



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA  
DOUTORADO EM FITOTECNIA

KEIVIANNE DA SILVA LIMA REGES

**ÁGUAS RESIDUÁRIAS NA FERTIRRIGAÇÃO DE PORTA-ENXERTO DE  
GOIABEIRA**

MOSSORÓ

2021

KEIVIANNE DA SILVA LIMA REGES

**ÁGUAS RESIDUÁRIAS NA FERTIRRIGAÇÃO DE PORTA-ENXERTO DE  
GOIABEIRA**

Tese apresentada ao Doutorado em Fitotecnia do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutor em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Práticas Culturais

Orientador: Prof. Dr. Vander Mendonça

Coorientadores: Prof. Dr. Rafael Oliveira Batista e Prof. Dr. Francisco de Assis de Oliveira

MOSSORÓ

2021

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

R337Á Reges, Keivianne da Silva Lima .  
Águas residuárias na fertirrigação de porta-  
enxerto de goiabeira / Keivianne da Silva Lima  
Reges. - 2021.  
73 f. : il.

Orientador: Vander Mendonça.  
Coorientador: Rafael Oliveira Batista.  
Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural  
do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em  
Fitotecnia, 2021.

1. Psidium guajava L. 2. Reuso de água. 3.  
Propagação. I. Mendonça, Vander , orient. II.  
Batista, Rafael Oliveira, co-orient. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade  
com AACR2 e os dados fornecidos pelo autor(a).  
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência  
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva  
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

KEIVIANNE DA SILVA LIMA REGES


**ÁGUAS RESIDUÁRIAS NA FERTIRRIGAÇÃO DE PORTA-ENXERTO DE  
GOIABEIRA**

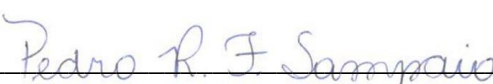
Tese apresentada ao Doutorado em Fitotecnia  
do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia  
da Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
como requisito para obtenção do título de  
Doutor em Fitotecnia.

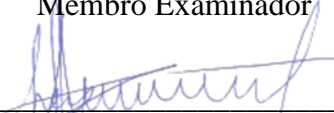
Linha de Pesquisa: Práticas Culturais

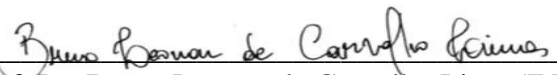
Defendida em: 29/09/2021.

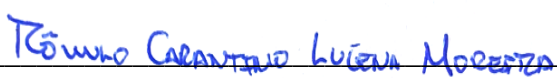
**BANCA EXAMINADORA**

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Vander Mendonça (UFERSA)  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Pedro Ramualyson Fernandes Sampaio (UFERSA)  
Membro Examinador

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Luciana Freitas de Medeiros Mendonça (UFCG)  
Membro Examinador

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Breno Leonan de Carvalho Lima (INSA)  
Membro Examinador

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Rômulo Carantino Lucena Moreira (UFCG)  
Membro Examinador

*Ao meu esposo, Álvaro Reges, e aos meus  
filhos, Akianne e Mikael, pelo amor e  
paciência ao longo desta jornada.*  
**DEDICO**

*À minha mãe, Lourdes, e às  
minhas irmãs, Keilianne e Viviane,  
pelo amor e incentivo.*  
**OFEREÇO**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que é o autor e consumidor da minha fé, me concedeu saúde, sabedoria, força e perseverança para seguir nessa jornada e realizar mais essa conquista.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido e ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela oportunidade para realizar o curso de Doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

A toda a minha família, especialmente minha mãe, Maria de Loudes, pelo apoio, sendo em muitos momentos avó e mãe dos meus filhos, pelo amor inlimitado dedicado a mim nessa batalha.

Às minhas irmãs, Keilianne e Vivianne, minhas sobrinhas, Rebecca, Manuella e Lorena, pela ajuda, carinho e atenção durante essa caminhada.

Ao meu amado esposo, Álvaro Reges, e meus queridos filhos, Akianne e Mikael, vocês são a minha base, minha fortaleza; sem o amor, compreensão e paciência de vocês, essa conquista não seria possível.

Agradeço ao meu orientador, Vander Mendonça, e aos coorientadores, Rafael Oliveira Batista e Francisco de Assis de Oliveira, pelas orientações indispensáveis em cada etapa deste trabalho e principalmente pela paciência, simplicidade e amizade.

Ao grupo de pesquisa em Fruticultura: Sidene, Elânia, Tony, Ariel, Luana, Paulo Henrique, Fgenia, Enoch, Bruna, Adailha, Seu Raimundo, Saron.

À Fgenia, pela parceria durante o período de condução do experimento na casa de vegetação, pela amizade, cumplicidade e todo o apoio, fundamentais durante o doutorado.

Agradeço às minhas vizinhas e colegas de curso Lilia e Uilma, pela amizade nos momentos bons e difíceis, principalmente os vividos durante a pandemia da Covid-19.

Agradeço ao amigo Zacarias, por possibilitar minhas vindas de Limoeiro a Mossoró, quando eu não podia arcar com os custos da viagem.

Aos membros das bancas de qualificação e defesa de tese, pelas contribuições fundamentais para a melhoria deste trabalho.

Enfim, a todos e todas que de alguma maneira contribuíram para que esse trabalho fosse concluído.

“O sucesso é a habilidade de ir de fracasso em  
fracasso sem perder o entusiasmo”.

Winston Churchill

REGES, Keivianne da Silva Lima. **Águas residuárias na fertirrigação de porta-enxerto de goiabeira**. 2021. 76f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró- RN, 2021.

## RESUMO

A escassez dos recursos hídricos, seja por fatores climáticos ou pela necessidade de um consumo constante de água, devido ao aumento populacional, tem se tornado cada dia mais crescente, principalmente para a agricultura irrigada. Como alternativa, a reutilização de águas residuárias na agricultura irrigada, seja oriunda de esgotos domésticos ou de outras atividades como a piscicultura, constitui uma alternativa que pode responder às questões atuais e futuras da gestão da água no meio agrícola. Além disso, é fonte de nutrientes como N, P, Ca, Mg, e substâncias húmicas essenciais para culturas potencialmente econômicas como a goiabeira. Adicionalmente, para garantir a expansão da goiabicultura, a utilização de porta-enxertos devidamente irrigados e nutridos é fundamental para o sucesso na implantação de pomares dessa cultura. Neste sentido, investigamos a viabilização de água residuária cinza e efluente da aquicultura, bem como suas diluições via fertirrigação de porta-enxerto de goiabeira cv. Paluma no semiárido potiguar. Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados no esquema fatorial 2 x 5, sendo duas fontes hídricas para fertirrigação (água cinza e efluente da aquicultura) e cinco diluições das águas residuárias (AR) em água de poço (AP) (D1- 100% de AP; D2 - 75% de AP + 25% de AR; D3 - 50% de AP + 50% de AR; D4 - 25% de AP + 75% de AR e D5 - 100% de AR), totalizando dez tratamentos com quatro repetições, sendo cada unidade experimental composta por quatro plantas. Aos 140 dias após a semeadura (DAS), os porta-enxertos foram avaliados quanto ao crescimento, fitomassa, qualidade de porta-enxerto, trocas gasosas, fluorescência da clorofila e teores nutricionais nas folhas e raízes. Ambas as águas residuárias se mostram viáveis para fins de fertirrigação de porta-enxertos de goiabeira cv. Paluma. O efluente da aquicultura, na diluição de 50% em AP promove incrementos no crescimento, fitomassa e índice de qualidade de Dickson. Na fertirrigação com água cinza nas diluições de 50% e 75% em AP apresenta incrementos no crescimento, fitomassa e trocas gasosas. A fluorescência da clorofila não é influenciada pelas águas residuárias. Tanto a água cinza quanto o efluente da aquicultura incrementam os teores de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e B nos porta-enxertos, mas não suprem as necessidades de N e  $\text{K}^+$ .

