

NERISSA CAROLINA AMOSSE CUMBANA

**RESPOSTA DA ORA PRO NÓBIS IRRIGADA COM DIFERENTES
LÂMINAS DE ÁGUAS CINZA E SALINA**

Serra Talhada-PE

2025

**C
U
M
B
A
N
A
N
C
A
R
E
S
P
O
S
T
A
D
A
O
R
A
. . .
2
0
2
5**

NERISSA CAROLINA AMOSSE CUMBANA

RESPOSTA DA ORA PRO NÓBIS IRRIGADA COM DIFERENTES
LÂMINAS DE ÁGUAS CINZA E SALINA

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Genival Barros Júnior

Coorientador: Prof. Dr. Eduardo Soares de Souza

Serra Talhada-PE

2025

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

C969r Cumbana, Nerissa Carolina Amosse.

Resposta da ora-pro-nóbis irrigada com diferentes lâminas de águas cinza e salina / Nerissa Carolina Amosse Cumbana. – Serra Talhada, 2025. 66 f.; il.

Orientador(a): Genival Barros Júnior.

Co-orientador(a): Eduardo Soares de Souza.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica Serra Talhada - UAST, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Serra Talhada, BR-PE, 2025.

Inclui referências.

1. Água - Reuso . 2. Salinidade da água. 3. *Cactos*. 4. Plantas de regiões áridas I. Júnior, Genival Barros, orient. II. Souza, Eduardo Soares de, coorient. III. Título

CDD 581.15

NERISSA CAROLINA AMOSSE CUMBANA

RESPOSTA DA ORA PRO NÓBIS IRRIGADA COM DIFERENTES
LÂMINAS DE ÁGUAS CINZA E SALINA

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

APROVADO em ____/____/_____.

Banca Examinadora

Prof. Dr. Genival Barros Júnior – UAST/UFRPE

Orientador

Prof^a Dr^a Vanda Maria de Lira – UFRN

Examinadora externa

Dr. Ailton Alves de Carvalho, UFRPE/PPGPV.

Examinador interno

Dedico este trabalho, de forma especial à minha família, por serem “alicerces” que contribuíram bastante para a minha formação académica e, particularmente, por terem sido a luz que iluminou a efetivação deste trabalho. De uma forma destacável, dedico este trabalho aos meus, pais Rodolfo Cumbana, Arminda Muhanzul e Fausta Tembe Cumbana, pela força e apoio prestados incondicionalmente, sobretudo nos momentos mais difíceis da minha caminhada académica.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço à Deus pelo dom da vida, sabedoria e perseverança. Como diz o Salmos 23:4, "tu me guias", agradeço por sua orientação.

Aos meus pais, pelo apoio que me têm dado desde o início desta caminhada estudantil, por eles sempre terem apostado na minha educação.

Ao Prof. Doutor Genival Barros Júnior, pelo profissionalismo, orientação científico-metodológica, bem como pelas críticas e contributos que se pautavam importantes para a realização do presente trabalho.

Ao Dr. Ailton Alves de Carvalho e Dr. José Raliuson Inácio Silva, pelo acompanhamento e troca de experiências sobre as temáticas versadas na presente dissertação, como no esclarecimento no manuseio de equipamentos, análises de dados e em questões teóricas.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco- Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE/UAST), ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal (PGPV) e aos docentes, pelos sábios ensinamentos e acompanhamento durante os 2 anos de caminhada, vai o meu muito obrigada.

Aos meus irmãos e amigos, que, ao longo do percurso, me motivaram através de palavras de apoio, conselhos e ensinamentos de vária ordem; a este grupo todo vai os meus agradecimentos.

A minha família brasileira, Isnaiane Azevedo por todo o carinho e suporte que durante o percurso se tornou uma irmã, Jheiny Carvalho "princesa de Jatobá que fala nem kkk", mulher com determinação e vontade de viver, por toda demonstração de amor e cuidado, Rodrigo Hermesom o "meu agiota que não mata" e melhor blogueiro do sítio Inveja por toda compressão, entendimento e por proporcionar as melhores gargalhadas, Bianca Porfírio vulgo "Fontes: Vozes da minha cabeça", uma mulher cheia de sabedoria o meu muito obrigada pela paciência e chamadas de atenção que sempre foram bem ouvidas. Vocês fizeram os dois anos de mestrado uma caminhada cheia de sabedoria, alegria e diversão, a princesa de Moçambique agradece por todo apoio moral e intelectual.

Aos colegas do programa de pós-graduação, por toda troca mútua de conhecimento e experiência.

Com elevado sentido de gratidão, curvo-me diante do Grupo de Pesquisa NEPPAS, por me terem recebido com carinho e concedido espaço e tempo suficientes para a realização da minha pesquisa, o que marca de forma indelével a minha caminhada no mestrado.

Ao Grupo GCUB- BRASIL (International Cooperation Group of Brazilian Universities) e a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa.

Com muita humildade e satisfação, expresso aqui os meus sinceros agradecimentos a todos que, de certo modo, tornaram possível a realização deste trabalho.

A vida sem ciência é uma espécie de morte.

(Sócrates)

RESUMO

A escassez hídrica nas regiões semiáridas, especialmente no Brasil, é agravada pela distribuição irregular das chuvas, resultando em períodos prolongados de estiagem. Diante desse cenário, o uso racional dos recursos hídricos é essencial para mitigar os impactos da seca e garantir a sustentabilidade agrícola. O reúso de águas, com destaque para a água cinza, tem ganhado relevância na irrigação, pois permite a reutilização de água servida com menor carga microbiana em comparação às águas fecais, tornando-se uma alternativa viável para fins não potáveis após tratamentos adequados. Paralelamente, o uso de águas salinas na irrigação passou a ser estudado como solução para reduzir a pressão sobre os corpos hídricos de água doce, exigindo práticas de manejo que minimizem impactos no solo e nas plantas. Nesse contexto, esta pesquisa teve como objetivo avaliar o cultivo da ora-pro-nóbis, uma espécie rústica e adaptada a condições adversas, como solos pobres e estresse hídrico e salino, tornando-se uma alternativa promissora para o Semiárido brasileiro. O estudo foi conduzido na Universidade Federal Rural de Pernambuco, na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, utilizando um delineamento em blocos casualizados, com esquema fatorial $5 \times 2 + 1$, combinando cinco frações de água disponível no solo (20%, 40%, 60%, 80% e 100%) e dois tipos de água: cinza filtrada (AC) e salina (AS) e a condução de um tratamento adicional a 100% de água disponível no solo utilizando a água não salina (ANS). Os resultados indicaram que a água cinza filtrada promoveu maior produção de fitomassa em comparação à água salina, o que pode ser vantajoso para produtores interessados no cultivo da ora-pro-nóbis. Além disso, o crescimento e desenvolvimento da planta não foram significativamente afetados pelo uso de lâminas de irrigação deficitárias, independentemente do tipo de água utilizada. No entanto, ambas as fontes de irrigação (cinza e salina) resultaram em uma rápida e crescente salinização do solo, tornando indispensáveis a aplicação de frações de lixiviação e o uso de drenagem agrícola para o controle da salinidade. Embora o uso de águas residuais represente uma estratégia sustentável para a agricultura no Semiárido, a ora-pro-nóbis ainda se enquadra na categoria de culturas de “uso restrito” para irrigação com águas residuárias, devido ao risco de contaminação microbiológica de suas folhas e flores. Ainda assim, seus resultados promissores com irrigação por água cinza indicam seu potencial para sistemas produtivos sustentáveis, desde que sejam adotadas medidas rigorosas de controle sanitário e manejo da irrigação.

Palavras chaves: Reúso de água, salinidade, *Pereskia aculeata*, déficit hídrico semiárido.

ABSTRACT

Water scarcity in semi-arid regions, particularly in Brazil, is exacerbated by the irregular distribution of rainfall, resulting in prolonged drought periods. Given this scenario, the rational use of water resources is essential to mitigate the impacts of drought and ensure agricultural sustainability. Water reuse, particularly gray water, has gained relevance in irrigation as it allows the reuse of wastewater with a lower microbial load compared to fecal-contaminated water, making it a viable alternative for non-potable purposes after appropriate treatment. Similarly, the use of saline water for irrigation has been studied as a solution to reduce pressure on freshwater sources, requiring management practices that minimize its impacts on soil and plants. In this context, this study aimed to evaluate the cultivation of *Pereskia aculeata*, a rustic species adapted to adverse conditions such as poor soils and water and salt stress, making it a promising alternative for the Brazilian semi-arid region. The study was conducted at the Federal Rural University of Pernambuco, at the Serra Talhada Academic Unit, using a randomized block design with a $5 \times 2 + 1$ factorial scheme, combining five fractions of available soil water (20%, 40%, 60%, 80%, and 100%) and two types of water: filtered gray water (AC) and saline water (AS), along with an additional treatment at 100% of available water using non-saline water (ANS). The results indicated that filtered gray water promoted higher biomass production compared to saline water, which could be advantageous for farmers interested in cultivating *Pereskia aculeata*. Moreover, plant growth and development were not significantly affected by deficit irrigation levels, regardless of the type of water used. However, both irrigation sources (gray and saline) led to rapid and increasing soil salinization, making leaching fractions and agricultural drainage essential for rigorous salinity control. Although the use of residual water is a sustainable strategy for agriculture in semi-arid regions, *Pereskia aculeata* is still classified as a “restricted use” crop for irrigation with wastewater due to the risk of microbial contamination of its leaves and flowers. Nevertheless, its promising results with gray water irrigation highlight its potential for sustainable production systems, provided that strict sanitary control measures and irrigation management are adopted.

Keywords: Water reuse, salinity, *Pereskia aculeata*, water deficit, semi-arid.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Localização e aspectos da área experimental localizada no município de Serra Talhada em Pernambuco, Brasil, nas dependências da Unidade Acadêmica da UFRPE – julho de 2024. | 28 |
| Figura 2. Bancada de filtros físicos para tratamento de água cinza – Laboratório de hidráulica – Serra Talhada – dezembro de 2023. | 29 |
| Figura 3. Mudanças de ora-pro-nóbis produzidas e utilizadas no experimento – viveiro na Unidade Acadêmica de Serra Talhada – UFRPE – novembro de 2023. | 32 |
| Figura 4. Altura das plantas de Ora-Pro-Nóbis obtida em biometrias mensais de dezembro de 2023 a junho de 2024, conduzidas sob diferentes lâminas de irrigação (20%, 40%, 60%, 80% e 100% de água disponível no solo) em ambiente protegido. | 39 |
| Figura 5. Diâmetro do caule de Ora-Pro-Nóbis obtido em biometrias mensais de dezembro de 2023 a junho de 2024, conduzidas sob diferentes lâminas de irrigação (20%, 40%, 60%, 80% e 100% de água disponível no solo) em ambiente protegido. | 40 |
| Figura 6. Número de ramos com floração em plantas de Ora-Pro-Nóbis ao longo do ciclo (fevereiro a junho de 2024) para as lâminas de irrigação (20%, 40%, 60%, 80% e 100%) em ambiente protegido. | 43 |
| Figura 7. Influência das lâminas de irrigação na fitomassa da parte aérea de plantas de ora-pro-nóbis. | 45 |
| Figura 8. Influência da qualidade da água na fitomassa média total da parte aérea de plantas de ora-pro-nóbis. As médias seguidas de (ns) indicam que não existem diferenças significativas em relação ao tipo de água; média seguida de (*) indica que existe diferença significativa relação ao tipo de água pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$). | 46 |
| Figura 9. Influência das lâminas de irrigação na fitomassa das raízes. | 47 |
| Figura 10. Influência da qualidade da água na fitomassa média total da raiz de plantas de ora-pro-nóbis. | 48 |
| Figura 11. Influência do conteúdo de água do solo sobre a condutância estomática e fisiologia de plantas de ora-pro-nóbis. | 50 |

LISTA DE TABELA

| | |
|---|----|
| Tabela 1. Características químicas das águas utilizadas no experimento cultivado com Ora-Pro-Nóbis em vasos e em diferentes lâminas de irrigação no dia 01/03/2024..... | 31 |
| Tabela 2. Propriedades físico-hídrica e química do solo para caracterização da porosidade e disponibilidade residual de macronutrientes e micronutrientes do substrato utilizado nas parcelas experimentais cultivadas com ora-pro-nóbis – novembro de 2023..... | 33 |
| Tabela 3. Parâmetros biométricos da Ora-Pro-Nóbis irrigada com água residuária e salina em diferentes lâminas de irrigação..... | 36 |
| Tabela 4. Parâmetros biométricos referente ao número de ramos com floração da Ora-Pro-Nóbis irrigada com água residuária e salina em diferentes lâminas de irrigação. | 37 |
| Tabela 5. Análise de variância das fitomassa da Ora-Pro-Nóbis irrigada com água residuária e salina em diferentes lâminas de irrigação..... | 44 |
| Tabela 6. Valores e análise estatística da resposta da Ora-Pro-Nóbis irrigada com água residuária e salina sob diferentes lâminas de irrigação. | 49 |
| Tabela 7. Análise da fitomassa total, consumo e eficiência do uso de água pela Ora-Pro-Nóbis irrigada com água residuária e salina sob diferentes lâminas de irrigação..... | 53 |
| Tabela 8. Evolução da Condutividade Elétrica (CE em dSm – 1no extrato de saturação do solo em função das lâminas aplicadas e do tipo de água utilizada..... | 55 |
| Tabela 9. Evolução do pH no extrato de saturação do solo em função das lâminas aplicadas e do tipo de água utilizada. | 56 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 16 |
| 2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA | 19 |
| 2.1.O Cultivo da Ora-Pro-Nóbis..... | 19 |
| 2.2.Qualidade da Água para Irrigação | 21 |
| 2.3.Reúso de Águas | 22 |
| 2.4.Utilização da Água Salina na Agricultura..... | 26 |
| 3. METODOLOGIA..... | 28 |
| 3.1.Localização e aspecto da área de experimento | 28 |
| 3.2.Delineamento Experimental | 29 |
| 3.3.Parâmetros avaliados durante o crescimento e desenvolvimento das plantas..... | 34 |
| 3.4.Parâmetro avaliados após a coleta das plantas..... | 34 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 36 |
| 4.1.Desenvolvimento da Ora-Pro-Nóbis sob diferentes regimes hídricos e tipos de água..... | 36 |
| 4.1.1. Aspectos do crescimento vegetativo das plantas..... | 37 |
| 4.2.Influência da lâmina de irrigação e qualidade da água na produção de fitomassa..... | 44 |
| 4.2.1. Fitomassa da parte aérea | 44 |
| 4.2.2. Fitomassa da raiz..... | 47 |
| 4.3.Influência da Eficiência do Uso da Água na fisiologia das plantas de Ora-Pro-Nóbis..... | 49 |
| 4.4.Consumo e Eficiência do Uso de Água pela Ora-Pro-Nóbis..... | 52 |
| 4.5.Influência das lâminas de irrigação e tipos de água na salinidade do solo..... | 54 |
| 5.CONCLUSÃO..... | 57 |
| 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 58 |

1. INTRODUÇÃO

A ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata*) é uma planta alimentícia não convencional, que por possuir características únicas tem ganhado destaque na agricultura por suas propriedades nutricionais e fisiológicas. Uma de suas características de maior valor é o alto teor de proteínas das suas folhas, sendo estas uma parte de grande valor comercial.

É uma planta trepadeira arbustiva, pertencente à família das Cactáceas, a ora-pro-nóbis é única do gênero que apresenta folhas verdadeiras como as outras plantas e não apresenta cladódios (Almeida et al., 2014).

As folhas de ora-pro-nóbis apresentam um teor de proteínas que varia de proteína entre de 12,51% a 67,48% dependendo das condições de cultivos e processamento. Além disso, são ricas em fibras, minerais como ferro e cálcio (M. Souza, 2009).

Além disso, apresenta características fisiológicas distintas devido a sua adaptação a diferentes condições ambientais. Apesar de apresentar folhas verdadeiras, a sua fisiologia combina com estratégias de plantas suculentas e de ciclo fotossintético C_3 , o que a diferencia de cactáceas típicas, que geralmente possuem metabolismo ácido das crassuláceas (Seraphim, 2022).

A ora-pro-nóbis realiza a fotossíntese pelo mecanismo C_3 , porém, em condições de estresse hídrico, apresenta uma transição para o metabolismo CAM facultativo, reduzindo a transpiração e aumentando a sua eficiência no uso da água, possibilitando a adaptação a ambientes com baixa disponibilidade hídrica (Cenciareli et al., 2025).

O setor agrícola enfrenta uma escassez de recursos hídricos que é agravada pela crise climática em curso, com os agricultores optando cada vez mais em usar água de fontes alternativas para a irrigação de áreas cultivadas, aumentando a necessidade e o rigor na avaliação desta qualidade e no manejo da aplicação da água (Gomes et al., 2015).

Nas regiões semiáridas do mundo, particularmente no Brasil, a escassez hídrica é ainda mais agravada pela distribuição irregular da precipitação pluviométrica no tempo e no espaço, o que tem proporcionado períodos de estiagem agudos e prolongados. É também nas zonas semiáridas que ocorrem elevados e contínuos picos de evapotranspiração, acentuando os déficits hídricos nos períodos de estiagem prolongadas (Feitosa et al., 2016).

Portanto, na busca por soluções sustentáveis, o uso racional de recursos hídricos torna-se uma obrigatoriedade na mitigação dos impactos gerados pela escassez hídrica em regiões semiáridas e na promoção do bem-estar social e econômico das comunidades, de forma a amenizar/otimizar o uso deste recurso natural (Blanky et al., 2015).

