, ajudando a diminuir as concentrações dos pigmentos fotossintéticos (Esteves & Suzuki, 2008).

Uma variável adicional que pode ser juntamente avaliada com os pigmentos

fotossíntéticos é o índice relativo de clorofila – SPAD (*Soil Plant Analysis Development*), equipamento pequeno e simples de diagnóstico, que concede leituras instantâneas de uma planta baseado na quantificação da intensidade da luz (comprimento de onda), o mesmo aponta a intensidade do verde ou concentração de clorofila relativa nas folhas e nas plantas (Torres Neto *et al.*, 2005).

Por fim, segundo Mansour (1995), a membrana plasmática é bastante comprometida devido ao estresse toxico causado pelo sal, o que provoca instabilidade no extravasamento de eletrólitos, que é uma das variáveis mais importantes para o entendimento dos danos ocasionados às membranas celulares dos vegetais. Ainda, o principal local nas células atingido pela absorção de íons e a elevada concentração de Na^+ é a membrana plasmática, no qual, as deteriorações geradas alteram sua seletividade (Pacheco *et al.*, 2013).

3. METODOLOGIA

O experimento foi realizado no Laboratório de Tecnologia da produção (LATEP) – Setor de Silvicultura e Viveiros Florestais, do *Campus* de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA), em Rio Largo – Alagoas (09°28' 02" S; 35°49' 43" W; 127m), pertencente a Universidade Federal de Alagoas (UFAL). As mudas de *Eucalyptus urograndis* i144 foram adquiridas de um fornecedor particular, situado na cidade de Maceió – Alagoas. As mudas foram transplantadas para sacos de polietileno contendo 2,5 kg de terriço vegetal, solo retirado da camada “O”, possuindo alto teor de matéria orgânica. Depois dessa etapa, as mudas ficaram por um período de aclimação de uma semana antes do início do experimento..

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, correspondendo a quatro concentrações salinas: Controle - 0 mM de NaCl, 50 mM de NaCl, 100mM de NaCl e 150 mM de NaCl , com 5 repetições cada, totalizando 20 mudas.

A solução salina foi preparada utilizando cloreto de sódio para análise e água destilada. Utilizamos a massa molecular do cloreto de sódio (NaCl), correspondente a 58,44 g/mol e obtivemos as proporções molar para cada tratamento, para 2 L de água, onde: controle – sem solução salina; concentração salina de 50 mM – $58,44 * (50/1000) = 2,922\text{g}$, para 2L = $2,922 * 2 = 5,844\text{g}$ de NaCl; concentração salina de 100mM - $58,44 * (100/1000) = 5,844\text{g}$, para 2L = $5,844\text{g} * 2 = 11,688\text{g}$ de NaCl e concentração salina de 150mM = $58,44 * (150/1000) = 8,766\text{g}$ de sal para, para 2L = $8,766\text{g} * 2 = 17,532\text{g}$ de NaCl. e as mudas foram regadas até a capacidade de campo. O desmonte foi realizado depois de 9 semanas das plantas submetidas ao estresse.

3.1 Avaliação biométrica

Ao decorrer do experimento, foram realizadas biometrias semanais, medindo-se a altura da planta (cm), a partir de um ponto fixo feito no caule a 1 cm da base do solo até a gema apical. O diâmetro (mm), foi medido com auxílio de um paquímetro digital de marca *starrett* (0,001mm), sempre na região do caule devidamente marcada e a contagem do número de folhas por planta, completamente expandidas.

3.2 Determinação da área foliar (AF), área foliar específica (AFE) e razão de área foliar (RAF)

Em sequência, no término da pesquisa, foi determinada a área foliar (AF), onde foram recortados 3 discos foliares de 2cm^2 da parte basal, mediana e apical da planta em cada

repetição, e, logo após isso, foram pesados para determinação dos pesos frescos e colocados em uma estufa de circulação de ar forçado a 65°C, até que as amostras atingissem peso seco constante, seguindo a metodologia de Mielke (1995).

Para a determinação da área foliar específica (AFE) e a razão da área foliar (RAF), calculou-se seguindo a metodologia de Benicasa (1988), através das fórmulas:

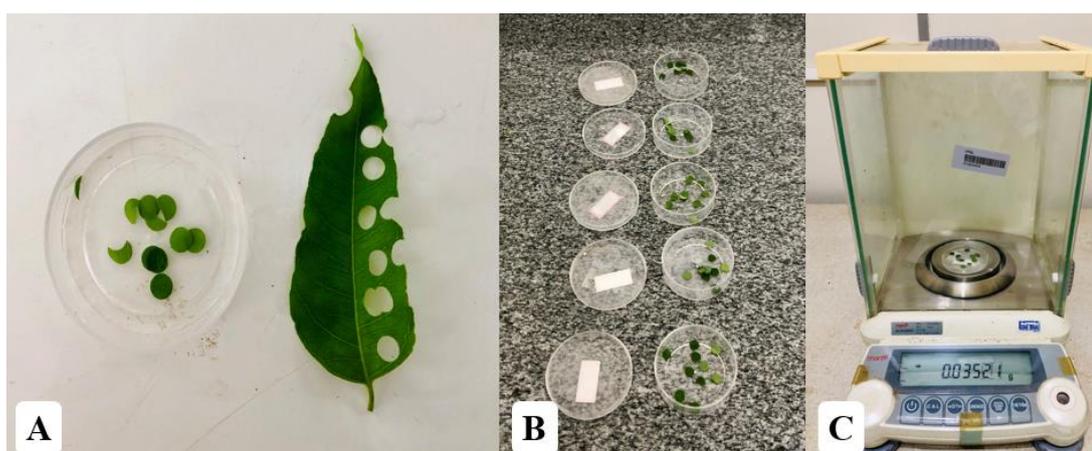
$$RAF = \frac{AF}{BST} \text{ e } AFE = \frac{AF}{BSF}$$

Sendo: AF= Área Foliar; BST = Biomassa Seca Total; e BSF= Biomassa Seca das Folhas.

3.3 Teor relativo de água na folha (TRA%)

Em seguida, foi verificado o teor relativo de água (TRA), mensurado segundo a metodologia Weatherley (1950), no qual foram feitos 10 discos foliares por planta, que, após pesá-los para a determinação do peso da biomassa fresca (PBF), foram colocados em placas de petri e imersos com 10ml água destilada. As placas foram levadas para um ambiente refrigerado por 24h e em seguida foram pesados novamente, para a obtenção do peso da biomassa túrgida (PBT) e posteriormente acondicionados em sacos de papel, foram levados à estufa de circulação forçada de ar a 65°C para a determinação do peso da biomassa seca (PBS).

Figura 1: Discos foliares na folha (A); Discos foliares em placas de petri contendo 10ml de água destilada (B); Peso túrgido dos discos foliares (C).



Fonte: autora.

De posse dos dados, foi calculado o teor relativo de água, de acordo com a seguinte fórmula:

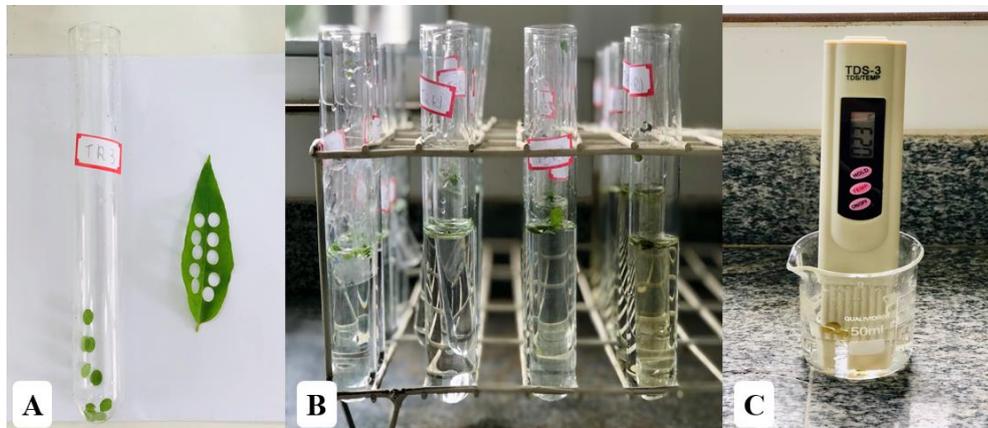
$$\text{TRA (\%)} = \frac{\text{PBF} - \text{PBS}}{\text{PBT} - \text{PBS}} \times 100$$

Sendo: PBF = Peso da biomassa fresca; PBS = Peso da biomassa seca e PBT = Peso da biomassa total.

3.4 Danos Membranares

Na determinação dos danos da membrana, foram feitos também 10 discos foliares por planta em cada repetição, e foram adicionados em tubo de ensaio com 30ml de água destilada e, passado 24h, foi determinada a condutividade elétrica livre (CL), por meio de um condutivímetro portátil. Depois, foram postos em banho maria por 1h a 100°C, para determinação da condutividade elétrica total (CT) e extravasamento de eletrólitos, mensurados também por um condutivímetro portátil.

Figura 2: Discos foliares feitos nas folhas de cada repetição (A); Discos foliares adicionados em tubo de ensaio com 30ml de água destilada (B); Determinação da condutividade elétrica total (CT) e extravasamento de eletrólitos através de um condutivímetro portátil (C)



Fonte: autora.

Feito isso, foram determinados a porcentagem de integridade absoluta (PIA%), a porcentagem de integridade relativa (PIR%) e a porcentagem de danos membranares, seguindo a metodologia de Vasquez-Tello *et al.* (1990), por meio das fórmulas:

$$\text{PIA} = [1 - (\text{CL}/\text{CT})] \times 100$$

$$\text{PIR} = (\text{PIA plantas estressadas} / \text{PIA plantas controle}) \times 100$$

$$\text{PD} = 100 - \text{PIR}$$

3.5 Índice SPAD e pigmentos fotossintéticos

Para determinação do índice de SPAD (*Soil Plant Analysis Development*), foram feitas cinco leituras nas mesmas folhas para obtenção do índice de *SPAD folha*, e cinco leituras nas folhas da parte basal, mediana e apical da planta para obtenção do *SPAD total* de toda a planta, por meio do medidor portátil de corofila, modelo SPAD-502 (MINOLTA CAMERA Co. Ltd., 1989).