**Palavras-chave:** *Psidium guajava* L. Propagação. Reuso. Água cinza. Efluente da aquicultura.



Reges, Keivianne da Silva Lima. **Wastewater in the fertigation of guava rootstocks**. 2021. 76p. Thesis (Doctorate in Phytotechnics) – Federal Rural University of the Semi-Árido, Mossoró-RN, 2021.

### **ABSTRACT**

The scarcity of water resources, whether due to climatic factors or the need for a constant consumption of water, due to the increase in population, has become more and more increasing, especially for irrigated agriculture. As an alternative, the reuse of wastewater in irrigated agriculture, whether from domestic sewage or other activities such as fish farming, constitutes an alternative that can respond to current and future issues of water management in the agricultural environment. In addition, it is a source of nutrients like N, P, Ca, Mg, and humic substances that are essential for potentially economical crops like guava. Additionally, to guarantee the expansion of guava culture, the use of properly irrigated and nourished rootstocks is essential for the success of the implantation of guava orchards. In this sense, we investigated the feasibility of gray wastewater and aquaculture effluent, as well as their dilutions via fertigation of guava rootstock cv. Paluma in the semi-arid potiguar region. A randomized block design in a 2 x 5 factorial scheme was used, with two water sources for fertigation (grey water and aquaculture effluent) and five dilutions of wastewater (AR) in well water (AP) (D1-100% of AP; D2 - 75% AP + 25% AR; D3 - 50% AP + 50% AR; D4 - 25% AP + 75% AR and D5 - 100% AR), totaling ten treatments with four replications, each experimental unit being composed of four plants. At 140 days after sowing (DAS) the rootstocks were evaluated for growth, phytomass, rootstock quality, gas exchange, chlorophyll fluorescence and nutrient contents in leaves and roots. Both wastewaters are viable for fertigation purposes of guava rootstock cv. Paluma. Aquaculture effluent, at a 50% dilution in AP, promotes increases in growth, phytomass and Dickson's quality index. In fertigation with gray water in the dilutions of 50% and 75% in AP, it presents increases in growth, phytomass and gas exchange. Chlorophyll fluorescence is not influenced by wastewater. Both gray water and aquaculture effluent increase the Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> and B contents in the rootstocks, but do not supply the N and K<sup>+</sup> requirements.

**Keywords:** Water shortage. Reuse. Rootstock. Grey water. Aquaculture effluent.

## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo I

- Figura 1 – Médias e teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) para o índice de qualidade de Dickson, IQD (A) e relação altura e diâmetro do caule, ALT/DC (B) de porta-enxertos de goiabeira fertirrigado com diluições de efluente da aquicultura (EA) e água cinza (AC) aos 140 dias de produção de porta-enxerto.....38

## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo II

- Figura 1 – Médias e teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) para condutância estomática (gs, A), taxa de assimilação líquida ( $A_N$ , B) e eficiência de carboxilação ( $A_N/C_i$ , C) de porta-enxerto de goiabeira fertirrigado com diluições de efluente da aquicultura (EA) e água cinza (AC) aos 140 dias de produção.....55
- Figura 2 – Médias e teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) para teores de cálcio (A), ferro (B) e boro (C) nas folhas de porta-enxerto de goiabeira fertirrigado com diluições de efluente da aquicultura (EA) e água cinza (AC) aos 140 dias de produção.....62
- Figura 3 – Médias e teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) para teores de nitrogênio (A), fósforo (B), magnésio (C), ferro (D) e sódio (E) da raiz de porta-enxerto de goiabeira fertirrigado com diluições de efluente da aquicultura (EA) e água cinza (AC) aos 140 dias de produção.....65

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo I

- Tabela 1 – Características químicas do substrato antes e após o experimento.....25
- Tabela 2 – Características químicas da água de poço (AP) e das diluições das águas residuárias (AR) utilizadas no experimento.....26
- Tabela 3 – Resumo da análise de variância para as variáveis altura de plantas (ALT), número de folhas (NF), diâmetro do caule (DC), taxa de crescimento absoluto em altura de plantas (TCAALT), taxa de crescimento absoluto do diâmetro do caule (TCADC), área foliar (AF), comprimento da raiz (CR) e volume da raiz (VR) de porta-enxerto de goiabeira fertirrigado com diluições de efluente da aquicultura (EA) e água cinza (AC) aos 140 dias de produção de porta-enxertos..... 28
- Tabela 4 – Valores médios para altura de planta (ALT), diâmetro do caule (DC), taxa de crescimento absoluto em altura de plantas (TCAALT), taxa de crescimento absoluto do diâmetro do caule (TCADC) e número de folhas (NF) de porta-enxerto de goiabeira fertirrigado com diluições de efluente da aquicultura (EA) e água cinza (AC) aos 140 dias de produção de porta-enxertos.....29
- Tabela 5 – Valores médios para área foliar (AF), comprimento de raiz (CR) e volume de raízes (VR) de porta-enxerto de goiabeira fertirrigado com diluições de efluente da aquicultura (EA) e água cinza (AC) aos 140 dias de produção de porta-enxertos.....32
- Tabela 6 – Resumo da análise de variância para as variáveis relação altura/diâmetro do caule (AL/DC), fitomassa seca de folhas (FSF), fitomassa seca do caule (FSC), fitomassa seca da parte aérea (FSPA), fitomassa seca da raiz (FSR), fitomassa seca total (FST) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de porta-enxerto de goiabeira fertirrigados com diluições de efluente da aquicultura (EA) e água cinza (AC) aos 140 dias de produção de porta-enxertos.....34
- Tabela 7 – Valores médios para fitomassa seca de folhas (FSF), fitomassa seca do caule (FSC), fitomassa seca da parte aérea (FSPA) fitomassa seca da raiz (FSR) e fitomassa seca total (FST) de porta-enxerto de goiabeira fertirrigados com diluições de efluente da aquicultura (EA) e água cinza (AC) aos 140 dias de produção de porta-enxertos.....35