Dentre as estratégias em curso, o uso da água cinza proveniente do uso doméstico da água de abastecimento, principalmente aquelas destinadas a lavagem de roupas e louças, como também de efluentes do chuveiro e do lavatório de mãos do banheiro tem ganhado importância (Feitosa et al., 2016), (Boyjoo et al., 2013).

Pesquisas recentes mostram que, quando devidamente planejado, o reaproveitamento de águas residuárias apresenta um potencial de aproveitamento de eficiência e segurança como fonte de recursos hídricos na agricultura ((Edwin et al., 2014; Veettil et al., 2022).

Por outro lado, esses efluentes, tanto de origem industrial quanto doméstica, quando lançados no ambiente sem o devido tratamento, degradam ainda mais os mananciais onde a água doce é captada (Feitosa et al., 2016).

O reúso e a mistura de águas de diferentes qualidades (Qadir & Oster, 2004) e o uso de diferentes fontes de água nos distintos estádios de desenvolvimento das plantas (G. C. O. Silva et al., 2008) têm sido recomendados. O uso dessas técnicas proporciona o uso racional de recursos hídricos disponíveis na região e contribui também na minimização da degradação do solo.

Uma outra estratégia na tentativa de enfrentar a baixa disponibilidade de água de boa qualidade para irrigação é a opção dos agricultores irrigantes de utilizar água salina, opção que deve se associar a escolha de espécie vegetais tolerantes e a práticas de manejo adequadas (Freitas, 2010).

Na região do Semiárido brasileiro, onde as águas armazenadas em superfície são cada vez mais escassas, as águas subterrâneas tornam-se naturalmente procuradas para a produção agrícola em áreas irrigadas. Entretanto, passou-se a fazer em larga escala uso de águas salina provenientes de poços cristalinos subterrâneos, que possuem elevadas concentrações de sais dissolvidos e baixa vazão, devido ao material de origem (Cunha, 2018).

O uso de águas alternativas, associado ao déficit hídrico, ao manejo equivocado do sistema solo-água-plantas, e a deficiência do sistema de drenagem, elevou ainda mais nos solos do Semiárido brasileiro a concentração de sais, fator que interfere no crescimento e na capacidade produtiva de muitas culturas (Oliveira et al., 2010; Travassos et al., 2011)

É neste cenário desafiador que desenvolvemos a presente pesquisa, que tem como planta indicadora a ora-pro-nóbis (OPN), espécie que surge como uma alternativa para o cultivo no Semiárido brasileiro, por ser conhecida pela capacidade de se adaptar a condições climáticas e de solo como uma planta rústica, tolerante ao estresse hídrico e salino e se adaptar bem a solos pobres com baixa fertilidade, própria de clima tropical e subtropical (Cardoso et al., 2010).

Diante do exposto o presente trabalho buscou avaliar o crescimento e desenvolvimento da Ora-Pro-nóbis, irrigada com água cinza filtrada, proveniente de uma residência de pequenos produtores rurais no Sertão do Pajeú em Pernambuco e água salina, proveniente de poços tubulares escavados nas dependências da UFRPE em sua Unidade Acadêmica de Serra Talhada, sendo as plantas submetidas a decrescentes lâminas de irrigação em seu primeiro ciclo produtivo, de forma a comparar o desempenho destas plantas analisando-se as respostas fisiológicas das mesmas quando submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico. Ao final do experimento também foi possível analisar os níveis de salinidade do solo em função da aplicação das diferentes lâminas de irrigação e tipos de água.

2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

2.1. O Cultivo da Ora-Pro-Nóbis

A ora-pro-nóbis (*Pereskia grandifolia* Haw.), espécie vegetal tolerante e adaptável as condições abióticas de escassez hídrica e de elevada salinidade no solo, em função de especificidades de sua genética, também depende de um manejo adequado para alcançar o seu potencial máximo de produtividade (N. L. Oliveira et al., 2019); trata-se de uma planta alimentícia não convencional consumida como hortaliça, que, a partir de pesquisas científicas recentes tem-se apresentado como um alimento com alto valor nutricional e rico em compostos bioativos (Mercê et al., 2001).

A ora-pro-nóbis é uma espécie da família *cactaceae* e pertencente ao gênero *Pereskia*. Quatro espécies desse gênero ocorrem no Brasil: *Pereskia aculeata* Miller; *P. grandifolia* Haw.; *P. bleo* (Kunth) DC. e *P. grandiflora* Pfeiff (I. C. dos Santos et al., 2012).

Dentre as espécies destaca-se a *Pereskia grandifolia* Haw por apresentar um caráter mais arbóreo, sua altura pode variar de 3 a 6 metros e apresentar ramos longos. Suas folhas são verde-escuro, simples, com bordas onduladas e podem atingir até 10 centímetros de comprimento (Zareisedehizadeh et al., 2014).

As folhas de *P. grandifolia* são comestíveis. Os espinhos se formam na base de cada folha. As flores são de coloração rose a roxo e têm de 3-5 de diâmetro. Os frutos têm formato de baga e coloração verde-avermelhada quando jovens (com presença de pequenas folhas na superfície), passando a verde-amarelada quando se inicia a maturação (Zareisedehizadeh et al., 2014).

É caracterizada pela facilidade de cultivo, além de apresentar fácil adaptação em diversos climas e solos. No território brasileiro, a ora-pro-nóbis é cultivada da Bahia até o Rio Grande do Sul (Tofanelli & Resende, 2011). É uma espécie cujo consumo tem crescido em todo o Semiárido brasileiro e em algumas regiões do interior de Minas Gerais, sendo denominada de lobrobô no município de Ponte Nova, podendo suas folhas e frutos serem consumidas in natura em saladas ou na elaboração de inúmeros pratos (Santos et al., 2012).

A ausência de toxicidade de suas folhas e a riqueza de nutrientes a transformaram numa importante fonte de alimentação humana, cujo valor nutricional tem sido destacado

na prevenção e tratamento de doenças (Almeida et al., 2014). A ora-pro-nóbis além de contribuir para complementação/enriquecimento da alimentação humana, ainda fortalece a economia agrícola familiar (Almeida et al., 2014; Takeiti et al., 2009)

As folhas da ora-pro-nóbis são ricas em minerais e orgânicos, com alto teor de carboidratos, fósforo, magnésio, ferro, cobre e, principalmente proteínas (Tofanelli & Resende, 2011), apresentando ainda alto teor de mucilagem, sendo empregada externamente como emoliente, na medicina popular (Sobrinho et al., 2015). Além do elevado valor nutritivo, é vista como uma planta terapêutica, podendo ser utilizada para prevenção de doenças importantes com osteoporose e anemia, assim como na cicatrização de ferimentos e na constipação intestinal (Almeida et al., 2014).

Em relação ao manejo e cultivo da ora-pro-nóbis, está ainda não é cultivada em todo o território brasileiro em função da sua baixa disseminação que ocorre devido ao fato de ser um vegetal que ainda apresenta pouca categorização agrônômica, ou seja, estudos técnicos-científicos que possam contribuir para uma melhor estruturação de sua cadeia produtiva (Tofanelli & Resende, 2011).

Um dos aspectos desafiantes de seu manejo é a presença dos acúleos e espinhos durante o ciclo de cultivo, dificultando sobremaneira a realização das podas e o processo de colheita; neste sentido, a pesquisa agrônômica tem buscado formas de desenvolver variedades que produzam brotos nos quais os acúleos sejam mais tenros e de baixa agressão a integridade física do agricultor (Madeira et al., 2016).

Zem et al. (2016), desenvolveram e apresentaram a forma tradicional de propagação da ora-pro-nóbis por estaquia, processo este relacionado a reprodução assexuada das plantas, que consiste no plantio de pequenas estacas contendo material com presença ou não de raízes, caule e folhas, que são acondicionados em sacos de mudas contendo substratos com umidade suficiente para favorecer a pega e o desenvolvimento de novas plantas; neste processo são utilizadas estacas lenhosas com comprimento que varia de 15 a 20 cm, que, posteriormente, saem do viveiro e são transplantadas para o local definitivo.

Destaca-se aqui a capacidade da ora-pro-nóbis de realizar diferentes tipos de fotossíntese, permitindo que ela prospere em condições ambientais diversas, desde locais mais úmidos até áreas mais secas. Esta flexibilidade de se moldar a diferentes tipos de fotossíntese, permite a esta espécie vegetal transitar por metabolismos que vão do grupo

das plantas tipo C₃, passando pelas C₄ e chegando a CAM, o que o torna um dos mais versáteis na natureza e com ampla vantagem para sobrevivência em condições extremas, seja de escassez hídrica ou até mesmo dentro de um cenário de boa umidade e alta salinidade (Winter & Smith, 1996).

2.2. Qualidade da Água para Irrigação

As águas utilizadas na irrigação sejam superficiais ou subterrâneas, contém sais dissolvidos cujo efeitos nas características químicas, físicas e biológicas dos solos irrigados, são cruciais para manter sua capacidade produtiva (Silva et al., 2011). Em zonas áridas e semiáridas, devido a condições climáticas e à escassez hídrica é comum a busca por outras fontes de água como águas residuárias doméstica (Almeida, 2010).

Quando se fala de qualidade de água para a irrigação, se tem uma correlação direta com a salinidade no sentido amplo do termo. Neste contexto, a qualidade de água se define em função de três parâmetros: salinidade em sentido restrito, sodicidade e toxicidade (Almeida, 2010).

A avaliação das águas superficiais para a irrigação deve integrar três fatores: o não comprometimento do sistema de irrigação; riscos de contaminação dos alimentos; e os riscos de salinização do solo (Belizário et al., 2014; Villanueva et al., 2015); no que se refere à utilização de águas residuais, na União Europeia, conforme (Alcalde-Sanz & Gawlik, 2017), os cuidados devem incluir riscos de salinização, eutrofização, toxicidade e declínio da estrutura do solo, entre outros.

A presença de sais em excesso na matriz do solo pode ser prejudicial para o crescimento e desenvolvimento da planta por dificultar a absorção da água do solo, além de ocasionar alterações nas estruturas internas e na permeabilidade deste solo. Além disso, o uso de água de baixa qualidade com elevada concentração salina, matéria orgânica e sedimentos em suspensão, pode comprometer o sistema de irrigação a partir do entupimento de emissores em irrigação localizada, por exemplo (Brito & Andrade, 2010; Silva et al., 2011; Lothrop et al., 2018).

A avaliação permanente das águas utilizadas na irrigação é indispensável, principalmente quando estas se originam de rios, açudes, córregos, lagos e poços adjacentes as áreas cultivadas, em função da disposição inadequada de resíduos químicos

e/ou orgânicos, o que pode levar a degradação hídrica (Araujo et al., 2015; Rodrigues, 2017).

Monitorar a qualidade da água em bacias hidrográficas geralmente é um procedimento complexo por envolver a utilização de diversos parâmetros de qualidade (Moretto et al., 2012). É importante destacar que esse monitoramento aparece como um dos principais instrumentos para uma política sustentável de recursos e gestão hídrica. Uma análise contínua da qualidade da água demonstrará as suas características qualitativas de modo a desencadear ações importantes de controle ambiental (Guedes et al., 2012; Misaghi et al., 2017).

A escassez de água no mundo é um problema diagnosticado especialmente em países de grandes regiões semiáridas como o Brasil, que, diante do quadro da baixa oferta de água de qualidade superior, tem estimulado a realização de importantes projetos de pesquisa que buscam a geração de tecnologia que permitam, por exemplo, o uso sustentável da água salina na produção de alimentos (Paulus et al., 2010)

A demanda crescente por alimentos, aliada a técnicas apropriadas de produção faz com que o uso da irrigação seja constante, sendo este uso de maior intensidade no período de estiagens prologadas, principalmente em regiões tropicais, onde a otimização da produção agrícola tem aumentado (Maroueli et al., 2014).

As preocupações com o uso da água no planeta, ainda que de forma tímida, tem ganhado projeção e precisa avançar, uma vez que não atinge a consciência da maioria dos irrigantes de forma expressiva, apesar dos esforços para otimizar a produção (Quintana Ashwell et al., 2020).

2.3. Reúso de Águas

O consumo de água potável pode ser distribuído como se segue: 32% para descarga sanitária, 30% para tomar banho, 14% para lavar roupas, 6% para higiene pessoal, 6% para lavagem de louças, 4% para jardinagem, 3% para limpeza em geral, 3% cozinhar e beber e 2% para a lavagem do carro, que por sua vez, geram muita água residuária (Gonçalves et al., 2019).

Segundo a lei brasileira 9.433/1997, a água é um recurso natural finito, que possui valor econômico e deve ser mantida em qualidade e quantidade para a geração atual e

também para as futuras gerações (BRASIL,1997). Esta lei enfatiza a necessidade da racionalização no uso, como forma de reduzir os custos com a água.

A reutilização, reúso de água ou o uso de águas residuárias não é um conceito novo e tem sido praticado em todo o mundo há muitos anos. Existem relatos de sua prática na Grécia antiga, com a disposição de esgotos e sua utilização na irrigação (CETESB, 2017). O reúso de água é portanto, parte de uma atividade mais abrangente que caracteriza o uso racional ou eficiente da água, o qual compreende também o controle de perdas e desperdícios, e a minimização da produção de resíduos e do próprio consumo de água (Barros et al., 2015).

No Brasil, dentre os principais fatores que contribuí para o aumento do reúso de água, podemos citar a escassez cada vez maior de recursos hídricos, o avanço do conhecimento técnico científico, a legislação ambiental mais rigorosa, e atuante em um maior controle da poluição ambiental (Barros et al., 2015).

Água cinza são águas oriundas da lavagem de utensílios da cozinha e de roupas, da higienização de ambientes, do chuveiro e do lavatório de mãos do banheiro, não incluindo, portanto, a água do vaso sanitário (Feitosa et al., 2011; Boyjoo et al., 2013).

As águas cinzas representam cerca de 67% do volume total das águas residuária geradas nas atividades domésticas (Chanakya & Khuntia, 2014), contém impurezas, que alteram suas características física, química e biológica e da interrelação entre estes meios (Von Sperling, 2005). Elas vêm ganhando importância na irrigação de áreas agrícolas, devido a sua carga orgânica ser menor do que as águas fecais, o que facilita sua utilização para fins não potáveis utilizando tratamentos simplificados (Manfrin et al., 2019).

A água cinza apresenta diversas vantagens, além do menor nível populacional de agentes patogênicos em relação à água fecal, ela contém apenas 30% da fração orgânica, contendo na sua composição cerca de 9 a 20% de nutrientes tornando-se assim uma boa alternativa para uso com fins agrícolas ou florestais, como também pode ser utilizada na descarga de vasos sanitários de banheiros e usos externos como irrigação de culturas (Silva, 2018).

A variação da água residuária ocorre de acordo com os hábitos e a realidade de cada residência. Por outro lado, sem o devido tratamento, a água cinza pode causar riscos à saúde, pois apresenta uma série de produtos químicos provenientes de sabões,

detergentes e sais, como também milhões de bactérias patogênicas (Bani-Melhem et al., 2015).

A composição da água cinza pode ter duas origens: a) doméstica (chuveiro, pia de cozinha, lavatório, máquinas de lavar louça e roupa) ou b) comercial (lavanderias comerciais e/ou industriais, lavatórios de edifícios públicos, etc), de forma que é preciso conhecer a sua origem para poder definir o tratamento adequado a ser realizado para sua reutilização (Melo, 2018).

A prática de reúso de água é um fator primordial na gestão hídrica de áreas com baixa disponibilidade de água ou insuficiência em recursos hídricos, como nas regiões áridas e semiáridas do mundo, onde a água se tornou um fator limitante para o desenvolvimento dos setores industriais, urbano e, principalmente, agrícola (E. B. de Souza, 2019).

Agenda 21, documento fruto de um acordo internacional, que propõe ações nas esferas internacional e no âmbito das nações unidas, comprometendo governos e a coletividade planetária em torno de uma agenda para o século XXI, e tem como um dos seus principais princípios a reutilização de água, aspecto onde o reúso de água ganha destaque (Machado et al., 2007).

O reúso de água cinza atua em dois aspectos: (I) instrumento para redução do consumo de água de qualidade superior (controle de demanda) e (II) recurso hídrico complementar. Além disso, o aproveitamento de água cinza também atua na minimização da produção de efluentes e redução da necessidade de tratamento de esgotos. Porém, a quantidade de água cinza gerada vai depender dos hábitos dos ocupantes e se a edificação possui equipamentos economizadores de água (R. dos S. Rodrigues, 2005).

A prática de reutilização da água vem sendo empregada em diferentes atividades, seja na indústria ou na agricultura (Rayis, 2018), sendo considerada uma importante alternativa para racionalização e conservação da água, promovendo a redução de efluente em corpos receptores, contribuindo para a redução dos custos de tratamento dos recursos hídricos para o abastecimento público e outros usos mais exigentes quanto à qualidade (Brasil, 2005).

A decisão de reutilizar a água é uma ação considerada de maior abrangência que aumenta a racionalidade e a eficiência no uso da água, por abranger também o controle

de perdas, a diminuição dos desperdícios e a minimização da produção de efluentes, com consequência sobre o volume final de água consumido (CETESB 2024)

Dentre as vantagens da reutilização da água cinza destaca-se a reciclagem dos nutrientes presentes no esgoto doméstico, com consequente redução do uso dos fertilizantes comerciais, minimizando os impactos ambientais pela não deposição das águas residuárias com elevada capacidade de eutrofização nas calhas dos rios (Freitas et al., 2012).

O reúso de águas residuárias na agricultura demandam por ações preventivas que adotem projetos de proteção à saúde pública, o emprego de tecnologias apropriadas de tratamento que propicie a retirada de poluentes impactantes para a própria água, o solo e os indivíduos que a manejam, com avaliações periódicas de variáveis ligadas a toxicidade dos elementos presentes, excesso de nutrientes e aspectos sanitários (Chinelatto et al., 2015).