Para a análise dos pigmentos fotossintéticos - clorofila *a*, *b*, carotenóides e total, foi aplicado o método destrutivo proposto por Lichtenthaler e Buschmann (2001), no qual foram coletados folíolos ao acaso de cada muda e pesados para obtenção de 0,1g do limbo foliar, depois foram inseridos em tubos de ensaio revestidos com papel alumínio contendo 10ml de álcool etílico (96%), para a extração dos pigmentos. As leituras foram feitas em um espectrofotômetro da marca Thermo scientific (Genesys 10UV scanning), após 48h em um ambiente refrigerado, nos comprimentos de onda de 664, 645 e 470 nanômetros (nm) e calculadas pelas fórmulas:

$$\text{Clorofila } a (\mu\text{g.mL}^{-1}) = 13,36 \times A_{663} - 5,19 \times A_{645}$$

$$\text{Clorofila } b (\mu\text{g.mL}^{-1}) = 27,43 \times A_{645} - 8,12 \times A_{663}$$

$$\text{Clorofila total } (\mu\text{g.mL}^{-1}) = \text{Clorofila } a + \text{Clorofila } b$$

$$\text{Carotenóides } (\mu\text{g.mL}^{-1}) = \frac{(1000 \times A_{480} - 2,13 \times \text{Chla} - 97,64 \times \text{Chlb})}{209}$$

209

Figura 3: Folíolos inseridos em tubos de ensaio revestidos com papel alumínio contendo 10ml de álcool etílico 96% (A); Leitura das clorofilas realizadas em um espectrofotômetro (B). Leituras feitas com uso do SPAD (*Soil Plant Analysis Development*) (C).

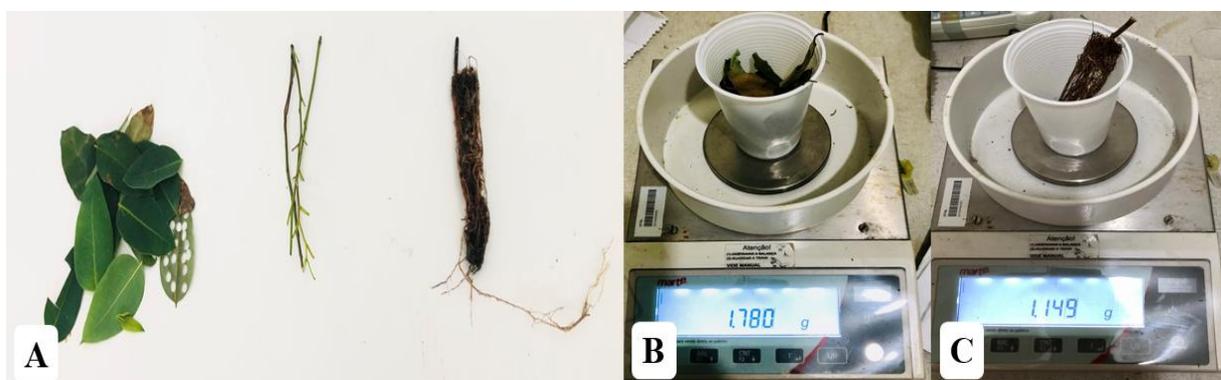


Fonte: autora.

3.6 Alocação e partição de biomassa

Para finalização das análises, as mudas foram separadas em raiz, caule e folha e postas em diferentes sacos para serem levadas até à estufa de circulação forçada de ar a 65°C, para determinação da biomassa seca da raiz (BSR), biomassa seca do caule (BSC), biomassa seca da folha (BSF) e biomassa seca total (BST), que posteriormente foram pesadas até adquirir peso constante, em gramas.

Figura 4: Mudas separadas em folha, caule e raiz (A); Determinação da biomassa seca da folha – BSF (B); Determinação da biomassa seca da raiz – BSC (C).



Fonte: autora.

Logo em seguida, foram determinados a alocação de biomassa para a raiz (ABR), para o caule (ABC), para folha (ABF) e por fim, relação raiz / parte aérea (R/Pa), a partir das fórmulas propostas por Benicasa (2003).

$$ABF = \frac{BSF}{BST}, \quad ABC = \frac{BSC}{BST}, \quad ABR = \frac{BSR}{BST} \quad \text{e} \quad R/Pa = \frac{BSR}{BSF+BSC}$$

Sendo: BSF= Biomassa Seca das Folhas; BSC= Biomassa Seca dos Caules; BSR= Biomassa Seca das Raízes; e BST= Biomassa Seca Total.

3.7 Análise estatística

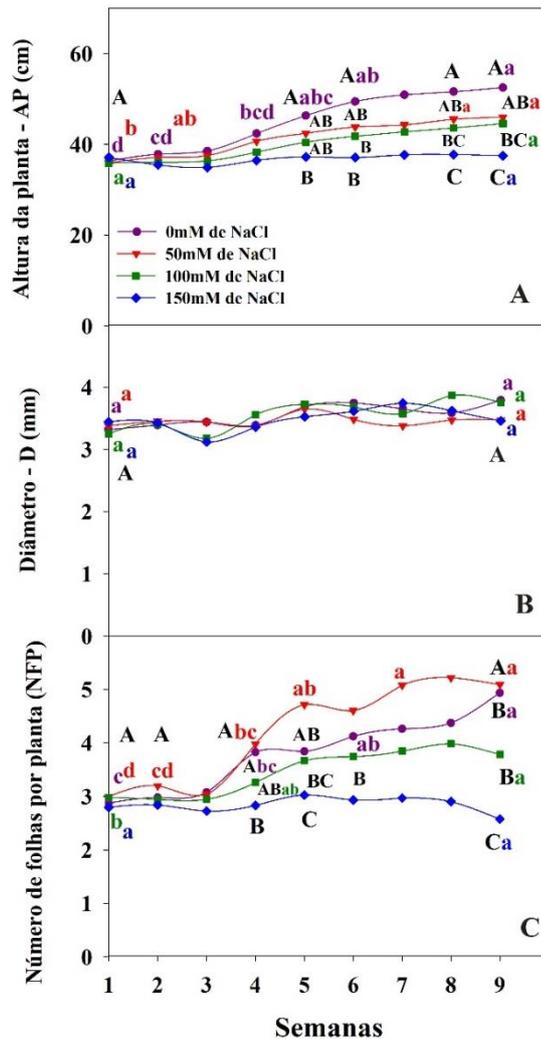
Os dados obtidos foram analisados a partir da análise de variância (anava) e as médias adquiridas foram comparadas entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Para as variáveis altura da planta (AP), diâmetro (D), número de folhas por planta (NFP), alocação de biomassa para a raiz (ABR), para o caule (ABC), para folha (ABF) foram analisadas com fatorial duplo. Para

realização da ANAVA, foi utilizado o software estatístico *Sisvar* versão 5.6 (FERREIRA, 2011). Ainda, a variável NFP foi transformadas em $\sqrt{X+0,5}$ segundo Zar (1999) e para realização de gráficos foi utilizado o aplicativo *SigmaPlot* versão 11.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a variável altura da planta (figura 5A), avaliando os tratamentos de fora, pode-se notar diferenças entre eles a partir da quinta semana após a submissão ao estresse até o fim do experimento, no qual o nível 0 mM (controle) e 50 mM se destacaram quando comparados as concentrações de 100 mM e 150 mM. Assim, pode-se notar o crescimento da planta ficou restrito de acordo com o nível salino que estavam submetidas. Isso pode ser explicado em razão do efeito da salinidade presente na água, uma vez que, o excesso de sal prejudica o crescimento da planta devido ao efeito tóxico causado pelo íon Na^+ , limitando a quantidade de água disponível para as mesmas (Silva *et al.*, 2012).

Figura 5: Valores médios da Altura da Planta – AP, em cm, (A); Diâmetro do caule - D, em mm (B); Número de folhas por planta - NFP (C), onde letras maiúsculas e **pretas** comparam resultados entre os tratamentos durante as semanas e letras minúsculas **roxa**, **vermelha**, **verde** e **azul** comparam resultado dentro dos tratamentos analisados de mudas de *Eucalyptus urograndis* i144, submetidas a diferentes níveis de salinidade. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



Conseqüentemente, a baixa disponibilidade de água pode ter promovido um possível estresse secundário, sendo assim, esses aspectos afetam a divisão e expansão celular prejudicando de forma direta o crescimento das mudas (Plazek *et al.*, 2013), o que pode justificar o maior crescimento no controle e menor para 150 mM de NaCl.

Na literatura científica, nas pesquisas em que os resultados para altura da planta (AP) obtidos por Souza *et al.* (2015) com mudas de eucalipto e por Freitas *et al.* (2010) com mudas de pau ferro sob salinidade, ambos identificaram redução no crescimento vegetativo das plantas de acordo com o aumento do nível salino na água e solo, concordando com os resultados encontrados nesta pesquisa. Salienta-se que o crescimento e desenvolvimento de mudas herbáceas, arbustivas e arbóreas estão diretamente associados à disponibilidade de elementos químicos fundamentais para o metabolismo vegetal, entretanto, a disponibilidade dos mesmos podem ser afetadas devido a presença de sal (Navroski *et al.*, 2018).

Ainda, para a variável AP (figura 5A), analisando os tratamentos individuais entre si,

durante o período do experimento, mais uma vez, nota-se que apenas o tratamento controle e o tratamento irrigado com 50 mM de NaCl obtiveram diferenças estatísticas durante o período que as plantas estavam sobre estresse salino. Enquanto os tratamentos com maiores níveis salinos não se diferenciaram.

Para o diâmetro do caule (figura 5B), não foi possível observar diferenças estatísticas entre as mudas durante as semanas que estavam submetidas ao estresse. Os dados obtidos estão de acordo com os de Andrade (2019), ao estudar os efeitos bioquímicos e ecofisiológicos em mudas de *Eucalyptus* spp., submetidos à salinidade do solo e diferem dos resultados encontrados por Silva *et al.*, (2019), ao verificar diminuição do diâmetro do caule com o aumento da salinidade, em plantas de *Erythrina velutina* Willd. Assim, de acordo com Ferreira *et al.*, (2017), é possível que a manutenção dos valores do diâmetro do caule indique uma ação adaptativa do clone em continuar a produção de madeira em meio salino, visto que, com o aumento da salinidade é esperado que haja diminuição no diâmetro do caule devido a redução do crescimento e desenvolvimento das plantas (Shariat; Assareh, 2016).