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo II

- Tabela 1 – Características químicas da água de poço (AP) e das diluições das águas residuárias (AR) utilizadas no experimento.....51
- Tabela 2 – Características químicas do substrato antes e após o experimento.....52
- Tabela 3 – Resumo da análise da variância para concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci), transpiração (E), condutância estomática (gs), taxa de assimilação líquida (A<sub>N</sub>), eficiência instantânea do uso da água (EiUA), eficiência de carboxilação (A<sub>N</sub>/Ci) e temperatura foliar (TL) de porta-enxerto de goiabeira fertirrigados com diluições de efluente da aquicultura (EA) e água cinza (AC) aos 140 dias de produção de porta-enxerto.....54
- Tabela 4 – Teste de médias para concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci), transpiração (E), eficiência instantânea do uso da água (EiUA) e temperatura foliar (TL) de porta-enxerto de goiabeira fertirrigado com diluições de efluente da aquicultura (EA) e água cinza (AC) aos 140 dias de produção de porta-enxerto.....56
- Tabela 5 – Resumo da análise de variância para as variáveis fluorescência inicial (FO), fluorescência máxima (FM), fluorescência variável (FV) e máxima eficiência quântica do fotossistema II (FV/FM) de porta-enxerto de goiabeira fertirrigados com diluições de efluente da aquicultura (EA) e água cinza (AC) aos 140 dias de produção de porta-enxerto.....57
- Tabela 6 – Resumo da análise de variância para os teores de macronutrientes, nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), de micronutrientes, ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), boro (B) e de sódio (Na) das folhas de porta-enxerto de goiabeira fertirrigado com diluições de efluente da aquicultura (EA) e água cinza (AC) aos 140 dias de produção de porta-enxerto..... 59
- Tabela 7 – Valores médios para teores de macronutrientes, nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), magnésio (Mg), manganês (Mn) e zinco (Zn) e de Sódio (Na) das folhas de porta-enxerto de goiabeira fertirrigados com diluições de efluente da aquicultura (EA) e água cinza (AC) aos 140 dias de produção de

	porta-enxerto.....	59
Tabela 8	– Resumo da análise de variância para os teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) boro (B) e Sódio (Na) nas raízes de porta-enxerto de goiabeira fertirrigados com diluições efluente da aquicultura (EA) e água cinza (AC) aos 140 dias de produção de porta-enxerto.....	63

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>16</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>18</b>
<b>CAPÍTULO I - QUALIDADE DE PORTA-ENXERTO DE GOIABEIRA CV. PALUMA FERTIRRIGADO COM DILUIÇÕES DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS.....</b>	<b>21</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>21</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>22</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>23</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>24</b>
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	24
2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	24
2.3 CONDIÇÕES DE CULTIVO.....	24
2.4 CARACTERÍSTICAS AVALIADAS.....	26
2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	28
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>28</b>
3.1 CRESCIMENTO.....	28
3.2 ACÚMULO DE FITOMASSA .....	34
3.3 QUALIDADE DE PORTA-ENXERTOS.....	37
<b>4 CONCLUSÃO.....</b>	<b>39</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>40</b>
<b>CAPÍTULO II - RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E NUTRICIONAIS DE PORTA-ENXERTO DE GOIABEIRA VC. PALUMA FERTIRRIGADOS COM DILUIÇÕES DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS .....</b>	<b>47</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>47</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>48</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>49</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>50</b>
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	50

2.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL .....	50
2.3	CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS .....	50
2.4	CONDIÇÕES DE CULTIVO .....	51
2.5	CARACTERES FISIOLÓGICOS .....	52
2.6	STATUS NUTRICIONAL .....	53
2.7	ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	53
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>54</b>
3.1	TROCAS GASOSAS.....	54
3.2	FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA.....	57
3.3	TEOR NUTRICIONAL FOLIAR.....	58
3.4	NUTRIENTES NAS RAÍZES.....	63
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>67</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>68</b>



## INTRODUÇÃO GERAL

A escassez de água é um problema recorrente em todo o mundo, especialmente em regiões áridas e semiáridas, onde a evapotranspiração excede a precipitação na maior parte do ano. Além disso, o crescimento populacional e a mudança nos padrões de consumo estão aumentando a demanda global pela produção agrícola e, com ela, pela água para irrigação, sendo a agricultura a atividade econômica com maior demanda de água doce, estando responsável por 70% do consumo da água disponível, principalmente na irrigação (ONU, 2016).

A baixa disponibilidade hídrica, associada à alta demanda por água nos cultivos agrícolas, torna necessário o uso de água de qualidade inferior, exigindo a utilização de águas residuárias, cada vez mais consideradas como uma fonte alternativa viável de água de irrigação (SALGOT E FOLCH, 2018). Além de mitigar a escassez de água, o reuso preserva o meio ambiente, pois conserva a água contida no efluente e reduz a poluição das águas superficiais e subterrâneas pelo descarte inadequado no solo ou em corpos hídricos, que podem causar eutrofização de águas, além de possível adição de metais, que contaminam o sistema aquático e a cadeia alimentar ao se bioacumularem nos organismos (BARRETO et al., 2013).

Os resíduos orgânicos presentes nas águas residuárias são excelentes fontes de nutrientes, amparado por legislação (Resolução COEMA Nº 2/2017; Resolução CONSEMA Nº 419 DE 13/02/2020; Resolução Nº 121 MMA/CNRH, dentre outras) estabelecendo diretrizes e critérios para a prática de reuso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal, contribuindo para o aumento da área cultivada e da produtividade das culturas, além de promover melhoria da qualidade física, química e biológica do solo (DORNELLES et al., 2017).

Dentre as fontes de água residuárias existentes, duas têm se destacado pela facilidade de obtenção e pelo volume produzidos: a água cinza – que corresponde às águas residuais domésticas derivadas do chuveiro, máquina de lavar, lavadora de louças e água da pia da cozinha (ALLEN et al., 2010), e as águas residuárias da aquicultura, que consistem num efluente gerado com frequência, pela troca de parte da água dos viveiros da piscicultura e carcinicultura, para melhorar a qualidade da água (LEITE et al., 2017).

Essas águas apresentam aptidão para uso agrícola na irrigação, podendo ser utilizadas na produção de mudas de espécies potencialmente econômicas, como a goiabeira, podendo diminuir, portanto, os custos na produção de porta-enxertos, bem como propiciar a nutrição e

melhorias nos aspectos fisiológicos e a formação de mudas com elevado potencial no pomar definitivo.

A goiabeira (*Psidium guajava* L.) apresenta excelentes condições para exploração em escala comercial, em virtude de seus frutos serem muito apreciados pelas suas características nutricionais e organolépticas, podendo ser consumidos *in natura* e na fabricação de diversos produtos industrializados (POMMER et al., 2013).