Utilizar água residuária tratada na agricultura irrigada representa uma metodologia sustentável desde que sua aplicação, a partir do esgotamento doméstico, passe por um tratamento eficaz de controle da poluição, principalmente por “evitar a descarga de esgotos em corpos de água; permitir a conservação do solo através da acumulação de húmus, aumentando, conseqüentemente, a resistência deste a erosão” (Hespanhol, 2002)

Segundo Morelli (2005), o crescente consumo de água tem feito do reúso planejado uma necessidade primordial. Essa Prática deve ser considerada parte de uma atividade mais abrangente que é o uso racional da água, o qual inclui também, o controle de perdas, redução do consumo de água e a minimização da geração de efluentes.

Tendo em vista esses fatores, tem-se buscado métodos alternativos de reutilização da água, dentre eles o aproveitamento das águas pluviais, água-cinza, águas residuais tratadas e a dessalinização, que aparecem como meios de conservação da água e como alternativas para enfrentar a falta desse recurso, tanto para fins potáveis quanto não potáveis, tornando uma opção prática e de baixo custo para minimizar a escassez (Pushard & Stark, 2008).

A reutilização dos efluentes domésticos ou industriais pode ser direcionada para adubação orgânica e para irrigação de diversas culturas agrícolas, favorecendo o meio

ambiente como um todo, como também o grupo social com ele envolvido, sua economia, alavancando novas rotas para o desenvolvimento de um meio agrícola cada vez mais sustentável (Pereira et al., 2018).

2.4. Utilização da Água Salina na Agricultura

Na região Nordeste do Brasil, O uso de águas salinas na irrigação, com foco na produção vegetal, é um desafio que vem sendo estudado em diversas regiões mediante a adoção de práticas adequadas de manejo da cultura, do solo e da própria água de irrigação (Gheyi et al., 2016).

Nas áreas cultivadas do semiárido brasileiro é comum a ocorrência de águas com elevados teores de sais devido a salinidade primária dos solos, onde os produtores muitas vezes se veem compelidos a recorrer de água de baixa qualidade para a irrigação (Serrano et al., 2013). No entanto, as elevadas concentrações de sais solúveis na água limitam o crescimento e desenvolvimento das culturas, enfatizando a importância de se determinar a qualidade da água para a irrigação, tendo em vista que as culturas apresentam sensibilidade diferenciada a presença dos sais no solo (Lacerda et al., 2011).

A salinidade do solo tem sido agravada pelo manejo inadequado das áreas agrícolas, pelo uso abusivo de fertilizantes químicos e para utilização de água com altos níveis de sais; estes fatores têm provocado um aumento progressivo de sais no solo (Holanda Filho et al., 2011).

É conhecido que o uso de águas salinas na irrigação de culturas promove respostas distintas nas plantas, respostas estas que são dependentes do genótipo, da fase de desenvolvimento dos vegetais, da natureza catiônica e/ou aniônica dos sais presentes na água e do tempo de exposição à salinidade, além do manejo dado a irrigação e das condições edafoclimáticas, entre outras (Alvarenga et al., 2019).

Atualmente, vastas áreas vêm sendo afetadas pela salinidade resultante das ações antrópicas, entre elas se destacam a implantação de áreas de irrigação sem sistemas de drenagem, lâminas descompensadas de irrigação, uso de água de elevado teor salino, ou pela combinação destes fatores (Ferreira-Silva et al., 2009).

Dentre os efeitos negativos dos sais às plantas, os mais comuns refletem-se nas alterações do potencial osmótico, na toxicidade dos íons e no desequilíbrio nutricional

(Nazário et al., 2013). A resposta das plantas à salinidade é um fenômeno complexo, envolvendo alterações morfológicas, fisiológicas e bioquímicas (Gomes et al., 2011).

O excesso de sais no solo prejudica as funções fisiológicas e bioquímicas das plantas devido à capacidade dos sais de reter a água por higroscopia, o que diminui a disponibilidade de água para as plantas (Taiz et al., 2017). A baixa oferta de água provoca o fechamento estomático na planta na tentativa de evitar a perda de água por transpiração para a atmosfera. O fechamento estomático também resulta em uma limitação na concentração interna de dióxido de carbono (CO_2), o que pode impactar a concentração de pigmentos, como é o caso das clorofilas a, b e carotenóides, todos essenciais no processo de fotossíntese (Gomes et al., 2011).

Portanto, a utilização de água com alto teor de sais é um dos maiores fatores abióticos que provoca efeitos negativos no desenvolvimento das plantas, consequentemente diminuindo a produção e rendimento de culturas (James et al., 2012; Munns & Gilliam, 2015), constituindo-se num sério agravante em áreas irrigadas (Hasanuzzaman et al., 2014).

3. METODOLOGIA

3.1. Localização e aspecto da área de experimento

O experimento foi conduzido no período de dezembro de 2023 à julho de 2024 em ambiente protegido na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, pertencente a Universidade Federal Rural de Pernambuco - UAST/UFRPE, situada a 7° 56' 15" de latitude Sul, 38° 18' 45" de longitude Oeste e 503 metros de altitude (Ataide et al., 2020), e segundo a classificação de Köppen, clima do tipo BSh, caracterizado como semiárido quente e seco, temperatura média anual é superior a 25°C, radiação média global de 17,74 MJ/m, umidade relativa média de 64,85% e precipitação média anual de 647 mm (Silva et al., 2015).

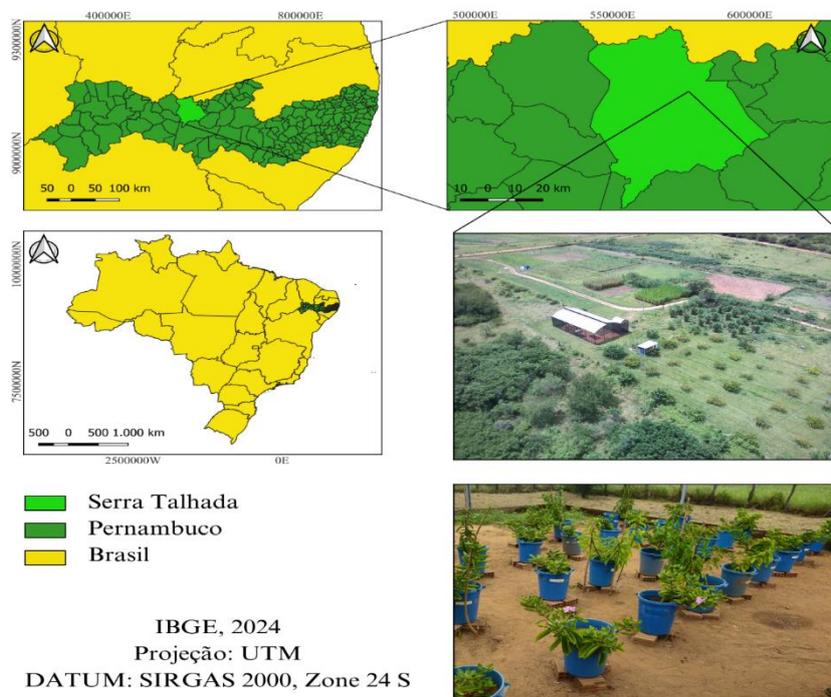


Figura 1. Localização e aspectos da área experimental localizada no município de Serra Talhada em Pernambuco, Brasil, nas dependências da Unidade Acadêmica da UFRPE – julho de 2024.

3.2. Delineamento Experimental

No desenvolvimento dos experimentos experimentais foi utilizado o delineamento em blocos casualizados (DBC) com esquema fatorial $5 \times 2 + 1$ com 3 repetições, em que o primeiro fator refere-se às lâminas de irrigação em função da manutenção de diferentes frações de água disponível no solo (20%, 40%, 60%, 80% e 100%), o segundo fator referindo-se à dois tipos de água para irrigação (cinza filtrada e salina) e um tratamento adicional que foi conduzido a 100% da água disponível no solo utilizando água não salina, proveniente da estação de tratamento de água da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA). Nessa combinação fatorial o número total de parcelas experimentais foi de 33 unidades distribuídas em 03 blocos.

A água cinza utilizada na irrigação das parcelas foi coletada num sistema de tratamento instalado em residência de agricultores familiares localizada na zona rural do município de Triunfo - PE, na comunidade rural do Enjeitado próximo a margem direita do Rio Pajeú, cuja condutividade elétrica média, após filtragem em laboratório (Figura 2) ao longo do período de desenvolvimento dos experimentos foi de $1,65 \text{ dSm}^{-1}$.



Figura 2. Bancada de filtros físicos para tratamento de água cinza – Laboratório de hidráulica – Serra Talhada – dezembro de 2023.

Os filtros de fluxos descendentes utilizados no experimento, foram elaborados em garrações plásticas com capacidade para 20 litros, destinados a comercialização de água mineral, material de fácil obtenção e de baixo custo. Os filtros foram dispostos de

forma paralela em uma bancada destinada para atender a demanda experimental (Figura 2). Cada filtro, com espessura total de 32 cm, foi constituído por uma sequência de camadas discriminada a seguir, a partir da saída da água filtrada: 11 cm de seixos, 5 cm de brita nº2, 10 cm de areia lavada e 6 cm folha de juazeiro.

No interior de cada filtro, antes do estrangulamento da seção transversal do garrafão que conduz ao gargalho, foi instalada uma tela metálica de malha de 15 mm. Essa tela uniformiza as seções em todas as camadas e impede a migração do material filtrante, prevenindo obstrução no fluxo da água drenada em direção ao registro instalado na boca do garrafão para o monitoramento da drenagem.

A água salina utilizada na irrigação do segundo grupo de plantas foi captada de um poço tubular semiartesiano instalado na área agrícola da Unidade Acadêmica de Serra Talhada, cuja condutividade elétrica média ao longo do período de desenvolvimento dos experimentos foi de $1,57 \text{ dSm}^{-1}$

Em ambos os casos as águas utilizadas se enquadram na Classe 3 para irrigação. Na Tabela 1 são apresentados os valores obtidos a partir das análises das águas (cinza bruta, salina e não salina) realizadas no Laboratório Plant Soil em Petrolina/PE.

Tabela 1. Características químicas das águas utilizadas no experimento cultivado com Ora-Pro-Nóbis em vasos e em diferentes lâminas de irrigação no dia 01/03/2024.

| Tipologia da água | pH | CE | CaCO ₃ | Ca | Mg | K | Na | CO ₃ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ | Cl ⁻ | SO ₄ ²⁻ | B | Cu | Fe | Mn | Zn | RAS2 | RAS0/3 | |
|-------------------|-----|-------------------------|-------------------------|------|------|------|-------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|------|------|-------|------|--------------------------|------|--------|--|
| | - | <i>dSm⁻¹</i> | ----- <i>mg/l</i> ----- | | | | | | | | | | | | | ----- <i>meq/l</i> ----- | | | |
| | | | - | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cinza bruta | 8,2 | 1,83 | 182,5 | 2,35 | 1,30 | 1,02 | 11,57 | 0,15 | 6,40 | 9,18 | 0,56 | 0,11 | 0,04 | 0,05 | <LQ | 0,02 | 8,57 | 20,45 | |
| Salina | 8,4 | 1,68 | 499,6 | 3,71 | 6,28 | 0,23 | 3,08 | 0,20 | 4,10 | 10,13 | 0,18 | 0,17 | 0,03 | 0,005 | <LQ | <LQ | 1,38 | 1,52 | |
| Não salina | 7,2 | 0,20 | 0,4 | 0,64 | 0,48 | 0,07 | 0,32 | 0,0 | <LQ | 0,60 | 0,04 | <LQ | 0,04 | 0,08 | 0,03 | 0,05 | 0,27 | - | |

pH: potencial hidrogeniônico; CE: Condutividade Elétrica em *dS/m⁻¹*; CaCO₃: Carbonato de Cálcio; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; K: Potássio; Na: Sódio; CO₃²⁻: Carbonato; HCO₃⁻: Bicarbonato; Cl⁻: Cloreto; SO₄²⁻: Sulfato; B: Boro; Cu :Cobre; Fe: Ferro; Mn: Manganês; Zn :Zinco; RAS2: Razão de Adsorção de Sódio; RAS0/3: Razão de Adsorção de Sódio corrigida); <LQ: menor que limite de quantificação.

As plantas de Ora-Pro-Nóbis da espécie *P. grandifolia* Haw foram obtidas por propagação vegetativa a partir de estacas (comprimento 15 cm, diâmetro de 10 – 15 mm e com 4 a 6 gemas) oriundas da Serra do Araripe, no Sertão de Pernambuco, inseridas em sacos de mudas preenchidos com uma mistura de solo com composto orgânico, sendo conduzidas por 22 dias em viveiro telado (Figura 3), irrigadas diariamente, e, posteriormente transplantadas para vasos em ambiente protegido, passando a ser irrigadas com água não salina durante 30 dias na condição de capacidade de campo.



Figura 3. Mudanças de ora-pro-nóbis produzidas e utilizadas no experimento – viveiro na Unidade Acadêmica de Serra Talhada – UFRPE – novembro de 2023.

O transplante das mudas foi realizado em vasos plásticos com capacidade para 35 L, os quais comportaram 31 Kg de solo em cada vaso, sendo devidamente pesados e dispostos em espaçamento de 0,5 metro. O solo utilizado foi coletado em uma área de cultivo dentro da Unidade Acadêmica, sendo peneirado em malha de 4 mm para retirada de materiais sólidos inertes, de forma a garantir a homogeneidade das unidades experimentais.

Na Tabela 2, são apresentados os valores obtidos a partir da análise de solo processada no Laboratório Plant Soil em Petrolina/PE. A interpretação das análises laboratoriais classifica o solo utilizado como Cambissolo Háplico Ta Eutrófico típico,

coletado em área de relevo plano e textura franco-arenoso, conforme a classificação do Sistema Brasileiro de Classificação de solos (Santos et al., 2018).

Tabela 2. Propriedades físico-hídrica e química do solo para caracterização da porosidade e disponibilidade residual de macronutrientes e micronutrientes do substrato utilizado nas parcelas experimentais cultivadas com ora-pro-nóbis – novembro de 2023.

| Prof | Ø | CC | Ds | Areia | Silte | Argila |
|-----------|------|---------------|-----------|-----------------------|--------|--------|
| <i>Cm</i> | % | % <i>peso</i> | $g\ cm^3$ | ----- <i>mm</i> ----- | | |
| 0 - 30 | 48,0 | 14,0 | 1,39 | 809,24 | 105,69 | 85,07 |

Prof.: profundidade, Ø: porosidade total; CC: capacidade de campo; Ds: densidade.

| Prof | CE | pH | M.O | V | H+Al | CTC | K | Ca | Mg |
|-----------|------------|------|----------------------------|-------|-------------------------------|------|------|------|------|
| | dSm^{-1} | ---- | $g\ Kg^{-1}$ | % | ----- <i>cmol\ dm^3</i> ----- | | | | |
| <i>Cm</i> | 0,29 | 6,76 | 8,8 | 75,12 | 1,82 | 7,33 | 0,54 | 3,71 | 1,21 |
| 0 - 20 | | | P | S | Fe | Mn | Cu | Zn | B |
| | | | ----- <i>mg/dm^3</i> ----- | | | | | | |
| | | | 57,8 | 4,56 | 85,0 | 46,4 | 1,4 | 1,4 | 0,32 |

Prof.: profundidade; CE: condutividade elétrica no extrato da pasta de saturação; pH: potencial hidrogeniônico; M.O: matéria orgânica do solo (método mufla); V: saturação de bases; H+Al: Hidrogênio e Alumínio; CTC: capacidade de troca de cátions; K: Potássio; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; P: Fósforo; S: Enxofre. Fe: Ferro; Mn: Manganês; Cu: Cobre; Zn: Zinco; B: Boro.

O monitoramento do conteúdo de água no solo e os respectivos cálculos das lâminas aplicadas aos tratamentos foram processados a partir do método de drenagem, utilizando como referência os mesmos vasos utilizados na condução das parcelas experimentais, estabelecendo-se por este método a lâmina correspondente a 100% da capacidade de campo, calculando-se em seguida as frações de água a serem aplicadas nos tratamentos sob condição de déficit hídrico.

Uma vez iniciado os tratamentos, também foram iniciadas e realizadas ao longo do tempo experimental as aferições do desenvolvimento das plantas a partir das biometrias de seus componentes morfológicos, obtendo-se as respectivas taxas de

crescimento e matérias secas produzidas em função da eficiência do uso da água aplicada e consumida pela cultura.

3.3. Parâmetros avaliados durante o crescimento e desenvolvimento das plantas

No decorrer dos experimentos foram mensurados e/ou aferidos parâmetros biometricos e fisiologicos das plantas, conforme descrito a seguir.

- **Altura da planta (AP):** medida com auxílio de uma trena do colo rente ao solo a base da folha mais jovem;

- **Diâmetro do caule (DC):** medido com o uso de um paquímetro na região do colo da planta;

- **Emissão de ramos e floração:** considerado o período, em dias, a partir do inicio do experimento e o aparecimento de ramos e flores, monitorando-se de forma permanente os intervalos de floração e repouso da planta;

- **Condutância estomática:** medidas com auxilio do Leaf Porometer SC-1, em folhas intermediárias das plantas para estimar a perda de agua na transpiração, com as leituras sendo realizadas 72 horas após a irrigação à cada 30 dias, em 5 horários distintos (8, 10, 12, 14 e 16 horas).