Para a variável número de folhas por planta (figura 5C) a concentração de 50 mM de NaCl alcançou o maior valor médio em relação aos demais, apresentando uma possível aclimação ao estresse salino submetido enquanto o tratamento de 150 mM de NaCl continuou com a menor média estatística em relação aos outros, indicando uma queda de folhas significativa. Segundo Vaario *et al.* (2011) o número de folhas propende a diminuir com o aumento da salinidade do solo. Além disso, a diminuição do número de folhas com níveis salinos mais altos, pode ser explicado devido o potencial osmótico negativo da solução do solo, afetando a absorção de água e o alongamento celular que pode resultar na redução da emissão de folhas novas (Jacome *et al.*, 2003). Portanto, esse fato pode explicar a queda de folhas para os níveis de 100 mM de NaCl e o 150 mM de NaCl.

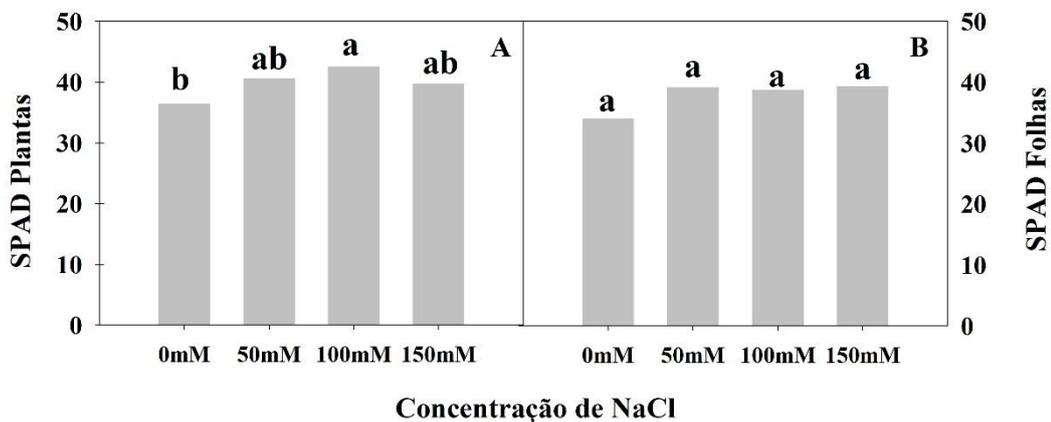
Os resultados da pesquisa são semelhantes aos encontrados por com *Albizia julibrissin* (Lima *et al.*, 2015) para essa mesma variável, onde houve baixa no número de folhas à medida do aumento da salinidade na água utilizada para irrigação.

Analisando os tratamentos individualmente, o nível de 50 mM de NaCl obteve maior número de folhas mesmo com efeito da salinidade, o que pode indicar uma possível aclimação ao estresse salino. Os demais não obtiveram diferenças estatísticas de forma individual.

O índice relativo de clorofila (SPAD), determina a intensidade do verde nas folhas e plantas, correlacionado ao teor de clorofila existente nas mesmas. De acordo com Aragão *et al.*, (2009), alterações nos valores do índice de SPAD são esperados em mudas submetidas a

salinidade, conforme o aumento do estresse salino nelas, o que pode ser referido ao efeito iônico do Na^+ , que proporciona o déficit de alguns nutrientes indispensáveis para o metabolismo da clorofila (Sá *et al.*, 2015). Porém, pode-se notar que estatisticamente, para o SPAD da planta (figura 6A) a concentração salina de 100 mM obteve o maior valor, não sofrendo alteração em relação aos outros, essa condição, provavelmente, indica a possível aclimação do clone para esse nível salino. Para as concentrações de 50 mM e 150 mM de NaCl não foi possível observar diferenças entre eles para o SPAD da planta (figura 6A), enquanto o tratamento controle (0 mM NaCl) obteve a menor média estatística.

Figura 6: Índice relativo da clorofila (SPAD) das plantas (A) e folhas (B) de mudas de *Eucalyptus urograndis* i144, submetidas a diferentes níveis de salinidade. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



Para o índice de SPAD das folhas (figura 6B) não houve diferença estatística entre os tratamentos. Os resultados atingidos divergem dos obtidos por Bezerra *et al.*, (2021), no qual ao avaliar as respostas fisiológicas de clones de eucalipto na fase inicial de crescimento em solo salinizado, o clone i144 apresentou os valores mais inferiores em relação ao índice de SPAD. Além disso, alguns autores salientam reduções nos valores de SPAD em mudas de espécies florestais submetidas a salinidade, como *Albizia lebbbeck* L. Benth (Lima *et al.*, 2015) e *Libidibia ferrea* Mart. (Bezerra *et al.*, 2020).

Nos pigmentos fotossintéticos, observa-se que a clorofila *a* (figura 7A) se destacou no 0 mM (controle) e no 100mM de NaCl. Bem como, para a clorofila *b* (figura 7B), o tratamento com 100 mM de NaCl obteve também o maior valor em média estatística, diferenciando-se dos demais. Para a relação da *Chl a/Chl b* (figura 7C), os tratamentos analisados não diferiram estatisticamente entre si. Avaliando os carotenóides (figura 7D) o 0 mM, 50 mM e 100 mM de

NaCl não diferiram entre si, apenas o tratamento contendo 150 mM de NaCl, com a menor média estatística entre eles. Para as análises de clorofila total (figura 8), o controle e 100 mM de NaCl obtiveram os maiores valores estatisticamente, seguido por 50 mM e 150 mM de concentração de sal, respectivamente.

Figura 7: Pigmentos fotossintéticos, sendo clorofila a – *Chl a* (A), clorofila b - *Chl b* (B), relação *Chl a/Chl b* (C) e carotenóides (D) em mudas de *Eucalyptus urograndis* i144, submetidas, submetidas a diferentes níveis de salinidade. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si.

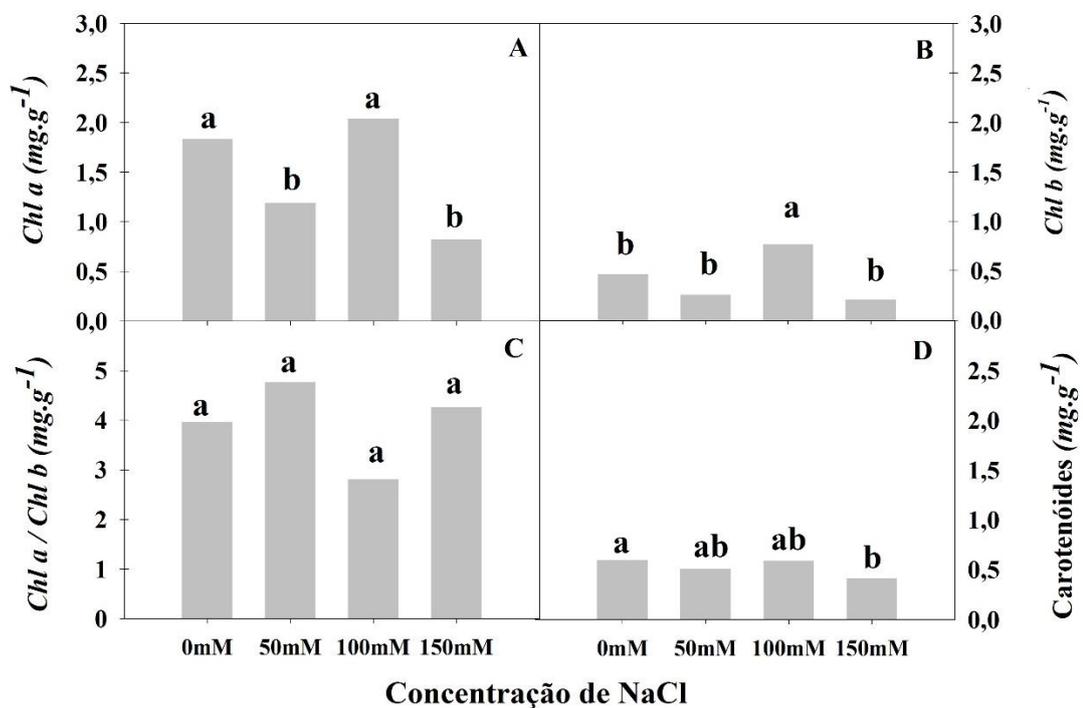
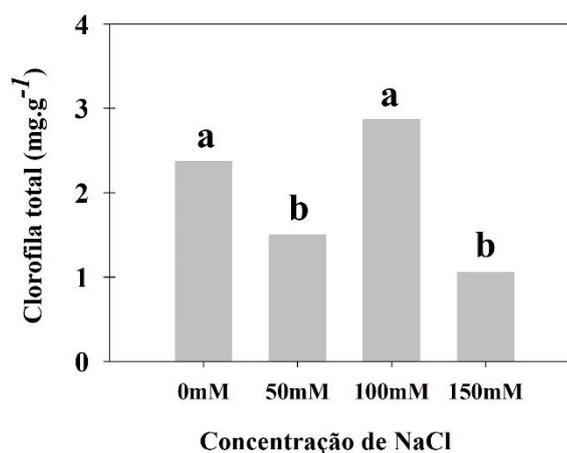


Figura 8: Clorofila total de mudas de *Eucalyptus urograndis* i144, submetidas a diferentes níveis de salinidade. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



Realça-se que os pigmentos fotossintéticos sofrem degradações nas condições de estresse, o que aumenta as chances de fotoxidação, pode-se haver manutenção desses pigmentos caso haja tolerância ao estresse (Silva *et al.*, 2014), o que pode ser evidenciado nas mudas do nível de 100 mM de NaCl, para as variáveis *Chl a* (figura 7A), *Chl b* (figura 7B), carotenóides (figura 7C) e total (figura 8) sugerindo tolerância, pois as mesmas não tiveram seu processo de fotossíntese comprometido, mesmo havendo redução no número de folhas (figura 5C). Esse resultado difere dos encontrados por outros autores, onde houve reduções progressivas na fotossíntese em função do aumento do nível salino em mudas de espécies como *Psidium guajava* L. (Távora *et al.*, 2001) e *Citrus limonea* (L.) Osbeck (Cruz *et al.*, 2003).