Na exploração econômica da goiabeira, a produção de mudas é uma das principais etapas, pois tem influência na obtenção de plantas precoces, saudáveis e com alto potencial produtivo (ABRANTES et al., 2017). Dentre as técnicas de propagação, a enxertia tem relevante importância nesta cultura, pela obtenção de mudas com sistema radicular menos susceptível a doenças radiculares, consiste em se juntar partes de duas ou mais plantas, para constituir uma única e nova planta. Estas partes são o porta-enxerto que vai fornecer o sistema radicular, servindo de base para sustentação da planta e absorção de água e nutrientes do solo e o enxerto que constituirá a copa da planta (MANICA, 2000).

À luz da crescente relevância da irrigação com águas residuárias para a agricultura, alguns estudos examinaram os efeitos de águas residuárias no crescimento de plantas frutíferas. Estudos com mudas de mamoeiro (BEZERRA et al., 2019; OLIVEIRA et al., 2020), meloeiro (MEDEIROS et al., 2010; COSTA et al., 2014), maracujazeiro (ALMEIDA et al., 2012; LIMA et al., 2019) e cajueiro (COSTA et al., 2012).

Além do crescimento, estudos recentes mostram o efeito benéfico da utilização de águas residuárias na fisiologia e nutrição de espécies de plantas, como observado em algodoeiro (LIMA et al., 2018), milho (REIS et al., 2019) e nectarina (PERULLI et al., 2019), mostrando a multiplicidade de estudos que analisam os efeitos de águas residuárias em diferentes culturas.

Diante disso, esta investigação busca avaliar o uso e os efeitos de água cinza e efluente da aquicultura e suas diluições (em proporções) na produção de porta-enxertos de goiabeira cv. Paluma no semiárido potiguar.

## REFERÊNCIAS

- ABRANTES, D. S.; NOBRE, R. G.; SOUZA, L.; GOMES, E. M.; SOUZA, A.; SOUSA, F. Produção de mudas enxertadas de goiabeira irrigadas com águas salinizadas sob adubação nitrogenada. **Revista Espacios**, v. 38, n. 31, p. 6, 2017. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a17v38n31/a17v38n31p06.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2021.
- ALLEN, L.; CHRISTIAN-SMITH, J.; PALANIAPPAN, M. Visão geral da reutilização de águas cinzas: o potencial dos sistemas de águas cinzas para auxiliar na gestão sustentável da água. **Pacific Institute**, v. 654, n. 1, p. 19-21, 2010.
- ALMEIDA, J. P. N.; COSTA, L. R.; SAMPAIO, P. R. F.; AZEVEDO, J.; DIAS, N. S. Utilização de esgoto doméstico tratado na produção de mudas de maracujazeiro amarelo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 4, p. 69-75, 14 de novembro de 2012. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/1356>. Acesso em: 15 mar. 2021.
- BARRETO, L. V.; BARROS, F. M.; BONOMO, P.; ROCHA, F. A.; AMORIM, J. S. Eutrofização em rios brasileiros. **Enciclopédia biosfera**, v. 9, n. 16, p. 2165-2179, 2013. Disponível em: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/3521>. Acesso em: 17 mar. 2021.
- BEZERRA, D. E. L.; LIMA FILHO, P.; JÚNIOR, E. B. P.; AZEVEDO, P. R. L.; SILVA, E. A. Reutilização de água na irrigação de mudas de mamoeiro no semiárido brasileiro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 14, n. 1, p. 5-11, 1º de janeiro de 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.18378/rvads.v14i1.5942>. Acesso em: 16 mar. 2021.
- COSTA, F. G. B.; OLIVEIRA, A. D. F. M.; DE CARVALHO, M. A. B.; FERNANDES, M. B.; BATISTA, R. O. Desenvolvimento inicial de cultivares de melão fertirrigadas com distintas proporções de esgoto doméstico em Mossoró-RN. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 2, p. 116-123, abril-junho, 2014. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=237131344012>. Acesso em: 16 mar. 2021.
- COSTA, L. R.; GURGEL, M. T.; ALVES, S. M. C.; MOTA, A. F.; AZEVEDO, J.; ALMEIDA, J. P. N. Crescimento de mudas de cajueiro anão precoce irrigado com efluente doméstico tratado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal Of**

**Agricultural Sciences**, [s.l.], v. 7, n. 3, p. 421-426, 1º nov. 2012. Revista Brasileira de Ciências Agrárias. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v7i3a1562>. Acesso em: 20 mar. 2021.

DORNELLES, H. S.; MATSUOKA, M.; BINELO, L. A.; PAUVELS, L. A.; CARON, C. M.; SILVA, V. R. Biomassa e atividade microbiana de solos com aplicação de resíduo sólido urbano e dejetos líquidos de suínos. **Brazilian Journal of Environmental Sciences** (Online), n. 44, p. 18-26, 1º set. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.5327/Z2176-947820170046>. Acesso em: 20 mar. 2021.

LEITE, T. S.; FREITAS, R. M. O.; NOGUEIRA, N. W.; LEITE, M. S.; PINTO, J. R. S. Uso de efluente salino da aquicultura para produção de mudas de *Enterolobium contortisiliquum*. **Ciência Ambiental e Pesquisa de Poluição**, v. 24, n. 23, p. 19306-19312, Agosto de 2017. Disponível em: [10.1007/s11356-017-9577-1](https://doi.org/10.1007/s11356-017-9577-1). Acesso em: 25 mar. 2021.

LIMA, B. L. C.; SILVA, Ê. F. F.; SANTOS, H. R.; SOUZA, E. R. Adubação potássica e irrigação com esgoto tratado nas trocas gasosas do algodoeiro colorido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 11, p. 741-746, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n11p741-746>. Acesso em: 25 mar. 2021.

LIMA, F. V. S.; CASIMIRO, D. E.; PEREIRA JUNIOR, E. B.; SILVA, P.; CASSIMIRO, C. A. L. Análise morfológica de mudas de maracujazeiro irrigadas com diferentes tipos de água. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 13, n. 2, p. 01-06, 2019. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RBGA/article/view/6126>. Acesso em: 25 mar. 2021.

MANICA, I. Propagação. In: MANICA, I.; ICUMA, I. M.; JUNQUEIRA, N. T. V.; SALVADOR, J. O.; MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. (org.). **Fruticultura tropical-6: goiaba**. Porto Alegre: Cinco Continentes. 2000. p. 85-111.

MEDEIROS, D. C.; MARQUES, L. F.; DANTAS, M. R. D. S.; MOREIRA, J. N.; AZEVEDO, C. M. D. S. B. Produção de mudas de meloeiro com efluente de piscicultura em diferentes tipos de substratos e bandejas. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 5, n. 2, p. 65-71, 2010. Disponível em: [https://orgprints.org/id/eprint/24504/1/Medeiros\\_Produ%C3%A7%C3%A3o.pdf](https://orgprints.org/id/eprint/24504/1/Medeiros_Produ%C3%A7%C3%A3o.pdf). Acesso em: 18 mar. 2021.