3.4. Parâmetro avaliados após a coleta das plantas

- **Fitomassa da parte aérea:** para a avaliação da fitomassa aérea, os caules das plantas foram seccionados utilizando tesouras de podas, separando-se a parte aerea da raiz. O material coletado foi acondicionado em sacos de papel e imediatamente pesado para registrar a massa fresca. Em seguida, as amostra foram submetidas a secagem a 65°C ate atingirem peso constante.

- **Fitomassa da raiz:** Para a coleta da fitomassa radicular, todo o substrato dos vasos foi cuidadosamente retirado e transferidos para uma area de lavagem, onde os torrões de solo foram desfeitos por meio de água corrente ate que as raizes estivessem completamente limpas. Após o processo de limpeza, as raizes foram acondicionadas em saco de papel, e pesadas para determinar a massa fresca, e, em seguida submetidas a secagem em estufa a 65°C ate a obtenção do peso constante. Após a secagem, o peso seco de cada amostra foi aferido.

- **Volume de água consumido por tratamento:** foram computados de forma cumulativa, após medição em proveta graduada a cada evento de irrigação realizado, o volume de água aplicado, de forma que no final do experimento foi possível se obter o quantitativo de água consumido por tratamento.

Para aferição do conteúdo de água presente no solo antes de cada irrigação foi utilizada sonda TDR CS 616, com a haste metálica de 16 cm de comprimento, acoplado a um Datalogger CR 1000; a calibração do TDR foi processada em vaso, tomando como parâmetro o padrão da gravimetria com o solo à capacidade de campo.

- **Eficiência do uso de água pela planta:** neste parâmetro levou-se em consideração a fitomassa total produzida (fitomassa seca da parte aérea + fitomassa seca do sistema radicular) e o volume de água aplicado por tratamento, determinando-se assim a eficiência do uso da água pela cultivar, a partir da seguinte fórmula sugerida por Geerts e Raes (2009), adaptada por Lacerda et al. (2009):

$$EUA_x = \frac{FTS}{LI}$$

Onde:

EUA= eficiência de uso de água (g/l); FT= fitomassa total em gramas; LI= Lâmina de irrigação acumulada em litros.

- **Aporte de sais ao solo:** O teor de sais no solo foi medido no início dos experimentos (salinidade residual primária) e no final do experimento (salinidade secundária); este monitoramento se deu a partir da coleta de amostra de solo antes de iniciada a aplicação dos tratamentos de cada parcela, repetindo-se a coleta no final do ciclo irrigado, para determinação da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEes) e dos respectivos pHs, de forma a quantificar o aporte salino promovido pela irrigação com a água cinza filtrada e pela água salina, bem como quantificar os teores de sais (Na) presentes no perfil solo, de acordo com a metodologia indicada por Freire et al. (2016).

Os resultados obtidos foram sistematizados em planilha Excel, processados e submetidos a uma análise de variância, teste de normalidade por meio do teste de Shapiro-Wilk com um nível de significância de 5%, seguido pela utilização do teste de Dunnett (1964), ($p < 0,05$).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. - Desenvolvimento da Ora-Pro-Nóbis sob diferentes regimes hídricos e tipos de água

A capacidade da ora-pro-nóbis de realizar diferentes tipos de fotossíntese, permitindo seu pleno desenvolvimento sob condições ambientais diversas, refletiu-se nos índices biométricos obtidos na presente pesquisa, efeito que pode ser comprovado pela não significância entre os diferentes tratamentos (níveis de conteúdo de água no solo e tipo de água) para altura e diâmetro do caule (Tabela 03).

Tabela 3. Parâmetros biométricos da Ora-Pro-Nóbis irrigada com água residuária e salina em diferentes lâminas de irrigação.

| Tratamentos | Lâmina de irrigação (água disponível em % de volume) | | | | | Testemunha | p-Valor Fator A | p-Valor Fator B |
|------------------------|--|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | 20% | 40% | 60% | 80% | 100% | | | |
| Altura da planta (cm) | | | | | | | | |
| Água cinza | 55,2 ^{ns} | 91,7 ^{ns} | 69 ^{ns} | 81 ^{ns} | 88,1 ^{ns} | 68 ^{ns} | 0,10432 | 0,10143 |
| Água salina | 65,6 ^{ns} | 62,7 ^{ns} | 59,2 ^{ns} | 79 ^{ns} | 71,2 ^{ns} | | | |
| Diâmetro de caule (mm) | | | | | | | | |
| Água cinza | 19,4 ^{ns} | 19,1 ^{ns} | 21,1 ^{ns} | 20,06 ⁿ | 22,6 ^{ns} | 23,2 ^{ns} | 1,0000 | 0,22725 |
| Água salina | 18,9 ^{ns} | 20,3 ^{ns} | 17,6 ^{ns} | 22,8 ^{ns} | 22,7 ^{ns} | | | |

As médias seguidas de ns indicam que não existem diferenças significativas em relação ao tipo de água; média seguida de (*) indica que existe diferença significativa relação ao tipo de água pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$).

Estas constatações se repetem para os importantes parâmetros que estão diretamente relacionados com a produção de ramos/folhas e de flores (Tabela 4), constituintes da planta de elevado valor comercial, o que reforça a significativa flexibilidade desta espécie em transitar por metabolismos que vão do grupo das plantas tipo C₃ a CAM, com ampla capacidade para sobrevivência em condições extremas de escassez hídrica e/ou de alta salinidade.

Tabela 4. Parâmetros biométricos referente ao número de ramos com floração da Ora-Pro-Nóbis irrigada com água residuária e salina em diferentes lâminas de irrigação.

| Tratamentos | Lâmina de irrigação (água disponível em % de volume) | | | | | Testemunha | p-Valor Fator A | p-Valor Fator B |
|-------------------------------|--|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-----------------|--------------------|--------------------|
| | 20% | 40% | 60% | 80% | 100% | | | |
| Números de ramos com floração | | | | | | | | |
| Água cinza | 7,3 ^{ns} | 7 ^{ns} | 8,3 ^{ns} | 9,5 ^{ns} | 7,3 ^{ns} | 6 ^{ns} | 0,20821 | 0,51287 |
| Água salina | 3,7 ^{ns} | 9,7 ^{ns} | 12,7 ^{ns} | 10,3 ^{ns} | 7,3 ^{ns} | | | |

As médias seguidas de ns indicam que não existem diferenças significativas em relação ao tipo de água; média seguida de (*) indica que existe diferença significativa relação ao tipo de água pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$).

Entretanto, em relação aos dados absolutos, de uma forma geral, as plantas irrigadas com água residuária (AC) apresentaram resultados promissores, bem como, das plantas irrigadas com água salina (AS) em relação à altura, diâmetro do caule, largura e emissão de ramos/flores.

6.1.1 Aspectos do crescimento vegetativo das plantas

A Figura 4 contempla os dados brutos referente ao crescimento em altura das plantas durante 7 meses de ciclo. Observa-se que as plantas irrigadas com água residuária (AC) apresentaram uma tendência de crescimento maior ao longo do tempo em relação as plantas irrigadas com água salina (AS). O comportamento semelhante em relação as lâminas de irrigação foram observadas durante o desenvolvimento da planta, não ocorrendo diferença significativa entre os tratamentos.

A água residual, especialmente a cinza filtrada, tende a ser rica em nutrientes como nitrogênio, fosforo e potássio, que são essenciais para o crescimento de plantas. Esses nutrientes, presentes nos produtos utilizados e originados principalmente durante a higienização dos utensílios de cozinha, fertilizam a água e conseqüentemente o solo, proporcionando um melhor desenvolvimento das plantas sem necessidade de um aporte significativo de fertilizantes químicos externos (Poustie et al., 2020).

Desta forma, apesar da não constatação de diferença significativa entre os tratamentos, nota-se que as plantas irrigadas com água cinza filtrada apresentaram um

desempenho superior no tocante ao porte e estrutura final das plantas em comparação com aquelas irrigadas com água não salina, reforçando as indicações de que a água residuária pode ser uma alternativa sustentável na irrigação de culturas.

A ora-pro-nóbis sendo uma planta originalmente de metabolismo CAM, apresenta elevada tolerância às condições de estresse hídrico e salino, utilizando de maneira eficaz a água presente na matriz do solo e os nutrientes disponíveis, otimizando seu desenvolvimento em ambientes com recursos hídricos limitados (Lüttge, 2004).

Entretanto, é importante observar que na situação de lâmina muito baixa (20% água disponível no solo – Figura 4), as plantas irrigadas com água cinza filtrada não conseguiram superar as plantas irrigadas com água salina, comportamento que sugere que as plantas de ora-pro-nóbis, neste nível de conteúdo de água no solo, perdem a eficiência de absorção dos nutrientes presentes na água cinza filtrada.

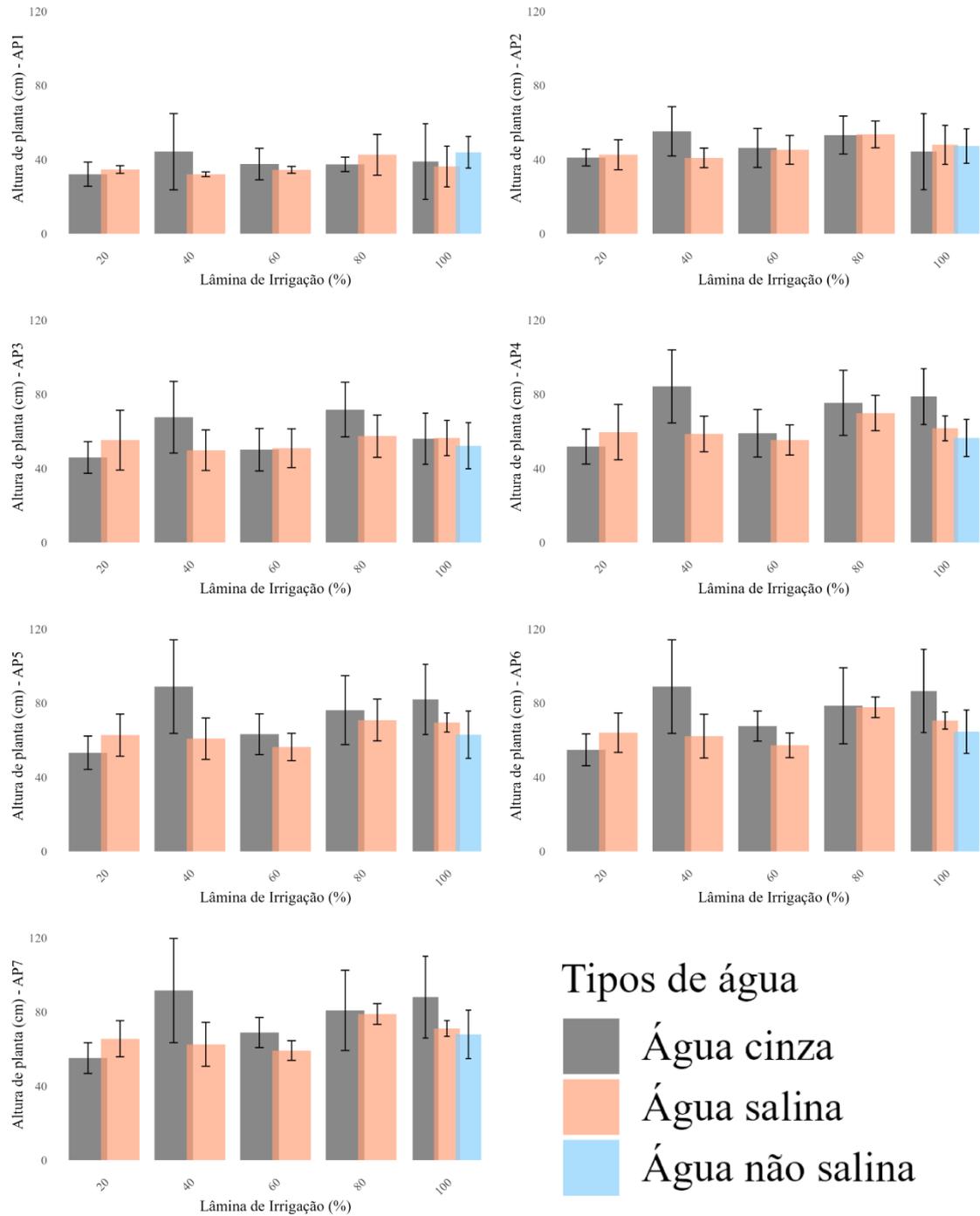


Figura 4. Altura das plantas de Ora-Pro-Nóbis obtida em biometrias mensais de dezembro de 2023 a junho de 2024, conduzidas sob diferentes lâminas de irrigação (20%, 40%, 60%, 80% e 100% de água disponível no solo) em ambiente protegido.

No que se refere ao diâmetro do caule (Figura 5), o comportamento das plantas aparece invertido no tocante as lâminas de irrigação mais baixas (20% e 40% de água disponível no solo) em comparação ao que se observou no parâmetro altura de planta, de forma que as plantas cultivadas com água cinza filtrada apresentaram um desempenho melhor do que aquelas conduzidas sob irrigação com água salina.

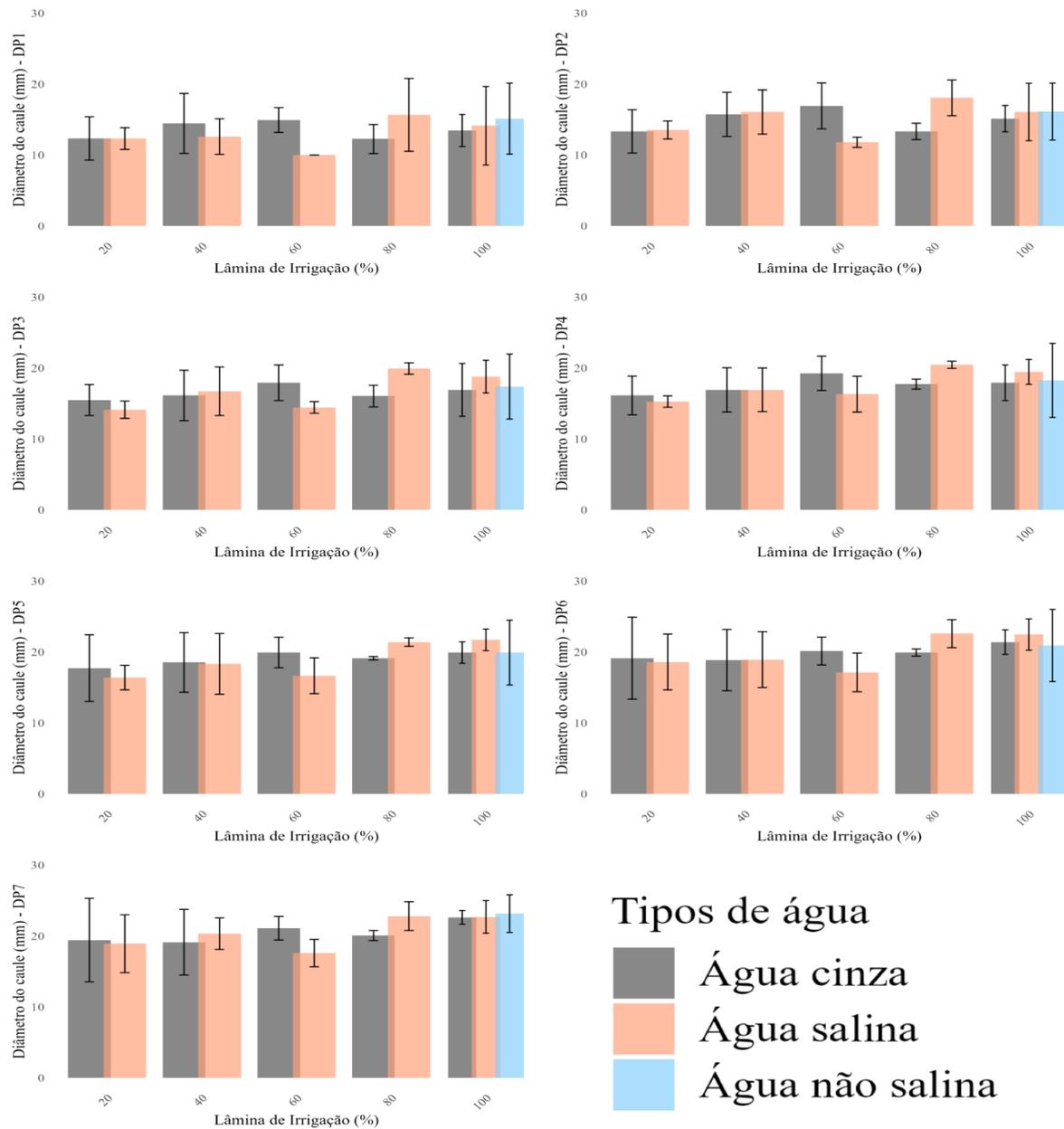


Figura 5. Diâmetro do caule de Ora-Pro-Nóbis obtido em biometrias mensais de dezembro de 2023 a junho de 2024, conduzidas sob diferentes lâminas de irrigação (20%, 40%, 60%, 80% e 100% de água disponível no solo) em ambiente protegido.

O crescimento horizontal de componentes morfométricos de uma planta, o diâmetro do caule por exemplo, é muito mais significativo do ponto de vista botânico/agronômico do que de um componente vertical, como é o caso da altura da planta, uma vez que este último é muito mais vulnerável e sujeito a deformações em função de agentes externos que promovem injúrias no ápice da planta (Cristianini et al., 2004).

Neste aspecto, a irrigação com água cinza filtrada ofereceu condições mais favoráveis para o desenvolvimento das plantas possibilitando um crescimento mais robusto no diâmetro do caule em casos de restrição hídricas severas.