A existência de algumas limitações no processo de fotossíntese é gerada por ocorrer reduções no número de folhas e no seu tamanho, bem como, podem ser atribuídos ao efeito iônico do Na⁺, que gera deficiência de nutrientes essenciais para o metabolismo da clorofila (Bhargava *et al.*, 2014). Portanto, é possível notar que as mudas de estresse salino de 150 mM de NaCl, foi o mais afetado tanto na *Chl a* (figura 7A), *Chl b* (figura 7B), carotenóides (figura 7D) e total (figura 8). Esses resultados convergem também com os obtidos no NFP (figura 5C) para esse mesmo tratamento.

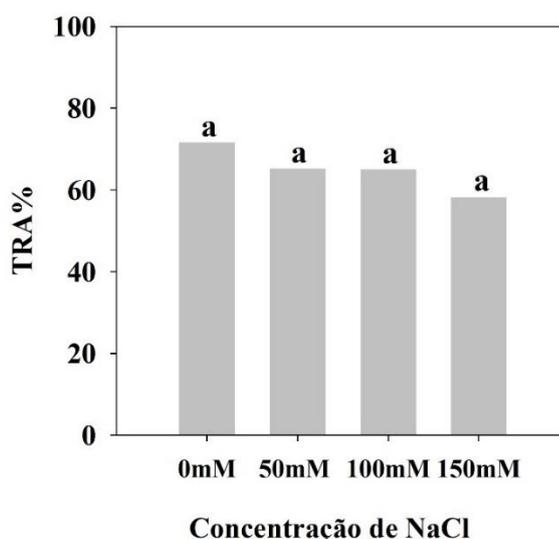
A análise encontrada para o nível salino de 150 mM de NaCl assemelha-se com os de Nouman *et al.* (2012), ao pesquisarem o efeito da salinidade em mudas de *Moringa oleifera* Lam., notaram que os pigmentos fotossintéticos foram os mais afetados no nível de aproximadamente 120 mM de NaCl.

Além disso, a concentração de sais chega a causar danos no aparato fotossintético, diminuir a eficiência quântica do fotossistema II (PSII) (Freire *et al.*, 2014), reduzir os pigmentos fotossintéticos, a razão Fv/Fm e deteriora os componentes proteicos encontrados no fotossistema, pois, ocorre o desbalanço iônico devido ao acúmulo de íons tóxicos nas células

das folhas (Tavakkoli *et al.*, 2011).

Para o teor relativo de água (figura 9), percebe-se reduções de acordo com o nível salino, sendo 71%, 64%, 65% e 58% para controle, 50 mM, 100 mM e 150 mM de NaCl respectivamente. Entretanto, apesar de estatisticamente não haver diferenças, percentualmente verifica-se o decréscimo 13% do teor de água das células foliares, do tratamento controle para o tratamento de 150 mM de NaCl e para os tratamentos de 50 mM de NaCl e 100 mM de NaCl, obtiveram manutenção de 64% e 65% respectivamente. Todavia, apesar de existir redução do TRA% entre os tratamentos, houve também sua conservação perante o nível salino, havendo uma possível preservação do turgor celular e diminuição na transpiração das plantas.

Figura 9: Teor Relativo de água (TRA%) em mudas de *Eucalyptus urograndis* i144, submetidas a diferentes níveis de salinidade. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

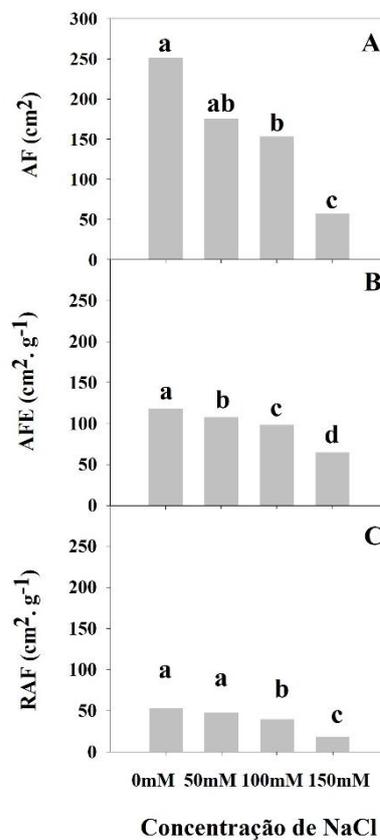


Os resultados para essa variável diferem com os de França (2022), ao encontrar reduções de 24% nos valores de TRA% com o aumento do nível salino, para mudas de *Mimosa tenuiflora* (Willd) Poir.

Ademais, diante de condições salinas, ocorre um aumento no fechamento dos estômatos das plantas com a finalidade de evitar perda de água por transpiração, o que limita também a capacidade fotossintética e subsequentemente redução na absorção de CO₂ (Kumar *et al.*, 2014). Assim, a concentração de 150 mM de NaCl, teve a menor manutenção de água nas células das folhas, consequentemente menor produção de *Chl a* (figura 7A), *Chl b* (figura 7B), carotenóides (figura 7D), clorofila total (figura 8) e menor média estatística para o NFP (figura 5C).

Podemos observar que na área foliar, AF, (figura 10A) à medida que o nível salino aumenta, a área foliar é reduzida, onde o controle (0 mM de NaCl) teve o maior valor, com 250cm², seguido por 50mM de NaCl com 175cm², 100 mM de NaCl com 152cm² e o 150mM de NaCl com apenas 57cm², o que o diferiu significativamente entre os demais, corroborando com os resultados obtidos em NFP (figura 5C) para cada tratamento.

Figura 10: Área foliar – AF (A), área foliar específica – AFE (B) e razão de área foliar – RAF (C), em mudas de *Eucalyptus urograndis* i144, submetidas a diferentes níveis de salinidade. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



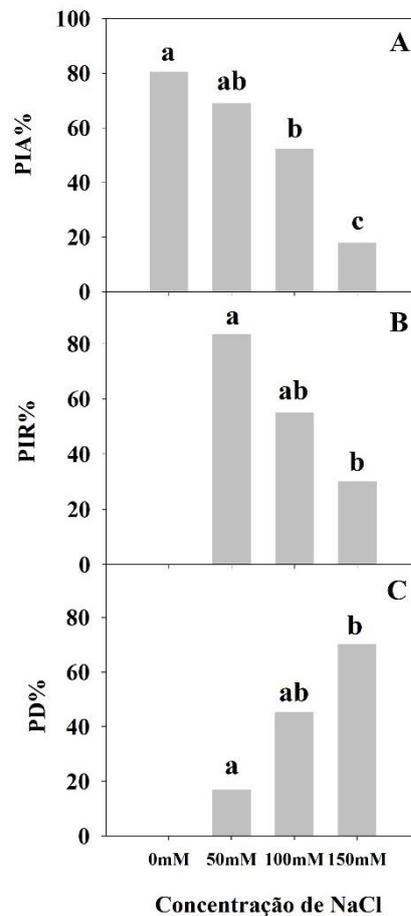
Os valores mostram que a área foliar específica, AFE, (figura 10B) também foi significativamente afetada, no qual, houve também uma redução diretamente proporcional com o nível salino que as plantas foram submetidas, atestando que as mudas estavam em efeitos de estresse salino. Na razão de área foliar, RAF, (figura 10C), os níveis de 0 mM e 50 mM não se diferenciaram entre si, contudo, os tratamentos com 100 mM e 150 mM de NaCl obtiveram as menores médias.

Ao avaliar a tolerância de diferentes genótipos de eucalipto a salinidade, Chaum *et al.*,

(2013), constatou que houve maior redução de área foliar conforme o maior nível salino, indicando sensibilidade ao estresse dos clones estudados. O mesmo acontece na presente pesquisa, no qual a AF (figura 10A), AFE (figura 10B) e RAF (figura 10C) sofreram reduções de acordo com o aumento da salinidade. Além disso, a redução da área foliar é apontada como uma forma de ajustamento do vegetal em relação ao estresse causado pela salinidade (Taiz e Zeiger, 2013b).

É possível notar que a porcentagem de integridade absoluta da membrana, PIA%, (figura 11A) é comprometida à medida que o nível salino aumenta, o que comprova a toxidez do estresse nas membranas das plantas avaliadas, principalmente para o nível de 150 mM de NaCl, que obteve o menor valor estatístico entre os tratamentos.

Figura 11: Porcentagem de Integridade Absoluta - PIA% (A), Porcentagem de Integridade Relativa - PIR% (B) e danos membranares - PD% (C), em mudas de *Eucalyptus urograndis* i144, submetidas a diferentes níveis de salinidade. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



Em conformidade a isso, é possível notar que na porcentagem de integridade relativa da

membrana, PIR%, (figura 11B), o sal afetou as membranas plasmáticas das mudas de eucalipto a partir do primeiro nível salino (50mM de NaCl), aumentando com a intensidade do estresse.

Na figura 11C, para a variável porcentagem de danos membranares, PD%, todos os tratamentos diferenciaram-se estatisticamente entre si, e, percebe-se que os danos membranares também aumentam em razão dos tratamentos salinos, onde as membranas das células vegetais começam a ser prejudicadas, aumentando gradativamente de acordo com o tratamento submetido, principalmente para o nível de 150 mM que obteve quase 80% de danos membranares. Portanto, os resultados dos níveis salinos de 50 mM, 100 mM e 150 mM de NaCl corroboram entre si, tanto para a PIA%, quanto para a PIR% e o PD%.