OLIVEIRA, H. A. D.; BATISTA, R. O.; SÁ, F. V. D. S.; DIAS, N. D. S.; FERREIRA, A. K. D. C. Growth and mineral composition of papaya and passion fruit seedlings irrigated with gray water. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 4, p. 1037-1048, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21252020v33n419rc>. Acesso em: 21 mar. 2021.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). (2016) Água. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/acao/agua/>. Acesso em: 27 abr. 2020.

PERULLI, G. D.; BRESILLA, K.; MANFRINI, L.; BOINI, A.; SORRENTI, G.; GRAPPADELLI, L. C.; MORANDI, B. Beneficial effect of secondary treated wastewater irrigation on nectarine tree physiology. **Agricultural water management**, v. 221, p. 120-130, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.03.007>. Acesso em: 11 mar. 2021.

POMMER, C. V., OLIVEIRA, O. F., SANTOS, C. A. F. **Goiaba**: recursos genéticos e melhoramento. Mossoró: EDUFERSA, 2013.

REIS, M. M.; SILVA, A. J.; SANTOS, L. D. T.; LOPES, É. M. G.; BARROS, R. E.; DONATO, L. M. S. Millet irrigation with treated wastewater: Gas exchange response and nutrient accumulation. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 43, e023519, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1413-7054201943023519>. Acesso em: 10 mar. 2021.

SALGOT, M.; FOLCH, M. Tratamento de efluentes e reaproveitamento de água. **Current Opinion in Environmental Science & Health**, v. 2, p. 64-74, 2018. Disponível em: [10.1016/j.coesh.2018.03.005](https://doi.org/10.1016/j.coesh.2018.03.005). Acesso em: 10 mar. 2021.

## CAPÍTULO I

### QUALIDADE DE PORTA-ENXERTO DE GOIABEIRA CV. PALUMA FERTIRRIGADO COM DILUIÇÕES DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS

#### RESUMO

A goiabeira possui fácil adaptação às diferentes condições edafoclimáticas, constituindo uma cultura com viabilidade socioeconômica no agronegócio do Nordeste brasileiro. Contudo, a região semiárida possui um déficit hídrico acentuado e o reuso de água se destaca como potencial alternativa para a fertirrigação e produção de mudas com melhor qualidade para pomar definitivo de espécies frutíferas potencialmente econômicas, como a goiabeira. Portanto, objetivou-se avaliar o efeito de diluições de águas residuárias em água de poço no crescimento e qualidade de porta-enxertos de goiabeira cv. Paluma. Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados no esquema fatorial 2 x 5, sendo duas fontes hídricas para fertirrigação (água cinza e efluente da aquicultura) e cinco diluições das águas residuárias (AR) em água de poço (AP) (D1- 100% de AP; D2 - 75% de AP + 25% de AR; D3 - 50% de AP + 50% de AR; D4 - 25% de AP + 75% de AR e D5 - 100% de AR), totalizando 10 tratamentos com quatro repetições, sendo cada unidade experimental composta por quatro plantas. Aos 140 dias após a semeadura, os porta-enxertos foram avaliados quanto ao crescimento, acúmulo de fitomassa e índices de qualidade de porta-enxertos. Ambas as águas residuárias se mostraram viáveis para fins de fertirrigação de porta-enxertos de goiabeira cv. Paluma. O efluente da aquicultura, na diluição de 50% em AP, promoveu maiores incrementos no crescimento, fitomassa e índice de qualidade de Dickson. Entretanto, na água cinza, os mesmos incrementos foram obtidos com diluições de até 75% de AR (D2, D3 e D4).

**Palavras-chave:** *Psidium guajava* L., propagação, irrigação, reuso de água.

## QUALITY OF GUAVA GRAFT HOLDER CV. PALUMA FERTIRRIGED WITH DILUTIONS OF WASTEWATER

### ABSTRACT

The guava tree has an easy adaptation to different edaphoclimatic conditions, constituting a crop with socioeconomic viability in the agribusiness of Northeastern Brazil. However, the semiarid region has an accentuated water deficit and water reuse stands out as a potential alternative for fertigation and production of seedlings with better quality for permanent orchards of potentially economical fruit species such as guava. Thus, the objective of this research was to evaluate the effect of dilutions of wastewater in well water on the growth and quality of guava rootstocks cv. Paluma. A randomized block design in a 2 x 5 factorial scheme was used, with two water sources for fertigation (grey water and aquaculture effluent) and five dilutions of wastewater (AR) in well water (AP) (D1-100% of AP; D2 - 75% AP + 25% AR; D3 - 50% AP + 50% AR; D4 - 25% AP + 75% AR and D5 - 100% AR), totaling 10 treatments with four replications, each experimental unit being composed of four plants. At 140 days after sowing, the rootstocks were evaluated for growth, phytomass accumulation and rootstock quality indexes. Both wastewaters proved to be viable for fertigation purposes of guava rootstock cv. Paluma. Aquaculture effluent, when diluted by 50% in AP, promoted greater increases in growth, phytomass and Dickson's quality index. However, in grey water, the same increments were obtained with dilutions of up to 75% of AR (D2, D3 and D4).

**Keywords:** *Psidium guajava* L., propagation, irrigation, water reuse.

## 1 INTRODUÇÃO

A goiabeira (*Psidium guajava* L.) é a 11<sup>a</sup> fruteira de maior importância econômica no Brasil, com valor de produção superior a 925 milhões de reais, em 2019, com uma área produzida de 22,6 mil hectares (IBGE, 2021). Está entre as frutíferas de maior valor econômico para o nordeste, sendo amplamente cultivada em áreas irrigadas no semiárido (CAVALCANTE et al., 2010).

Na região semiárida ocorre um déficit hídrico causado pela diminuição da frequência de precipitação provocada pelas condições climáticas. Assim, a formação de mudas e o cultivo da goiabeira sob irrigação nessa região estão na dependência do uso de técnicas que viabilizem a obtenção e o manejo da água (BEZERRA et al., 2019).

Nos últimos anos, o reuso de água tem emergido como alternativa potencial para várias finalidades, inclusive como suporte ao manejo tradicional da irrigação. São vários os benefícios agregados na prática de reuso da água para fins de irrigação, incluindo a recarga do lençol freático e a ciclagem de nutrientes ao solo, desde que sejam respeitados os limites ambientais de aplicação para manutenção dos níveis de qualidade do solo e cursos d'água (BARROS et al., 2020).

O reaproveitamento de água residuária cinza (efluente de esgoto doméstico) no setor agrícola é praticado em muitos países; diversos pesquisadores constataram efeito estimulador no crescimento vegetativo e no fornecimento de nutrientes ao solo que refletem no crescimento ao potencializar o alongamento e divisão celular em diferentes espécies arbóreas (HASSAN et al., 2002; SINGH; BHATI, 2005; ALI et al., 2010).