A Figura 5 também chama atenção o desempenho das plantas conduzidas no patamar de 60 % da água disponível no solo, de forma que em todas as etapas de monitoramento, as plantas irrigadas com água cinza filtrada nesta condição de conteúdo de água no solo superaram vertiginosamente as plantas mantidas neste mesmo patamar de umidade no solo quando as plantas são irrigadas com água salina.

Resultado semelhante foi encontrado por (Ferreira, 2021) ao irrigar plantas de sorgo forrageiro com água cinza filtrada, indicando ser este um bom referencial para manutenção da água no solo que proporcione um desenvolvimento razoável das plantas sob condições de baixa disponibilidade hídrica, como é o caso particular da produção e uso da água cinza filtrada no campo.

Por outro lado, a irrigação da ora-pro-nóbis com água salina mostrou efeitos adversos no crescimento do caule das plantas, principalmente nas fases iniciais da pesquisa, causados em função, provavelmente, de um maior estresse hídrico e salino nas plantas resultando em menor desenvolvimento.

No decorrer de suas pesquisas (Sousa & Bezerra, 2013), constataram que a salinidade afetou de forma negativa o desenvolvimento de plantas de *Portulacaria afra*, suculenta de uso similar a ora-pro-nóbis, em seu período vegetativo inicial.

Por se tratar de uma espécie comercial cujas folhas e flores são comestíveis, consumidas in natura em saladas ou na elaboração de inúmeros pratos e temperos, torna-se relevante o monitoramento de suas ramificações e capacidade de produzir flores.

Neste sentido o número de ramos que apresentaram floração encontra-se demonstrado na Figura 6, ressaltando que as primeiras flores foram registradas em fevereiro de 2024, 03 meses após o transplante das mudas, com o monitoramento finalizando no final do ciclo de 07 meses em junho deste mesmo ano.

A análise dos resultados absolutos apresentados na Figura 6 permite observar que as plantas conduzidas e irrigadas com água cinza filtrada só superam as plantas conduzidas e irrigadas com água salina em níveis extremos (20% e 100% de água disponível no solo), principalmente nos últimos meses de monitoramento; como os níveis de salinidade de ambas as águas estão muito próximos, isto pode ser um indicativo de que a ora-pro-nóbis aproveita-se melhor dos nutrientes presentes na água cinza em condições de estresse hídrico extremo e/ou na ausência deste, principalmente quando comparamos com o tratamento onde utilizou-se água não salina.

Entretanto, nos níveis intermediários de água no solo (40 a 80 % de água disponível no solo) a ora-pro-nóbis aparenta não apresentar eficiência no aproveitamento da carga nutricional presente na água cinza para impulsionamento de sua indução floral. Por outro lado, à medida que a fração de água aumenta nestes níveis intermediários, principalmente a partir da lâmina de 60% da água disponível, o número de ramos com flores também cresce de forma mais expressiva; este é com certeza um ponto a ser mais bem estudado em trabalhos futuros e evidencia a importância de se encontrar um nível adequado de irrigação para o desenvolvimento desta espécie vegetal quando submetida a estresses abióticos.

As lâminas de irrigação demonstraram que a eficiência no uso de água foi maior na emissão de cladódio de primeira e segunda ordem, sendo esses responsáveis pelo suporte de crescimento da planta. No entanto, as lâminas de irrigação mais elevadas não apresentaram benefícios adicionais, indicando que a palma forrageira é altamente eficiente no uso da água (Queiroz et al., 2015).

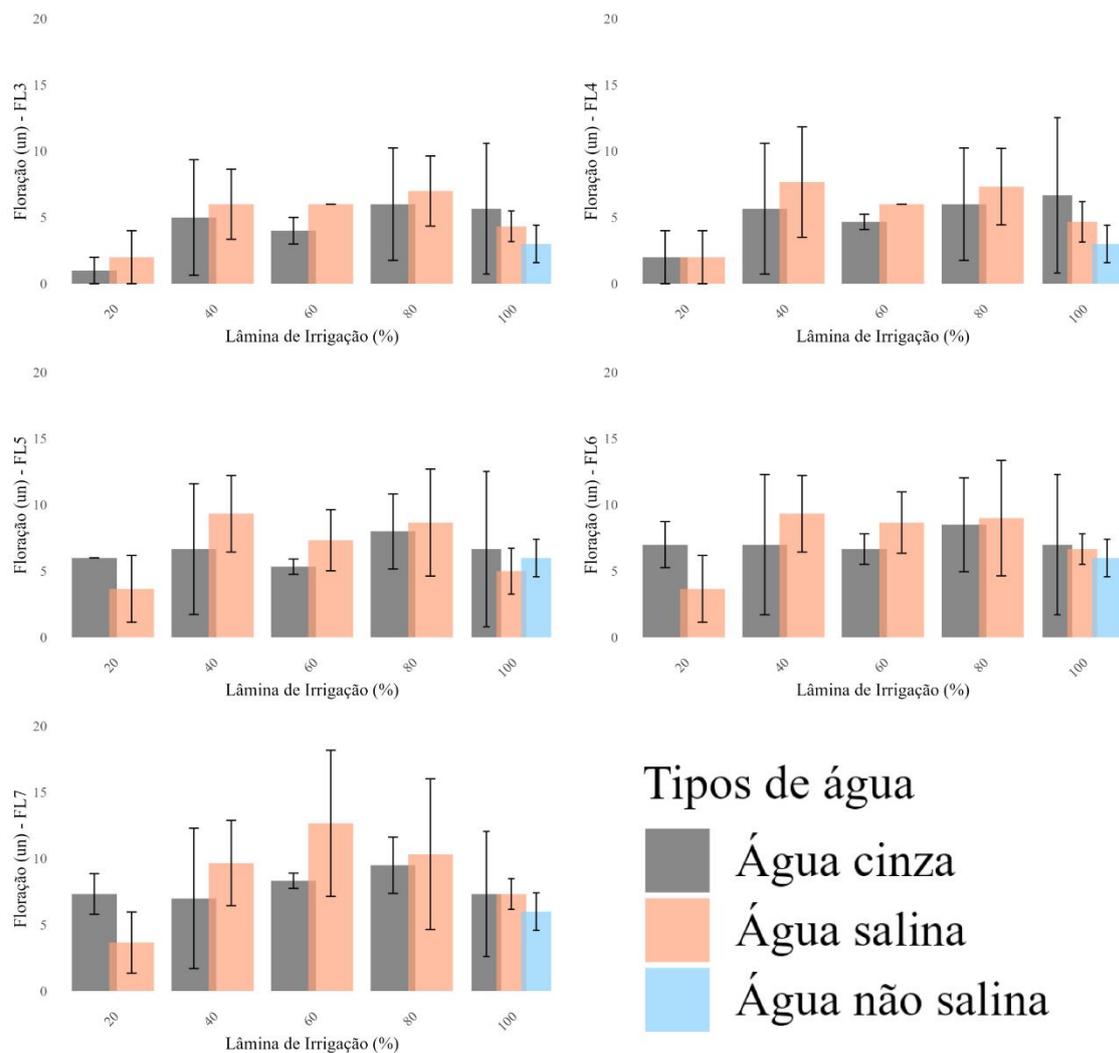


Figura 6. Número de ramos com floração em plantas de Ora-Pro-Nóbis ao longo do ciclo (fevereiro a junho de 2024) para as lâminas de irrigação (20%, 40%, 60%, 80% e 100%) em ambiente protegido.

É notório que a presença de sais em ambas as águas (cinza filtrada e salina) e, principalmente, dos nutrientes presentes na água cinza filtrada, contribuíram para elevar, de forma preponderante, os valores brutos dos parâmetros biométricos investigados, em relação as plantas conduzidas sob irrigação com água não salina, principalmente quando as plantas foram conduzidas à capacidade de campo, evidenciando a rusticidade da ora-pro-nóbis no tocante aos ambientes salinos.

4.2. Influência da lâmina de irrigação e qualidade da água na produção de fitomassa

4.2.1. Fitomassa da parte aérea

Assim como para o quantitativo de ramos e flores, tem-se na fitomassa da parte aérea, na cultura da ora-pro-nóbis, um constituinte de grande relevância, em função de toda sua estrutura aérea ser comestível e comercializável. Na Tabela 5 a seguir são apresentados os resultados das análises estatísticas para a Fitomassa da parte aérea, de raízes e total.

Tabela 5. Análise de variância das fitomassa da Ora-Pro-Nóbis irrigada com água residuária e salina em diferentes lâminas de irrigação.

| Lâmina de irrigação (água disponível em % de volume) | | | | | | | | |
|--|------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|---------------------|-----------------|-----------------|
| Tratamentos | 20% | 40% | 60% | 80% | 100% | Testemunha | p-Valor Fator A | p-Valor Fator B |
| Fitomassa da parte aérea (g) | | | | | | | | |
| Água cinza | 72 ^{ns} | 153,3 ^{ns} | 222,7 ^{ns} | 184 ^{ns} | 328 ^{ns} | 281,3 ^{ns} | 0,12884 | 0,00308 |
| Água salina | 45,7* | 92,7 ^{ns} | 143,3 ^{ns} | 184 ^{ns} | 245 ^{ns} | | | |
| Fitomassa da raiz (g) | | | | | | | | |
| Água cinza | 16,33* | 28,7* | 36* | 55,3 ^{ns} | 52 ^{ns} | 67,3 ^{ns} | 0,02514 | 7e-05 |
| Água salina | 15* | 20,3* | 26,3* | 34,3* | 46,7 ^{ns} | | | |

As médias seguidas de ns indicam que não existem diferenças significativas em relação ao tipo de água; média seguida de (*) indica que existe diferença significativa relação ao tipo de água pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$).

Na Figura 7 a seguir é possível comparar a fitomassa da parte aérea das plantas conduzidas sob diferentes lâminas de irrigação e tipos de água. Assim como para os parâmetros biométricos, a ora-pro-nóbis apresentou elevada flexibilidade para se adaptar a escassez de água e a presença de uma salinidade elevada, reforçando a capacidade desta espécie em transitar entre metabolismos característicos de plantas do tipo C₃ à CAM, reforçando a grande versatilidade deste grupo de vegetal para se adaptar e produzir sob condições extremas de escassez hídrica e/ou de alta salinidade.

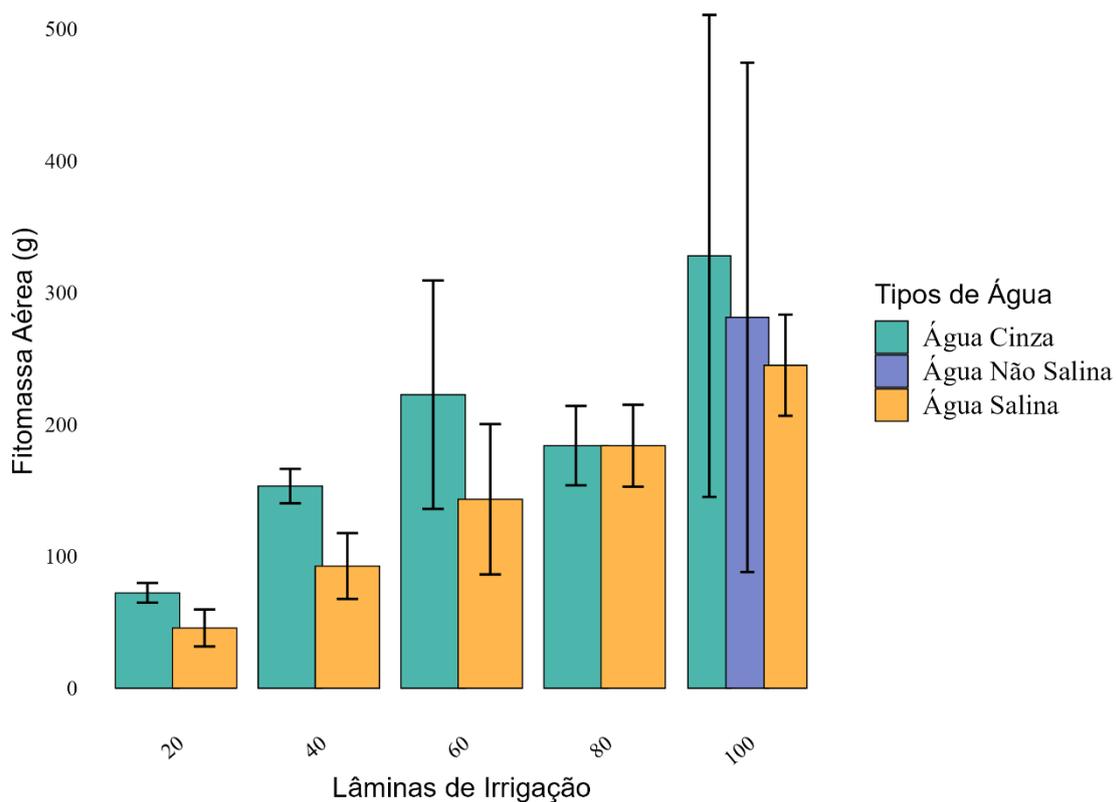


Figura 7. Influência das lâminas de irrigação na fitomassa da parte aérea de plantas de ora-pro-nóbis.

Também ressalta-se que, assim como para o diâmetro do caule, no tratamento onde as plantas foram mantidas a 60% da água disponível no solo e irrigadas com água cinza filtrada, estas apresentam um melhor desempenho no tocante a produção de biomassa, quando comparadas com os demais tratamentos onde o teor de água no solo é reduzido (lâmina deficitária), reforçando a indicação de ser este um nível importante de conteúdo de água no solo para produção de ora-pro-nóbis sob condições de volumes de água limitado e, conseqüentemente, de lâminas baixas como é o caso dos sistemas de reúso que utilizam água cinza para irrigação.

A irrigação com água residuária em áreas experimentais com outras espécies medicinais, como é o caso da ora-pro-nóbis, revelou um potencial significativo no aumento da produção de biomassa, chegando a um acréscimo de 53 % em plantas das espécies *Salix alba* e *Salix viminalis* (Almuktar et al., 2024).

Da mesma forma, trabalhos com irrigação de água destinada ao reúso em outra espécie medicinal, a *Albizia (Albizia niopoides)*, constataram um aumento no peso frescos dos brotos entres 24% e 39% em comparação com estas mesmas plantas irrigadas com outras águas, inclusive de qualidade superior. Esses resultados indicam que o uso da água residuária na irrigação não apenas melhora o desenvolvimento vegetativo das plantas, mas também representa uma estratégia sustentável, reduzindo a demanda por água de boa qualidade (Al-Mefleh et al., 2021).

Na Figura 8 apresentada a seguir tem-se um gráfico que expressa a média da fitomassa total da parte aérea, obtida a partir dos diferentes tipos de água, independentemente da lâmina de irrigação.

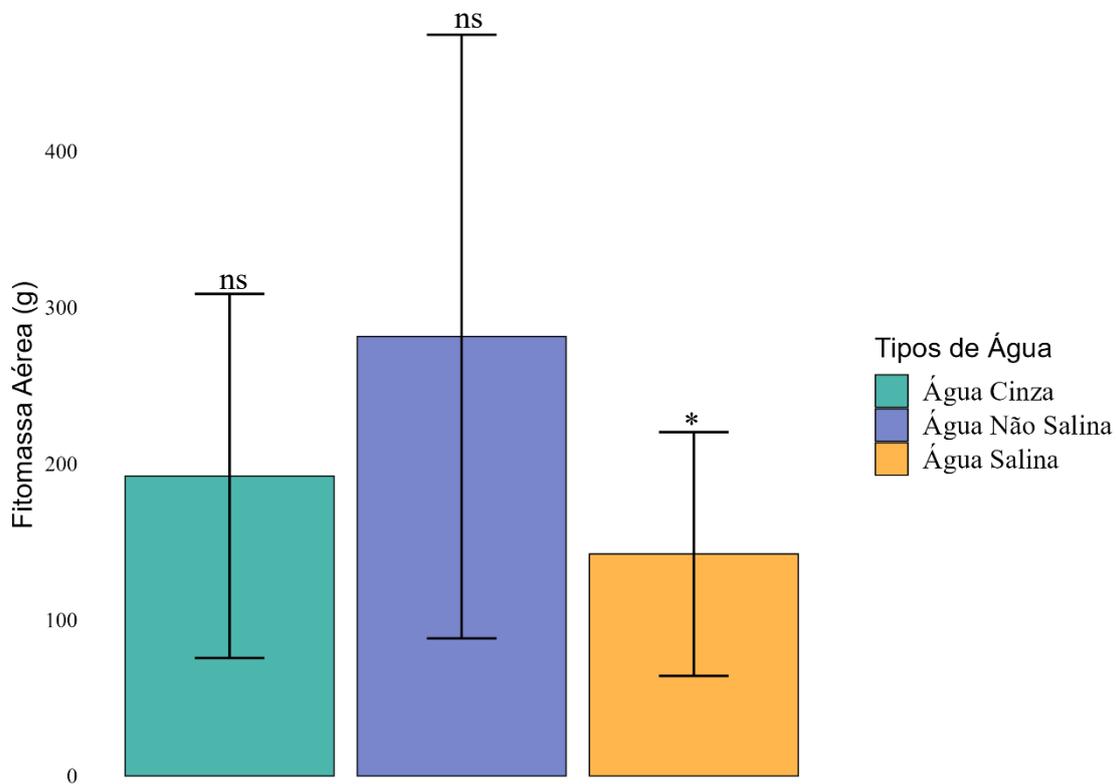


Figura 8. Influência da qualidade da água na fitomassa média total da parte aérea de plantas de ora-pro-nóbis. As médias seguidas de (ns) indicam que não existem diferenças significativas em relação ao tipo de água; média seguida de (*) indica que existe diferença significativa relação ao tipo de água pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$).