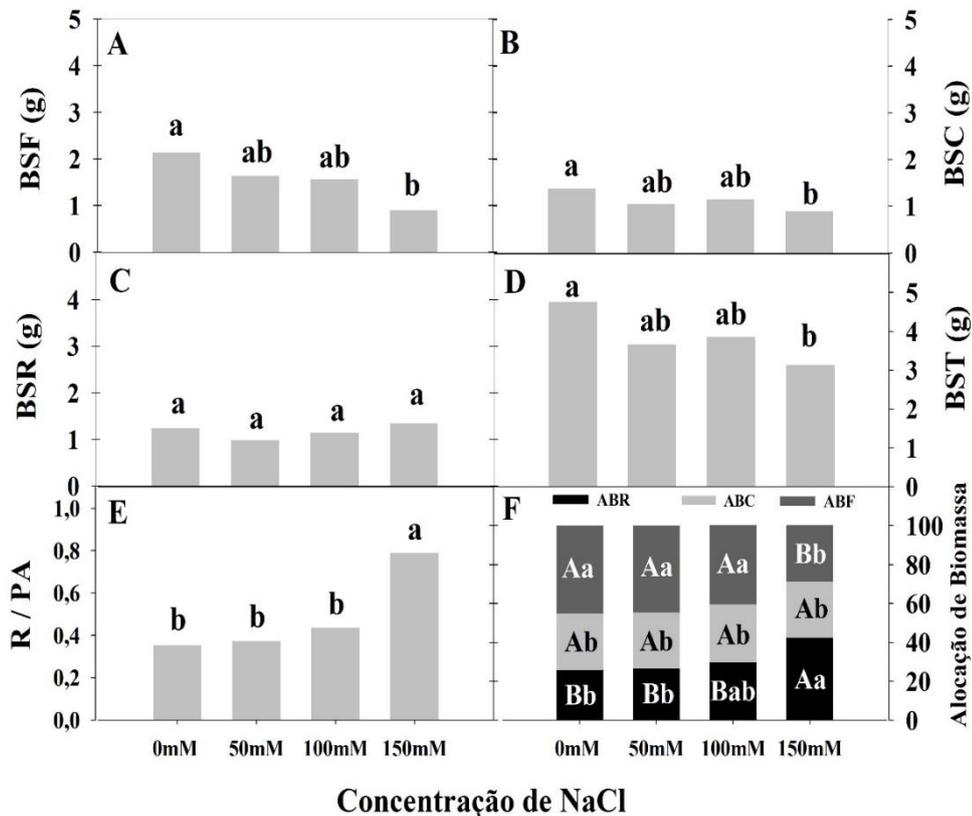
A membrana plasmática tem como uma de suas funções o controle da entrada e saída de substâncias e nutrientes dentro do citoplasma da célula vegetal, com o aumento da concentração de sódio no meio externo da membrana a água dentro da célula move-se para a camada externa e o NaCl para a interna, através do transporte ativo, fazendo com que a membrana se rompa devido o acúmulo de sal e haja extravasamento dos eletrólitos. Esse processo pode explicar a maior porcentagem de danos membranares nas mudas que estavam sob maiores concentrações salinas.

Os dados obtidos nessa pesquisa diferem dos conseguidos por Silva *et al.*, (2017), ao estudar os danos membranares causados em mudas de *Moringa oleífera* Lam. pelo estresse salino, onde os danos não foram prejudiciais ao desenvolvimento das plantas até o nível de 80 mM de NaCl. Em concordância a Ben-Amor (2006), afirma que o extravasamento de eletrólitos do conteúdo celular se eleva quando ocasionado por injúrias abióticas, como o estresse salino, fato esse que pode ser observado neste estudo.

Para a biomassa seca da folha (Figura 12A), nota-se que o tratamento de 150 mM de NaCl apresentou a menor média estatística em relação aos outros tratamentos, o que corrobora com o resultado obtido no NFP (figura 5C) e com os resultados obtidos para a AF (figura 10A), AFE (figura 10B) e RAF (figura 10C) para esse mesmo tratamento. A baixa produção de massa seca pode ocorrer em razão da menor assimilação de CO₂, verificado em plantas de *Eucalyptus* spp. por Sixto *et al.*, (2016). Os demais não diferiram estatisticamente entre si.

Figura 12: Média da biomassa seca da folha – BSF (A); biomassa seca do caule - BSC (B); biomassa seca da raiz - BSR (C); biomassa seca total – BST (D); Relação raiz/parte aérea - R/PA (E); Alocação de biomassa (F), onde, letras maiúsculas comparam resultados dentro dos tratamentos e letras minúsculas comparam resultados entre os tratamentos analisados, em

mudas de *Eucalyptus urograndis* i144, submetidas a diferentes níveis de salinidade. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



Para a biomassa seca do caule (figura 12B), os resultados adquiridos atestam-se com o da figura 5A, para a variável de altura da planta (AP), principalmente para o nível de 150 mM de NaCl. Na literatura foram encontrados estudos onde a redução na produção de massa seca das folhas e da parte aérea foi verificada em mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill (Marcar *et al.*, 2002) e em *Mimosa caesalpinifolia* Benth., por Silva *et al.* (2009). A baixa produção de matéria seca da parte aérea pode estar diretamente relacionada ao alto teor de acúmulo de Na⁺ e Cl⁻ (Larcher, 2006).

Para a biomassa seca da raiz (BSR) (figura 12C), os tratamentos não apresentaram diferenças significativas entre si. As plantas sob estresse possuem mecanismos de sobrevivência diferentes, a raiz é a parte do vegetal menos sensível ao efeito do estresse salino, fazendo com que haja maiores danos na parte aérea das plantas.

Na biomassa seca total da planta (BST) houve redução de acordo com o aumento do nível salino (figura 12D). Resultados parecidos foram observados em *Eucalyptus spp* (Mendonça *et al.*, 2010) e *Erythrina mulungu* (Mart. exBenth) (Guimarães *et al.*, 2013), *Astronium urundeuva* (M. Allemão) Engl., *Bauhinia unguolata* L. e *Luetzelburgia auriculata*

(Allemao) Ducke por Bessa *et al.* (2017), onde a massa seca dessas espécies sofreram decréscimos à medida que se aumentava a concentração de NaCl na água de irrigação. Assim, consoante a Lupi *et al.* (2016), a massa seca das plantas de eucalipto tendem a reduzir na medida que o nível salino aumenta, comprovando que a salinidade presente no solo afeta o desenvolvimento desse gênero.

Na relação raiz/parte aérea (figura 12E), o contendo 150 mM de NaCl se destacou, possuindo o maior valor estatístico em relação aos demais. O alongamento radicular pode ser maior que o da parte aérea em ocasiões de restrição hídrica, dado que, a ampliação das raízes a procura de água em regiões mais profundas do solo, eleva a relação raiz/parte aérea, podendo assim garantir a sobrevivência do vegetal (Nascimento *et al.*, 2011). Os demais tratamentos não apresentaram diferenças estatísticas entre si para a R/PA. .

Na alocação de biomassa de folha, ABF, (figura 12F), entre os tratamentos, não houve diferenças estatísticas para as primeiras concentrações salinas, apenas para a 150 mM de NaCl, que obteve a menor média entre os demais, assim como nos resultados encontrados para o NFP (figura 5A), AF (figura 10A), AFE (figura 10B), RAF (figura 10C) e BSF (figura 12A) desse mesmo tratamento, possivelmente, devido a queda de folhas pelo estresse salino ao qual estava submetido.

Na alocação de biomassa do caule, ABC, (figura 12F), não houve diferenças significativas entre os tratamentos. Mas, para a alocação de biomassa da raiz – ABR (figura 12F), o T4 obteve a maior média entre os demais, como na R/PA (figura 12E), ainda, em um estudo realizado por Chaum *et al.*, (2013b), os clones de eucalipto que se mostraram tolerantes à salinidade apresentaram maior matéria seca de raiz e tolerância do órgão vegetativo. Nos demais tratamentos não foi possível observar diferenças estatísticas.

Para a comparação dos resultados dos tratamentos individuais, durante às análises, os níveis de 50 mM, 100 mM e 150 mM de NaCl obteve destaque na ABF e ABC (figura 12F), enquanto o nível de 150 mM de NaCl apresentou destaque no desenvolvimento da ABR (figura 12F).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As mudas do tratamentos de concentrações salinas de 50 mM de NaCl e 100 mM de NaCl apresentaram as maiores médias estatísticas para as variáveis de crescimento e de biomassa seca da parte aérea.

Na solução salina de 100 mM de NaCl, as mudas obtiveram também maiores desenvolvimento, para as variáveis produção de clorofila e SPAD.

A concentração de 150 mM de NaCl foi prejudicial ao desenvolvimento das plantas de eucalipto i144.

Assim, o uso de água salina para produção de mudas de clones de eucalipto i144 é recomendada até a concentração de 100 mM de NaCl.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. C.; VIANEI, J. S. **Comparação entre uso de água em plantações de *Eucalyptus grandis* e floresta ombrófila densa (Mata Atlântica) na costa leste do Brasil.** *Rev. Árvore* [online], vol.27, n.2, pp.159-170, 2003.
- ALMEIDA, L. S. **A formação histórica de Alagoas (I): rotas de acumulação do açúcar.** Maceió: EDUFAL: Imprensa Oficial Graciliano Ramos, 2018.
- AMIRJANI, M. R. **Effect of NaCl on some physiological parameters of Rice.** *International Journal of Biological Sciences*, 3(1): 6-16. 2010.
- ANDRADE, J. R. D. **Bioquímica e ecofisiologia de clones de *Eucalyptus* submetidos à salinidade do solo na fase inicial de crescimento.** 100f. Tese (Doutorado em Agronomia (produção vegetal)) – Universidade Federal de Alagoas – UFAL, Centro de Engenharias e Ciências Agrárias – CECA, Rio Largo, 2019.
- APIMEC, 2015. **Alagoas terá projeto de eucalipto para biomassa energética.** Disponível em: http://www.apimec.com.br/apimecNE/show.aspx?id_canal=2457&id_materia=3445. Acesso em: 12/01/2024.
- ARAGÃO, C. A.; SANTOS, J. S.; QUEIROZ, S. O. P.; FRANÇA, B. **Avaliação de cultivares de melão sob condições de estresse salino.** *Revista Caatinga*, v.22, n.2, p.161-169, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS - ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF:** p.80, ano base 2012. Brasília, 2013.
- AYYAM, V.; PALANIVEL, S. CHANDRAKASAN, S. Biosaline Agriculture. **Coastal Ecosystems Os The Tropics – Adaptive Management**, Singapore, 12 oct 2019. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-13-8926-9_21.
- BEN-AMOR, N.; JIMENEZ, A.; MEGDICHE, W.; LUNDQVIST, M. SEVILLA, F.; ABDELLY, C. **Response of antioxidant systems to NaCl stress in the halophyte *Cakile maritima*.** *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, v. 126, p 446-457, 2006.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas).** Jaboticabal: FUNEP, 41 p, 2003.
- BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas.** 1.ed. Jaboticabal: FUNEP, p. 42. 1988.
- BERTAZZINI, M.; SACCHI, G. A.; FORLANI, G. A differential tolerance to mild salt stress conditions among six Italian rice genotypes does not rely on Na⁺ exclusion from shoots. **Journal of plant physiology**, v. 226, p. 145-153, 2018.
- BESSA, M. C.; LACERDA, C. F.; AMORIM, A. V.; BEZERRA, A. M. E.; LIMA, A. D. **Mechanisms of salt tolerance in seedlings of six woody native species of the Brazilian semi-arid.** *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 48, n. 1, p. 157-165, 2017.
- BEZERRA, L. T.; ANDRADE, J.R.; MAIA JUNIOR, S.O.; SILVA, V.M.; SILVA, K. P. O.