A aquicultura da região semiárida do nordeste é representada, essencialmente, pela piscicultura e carcinicultura, e dentro dos sistemas de criação de peixes parte da água contida em viveiros é trocada com frequência para melhorar sua qualidade, gerando um efluente rico em nutrientes e sólidos suspensos, o uso e a viabilidade de águas residuárias da aquicultura foram constatados por alguns autores sobre o crescimento inicial de mudas (GIRRA et al., 2020; ÁLVAREZ-GARCÍA., et al 2019; LEITE et al., 2017; ALMEIDA et al., 2017; PINTO et al., 2016).

No cenário atual de escassez hídrica, faz-se necessário realizar investigações que possam transformar esse potencial de reuso em escala real, selecionando as culturas e as práticas de manejo que maximizem o benefício. Nesse contexto, objetivou-se avaliar o efeito de diluições de água cinza e efluente da aquicultura no crescimento e qualidade de porta-enxertos de goiabeira cv. Paluma.



## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido no período de fevereiro a julho de 2019, em casa de vegetação, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, RN (5° 11' S, 37° 20' O e altitude média de 18 m). Conforme a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo BSh, apresentando temperatura média do ar de 26,5°C e precipitação pluviométrica anual média de 794 mm (ÁLVARES et al., 2013).

A estrutura da casa de vegetação é de aço galvanizado e as paredes laterais e frontais são confeccionadas com malha tipo sombrite (50% de sombreamento). A cobertura é na forma de arco tipo túnel, medindo 7,0 m de largura e 18,0 m de comprimento e pé direito de 3,0 m, coberta com manta de polietileno de baixa densidade, transparente, com 0,15 mm de espessura.

### 2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados (DBC), conduzido no esquema fatorial 2 x 5, sendo duas fontes hídricas de reuso para fertirrigação (água cinza e efluente da aquicultura) e cinco diluições das águas residuárias (AR) em água de poço (AP) (D1- 100% de AP; D2 – 75% de AP + 25% de AR; D3 – 50% de AP + 50% de AR; D4 - 25% de AP + 75% de AR e D5 – 100% de AR), conforme também estudado por esses autores (COSTA et al., 2012; LEITE et al., 2017), totalizando 10 tratamentos com quatro repetições, sendo cada unidade experimental composta por quatro plantas.

### 2.3 CONDIÇÕES DE CULTIVO

Foi utilizada a cv. de goiabeira Paluma, por se tratar de um genótipo vigoroso, de fácil propagação e por ser uma das mais cultivadas na região Nordeste do Brasil (MENDONÇA, 2011). Para a extração das sementes, de frutos adquiridos no mercado local, foi adotado o procedimento de lavagem em água corrente para a retirada de resíduos de polpa, e em seguida, postas para secar à sombra sobre folhas de papel.

O substrato utilizado foi preparado utilizando uma mistura de solo e esterco de curral curtido na proporção de 3:1 (v/v). Após a mistura e homogeneização do substrato, retirou-se uma amostra para análise química realizada no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas da UFERSA. O mesmo procedimento foi realizado após o experimento, sendo avaliadas as

características físicas e químicas, seguindo metodologia de Teixeira et al. (2017), cujas características são apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Características químicas do substrato antes e após o experimento.

<b>Substrato antes do experimento</b>														
%	pH	CE	M.O.	N	P	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SB	t	CTC	V	PST
	(água)	dS/m	---g/kg---			-----mg/dm <sup>3</sup> -----						-----cmolc/dm <sup>3</sup> -----		%
	8,40	0,21	18,43	-	34,5	211,7	251,6	6,6	1,10	9,34	9,34	9,34	100	12
<b>Substrato após o experimento</b>														
<b>Irrigado com água de poço</b>														
<b>0</b>	8,21	0,28	27,00	1,54	368,4	233,1	296,3	7,0	1,06	10,01	10,0	10,01	100	13
<b>Fertirrigado com água cinza</b>														
<b>25</b>	8,10	0,34	39,20	1,75	188,8	322,1	207,6	6,4	1,88	10,03	10,0	10,03	100	9
<b>50</b>	8,30	0,24	25,26	1,19	231,1	233,1	316,0	6,2	2,32	10,57	10,5	10,57	100	13
<b>75</b>	8,14	0,30	24,83	1,54	170,2	213,3	325,9	5,5	1,63	9,09	9,09	9,09	100	16
<b>100</b>	8,21	0,29	45,73	1,26	155,5	252,9	345,6	6,3	2,05	10,50	10,5	10,50	100	14
<b>Fertirrigado com efluente da aquicultura</b>														
<b>25</b>	7,83	0,55	26,13	2,31	358,8	213,3	414,6	7,5	2,40	12,34	12,3	12,34	10	15
<b>50</b>	7,80	0,54	37,46	2,17	231,8	193,5	394,9	6,7	2,42	11,33	11,3	11,33	10	15
<b>75</b>	7,64	1,06	45,73	1,75	491,5	183,7	463,9	7,5	2,24	12,29	12,2	12,29	10	16
<b>100</b>	7,70	0,98	27,87	2,03	34,5	211,7	251,6	6,6	1,10	9,34	9,34	9,34	10	12

Al<sup>3+</sup> e (H + Al) = 0; P, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>: extrator Mehlich 1; Al<sup>3+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>: extrator KCl 1,0 mol L<sup>-1</sup>; M.O.: Digestão Úmida WalkleyBlack; SB - Soma de bases; CE - Condutividade elétrica; CTC - Capacidade de troca de cátions total; PST - Percentagem de sódio trocável.

A semeadura foi realizada em recipientes plásticos de polietileno de cor preta (15 x 30 cm), colocando-se três sementes por recipiente, com 1,5 cm de profundidade; após a emergência, realizou-se desbaste de modo a permanecer apenas uma plântula em cada recipiente.

A água de poço foi proveniente da rede hidráulica do campus da UFERSA, cujo poço tubular profundo possui vazão contínua de 30m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>(LUNARDI et al., 2013); a água cinza foi coletada de uma estação de tratamento, dotada de tanque séptico e filtro anaeróbico de fluxo ascendente, localizada no Centro de Multiplicação de Animais Silvestres (CEMAS) da UFERSA; o efluente da aquicultura foi coletado no setor de Aquicultura da UFERSA, proveniente de tanques experimentais de alvenaria, para descarte das águas da piscicultura e carcinicultura.

Após a coleta, as águas residuárias foram armazenados em caixas d'água com capacidade para 300 L, para posteriores diluições conforme os tratamentos (COSTA et al., 2014; LEITE et al., 2017). As águas foram acondicionadas em recipientes previamente identificados, com capacidade para 20 L.

Até os 50 dias após a semeadura (DAS), as fertirrigações foram realizadas utilizando

apenas água de poço da UFERSA para garantir a emergência o estabelecimento e a uniformização dos porta-enxertos. A partir dessa época, iniciou-se a aplicação dos tratamentos com as diluições.

As características químicas das águas e tratamentos utilizados durante o experimento, apresentadas na Tabela 2, foram analisadas no laboratório de Análise de Solo, Água e Planta (LASAP) na UFERSA.