É importante notar que, mesmo a água cinza filtrada tendo uma CE muito próxima da água salina, as plantas de ora-pro-nóbis, quando irrigada com este tipo de água, apresentaram uma produção de fitomassa superior quando comparadas com as plantas irrigadas com água salina; este é um aspecto importante por indicar que a presença de nutrientes na água cinza filtrada, aumentou a capacidade das plantas de ora-pro-nóbis na superação do estresse salino, fato que fica evidenciado com a não significância estatística entre o tratamento onde as plantas são conduzidas com água cinza e as plantas conduzidas com água não salina.

4.2.2. Fitomassa da raiz

A Figura 9 mostra a produção da fitomassa da raiz em função das diferentes lâminas de irrigação e tipos de água utilizados no experimento.

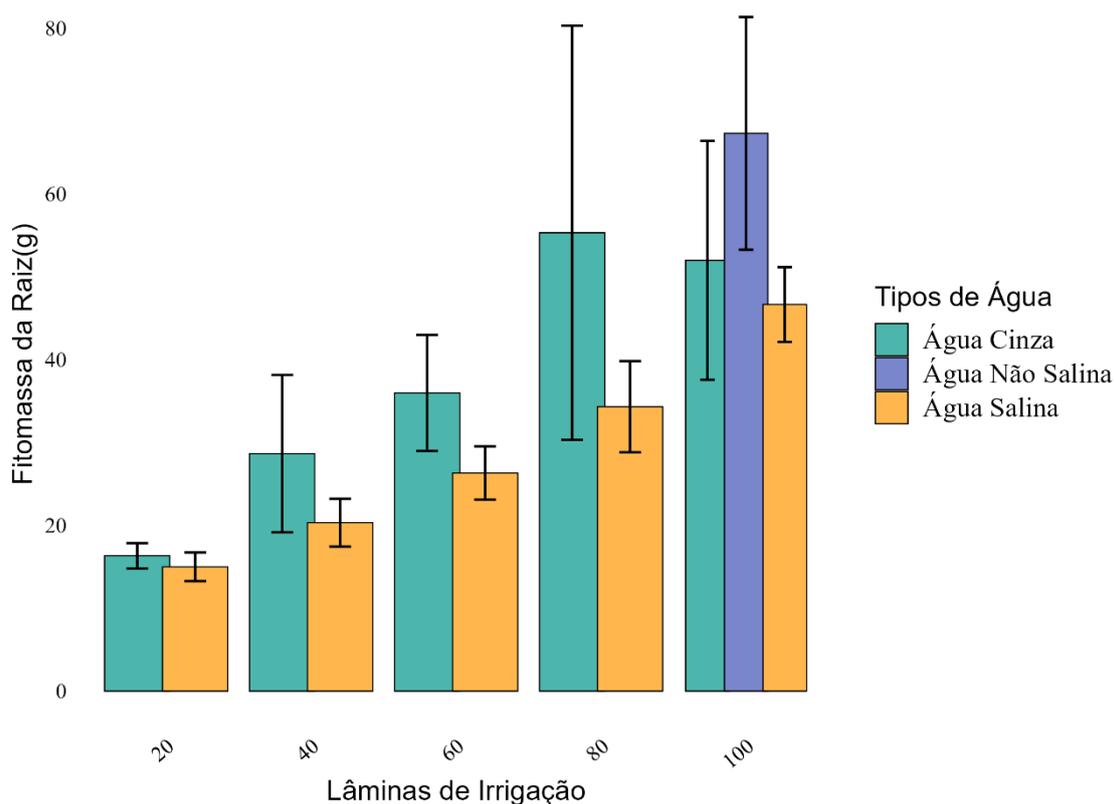


Figura 9. Influência das lâminas de irrigação na fitomassa das raízes.

Como era esperado, a medida em que a lâmina de irrigação vai aumentando, a fitomassa de raízes acompanha o crescimento e exploram um volume maior de solo. No entanto, a melhor relação é observada na lâmina de 80% de água disponível no solo com as plantas sendo irrigadas com água cinza filtrada, as quais emitiram raízes numa quantidade significativamente superior, inclusive, quando se compara com as plantas conduzidas a capacidade de campo.

Também fica claro na análise da Figura 9 que a irrigação com água residuária e salina impactam na redução da produção de raízes quando comparadas com as plantas irrigadas com água não salina; por outro lado, o desempenho melhor das plantas irrigadas com a água cinza filtrada em relação as plantas irrigadas com água salina, novamente evidencia o favorecimento destas raízes provavelmente pela maior presença dos nutrientes na água residuária (Figura 10).

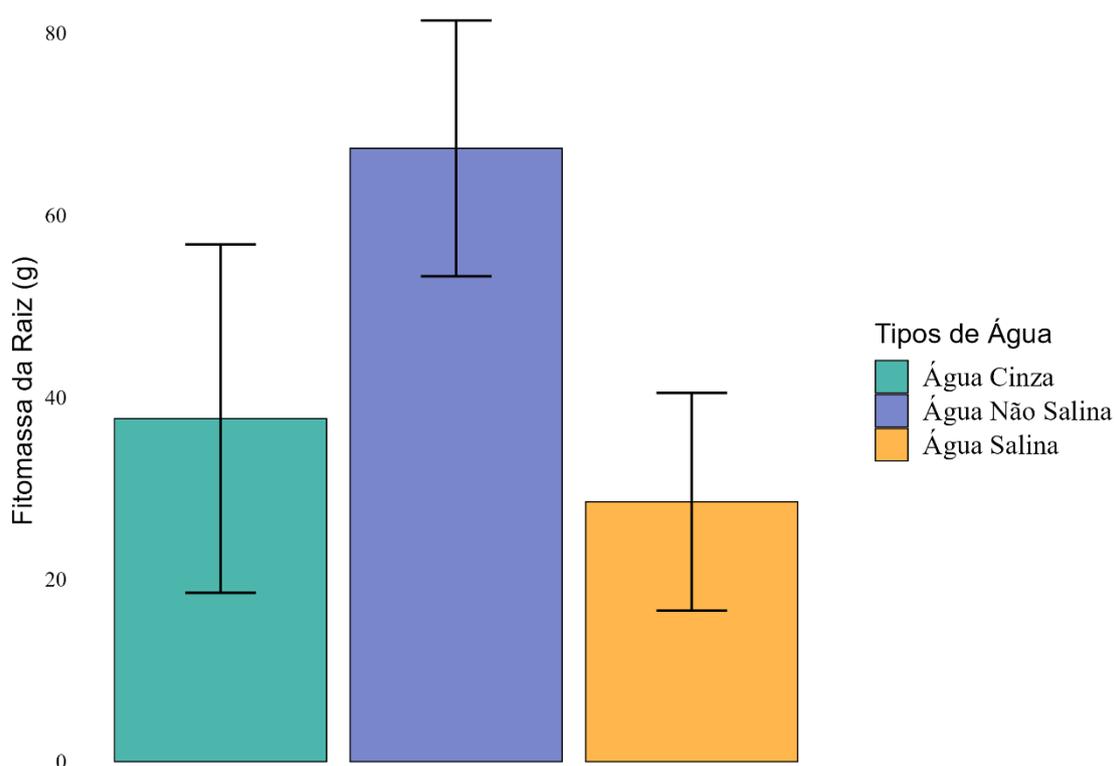


Figura 10. Influência da qualidade da água na fitomassa média total da raiz de plantas de ora-pro-nóbis.

4.3. Influência da Eficiência do Uso da Água na fisiologia das plantas de Ora-Pro-Nóbis

A condutância estomática é um fator importante que influencia a fotossíntese e, conseqüentemente, o rendimento das culturas. A versatilidade do vegetal ou de manejo do agricultor sobre a condutância estomática pode proporcionar um melhor desempenho da cultura, tornando-se um fator de relevante importância nas práticas agrícola (Faralli et al., 2019).

Apresentam-se na Tabela 6 a seguir os resultados obtidos para a condutância estomática, nos diferentes períodos do dia, em função das lâminas aplicadas e do tipo de água utilizado na irrigação da Ora-pro-nóbis.

Tabela 6. Valores e análise estatística da resposta da Ora-Pro-Nóbis irrigada com água residuária e salina sob diferentes lâminas de irrigação.

| Tratamentos | Lâmina de irrigação (água disponível em % de volume) | | | | | Testemunha | p-Valor Fator A | p-Valor Fator B |
|------------------------------|--|--------|--------|--------|---------------------|------------|--------------------|--------------------|
| | 20% | 40% | 60% | 80% | 100% | | | |
| Condutância estomática - 8h | | | | | | | | |
| Água cinza | 42,36* | 57,12* | 53,35* | 82,69* | 98,19 ^{ns} | 136,05 | 0,00162 | 0,97931 |
| Água salina | 42,69* | 59,37* | 71,42* | 78,86* | 82,23* | | | |
| Condutância estomática - 10h | | | | | | | | |
| Água cinza | 28,01* | 38,75* | 47,6* | 64,99* | 76,70* | 154,73 | 0,00029 | 0,36781 |
| Água salina | 27,33* | 43,93* | 61,64* | 63,96* | 88,53* | | | |
| Condutância estomática - 12h | | | | | | | | |
| Água cinza | 26,94* | 40,22* | 60,16* | 59,90* | 83,11* | 145,43 | 0 | 0,72398 |
| Água salina | 12,31* | 34,38* | 49,17* | 77,16* | 92,24* | | | |
| Condutância estomática - 14h | | | | | | | | |
| Água cinza | 23,36* | 38,99* | 59,23* | 82,09* | 101* | 158,13 | 1e-05 | 0,83392 |
| Água salina | 34,96* | 49,38* | 63,79* | 77,57* | 85,60* | | | |
| Condutância estomática - 16h | | | | | | | | |
| Água cinza | 31,57* | 43,14* | 58,51* | 58,51* | 95,48* | 145,69 | 2e-05 | 0,57354 |
| Água salina | 29,83* | 40,63* | 58,15* | 62,96* | 91,11* | | | |

As médias seguidas de ns indicam que não existem diferenças significativas em relação ao tipo de água; média seguida de (*) indica que existe diferença significativa relação ao tipo de água pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$).

A análise da Figura 11 apresentada a seguir, permite constatar que o aumento da lâmina de irrigação resulta em uma maior condutância estomática pelas plantas de ora-pro-nóbis, indicando, como se espera, que maiores disponibilidades hídricas favoreçam a troca gasosa a partir da abertura dos estômatos das plantas.

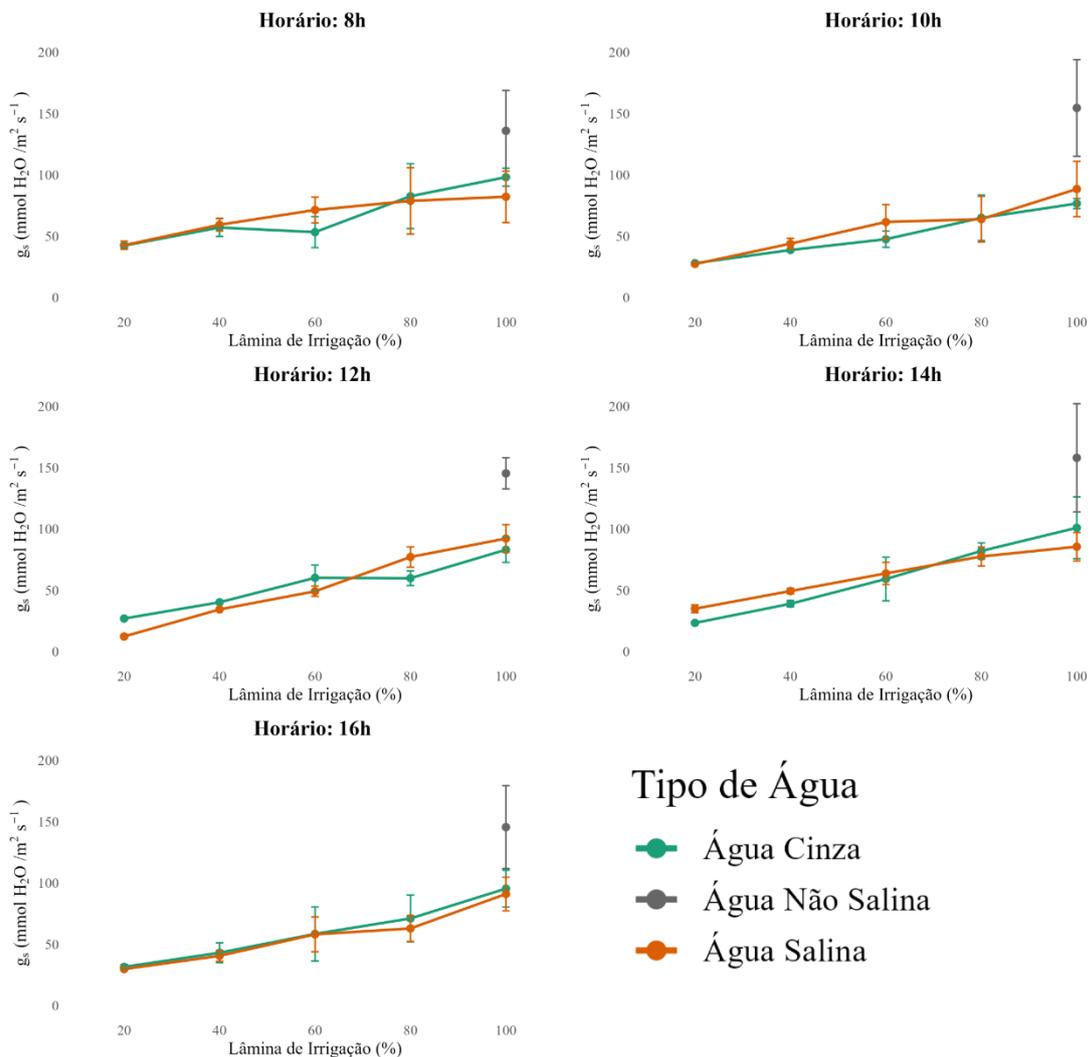


Figura 11. Influência do conteúdo de água do solo sobre a condutância estomática e fisiologia de plantas de ora-pro-nóbis.

Em relação à variação diária de leituras, a condutância estomática foi mais alta nas primeiras horas da manhã (08h e 10h), para todos os tipos de água utilizados nas irrigações das plantas de ora-pro-nóbis. Isso reflete a ocorrência de uma maior atividade fisiológica destas plantas durante períodos em que a temperatura é mais favorável para a abertura estomática.

Nos horários de maior radiação solar (12h-14h) houve uma diminuição significativa na condutância, provavelmente em função do elevado grau de estresse térmico; neste cenário as plantas tendem a fechar parcialmente os estômatos para evitar ao máximo a perda de água por transpiração nestas horas mais quentes do dia.

Entretanto, em todos os horários em que foram realizadas as leituras, as plantas cultivadas com água não salina apresentaram os maiores valores de condutância, indicando que a ausência de sais propiciou um bom funcionamento estomático nas plantas, que nesta condição apresentam ótimas performance para a troca gasosa, favorecendo a fotossíntese e levando a um crescimento pleno.

Por outro lado, nos tratamentos onde as plantas permaneceram sob irrigações com água cinza filtrada e salina, apesar do aumento na quantidade de água, com consequente melhora da condutância também melhorou, estas permaneceram sempre abaixo dos níveis observados para o tratamento controle, o que pode ser atribuído ao efeito inibitório dos sais presentes na água sobre a atividade estomática das plantas.

Os níveis de salinidade reduziram significativamente a condutância estomática das plantas de feijão caupi, e como consequência a taxa de transpiração também diminuiu, o que pode comprometer a absorção de nutrientes e resfriamento da planta (Leite et al., 2017).

Novamente chama atenção que as plantas mantidas sob irrigação equivalente a 60% da água disponível no solo e irrigadas com água cinza filtrada, apresentam boa performance na condutância estomática a partir dos horários de maior radiação solar (12 às 16 horas), sugerindo que este é um indicativo limitar do conteúdo de água a ser mantido no solo, em condições de baixa disponibilidade hídrica, em função de pequenos volumes de irrigação que são geradas pela produção domiciliar de água cinza no meio rural (Paiva et al., 2003).

Oliveira et al. (2005), avaliando a condutância estomática em plantas de feijão submetidas a diferentes níveis de irrigação e demonstram que plantas com um suprimento adequado de água apresentam maiores valores de condutância estomática, durante as primeiras horas e especialmente ao meio-dia, enquanto plantas sob irrigação deficitária apresentam reduções significativas, indicando que a condutância estomática diminui em condições de estresse hídrico.

As plantas que demonstraram uma regulação estomática apropriada apresentam melhor desempenho em diferentes níveis de disponibilidade hídrica, isso por que uma condutância estomática ideal permite uma troca gasosa eficiente, equilibrando a absorção de CO_2 para a fotossíntese com a perda de água pela transpiração (Gleason et al., 2019).

Assim, a condutância estomática medida nas plantas de ora-pro-nóbis apresentou uma forte correlação com as medições de trocas gasosas e, conseqüentemente, com a taxa de acumulação de biomassa, demonstrando que plantas com maior condutância estomática tendem a ter maior crescimento.

4.4. Consumo e Eficiência do Uso de Água pela Ora-Pro-Nóbis

Para uma melhor avaliação da capacidade das plantas de ora-pro-nóbis, no que se refere a conversão da água consumida em produção de matéria seca, apresentamos os dados de fitomassa total, água consumida e eficiência do uso da água em separado na Tabela 07 a seguir.