M.; FERREIRA, V. M.; **Respostas fisiológicas de clones de eucalipto na fase inicial de crescimento em solo salinizado**. *Silvicultura e Manejo Florestal: Técnicas de Utilização e Conservação da Natureza*. v 1, n. 26, p. 344-356, 2021.

BHARGAVA, K.M.; SINGH, A.; KUMAR, A. **Seasonal variation in physiology of Eucalyptus genotypes in relation to soil salinity**. *International Journal of Advanced Research*, v. 2, p. 281-290, 2014.

BROETTO, F., GOMES, E. R. & JOCA, T. A. C. **O estresse das plantas: Teoria e prática**. *Cultura Acadêmica*, 2017.

BURGER, L.M.; RICHTER, H.G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991. 154p.

C.; NASCIMENTO, H. H. C. **Emergência e crescimento inicial de plântulas de *Libidibia ferrea* (Mart. exTul.) em diferentes níveis de salinidade na água de irrigação**. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, v. 3, n. 3, p. 1126-1140, 2020.

CÂNDIDO, B. M., SILVA, M. L. N., CURI, N., BATISTA, P. V. G. (2014). **Erosão hídrica pós-plantio em florestas de eucalipto na bacia do rio Paraná, no leste do Mato Grosso do Sul**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 38, 5, 1565-1575.

CAVALCANTE, P. G. S.; SANTOS, C. M.; WANDERLEY FILHO, H. C. L.; AVELINO, J. R. L.; ENDRES, L. **Morpho-physiological adaptation of *Jatropha curcas* L. to salinity stress**. *Australian Journal of Crop Science*, v. 12, n. 4, p. 563-571, 2018.

CELESTRINO, T. S. **Fontes e modos de aplicação de boro na cultura do eucalipto (clone i144)**. 2014. 54 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 29. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira, 2014.

CHAUM, S.; SOMSUEB, S.; SAMPHUMPHUANG, T.; KIRDMANEE, C. **Salt tolerant screening in *Eucalyptus* genotypes (*Eucalyptus spp.*) using photosynthetic abilities, proline accumulation, and growth characteristics as effective indices**. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, v. 49, p. 611-619, 2013.

COSCOLIN, R. B. S.; BROETTO, F.; MARCHESE, J. A.; CAMPOHERMOSO, M. C.; PALADINI, M. V. **Effects of hydric deficiency on gas exchange parameters and metabolism of *Eucalyptus grandis* clones**. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, v. 23, n. 4, p. 255-262, 2011.

COSTA, E.; DIAS, J.G.; LOPES, K.G.; SILVA, B.F.F.S.; CARDOSO, E.D. (2015) **Telas de Sombreamento e Substratos na Produção de Mudanças de *Dipteryx alata* Vog.** *Floresta e Ambiente*, 22(3): 416-425. doi.org/10.1590/2179- 8087.071714.

CRAMER, G.R.; URANO, K.; DELROT, S.; PEZZOTTI, M.; SHINOZAKI, K. **Effects of abiotic stress on plants: A systems biology perspective**. *BMC Plant Biol.* 11, p. 163, 2011.

CRUZ, J. L.; PELACANI, C. R.; SOARES FILHO, W. S.; CASTRO NETO, M. T.; COELHO, E. F.; DIAS, A. T.; PAES, R. A. **Produção e partição de matéria seca e abertura estomática do limoeiro 'cravo' submetido a estresse salino**. *Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal*, v. 25, n. 3, p. 528-531, 2003.

DE AMORIM, V. S. S.; MONTEIRO, K. M. S.; SOUSA, G. O.; DAMASCENA, J. F.; PEREIRA, J. A. P.; MORAES, W. S. **Os benefícios ambientais do plantio de eucalipto:** revisão de literatura. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 11, p. e318101119604-e318101119604, 2021.

DE MEIRA, A.M., NOLASCO, A.M., KLINGENBERG, D. **Insights into the reuse of urban forestry wood waste for charcoal production.** *Clean Techn Environ Policy*, v.2, n. 3, p. 2777–2787, 2021.

DHAKAD, A. K.; PANDEY, V. V.; BEG, S.; RAWAT, J. M.; SINGH, A. **Biological, medicinal and toxicological significance of *Eucalyptus* leaf essential oil: a review.** *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 98, p. 833-848, 2017. DOI: <http://doi.org/10.1002/jsfa.8600>.

DIAS, N. S.; BLANCO, F. F.; SOUZA, E. R.; FERREIRA, J. F.; SOUSA NETO, O. N.; QUEIROZ, I. S. R. **Efeitos dos sais na planta e tolerância das culturas à salinidade.** Fortaleza, 2 ed. INCTSal. p.151-161, 2016.

DONATO, D.B.; CARNEIRO, A. C. O.; CARVALHO, A. M. L. M.; VITAL, B. R.; MILAGRES, E. G.; CANAL, W. D.; **Influência do diâmetro da madeira de eucalipto na produtividade e propriedades do carvão vegetal.** *Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)*, v 11(2): 63-73, 2020. DOI: 10.12953/2177-6830.

DOSSA, D.; SILVA, H. D.; BELLOTE, A. F. J.; RODIGHERI, H. R. **Comunicado técnico: produção e rentabilidade do eucalipto em empresas florestais.** Embrapa Florestas, Paraná. 2010.

ELDRIDGE, K. G. **Genetic improvement of Eucalypts.** *Silvae Genetica*, n. 27, v. 5, 1978.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **O eucalipto.** Disponível em: <https://www.embrapa.br/florestas/transferencia-de-tecnologia/eucalipto>.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária. **Manual de viveiro e produção de mudas:** espécies arbóreas nativas do Cerrado. Brasília, 2016.

ESTEVEZ, B. S.; SUZUKI, M. S. **Efeito da salinidade sobre as plantas.** *O ecologia Brasiliensis*, v.12, p.662-679, 2008.

***Eucalyptus* Species to Salinity Stress.** *ECOPERSIA*, v. 4, p. 1269-1282, 2016.

FERREIRA, M. C.; SANTOS, R. C.; CASTRO, R. V. O.; CARNEIRO, A. C. O.; SILVA, G. G. C.; CASTRO, A. F. N. M.; COSTA, S. E. L.; PIMENTA, A. S. **Biomass and energy production at short rotation *Eucalyptus* clonal plantations deployed in Rio Grande do Norte.** *Revista Árvore*, v. 41, p. 1-7, 2017.

FLORES, T. B.; ALVARES, C. A.; SOUZA, V. C.; STAPE, J. L. ***Eucalyptus* no Brasil: Zoneamento Climático e Guia para identificação.** IPEF, 2016.

FRANÇA, M. G.; **Efeitos da salinidade nas relações hídricas, trocas gasosas e no crescimento de mudas de jurema-preta (*mimosa tenuiflora* (willd) poir.).** 42p. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Universidade Federal De Campina Grande Centro De Saúde E

Tecnologia Rural Unidade Acadêmica De Engenharia Florestal Campus De Patos – PB. 2022.

FREIRE, J. L. O.; DIAS, T. J.; CAVALCANTE, L. F.; FERNANDES, P. D.; LIMA NETO, A. J. **Rendimento quântico e trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica, biofertilização e cobertura morta.** Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, v. 45, n. 1, p. 82-91, 2014.

FREITAS, R.M.O., NOGUEIRA, N.W., OLIVEIRA, F.N., DA COSTA, E.M. & RIBEIRO, M.C.C. **Efeito da irrigação com água salina na emergência e crescimento inicial de plântulas de jucá.** Revista Caatinga, v. 23, n. 3, p. 54-58, 2010.

GUIMARÃES, I.P., OLIVEIRA, F.N., VIEIRA, F.E. & TORRES, S.B. **Efeito da salinidade da água de irrigação na emergência e crescimento inicial de plântulas de mulungu.** Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v. 8, n. 1, p. 137-142, 2013.

HUMBOLDT, A. VON. **Sudamerikanische Reise: 1808.** Nordlingen: Greno Verlagsgesellschaft, 1982.

IBÁ - Indústria Brasileira de produtores de Árvores. **Relatório IBÁ 2022 ano base 2021.** Brasília: 2022.

IBÁ (Indústria Brasileira de Árvores). (2020). **Relatório anual: ano base 2019.** Brasília:2020.

ISAH, T. **Stress and Defense Responses in Plant Secondary Metabolites Production.** Biological Research, v. 52, n. 39, p. 52-39, 2019.

JACOBS, M. R. **Eucalypts for planting.** Rome: FAO, 1979. (FAO forestry series, 11).

JÁCOME, A.G., OLIVEIRA, R.H., FERNANDES, P.D., GHEYI, H.R., DE SOUZA, A. P. & GONÇALVES, A.C. A. **Crescimento de genótipos de algodoeiro em função da salinidade da água de irrigação.** Acta Scientiarum. Agronomy, v. 25, n. 2, p. 305-313, 2003.

KHAN, M. I. R. **The intricacy of silicon, plant growthregulators and other signaling molecules for abiotic stresstolerance: an entrancing crosstalk between stress alleviators.** Plant Physiology and Biochemistry, v. 162, p. 36-47, 2021

KRAUSE, M. R.; MONACO, P. A. V.; HADDADE, I. R.; MENEGHELLI, L. A. M.; SOUZA, T. D. **Aproveitamento de resíduos agrícolas na composição de substratos para produção de mudas de tomateiro.** Horticultura Brasileira, Brasília, v. 35, p. 280-285, 2017.

KUMAR, T.; KHAN, M. R.; JAN, S. A.; AHMAD, N.; ALI, N. N.; ZIA, M. A.; ROOMI, S.; IQBAL, A.; ALI, G. M. **Efficientregeneration and genetic transformation of sugarcane withAVP1 gene.** American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences, v. 14, p. 165-171, 2014.

LAMBERS, H., CHAPIN, III F. S.; PONS, T. L. **Plant Physiological Ecology.** Springer. 2008. <http://dx.doi.org/10.1007/978-0-387-78341-3>. Acesso em: 26 out. 2017.

LAMZ PIEDRA, A.; GONZÁLES CEPERO, M. C. **La salinidad como problema en la agricultura: la mejora vegetal una solucion inmediata.** *Cultivos tropicales*, 34(4), 31-42. 2013.

- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. CHBA. Ed. Rima, São Carlos. p. 531. 2004.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Editora RIMA, p. 531. 2006.
- LELIS, A. UFMG (2019). **Florestas plantadas de eucalipto sequestram carbono da atmosfera**. Universidade Federal de Minas Gerais.
- LICHTENTHALER, H. K. **The stress concept in plants: An introduction**. Annals of New York Academy of Sciences, v. 851, p. 187-198. 1998.
- LICHTENTHALER, H. K.; BUSCHMANN, C. **Current Protocols in Food Analytical Chemistry**, f4. 3. 1 – F4.3.8, 2001.
- LIMA FILHO, P.; LELES, P.S. DOS S.; ABREU, A.H.M.; SILVA, E.V. **Produção de mudas de *Ceiba speciosa* em diferentes volumes de tubetes utilizando o biossólido como substrato**. Ciência Florestal, 29(1), 27-39, 2019. <https://doi.org/10.5902/1980509819340>.
- LIMA, M. F.; PORTO, M. A.; TORRES, S. B.; FREITAS, R. M.; NOGUEIRA, N. W.; CARVALHO, D. R. D. **Emergência e crescimento inicial de plântulas de albizia submetidas à irrigação com água salina**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 19, n. 2, p. 106-112, 2015.
- LISAR, S. Y. S.; MOTAFAKKERAZAD, R.; HOSSAIN, M. M., RAHMAN, I. M M. **Water stress in plants: Causes, effects and responses**. In: Water Stress, Edited by: Ismail M. M. Rahman and Hiroshi Hasegawa. 1–14 Rijeka, Croatia: In Tech, 2012.
- LUPI, A. M.; PATHAUER, P. S.; NETTO, V.; CAPPA, E. P. **Evaluación del crecimiento y estado nutricional de híbridos interespecíficos de *Eucalyptus* sometidos a estrés por anegamiento y salinidad**. Ciencia del suelo, v. 35, p. 57-68, 2016.
- MANSOUR, M. M. F. **NaCl alteration of plasma membrane of *Allium cepa* epidermal cells**, Alleviation by calcium. Journal Plant Physiology, v.145, p.726-730, 1995.
- MANSOUR, M. M. F. **The plasma membrane transport systems and adaptation to salinity**. Journal of Plant Physiology, v. 171, n. 18, p. 1787-1800, 2014.
- MANTOVANI, L. P.; LEITE, A. R.; MANTOVANI, J. P. M.; SIMÕES, B. N. S.; GONÇALVES, E. S. S.; NEVES, F. P.; RIBEIRO, V. G. **BIOMASSA E ENERGIA**. REVISTA AGRONOMIA BRASILEIRA, v. 6, 2022. <http://www.fcav.unesp.br/rab>. doi: 10.29372.
- MARAGHNI M.; GORAI M.; NEFFATI M. **The Influence of Water-Deficit Stress on Growth, Water Relations and Solute Accumulation in Wild Jujube (*Ziziphus lotus*)**. Journal of Ornamental and Horticultural Plants, 1(2): 63-72 p., 2011.
- MARAGHNI M.; GORAI M.; NEFFATI M. **The Influence of Water-Deficit Stress on Growth, Water Relations and Solute Accumulation in Wild Jujube (*Ziziphus lotus*)**. Journal of Ornamental and Horticultural Plants, 1(2): 63-72 p., 2011b.
- MARANGON, G. P.; LONGHI, R. V.; NOBRE, S. C. M.; COLA, R. E.; BEZERRA, L. T.; MELO, A. K. **Procedimento de regressão stepwise para definição de modelo hipsométrico**. In: XIX Semana de Engenharia Florestal da UFRPE. 2017, Recife. Recife-PE,

UFRPE: p. 102-106,2017.

MARCAR, N. E.; CRAWFORD, D. F.; SAUNDERS, A.; MATHESON, A. C; ARNOLD, R A. **Genetic variation among and within provenances and families of *Eucalyptus grandis* W. Hill and *E. globulus* Labill. subsp. *globulus* seedlings in response to salinity and waterlogging.** Forest Ecology and Management, v. 162, p.231–249, 2002.

MAZETTE, S.S. **Uso de biocarvão como substrato para produção de mudas de eucalipto.** 2017. 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Sinop, 2017.

MENDONÇA, A.V.R., CARNEIRO, J.G. A, FREITAS, T.A.S. & BARROSO, D.G. Características fisiológicas de mudas de *Eucalyptus* spp submetidas a estresse salino. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 2, p. 255-267, 2010.

MIELKE, M. S. **Comparação de métodos de laboratório e de campo para estimativa da área foliar em fruteiras silvestres.** Scientia Agricola, v.52, n.1, p.82-88, 1995.

MINOLTA CAMERA CO. Ltd., **Chlorophyll meter SPAD-502.** InstructionManual. Radiometric Instruments Divisions, Osaka, Minolta, p. 22. 1989.

NASCIMENTO, H. H. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; SILVA, E. C.; SILVA, M. A. **Análise do crescimento de mudas de Jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em diferentes níveis de água do solo.** Revista Árvore. Viçosa – MG. V.35, n.3, Edição especial, p. 617-626, 2011.

NASCIMENTO, R. R. A. **Fluxos Comerciais e bilaterais entre Brasil e China no período de 2000 a 2019.** 2022. 61 f. Monografia (Bacharelado em Ciências Econômicas) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais, 2022.

NAVROSKI, M.C., BERGHETTI, A.L.P., FENILLI, T.A.B., BUSS, R., PEREIRA, M. O. & TURCHETTO, F. **Produção de sementes e mudas: um enfoque à silvicultura.** Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, p. 237-257, 2018.

NEVES, T. A.; PROTÁSIO, T. P.; COUTO, A. M.; TRUGILHO, P. F.; SILVA, V. O.; VIEIRA, C. M. M. **Avaliação de clones de *Eucalyptus* em diferentes locais visando à produção de carvão vegetal.** Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo, v. 31, n. 68, p. 319-330, 2011.

NOUMAN, W.; SIDDIQUI, M. T.; BASRA, S. M. A.; KHAN, R. A.; GULL, T.; OLSON, M. E.; MUNIR, H. **Response of *Moringa oleifera* to Saline Conditions.** International Journal of Agriculture & Biology, v. 14, n. 5, p. 757-762, 2012.

OTTO, M. S. G.; FRANCISCO, J. G.; GONSALEZ, B. T.; CALVO, L. A.; MATTOS, E. M.; ALMEIDA, M.; MORAL, R. A.; DEMÉTRIO, C. G. B.; STAPE, J. L.; OLIVEIRA, R. F. **Changes in c-aminobutyric acid concentration, gas exchange, and leaf anatomy in *Eucalyptus* clones under drought stress and rewatering.** Acta Physiol Plant, v. 39, p. 1-13, 2017.

PACHECO, C. M.; PESTANA-CALSA, M. C.; GOZZO, F. C. NOGUEIRA, R. J. M. C.; MENOSSI, M.; CALSA JUNIOR, T. **Differentially delayed root proteome responses to**

salt stress in sugar. Cane Varieties. Journal of Proteome Research, v. 12, p. 5681–5695, 2013.

PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; CAMPANHA, M. M.; MAIA, C. M. B. F.; QUEIROZ, D. L.; PEIXOTO, R. T. G.; FRITZSONS, E.; WREGE, M. S. **Serviços ecossistêmicos e eucalipto.** Embrapa Milho e Sorgo-Capítulo em livro científico (ALICE), 2021.

PEREIRA, ARIENE OLIVEIRA. **Densidade básica da madeira da população de híbridos de eucalyptus spp., no município de dom eliseu, Pará.** 2017. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, Paragominas, 2017.

PEREIRA, O. M.; NAVROSKI, M. C.; HOFFMANN, M. P.; GRABIAS, J.; BLUM, C. T.; NOGUEIRA, A.C; ROSA, D. P. **Qualidade de sementes e mudas de *Cedrela fissilis* Vell. em função da biometria de frutos e sementes em diferentes procedências.** Revista de Ciências Agroveterinárias, Lages, v.16, n.4, p.376-385, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5965/223811711642017376>.

PLAZEK, A., TATRZAŃSKA, M., MACIEJEWSKI, M., KOŚCIELNIAK, J., GONDEK, K., BOJARCZUK, J. & DUBERT, F. **Investigation of the salt tolerance of new Polish bread and durum wheat cultivars.** Acta Physiologiae Plantarum, v. 35, n. 8, p. 2513-2523, 2013.

RAJ, H., DA SILVA, N., & FEITOSA DE LACERDA, C. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados.** Fortaleza: INCT sal. Richards, Ed. Washington. 2010.

RAMÍREZ, M.; URDANETA, A.; PÉREZ, E. **Germinacion del guayabo tipo "criolla roja" bajo condiciones de salinidad por cloruro de sodio.** BIOAGRO, 29(1), 65-72, 2017.

REIS FILHO, W.; SANTOS, F.; STRAPASSON, P.; NICKELE, M.A. **Danos causados por diferentes níveis de desfolha artificial para simulação do ataque de formigas cortadeiras em Pinus taeda e Eucalyptus grandis.** Pesquisa Florestal Brasileira, v. 31, n. 65, p. 37, 2011.

RIBEIRO, M. R. **Origem e Classificação dos Solos Afetados por Sais.** In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (Eds.). Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados. Fortaleza, **INCTSal**. p.11-19. 2010

ROCHA, C. W.; REIS, M. A.; SILVA, M. A.; SARAIVA, T. A.; DAYRELL, D. M. **Uso de Diferentes Substratos na Produção de Mudas de Maracujazeiro Amarelo.** Revista Agroveterinária, Negócios e Tecnologias, 2(1), 38-51, 2017. <http://ojs.fccvirtual.com.br/index.php/REVISTA-AGRO/article/view/11>.

ROSSI, G.; CASTRO, P. R. C.; **Ecofisiologia do adubo verde.** Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba. Série Produtor Rural, nº 51, 2012. ISSN 1414-4530.

ROY, S J.; NEGRÃO, S; TESTER, M. **Salt resistant crop plants.** Current Opinion in Biotechnology, v. 26, p. 115-124, 2014.