**Tabela 2.** Características químicas da água de poço (AP), das águas residuárias (AR) e das diluições utilizadas no experimento.

Diluições %	pH (água)	CE dS/m	K <sup>+</sup> "-----"	Na <sup>+</sup> "-----"	Ca <sup>2+</sup> mmolc/L	Mg <sup>2+</sup> mmolc/L	Cl <sup>-</sup> "-----"	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> "-----"	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> "-----"	RAS	Dureza mg/L	Cátions "--- mmolc/L ---"	ânions "--- mmolc/L ---"
<b>Água de poço</b>													
<b>100AP</b>	8,11	0,55	0,25	4,11	0,64	0,35	2,00	0,60	2,70	5,8	49,5	5,4	5,3
<b>Água cinza</b>													
<b>75AP+25AR</b>	7,70	0,66	0,33	4,54	1,25	0,51	3,80	0,20	3,50	4,8	88	6,6	7,5
<b>50AP+50AR</b>	7,58	0,82	0,43	5,83	1,52	0,61	4,20	0,00	4,80	5,6	106,5	8,4	9,0
<b>25AP+75AR</b>	7,46	0,96	0,53	6,90	2,16	0,45	4,80	0,00	5,90	6,0	130,5	10,0	10,7
<b>100AR</b>	7,38	1,18	0,61	7,72	2,60	0,92	4,80	0,00	6,80	5,8	176	11,8	11,6
<b>Efluente da aquicultura</b>													
<b>75AP+25AR</b>	7,97	1,72	0,38	7,97	4,22	5,54	9,00	0,80	2,90	3,6	488	18,1	12,7
<b>50AP+50AR</b>	8,11	2,52	0,53	12,86	9,26	9,66	15,60	0,70	3,70	4,2	946	32,3	20,0
<b>25AP+75AR</b>	8,09	3,74	0,76	17,41	13,91	13,32	21,80	0,90	3,50	4,7	1361,5	45,4	26,2
<b>100AR</b>	8,05	4,46	0,91	21,87	15,79	20,94	27,60	0,60	4,20	5,1	1836,5	59,5	32,4

CE - Condutividade elétrica; RAS - Razão de Adsorção de Sódio.

A quantidade de água aplicada para cada tratamento foi determinada utilizando-se o método da pesagem; o cálculo do volume de água a ser adicionada ao solo foi feito utilizando-se a média de três recipientes plásticos de polietileno por tratamento, previamente identificados.

#### 2.4 CARACTERÍSTICAS AVALIADAS

Os porta-enxertos foram avaliados aos 80 e 140 DAS, quanto às seguintes variáveis:

Altura da parte aérea (ALT, cm), medida com o auxílio de régua graduada em centímetros, partindo-se do colo da planta até a gema apical;

Diâmetro do colo (DC, mm), mensurado com paquímetro digital com precisão de 0,01 mm, medindo na altura de 1 cm acima da superfície do solo;

Número de folhas (NF, unid.), determinado por contagem manual das folhas que se apresentaram totalmente expandidas.

A área foliar (AF, cm<sup>2</sup>) foi determinada a partir de medidas lineares do limbo foliar, medindo-se o comprimento, ao longo da nervura principal e a largura máxima, perpendicular à nervura principal, empregando-se também a Equação 1, para folhas de goiabeira (ZUCOLOTO et al., 2006).

$$AF = 1,2312 + 0,7829 C * L \quad Eq (1)$$

Em que:

AF - Área foliar, cm<sup>2</sup>;

C - Comprimento ao longo da nervura principal da folha, cm;

L- Largura máxima da folha, cm.

A Taxa de Crescimento Absoluto, em altura (TCAA, cm.dia<sup>-1</sup>), foi obtida empregando-se a metodologia proposta por Benincasa (2003), conforme descrito na equação 2.

$$TCA = \frac{A_2 - A_1}{t_2 - t_1} \quad Eq (2)$$

Em que:

TCA - Taxa de crescimento absoluto, cm dia<sup>-1</sup>;

A<sub>2</sub> - Crescimento da planta no tempo t<sub>2</sub> (140 DAS), cm;

A<sub>1</sub> - Crescimento da planta no tempo t<sub>1</sub> (80 DAS), cm;

t<sub>2</sub> - t<sub>1</sub> - Diferença de tempo entre as amostragens (140DAS-80DAS=60DAS).

Os porta-enxertos foram coletados e analisados de forma destrutiva aos 140 dias após a semeadura (DAS), sendo separados em folhas, caule e raiz. Em seguida, as amostras foram acondicionadas em sacos de papel, etiquetadas e postas para secagem em estufa a 65 °C, com circulação forçada de ar, até atingir peso constante, para a determinação da fitomassa seca por meio da pesagem em balança de precisão (0,001 g).

Foram analisadas as variáveis Fitomassa Seca das Folhas (FSF), Fitomassa Seca do Caule (FSC), Fitomassa Seca da Parte Aérea (FSPA), Fitomassa Seca do Sistema Radicular (FSR) e Fitomassa Seca Total (FST).

A qualidade do porta-enxerto foi determinada por meio do índice de qualidade de Dickson (IQD), utilizando-se a equação 3 (DICKSON, 1960).

$$IQD = \frac{FST}{\frac{AP}{DC} + \frac{FSPA}{FSR}} \quad Eq (3)$$

Em que:

AP - Altura de planta, cm;

DC - Diâmetro do caule, mm;

FST - Fitomassa seca total da planta, g;

FSPA - Fitomassa seca da parte aérea da planta, g;

FSR - Fitomassa seca da raiz da planta, g.

Foram mensurados ainda o comprimento da raiz principal (CR, cm), com auxílio de uma régua, e o volume de raízes (VR, cm<sup>3</sup>), obtido pela diferença no volume de água deslocado dentro de uma proveta graduada após a colocação das raízes frescas.

A partir dos valores obtidos para as variáveis de altura (ALT) e diâmetro do caule (DC), determinou-se o quociente de robustez, que é a relação da altura da muda pelo diâmetro do caule (ALT/DC).

## 2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ), seguida do teste de comparação de médias, para as variáveis que apresentaram resposta significativa aos tratamentos aplicados, realizando o desdobramento dos fatores sempre que foi identificado efeito significativo da interação entre os fatores pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o *software* estatístico Sisvar (FERREIRA, 2011).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 CRESCIMENTO

Com exceção às variáveis número de folhas (NF), área foliar (AF), comprimento de raízes (CR) e volume de raízes (VR), a interação entre fontes hídricas de águas residuárias e diluições (AR x D) teve efeito significativo ( $p < 0,01$ ) para TCAALT e TCADC ( $p < 0,01$ ) e também para ALT e DC ( $p < 0,05$ ). De forma isolada, o fator águas residuárias (AR) foi significativo para ALT, TCAALT e CR; por sua vez, o fator diluições (D) apresentou efeito significativo para todas as variáveis, conforme apresentado na Tabela 3.