Tabela 7. Análise da fitomassa total, consumo e eficiência do uso de água pela Ora-Pro-Nóbis irrigada com água residuária e salina sob diferentes lâminas de irrigação

| Tratamentos | Lâmina de irrigação (água disponível em % de volume) | | | | | Testemunha | p-Valor Fator A | p-Valor Fator B |
|--------------------------------------|--|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|----------------------|--------------------|--------------------|
| | 20% | 40% | 60% | 80% | 100% | | | |
| Fitomassa total (gramas) | | | | | | | | |
| Água cinza | 88,7* | 182 ^{ns} | 259 ^{ns} | 239 ^{ns} | 380 ^{ns} | 348,7 ^{ns} | 0.09951 | 0.00143 |
| Água salina | 67,3* | 113* | 170 ^{ns} | 218,3 ^{ns} | 292 ^{ns} | | | |
| Consumo total de água (litros) | | | | | | | | |
| Água cinza | 23,01* | 46,04* | 68,72* | 92,04* | 114,81* | 126,23 ^{ns} | 0 | 0 |
| Água salina | 20,38* | 40,82* | 62,13* | 81,62* | 102,26* | | | |
| Eficiência do uso de água (g /litro) | | | | | | | | |
| Água cinza | 3,85 ^{ns} | 3,95 ^{ns} | 3,76 ^{ns} | 2,60 ^{ns} | 3,31 ^{ns} | 2,67 ^{ns} | 0.09236 | 0.55112 |
| Água salina | 3,30 ^{ns} | 2,76 ^{ns} | 2,73 ^{ns} | 2,67 ^{ns} | 2,85 ^{ns} | | | |

As médias seguidas de ns indicam que não existem diferenças significativas em relação as lâminas de irrigação e tipos de água, pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$); medias seguidas de (*) indicam que existe diferença significativa ao tipo de água em função da lâmina de irrigação, pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$).

Analisando-se a evolução dos dados da Tabela 7, principalmente no tocante à EUA, nota-se que, apesar das frações de água aplicadas terem gerado volumes de água baixo para as plantas, a ora-pro-nóbis manteve sua capacidade de produzir matéria seca, mesmo sob condições de estresse rigoroso e da salinidade presente nos dois tipos de água utilizadas para hidratação das plantas durante a condução dos ensaios.

Considerando-se os volumes totais de água consumidos pela planta nos diversos tratamentos pela área aproximada do vaso utilizado no experimento ($3,1416 \times D^2/4 = 0,096 \text{ m}^2$) foi possível estimar o consumo médio de água expresso em lâminas, priorizando-se aqui a apresentação da lâmina considerada plena (100 % AD) e a lâmina deficitária de melhor performance entre os resultados alcançados pela planta (60 % AD), para os diferentes tipos de água, sendo respectivamente, para lâminas plenas 6,2 mm/dia consumidos de água não salina, 5,7 mm/dia consumidos de água cinza filtrada e 5,07 mm/dia consumidos de água salina; para as lâminas deficitárias (60 % AD) obteve-se, tanto para água cinza filtrada quanto para água salina, um consumo médio de 3 mm /dia.

4.5. Influência das lâminas de irrigação e tipos de água na salinidade do solo

Os dados apresentados nas Tabelas 08 e 09 referem-se à condutividade elétrica e ao potencial hidrogeniônico do extrato de saturação do solo no início e final do ciclo experimental após a coleta das plantas para análise.

Os valores da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo, em comparação com a condutividade elétrica inicialmente medida no início do ensaio (CE de $0,29 \text{ dSm}^{-1}$) indicam efeitos progressivo e salinizantes do solo para um intervalo de tempo de 7 meses; desta forma o solo das parcelas se tornaram salinos (CEs de $5,58 \text{ dSm}^{-1}$ e $6,18 \text{ dSm}^{-1}$, em média, respectivamente para as lâminas de água cinza filtrada e água salina), a partir das irrigações realizadas com estes dois tipos de água que se enquadram na classe C₃ para irrigação.

A constatação da não salinização do solo no tratamento controle (média de $1,2 \text{ dSm}^{-1}$ para água não salina no final do experimento), indica a obrigatoriedade da aplicação de medidas mitigatórias e de controle da salinização secundária do solo quando da utilização de águas salinas, sejam elas de reúso ou não.

Entre estas medidas mitigadoras destacamos a obrigatoriedade da presença de sistemas de drenagem, incorporação permanente de matéria orgânica no solo, constante cobertura morta nas áreas irrigadas e aumento da eficiência dos sistemas de irrigação a serem utilizados (Qadir & Oster, 2004).

Tabela 8. Evolução da Condutividade Elétrica (CE em dSm^{-1} no extrato de saturação do solo em função das lâminas aplicadas e do tipo de água utilizada.

| Lâminas (%) | Início do ensaio | Água cinza filtrada** | | Água salina** | |
|-------------|------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | 0 a 20 cm | 20 a 40 cm | 0 a 20 cm | 20 a 40 cm |
| 20 | 0,29 | 6,7 ^{ns} | 1,6 ^{ns} | 3,6 ^{ns} | 1,8 ^{ns} |
| 40 | | 4,0 ^{ns} | 4,4* | 7,4 ^{ns} | 4,5* |
| 60 | | 9,2 ^{ns} | 5,6* | 7,6 ^{ns} | 5,4* |
| 80 | | 7,9 ^{ns} | 5,3* | 19* | 4,0 ^{ns} |
| 100 | | 6,3 ^{ns} | 3,2 ^{ns} | 3,6 ^{ns} | 3,0 ^{ns} |
| 100* | | 1,4* | 1,0* | - | - |

As médias seguidas de ns indicam que não existem diferenças significativas em relação às lâminas de irrigação e tipos de água, pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$); médias seguidas de (*) indicam que existe diferença significativa ao tipo de água em função da lâmina de irrigação, pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$). * Água não salina; ** Na época de coleta dos experimentos.

Na Tabela 9, são apresentados os potenciais hidrogeniônicos obtidos da solução do extrato de saturação do solo para os diferentes tratamentos e lâminas de água, com o pH mantendo-se relativamente estável no solo após a aplicação das lâminas de irrigação para os todos os tipos de água.

Tabela 9. Evolução do pH no extrato de saturação do solo em função das lâminas aplicadas e do tipo de água utilizada.

| Lâminas (%) | Início do ensaio | Água cinza filtrada** | | Água salina** | |
|-------------|------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | 0 a 20 cm | 20 a 40 cm | 0 a 20 cm | 20 a 40 cm |
| 20 | 6,7 | 7,6 ^{ns} | 6,1* | 6,8 ^{ns} | 7,3 ^{ns} |
| 40 | | 8,0 ^{ns} | 6,7 ^{ns} | 6,8 ^{ns} | 6,9 ^{ns} |
| 60 | | 7,3 ^{ns} | 7,0 ^{ns} | 7,0 ^{ns} | 6,5 ^{ns} |
| 80 | | 7,3 ^{ns} | 7,2 ^{ns} | 7,2 ^{ns} | 7,0 ^{ns} |
| 100 | | 7,3 ^{ns} | 7,4 ^{ns} | 6,6 ^{ns} | 6,6 ^{ns} |
| 100* | | 7,5* | 7,5* | - | - |

As médias seguidas de ns indicam que não existem diferenças significativas em relação as lâminas de irrigação e tipos de água, pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$); medias seguidas de (*) indicam que existe diferença significativa ao tipo de água em função da lâmina de irrigação, pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$). * Água não salina; ** Fim do ensaio

Neste sentido, a irrigação com água salina, seja ela de reúso ou não, apresenta-se com um desafio dentro das práticas agrícolas, principalmente em regiões com escassez hídrica severa, como é o caso do Semiárido brasileiro. Estudos indicam que, embora as águas denominadas de alternativas possam aumentar a eficiência do uso de nutrientes, a salinidade, fora de controle, pode afetar o rendimento das culturas e a organização biodinâmica do solo (Silva et al., 2022).

Os efeitos da salinidade do solo no crescimento de outras espécies de plantas cactáceas, assim como para a ora-pro-nóbis no presente ensaio, mostraram que as condições produtivas permaneceram intactas em *Melocactus zehntneri*, que se desenvolveu bem até uma CE no extrato de saturação do solo de 15 dSm^{-1} , espécie está também de reconhecida adaptabilidade às condições semiáridas (Prado, 2019).

5. CONCLUSÃO

O crescimento e o desenvolvimento das plantas de ora-pro-nóbis, ao serem submetidas a lâminas de irrigação decrescentes e deficitárias, independente do tipo de água utilizada, cinza filtrada ou salina, não foram comprometidos; também não foram verificadas alterações fisiológicas significativas em função dos níveis críticos de estresse hídrico a que foram submetidas as plantas, nem em função da presença de sais equivalente a Classe 3 para irrigação;

Nas condições em que foram desenvolvidos os experimentos, a água cinza filtrada promoveu uma maior produção de fitomassa em relação as plantas irrigadas com água salina, característica desejável do ponto de vista comercial para produtores rurais que cultivam a ora-pro-nóbis, apesar dos tipos de água apresentarem o mesmo patamar de salinidade;

A ora-pro-nóbis válida a sua boa tolerância ao estresse hídrico e salino, confirmando a sua capacidade adaptativa para regiões semiáridas onde os cenários são de baixa disponibilidade hídrica e de elevada salinidade, apresentando-se como mais uma alternativa agrônômica e econômica viável para as pequenas famílias agricultoras que habitam e produzem nesta região do País;

A água cinza, nas condições do presente ensaio, promoveu uma rápida e crescente salinização do solo, mantendo-se obrigatória a aplicação de frações de lixiviação e o uso da drenagem agrícola para o controle rigoroso da salinidade no perfil do solo.

Apesar da importância do reúso de águas residuais em sistemas agrícolas especialmente em regiões semiáridas, como uma estratégia sustentável para enfrentar a escassez hídrica, a ora-pro-nóbis continua sendo uma cultura que ainda se enquadra no rol das **espécies de “uso restrito” para águas residuárias**, em função dos riscos da contaminação de suas folhas e flores pelos microrganismos presentes na água;

Os relevantes resultados apresentados no presente trabalho reforçam a necessidade da continuidade da pesquisa em função da ausência quase que total de informações científicas mais aprofundadas sobre as respostas fisiológicas e de produção da ora-pro-nóbis em muitos aspectos, principalmente no tocante a sua capacidade de adaptação aos mais variados ambientes, questão de máxima relevância, no atual cenário de crise climática em que estamos inseridos.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCALDE-SANZ, L., & GAWLIK, B. M. (2017). **Minimum quality requirements for water reuse in agricultural irrigation and aquifer recharge.** Em *EU Science Hub - European Commission.*
- AL-MEFLEH, N. K., OTHMAN, Y. A., TADROS, M. J., AL-ASSAF, A., & TALOZI, S. (2021). **An assessment of treated greywater reuse in irrigation on growth and protein content of Prosopis and Albizia.** *Horticulturae*, 7(3), 1–11. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7030038>
- ALMEIDA, M. E. F. de, JUNQUEIRA, A. M. B., SIMÃO, A., & CORRÊA, A. (2014). **Caracterização Química Das Hortaliças Não-Convencionais Conhecidas Como Ora-Pro-Nobis.** Em *Original Article Biosci. J.*
- ALMUKTAR, S. A. A. A. N., ABED, S. N., & SCHOLZ, M. (2024). **Biomass Production and Metal Remediation by Salix alba L. and Salix viminalis L. Irrigated with Greywater Treated by Floating Wetlands.** *Environments - MDPI*, 11(3). <https://doi.org/10.3390/environments11030044>
- ALVARENGA, C. F. DE S., SILVA, E. M. DA, NOBRE, R. G., GHEYI, H. R., LIMA, G. S. DE, & SILVA, L. DE A. (2019). **Morfofisiologia de aceroleira irrigada com águas salinas sob combinações de doses de nitrogênio e potássio.** *Revista de Ciências Agrárias*, 42(1).
- ÁLVARES DE ALMEIDA, O. (2010). *Qualidade da Água de Irrigação.* http://www.cnpmf.embrapa.br/publicacoes/livro_qualidade_agua.pdf
- ANDERSON SILVA DE FREITAS, C., REUBER ALMEDA DA SILVA, A., MARCUS LIMA BEZERRA, F., DA SILVA FERREIRA, C., & RODRIGUES DE ANDRADE, R. (2012). **Crescimento Vegetativo Da Cana-De-Açúcar (Saccharum officinarum L.) Irrigada Com Água De Esgoto Doméstico Tratado** (Número 1).
- ARAÚJO, F. V. DE, VIEIRA, L., JAYME, M. M. A., NUNES, M. C., & CORTÊS, M. (2015). **Avaliação da qualidade da água utilizada para irrigação na bacia do Córrego Sujo, Teresópolis, RJ.** *Cadernos Saúde Coletiva*, 23(4). <https://doi.org/10.1590/1414-462x201500040083>
- ATAÍDE, E., SOUZA, J., BASTOS, D., JARDIM, A., & COSTA, R. (2020). **Ácido Indolbutírico No Enraizamento De Estacas De Umbuzeiro No Estádio De**

- Azevedo Nazário, A., De Oliveira Bestete, L., De Oliveira Garcia, G., Fialho Dos Reis, E., & Avelino Cecílio, R. (2013). ***Desenvolvimento E Produção Do Milho Irrigado Com Água De Diferentes Condutividades Elétricas*** (Número 10).
- BANI-MELHEM, K., AL-QODAH, Z., AL-SHANNAG, M., QASAIMAH, A., RASOOL QTAISHAT, M., & ALKASRAWI, M. (2015). **On the performance of real grey water treatment using a submerged membrane bioreactor system.** *Journal of Membrane Science*, 476. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2014.11.010>
- BARROS, H. M. M., VERIATO, M. K. L., SOUZA, L. P., CHICÓ, L. R., & BAROSI, K. X. L. (2015). **Reúso de água na agricultura.** *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 10(2). <https://doi.org/10.18378/rvads.v10i5.3868>
- Blanky, M., Rodríguez-Martínez, S., Halpern, M., & Friedler, E. (2015). **Legionella pneumophila: From potable water to treated greywater; quantification and removal during treatment.** *Science of The Total Environment*, 533, 557–565. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2015.06.121>
- BOYJOO, Y., PAREEK, V. K., & ANG, M. (2013). **A review of greywater characteristics and treatment processes.** Em *Water Science and Technology* (Vol. 67, Número 7). <https://doi.org/10.2166/wst.2013.675>
- BRITO, R. A. L., & ANDRADE, C. DE L. T. (2010). **Qualidade da água na agricultura e no ambiente.** Em *Informe Agropecuário* (Vol. 31, Número 259).
- CENCIARELI, L. C., JUSTI, M. S., FERREIRA-SILVA, S. L., DE ALMEIDA, L. F. R., SERSHEN, & LIMA NETO, M. C. (2025). **Physiological and biochemical changes associated with the induction of facultative CAM in Pereskia aculeata under drought stress and recovery.** *Plant Physiology and Biochemistry*, 222, 109681. <https://doi.org/10.1016/J.PLAPHY.2025.109681>
- CHANAKYA, H. N., & KHUNTIA, H. K. (2014). **Treatment of gray water using anaerobic biofilms created on synthetic and natural fibers.** *Process Safety and Environmental Protection*, 92(2). <https://doi.org/10.1016/j.psep.2012.12.004>

- CHINELATTO, M. R., GREVE, L. F., PELEGRINI, R. T., & DE BRITO, N. N. (2015). **Tratamento Fotoquímico de Percolado de Aterro Sanitário Visando Reúso na Agricultura.** *Ecletica Química*, 40(1). <https://doi.org/10.26850/1678-4618eqj.v40.1.2015.p141-154>
- CRISTIANINI, A. V., VIRILLO, C. B., COLPAS, F. T., & COSTA, R. C. (2004). **Relações entre Diâmetro e Altura e Diâmetro e Espessura do Córtex em Espécies de Cerrado do Município de Itirapina, SP.**
- CUNHA, R. R. DA. (2018). **AValiação DAS CARACTERÍSTICAS DO SOLO EM CULTIVO DE PALMA FORRAGEIRA IRRIGADA COM ÁGUAS SALINAS.**
- DE QUEIROZ, M. G., DA SILVA, T. G. F., ZOLNIER, S., SILVA, S. M. S., LIMA, L. R., & ALVES, J. DE O. (2015). **Morphophysiological characteristic and yield of forage cactus under different irrigation depths.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 19(10), 931–938. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n10p931-938>.
- EDWIN, G. A., GOPALSAMY, P., & MUTHU, N. (2014). **Characterization of domestic gray water from point source to determine the potential for urban residential reuse: a short review.** *Applied Water Science*, 4(1), 39–49. <https://doi.org/10.1007/s13201-013-0128-8>.
- FARALLI, M., MATTHEWS, J., & LAWSON, T. (2019). **Exploiting natural variation and genetic manipulation of stomatal conductance for crop improvement.** Em *Current Opinion in Plant Biology* (Vol. 49, p. 1–7). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2019.01.003>.
- FEITOSA, A. P., SILVA, H., LOPES, S., OLIVEIRA BATISTA, R., SOARES COSTA, M., & MOURA, F. N. (2011). *Avaliação Do Desempenho De Sistema Para Tratamento E Aproveitamento De Água Cinza Em Áreas Rurais Do Semiárido Brasileiro. Performance Evaluation Of System For Treatment And Utilization Of Grey Water In Rural Área Of Brazilian Semiarid.*
- FEITOSA, A. P., SILVA, H., LOPES, S., OLIVEIRA BATISTA, R., SOARES COSTA, M., & MOURA, F. N. (2016). *Avaliação Do Desempenho De Sistema Para Tratamento E Aproveitamento De Água Cinza Em Áreas Rurais Do Semiárido Brasileiro.*