- RUEDA TERRAZAS, J. M. **provechamiento del suelo salino: agricultura salina y recuperación de suelos**. Revista de la Carrera de Ingeniería Agronómica – UMSA. Abril. 2019. PAG.1539-1563.
- SÁ, F. V. S.; BRITO, M. E. B.; ANDRADE S. L.; MOREIRA, R. C. L.; FERNANDES, P. D.; FIGUEIREDO, L. C. **Fisiologia da percepção do estresse salino em híbridos de tangerineira “Sunki Comum” sob solução hidropônica salinizada**. Comunicata Scientiae, v. 6, n. 4, p. 463- 470, 2015.
- SANTAROSA, E.; PENTEADO JR., J.F.; GOULART, I.C.G.R. **Cultivo de eucalipto em propriedades rurais: diversificação da produção e renda**. 1ª ed. Brasília, Editora Embrapa, 138p, 2014.
- SANTOS, P. V. **Qualidade tecnológica da madeira de *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson submetida ao processo de termorreificação**. Scientia Forestalis, Piracicaba, v. 44, n. 110, jun. 2016.
- SANTOS, S. M. S.; CUNHA, D. V. P.; SILVA, R. A.; TEIXEIRA, E. C.; CARVALHO, F. D. **Avaliação morfofisiológica em mudas de clones de eucalipto em viveiros comerciais na etapa de expedição**. Revista Cultivando o Saber, v. 10, n. 2, p. 238- 250, 2017.
- SENGAR, K.; SENGAR, R. S.; SINGH, A. **Biotechnological and genomic analysis for salinity tolerance in sugarcane**. International Journal of Biotechnology and Bioengineering Research, v. 4, p. 407-414, 2013.
- SHABALA, S.; POTTOSIN, I. **Regulation of potassium transport in plants under hostile conditions: implications for abiotic and biotic stress tolerance**. Physiologia Plantarum, v. 151, p. 257–279, 2014.
- SHARIAT, A.; ASSAREH, M. H. **Physiological and Biochemical Responses of Eight**
- SILVA, A. L. L.; OLIVEIRA, Y.; DIBAX, R.; COSTA, J. L.; SCHEIDT, G. N.; MACHADO, M. P.; GUERRA, E. P.; BRONDANI, G. E.; ALVES, S. A. O. **Hydroponics growth of *Eucalyptus saligna* Sm. on salt-stress mediated by sodium chloride**. Journal of Biotechnology and Biodiversity, v. 3, p. 213-218, 2012.
- SILVA, B.L.B., COSTA, E., BINOTTI, F.F.S., BENETT, C.G.S., SILVA, A.G. **Growth and quality of *Garcinia humilis* seedlings as a function of substrate and shading level**. Pesquisa Agropecuária Tropical, 48(4), 407-413, 2018. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/1983-40632018v4853500>.
- SILVA, E. C. A.; COSTA, J. R. S.; COSTA, P. C. F.; ALCÂNTARA, A. M. A. C.; SANTOS, C. A.; NOGUEIRA, R. J. M. C. **Salinidade na emergência e no crescimento inicial de mulungu**. Ciência Agrícola, Rio Largo, v. 17, n. 1, p. 63-69, 2019
- SILVA, E. C. A.; LUCENA, P. G. C.; NASCIMENTO, R. M.; SANTOS, C. A.; ARAUJO, R. P. S.; NOGUEIRA, R. J. M. C. **Mecanismos bioquímicos em *Moringa oleifera* Lam. para tolerância à salinidade**. Acta Iguazu, Cascavel, v.6, n.4, p. 54-71, 2017.
- SILVA, J.M.S. **Partição de biomassa em clones de *Eucalyptus* na região litorânea do Rio Grande do Norte**. 9-13. In: Simpósio Brasileiro de Pós-Graduação em Ciências Florestais, 8,

2014, Recife-PE, 2014.

SILVA, M. A.; SANTOS, C. M.; VITORINO, H. S.; RHEIN, A. F. L. **Pigmentos fotossintéticos e índice SPAD como descritores de intensidade do estresse por deficiência hídrica em cana-de-açúcar.** Bioscience Journal, v. 30, p. 173-181, 2014.

SILVA, M.B.R., VIÉGAS, R.A., NETO, J.D. & FARIAS, S.A.R. **Estresse salino em plantas da espécie florestal sabiá.** Caminhos de Geografia, v. 10, n. 30, 2009.

SIXTO, H.; GONZÁLEZ-GONZÁLEZ, B. D.; MOLINA-RUEDA, J. J.; GARRIDOARANDA, A.; SANCHEZ, M. M.; LÓPEZ, G.; GALLARDO, F.; CANELLAS, I.; MOUNET, F.; PETTENATI, J. G.; CANTÓN, F. ***Eucalyptus* spp. and *Populus* spp. coping with salinity stress: an approach on growth, physiological and molecular features in the context of short rotation coppice (SRC).** Trees, v. 30, n. 5, p. 1873-1891, 2016.

SOUZA, B. R.; FREITAS, I. A.S.; LOPES, V. A.; ROSA, V. R.; MATOS, F. S. **Growth of *Eucalyptus* plants irrigated with saline water.** African Journal of Agricultural. v.10, n.10, p. 191-196, 2015.

SOUZA, F. M. L., PUPO, C. H., SEREGHETTI, G. C., SANSÍGOLO, C. A., FERREIRA, J. P., SILVA, R. B., GARCIA, D. P. **Características de crescimento, densidade básica e composição química da madeira de *Eucalyptus* spp. na região de Ribas do Rio Pardo - MS.** Brazilian Journal of Biosystems Engineering, 11, 350-359, 2017.

SOUZA, R. P.; MACHADO, E. C.; SILVEIRA, J. A. G.; RIBEIRO, R. V. **Fotossíntese e acúmulo de solutos em feijoeiro caupi submetido à salinidade.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 46, n. 6, p. 586-592, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**, 5ª edição Internacional. Ed. Artmed. 954 p., 2013

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal.** Artmed Editora, 2017. 858p.

TAVAKKOLI, E.; FATEHI, FOAD.; COVENTRY, S.; RENGASAMY, P.; MCDONALD, G. K. **Additive effects of Na⁺ and Cl⁻ ions on barley growth under salinity stress.** Journal of Experimental Botany, v. 62, n. 6, p. 2189–2203, 2011.

TAVARES, A.; BEIROZ, W.; FIALHO, A.; FRAZÃO, F.; MACEDO, R.; LOUZADA, J.; AUDINO, L. ***Eucalyptus* plantations as hybrid ecosystems: implications for species conservation in the Brazilian Atlantic Forest.** Forest Ecology and Management, v. 433, p. 131-139, 2019.

TÁVORA, F. J. F.; FERREIRA, R. G.; HERNANDEZ, F. F. F. **Crescimento e relações hídricas em plantas de goiabeira submetidas a estresse salino com NaCl.** Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 39-46, 2001.

TERRAZAS RUEDA, J. M. **Efecto de tres niveles de salinidad en el crecimiento del pasto agropiro variedad Alkar (*Thinopyrum ponticum*) mediante reproducción sexual y vegetativa.** *Apthapi*, 4(3), 1295-1311, 2018a.

TERRAZAS RUEDA, J. M. **Efecto de tres niveles de salinidad en el crecimiento del pasto**

agropiro variedad Alkar (*Thinopyrum ponticum*) mediante reproducción sexual y vegetativa. *Apthapi*, 4(3), 1295-1311, 2018b.

TORRES NETO, A.; CAMPOSTRINI, E.; OLIVEIRA, J.G. BRESSAN SMITH, R.E. **Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves.** *Scientia Horticulturae*, 104:199-209, 2005.

TURKAN, I. **Plant Responses to Drought and Salinity Stress: Developments in Post-Genomic Era.** In *Advances in Botanical Research*. Vol.M57. Elsevier .p 593, 2011.

VAARIO, L.-M., YRJÄLÄ, K., ROUSI, M., SIPILÄ, T. & PULKKINEN, P. **Leaf number indicates salt tolerance of young seedling families of European Aspen (*Populus tremula* L.) growing in different soils.** *Silva Fennica*, v. 45, p. 19-33, 2011.

VASQUEZ-TELLO, A.; ZUILY-FODIL, Y. .; PHAM, A.T.T., VIEIRA, J. B. S.; **Electrolyte and Pi leakages and soluble sugar content as physiological tests for screening resistance to water stress in phaseolus and vigna species.** *Journal of Experimental Botany*, v. 41, issue 7, p. 827-832, 1990.

VIEIRA, G. E. G.; NUNES, A. P.; TEIXEIRA, L. F.; COLEN, A. G. N. **Biomassa: uma visão dos processos de pirólise.** *Revista Liberato*, v. 15, n. 24, p. 105-212, 2014a.

WAKEEL, A. **Potassium-sodium interactions in soil and plant under saline-sodic conditions.** *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, v. 176, n. 3, p. 344-354, 2013.

WARSI, M. K.; HOWLADAR, S. M.; ALSHARIF, M. A. **Regulon: An overview of plant abiotic stress transcriptional regulatory system and role in transgenic plants.** *Brazilian Journal of Biology*, vol. 83, 2023. DOI <https://doi.org/10.1590/1519-6984.245379>

WEATHERLEY, P. E. **Studies in the water relations of the cotton plant.** I- The field measurements of water deficits in leaves. *New Phytologist*, v. 49, p. 81-9, 1950.

WENDLING, I.; DUTRA, L. F. **Produção de mudas de eucalipto por estaquia e miniestaquia.** *Produção de mudas de eucalipto*. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, p. 47-75, 2017.

WEULE, G. **Eucalypts: 10 things you may not know about an iconic Australian.** *ABC Science*, 27 jan. 2018. Disponível em: <https://www.abc.net.au/news/science/2018-01-26/eucalyptus-trees-an-iconicaustralian/9330782a>.

WEULE, G. **Eucalypts: 10 things you may not know about an iconic Australian.** *ABC Science*, 27 jan. 2018. Disponível em: <https://www.abc.net.au/news/science/2018-01-26/eucalyptus-trees-an-iconicaustralian/9330782b>.

ZAR, JERROLD H. **Biostatistical analysis.** London: Prentice-Hall, 1999.

ZUFFO, A. M.; STEINER, F.; BUSH, A.; ZUFFO JÚNIOR, J. M.; SANTOS, D. M. S. **Tamanho de recipientes na formação de mudas de *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert (Fabaceae).** *Engenharia na Agricultura*, p. 258-268, 2018.