- Ferreira, L. T. (2021). *Uso Da Água Cinza Filtrada Em Cultivo Irrigado Na Agricultura Familiar No Sertão Do Pajeú*.
- FERREIRA-SILVA, S. L., VOIGT, E. L., VIÉGAS, R. A., PAIVA, J. R. DE, & SILVEIRA, J. A. G. (2009). **Influência de porta-enxertos na resistência de mudas de cajueiro ao estresse salino**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44(4). <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2009000400005>
- FREITAS, R. M. O. (2010). **Efeito Da Irrigação Com Água Salina Na Emergência E Crescimento Inicial De Plântulas De Jucá**. Em *Revista Caatinga* (Vol. 23, Número 3).
- GHEYI, H. R., DIAS, N. DA S., LACERDA, C. F. DE, & FILHO, E. G. (2016). *Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados 2ª Edição*.
- GLEASON, S. M., COOPER, M., WIGGANS, D. R., BLISS, C. A., ROMAY, M. C., GORE, M. A., MICKELBART, M. V., TOPP, C. N., ZHANG, H., DEJONGE, K. C., & COMAS, L. H. (2019). **Stomatal conductance, xylem water transport, and root traits underpin improved performance under drought and well-watered conditions across a diverse panel of maize inbred lines**. *Field Crops Research*, 234, 119–128. <https://doi.org/10.1016/J.FCR.2019.02.001>
- GOMES, K. R., AMORIM, A. V, FERREIRA, F. J., FILHO, F. L. A., LACERDA, C. F., & GOMES-FILHO, E. (2011). *Respostas de crescimento e fisiologia do milho submetido a estresse salino com diferentes espaçamentos de cultivo*. <http://www.agriambi.com.br>
- GOMES, K. R., AMORIM, A. V, FERREIRA, F. J., FILHO, F. L. A., LACERDA, C. F., & GOMES-FILHO, E. (2015). *Respostas de crescimento e fisiologia do milho submetido a estresse salino com diferentes espaçamentos de cultivo*. <http://www.agriambi.com.br>.
- GONÇALVES, R. F., KELLER, R. DE P., & FRANCI, T. K. (2019). **Análise comparativa das práticas de reúso de água cinza em edificações urbanas na Alemanha e no Brasil**. *Revista DAE*, 67(217). <https://doi.org/10.4322/dae.2019.024>.
- GUEDES, H. A. S., SILVA, D. D. DA, ELESBON, A. A. A., RIBEIRO, C. B. M., MATOS, A. T. DE, & SOARES, J. H. P. (2012). **Aplicação da análise estatística**

- multivariada no estudo da qualidade da água do Rio Pomba, MG.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 16(5). <https://doi.org/10.1590/s1415-43662012000500012>.
- HASANUZZAMAN, M., ALAM, M. M., RAHMAN, A., HASANUZZAMAN, M., NAHAR, K., & FUJQITA, M. (2014). **Exogenous proline and glycine betaine mediated upregulation of antioxidant defense and glyoxalase systems provides better protection against salt-induced oxidative stress in two rice (*Oryza sativa* L.) varieties.** *BioMed Research International*, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/757219>.
- HESPANHOL, I. (2002). **Potencial de Reúso de Água no Brasil Agricultura, Industria, Municípios, Recarga de Aquíferos.** *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 7(4). <https://doi.org/10.21168/rbrh.v7n4.p75-95>
- HOLANDA FILHO, R. S. F. DE, SANTOS, D. B. DOS, AZEVEDO, C. A. V. DE, COELHO, E. F., & LIMA, V. L. A. DE. (2011). **Água salina nos atributos químicos do solo e no estado nutricional da mandioca.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15(1). <https://doi.org/10.1590/s1415-43662011000100009>
- JAMES, R. A., BLAKE, C., ZWART, A. B., HARE, R. A., RATHJEN, A. J., & MUNNS, R. (2012). **Impact of ancestral wheat sodium exclusion genes *Nax1* and *Nax2* on grain yield of durum wheat on saline soils.** *Functional Plant Biology*, 39(7), 609–618. <https://doi.org/10.1071/FP12121>
- LACERDA, C. F., SOUSA, G. G., SILVA, F. L. B., GUIMARÃES, F. V. A., SILVA, G. L., & CAVALCANTE, L. F. (2011). **Soil Salinization And Maize And Cowpea Yield In The Crop Rotation System Using Saline Waters** (Número 4).
- LEITE, J. V. Q., FERNANDES, P. D., OLIVEIRA, W. J. DE, SOUZA, E. R. DE, SANTOS, D. P. DOS, & SANTOS, C. S. DOS. (2017). **Efeito Do Estresse Salino E Da Composição Iônica Da Água De Irrigação Sobre Variáveis Morfofisiológicas Do Feijão Caupi.** *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 11(6), 1825–1833. <https://doi.org/10.7127/rbai.v11n600630>

- LINCOLN SEVERIANO SILVA, A. DA. (2018). *Aperfeiçoamento E Monitoramento De Estação Para Tratamento E Uso Agrícola De Água Cinza No Semiárido Brasileiro*.
- LOTHROP, N., BRIGHT, K. R., SEXTON, J., PEARCE-WALKER, J., REYNOLDS, K. A., & VERHOUGSTRAETE, M. P. (2018). **Optimal strategies for monitoring irrigation water quality**. *Agricultural Water Management*, 199. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.12.018>.
- LUCAS BELIZÁRIO, T., SOARES, M. A., & ASSUNÇÃO, W. L. (2014). *Qualidade Da Água Para Irrigação No Projeto De Assentamento Dom José Mauro, Uberlândia-Mg*.
- LÜTTGE, U. (2004). **Ecophysiology of Crassulacean Acid Metabolism (CAM)**. Em *Annals of Botany* (Vol. 93, Número 6, p. 629–652). <https://doi.org/10.1093/aob/mch087>.
- MACHADO, C. C., CARLOS, A., SOLER, P., PEREIRA BARENHO, C., DIAS, E., DE, L., & KARAM, M. (2007). *A Agenda 21 Como Um Dos Dispositivos Da Educação Ambiental*.
- MADEIRA, N. R., AMARO, G. B. A., MELO, R. A. DE C. E, BOTREL, N., & ROCHINSKI, E. (2016). *Cultivo de Ora-pro-nóbis (Pereskia) em Plantio Adensado sob Manejo de Colheitas Sucessivas*.
- MANFRIN, J., JOSÉ MALFETONI FERREIRA, I., SILVA QUARESMA, L., MCCREANOR, P. T., & CELSO GONÇALVES JR, A. (2019). **Remediação de água cinza por meio de fitorremediação e tecnologias intermitentes de filtro de areia visando o reúso na irrigação de jardins**. 2, 59–68.
- MAROUELI, W. A., MALDONADE, I. R., BRAGA, M. B., & SILVA, H. R. DA. (2014). **Qualidade e segurança sanitária da água para fins de irrigação** *Pag: 134*.
- Melo, M. R. de S. (2018). *Estratégias De Aplicação De Efluente De Água Cinza No Cultivo Do Girassol Ornamental*.
- MERCÊ, A. L. R., LANDALUZE, J. S., MANGRICH, A. S., SZPOGANICZ, B., & SIERAKOWSKI, M. R. (2001). **Complexes of arabinogalactan of Pereskia**

- aculeata and Co²⁺, Cu²⁺, Mn²⁺, and Ni²⁺.** *Bioresource Technology*, 76(1), 29–37. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(00\)00078-X](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(00)00078-X).
- CARDOSO, M. J., CARVALHO, H. W. J., OLIVEIRA, A.C., & SOUZA, E. M. de., (2010). **Comportamento produtivo de híbridos de milho na Região Meio-Norte do Brasil.**
- MISAGHI, F., DELGOSHA, F., RAZZAGHMANESH, M., & MYERS, B. (2017). **Introducing a water quality index for assessing water for irrigation purposes: A case study of the Ghezel Ozan River.** *Science of the Total Environment*, 589. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.02.226>
- Morelli, E. B. (2005). **Reúso De Água Na Lavagem De Veículos.**
- MORETTO, D. L., PANTA, R. E., COSTA, A. B. DA, & LOBO, E. A. (2012). **Calibration of water quality index (WQI) based on Resolution nº 357/2005 of the Environment National Council (CONAMA).** *Acta Limnologica Brasiliensia*, 24(1). <https://doi.org/10.1590/s2179-975x2012005000024>
- MUNNS, R., & GILLIHAM, M. (2015). **Salinity tolerance of crops - what is the cost?** Em *New Phytologist* (Vol. 208, Número 3, p. 668–673). <https://doi.org/10.1111/nph.13519>
- NUNES SILVA, Í., BARRETO TAVELLA, L., & BRANCO DE OLIVEIRA, J. (2011). **Agropecuária Científica No Semi-Árido** ISSN 1808-6845 *Revisão de Literatura QUALIDADE DE ÁGUA NA IRRIGAÇÃO*. www.cstr.ufcg.edu.br/acsahttp://150.165.111.246/ojspatos/index.php/ACSA/index.
- OLIVEIRA, A. D. DE, FERNANDES, E. J., & RODRIGUES, T. D. J. (2005). **Condutância Estomática Como Indicador De Estresse Hídrico Em Feijão.**
- OLIVEIRA, F. DE A. DE, MARCOS DE S. CAMPOS, MYCHELLE K. T. DE OLIVEIRA, JOSÉ F. DE MEDEIROS, & OTACIANA M. DOS P. DA SILVA. (2010). **Interação entre salinidade e fontes de nitrogênio no desenvolvimento inicial da cultura do girassol RESUMO.** <https://doi.org/10.5239/agraria.v5i4.806>.
- OLIVEIRA, N. L., RODRIGUES, A. A., OLIVEIRA NEVES, I. C., TEIXEIRA LAGO, A. M., BORGES, S. V., & DE RESENDE, J. V. (2019). **Development and**

- characterization of biodegradable films based on *Pereskia aculeata* Miller mucilage.** *Industrial Crops and Products*, 130, 499–510. <https://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2019.01.014>.
- PAIVA, A. S., FERNANDES, E. J., RODRIGUES, T. J. D., & TURCO, J. E. P. (2003). ***Condutância Estomática Em Folhas De Feijoeiro Submetido A Diferentes Regimes De Irrigação*** (Número 1).
- PAULUS, D., DOURADO NETO, D., FRIZZONE, J. A., & SOARES, T. M. (2010). **Produção e indicadores fisiológicos de alface sob hidroponia com água salina.** *Horticultura Brasileira*, 28(1). <https://doi.org/10.1590/s0102-05362010000100006>.
- PEREIRA, E. B., SC, J. D., DA, P., & SOUSA, S. (2018). **Brazilian Applied Science Review Desenvolvimento inicial de mudas de cajueiro irrigadas com diferentes tipos de águas Initial development of cashew seedlings irrigated with different types of water.** *Braz. Ap. Sci. Rev*, 2, 644–656.
- POUSTIE, A., YANG, Y., VERBURG, P., PAGILLA, K., & HANIGAN, D. (2020). ***Reclaimed Wastewater as a Viable Water Source for Agricultural Irrigation: A Review of Food Crop Growth Inhibition and Promotion in the Context of Environmental Change.***
- PRADO, Ú. B. (2019). ***Estresse Térmico E Salino Sobre A Germinação E Crescimento Inicial De Cactáceas Nativas Com Potencial Ornamental.***
- PUSHARD, D., & STARK, T. (2008). ***State Rainwater Harvesting US.***
- QADIR, M., & OSTER, J. D. (2004). **Crop and irrigation management strategies for saline-sodic soils and waters aimed at environmentally sustainable agriculture.** *Science of The Total Environment*, 323(1–3), 1–19. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2003.10.012>
- QUINTANA ASHWELL, N., GHOLSON, D. M., KRUTZ, L. J., HENRY, C., & COOKE, T. (2020). ***Adoption of Water-Conserving Irrigation Practices among Row-crop Growers in Mississippi, USA.*** <https://doi.org/10.20944/preprints202007.0370.v1>
- RAYIS, M. W. A. (2018). ***Avaliação Da Viabilidade Do Reúso De Água Para Recarga De Aquíferos Na Região Metropolitana De São Paulo.***

- RODRIGUES, B. M. (2017). **Cartografia Aplicada À Análise Ambiental De Bacia Hidrográfica-Um Estudo De Caso Na Bacia Do Rio Pirapozinho.**
- RODRIGUES, R. dos S. (2005). **As Dimensões Legais E Institucionais Do Reúso De Água No Brasil. Proposta De Regulamentação Do Reúso No Brasil.**
- SANTOS, H. G. DOS, JACOMINE, P. K. T., ANJOS, L. H. C. DOS, OLIVEIRA, V. Á. DE, LUMBRERAS, J. F., COELHO, M. R., ALMEIDA, J. A. DE, FILHO, J. C. DE A., OLIVEIRA, J. B. DE, & CUNHA, T. J. F. (2018). *Sistema brasileiro de classificação de solos.* Embrapa.
- SANTOS, I. C. DOS, PEDROSA, M. W., CARVALHO, O. C. DE, GUIMARÃES, C. D. DE C., & SILVA, L. S. (2012). *Ora-pro-nóbis: da cerca à mesa.*
- SERAPHIM, R. G. (2022). **Efeito do déficit hídrico na epata fotoquímica em *Pereskia aculeata* E *Pereskia grandifolia* (CACTACEAE).**
- SERRANO, L. A. L., MELO, D. S., TANIGUCHI, C. A. K., NETO, F. DAS C. V., & JÚNIOR, L. F. C. (2013). **Porta-enxertos para a produção de mudas de cajueiro.** *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 48(9). <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2013000900007>
- SILVA, J. O. N. DA, SANTOS, J. P. A. DE S., SALVADOR, K. R. DA S., LEITE, R. M. C., AVIZ, R. O. DE, SILVA, N. S. G. DA, AMARAL, E. M., & LEITE, M. L. DE M. V. (2022). **O uso da irrigação com água salina pode reduzir o déficit de forragem no Semiárido brasileiro?** *Research, Society and Development*, 11(5), e45611528357. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i5.28357>
- SILVA, G. C. O., SILVA, ;, NEVES, ;, SILVEIRA, ;, & SHIRAIWA, &. (2008). *Caracterização Quali-Quantitativa E Avaliação Da Possibilidade De Reúso Da Água De Lavagem Dos Filtros Da Eta São Sebastião, Cuiabá-Mt.*
- SOBRINHO, S. S., COSTA, L. L., GONÇALVES, C. A. A., & CAMPAGNOL, P. C. B. (2015). *Emulsified cooked sausages enriched with flour from ora-pro-nobis leaves (Pereskia aculeata Miller).*
- SOUSA, A. B. O., & BEZERRA, M. A. (2013). **Desenvolvimento de mudas de *Portulacaria afra* Jacq. Oriundas de diferentes explantes e irrigadas com água salina.**

- SOUZA, E. B. de. (2019). **Viabilidade do uso de água residuária na agricultura irrigada na cultura do maxixe e aplicação como tema transversal no âmbito educacional.**
- SOUZA, M. (2009). **Resumos do VI CBA e II CLAA O Potencial do Ora-pro-nobis na Diversificação da Produção Agrícola Familiar** (Vol. 4, Número 2).
- TAIZ, L., ZEIGER IAN MAX MØLLER, E., & MURPHY, A. (2017). **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal - 6ª Edição.**
- TAKEITI, C. Y., ANTONIO, G. C., MOTTA, E. M. P., COLLARES-QUEIROZ, F. P., & PARK, K. J. (2009). **Nutritive evaluation of a non-conventional leafy vegetable (*Pereskia aculeata* Miller).** *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 60(SUPPL. 1), 148–160. <https://doi.org/10.1080/09637480802534509>
- TOFANELLI, M. B. D., & RESENDE, S. G. (2011). **Sistemas De Condução Na Produção De Folhas De Ora-pro-nobis.** *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 41(3), 466–469. <https://doi.org/10.5216/pat.v41i3.12497>
- TRAVASSOS, K. D., ANTONIO, F., SOARES, L., GHEYI, H. R., DA, N., DIAS, S., & GOMES NOBRE, R. (2011). **Crescimento e produção de flores de girassol irrigado com água salobra.** Em *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada v* (Vol. 5, Número 2). <http://www.inovagri.org.br>
- VEETIL, A. V., MISHRA, A. K., & GREEN, T. R. (2022). **Explaining water security indicators using hydrologic and agricultural systems models.** *Journal of Hydrology*, 607, 127463. <https://doi.org/10.1016/J.JHYDROL.2022.127463>
- VILLANUEVA, T. C. B., LEAL, L. R. B., ZUCCHI, M. DO R., AZEVEDO, E. G. DE, & VILLANUEVA, P. R. (2015). **Diagnóstico da qualidade das águas subterrâneas e elaboração do mapa de uso e ocupação dos solos na região de Irecê-BA.** *Águas Subterrâneas*, 29(1). <https://doi.org/10.14295/ras.v29i1.27932>
- VON SPERLING, M. (2005). **Modelling of coliform removal in 186 facultative and maturation ponds around the world.** *Water Research*, 39(20), 5261–5273. <https://doi.org/10.1016/J.WATRES.2005.10.016>
- WINTER, K., & SMITH, J. A. C. (1996). *Crassulacean Acid Metabolism: Biochemistry, Ecophysiology and Evolution Edited.*

- ZAREISEDEHIZADEH, S., TAN, C. H., & KOH, H. L. (2014). **A review of botanical characteristics, traditional usage, chemical components, pharmacological activities, and safety of *Pereskia bleo* (Kunth) DC.** Em *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine* (Vol. 2014). Hindawi Publishing Corporation. <https://doi.org/10.1155/2014/326107>
- ZEM, L. M., ZUFFELLATO-RIBAS, K. C., & KOEHLER, H. S. (2016). ***Enraizamento de estacas semilenhosas de *Pereskia aculeata* nas quatro estações do ano em diferentes substratos.***