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância para as variáveis altura de plantas (ALT), número de folhas (NF), diâmetro do caule (DC), taxa de crescimento absoluto em altura de plantas (TCAALT) e taxa de crescimento absoluto do diâmetro do caule (TCADC), área foliar (AF), comprimento da raiz (CR) e volume da raiz (VR) de porta-enxerto de goiabeira fertirrigados com diluições de efluente da aquicultura (EA) e água cinza (AC) aos 140 dias de produção de porta-enxertos.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado Médio							
		ALT (cm)	NF (und.)	DC (mm)	TCAALT (cm d <sup>-1</sup> )	TCADC (mm d <sup>-1</sup> )	AF (cm <sup>2</sup> )	CR (cm)	VR (ml)
Águas resid. (AR)	1	20,44 *	0,30 <sup>ns</sup>	0,127 <sup>ns</sup>	0,026*	0,000003 <sup>ns</sup>	0,036 <sup>ns</sup>	82,65**	37,05 <sup>ns</sup>
Diluições (D)	4	121,02*	47,46**	0,764**	0,054**	0,000084**	313,5**	50,13**	123,2**
AR x D	4	145,50*	10,81 <sup>ns</sup>	0,158*	0,032**	0,000084**	99,11 <sup>ns</sup>	8,08 <sup>ns</sup>	11,67 <sup>ns</sup>
Bloco	3	39,12	4,28	0,007	0,001	0,000016	84,5	2,69	17,19
Resíduo	27								
CV (%)		12,64	8,66	5,98	9,41	6,45	19,47	7,29	21,3

\*\* = significativo a 1% e \* = significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ns = não significativo; CV = coeficiente de variação.

Os porta-enxertos fertirrigados com água cinza apresentaram maiores alturas nas diluições D2, D3 e D4, apesar da diluição D1 não diferir estatisticamente da D5, que apresentou menor altura de porta-enxerto (Tabela 4). Para as diluições contendo efluente da aquicultura, verificou-se que os maiores valores foram obtidos nos porta-enxertos fertirrigados com a diluição D3 (Tabela 4).

Analisando o efeito das fontes de águas residuárias sobre a altura do porta-enxerto, foi observada diferença estatística apenas quando os porta-enxertos foram fertirrigados exclusivamente com águas residuárias (D5), com maiores valores obtidos no efluente da aquicultura (Tabela 4).

**Tabela 4.** Valores médios para altura de planta (ALT), diâmetro do caule (DC), taxa de crescimento absoluto em altura de plantas (TCAALT), taxa de crescimento absoluto do diâmetro do caule (TCADC) e número de folhas (NF) de porta-enxertos de goiabeira fertirrigados com diluições de efluente da aquicultura (EA) e água cinza (AC) aos 140 dias de produção de porta-enxertos.

Águas Residuárias	Diluições (%)					Média
	D1 100AP	D2 75AP+25AR	D3 50AP+50AR	D4 25AP+75AR	D5 100AR	
<b>Altura de plantas (ALT)</b>						
AC	47,7 ABa	51,8 Aa	48,43 Aa	51,5 Aa	35,65 Bb	47,02
EA	41,6 Ba	46,2 ABa	54,32 Aa	50,42ABa	49,67ABa	48,45
<b>Média</b>	44,7	49,0	51,38	50,96	42,66	
<b>Diâmetro do caule (DC)</b>						
AC	4,03 ABa	4,2 ABa	4,27 Ab	4,1 ABa	3,77 Ba	4,07
EA	3,71 BCa	4,02 Ba	4,63 Aa	3,98 Ba	3,46 Ca	3,96
<b>Média</b>	3,87	4,11	4,45	4,04	3,61	
<b>Taxa de Crescimento Absoluto em altura de plantas (TCAALT)</b>						
AC	0,642 Aa	0,637 Aa	0,625 Ab	0,720 Aa	0,43 Bb	0,611
EA	0,555 Cb	0,612 BCa	0,81 Aa	0,715ABa	0,62 BCa	0,662
<b>Média</b>	0,599	0,625	0,717	0,718	0,525	

Taxa de Crescimento Absoluto em diâmetro do caule (TCADC)						
<b>AC</b>	0,040 Aa	0,040 Aa	0,04 Ab	0,040 Aa	0,0375Aa	0,039
<b>EA</b>	0,032 Cb	0,037BCa	0,050 Aa	0,040 Ba	0,040 Ba	0,040
<b>Média</b>	0,036	0,039	0,045	0,040	0,039	
Número de folhas (NF)						
<b>AC</b>	25,35	26,58	27,80	28,02	21,40	25,83
<b>EA</b>	22,43	25,60	28,15	29,15	24,70	26,00
<b>Média</b>	23,89 B	26,09 AB	27,98 A	28,59 A	23,05 B	

Letras maiúsculas comparam as diluições (AP+AR) e letras minúsculas comparam médias entre fontes de águas residuárias. Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a variável DC, verificou-se que o efeito das diluições variou de acordo com a fonte de água residuária. Nos porta-enxertos fertirrigados com água cinza, não houve diferença significativa entre as diluições D1, D2 e D4, com maior valor de DC nos porta-enxertos que receberam D3, sendo que a diluição D5 redziu o crescimento do DC.

Com relação ao efeito do efluente da aquicultura, verifica-se que a diluição D3 proporcionou maiores valores para DC, ao passo que os menores valores ocorreram para D1 e D5.

Quanto ao efeito das águas residuárias, verificou-se diferença significativa apenas na diluição D3, tendo os porta-enxertos fertirrigados com efluente da aquicultura apresentado maior DC (Tabela 4).

As águas residuárias são ricas em nutrientes, matéria orgânica e sais, que podem promover efeitos positivos e negativos dependendo da concentração, como o sódio e condutividade elétrica da água (CEa), verificados pela Tabela 2, em que a CEa é de (4,46 dS m<sup>-1</sup> no EA) e de (1,18 dS m<sup>-1</sup> na AC) em 100% AR.

Távora et al. (2001) classificaram a goiabeira na fase de crescimento inicial como sensível à salinidade, com a salinidade limiar no extrato de saturação do solo (CEes) e na água de irrigação (CEa) de 1,2 dS m<sup>-1</sup> e 0,8 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente. Desse modo, a redução no crescimento está diretamente relacionada à redução do potencial osmótico, que afeta a expansão e divisão celular (SÁ et al., 2016; BEZERRA et al., 2018), fato que explica o comportamento dos porta-enxertos irrigados com D5.

Analisando a TCAALT, foi observado que para água cinza apenas a diluição D5 (100% de AR) diferiu das demais com menores valores. Para as diluições contendo efluente da aquicultura, os maiores valores ocorreram nas diluições D3 e D4, ao passo que nas demais diluições foram observados menores valores.

Quanto ao efeito das fontes de água residuária, foram verificadas diferenças

significativas nas diluições D3 e D5, sendo o efluente da aquicultura superior para ambas as diluições (Tabela 4).

Os dados de TCAALT foram superiores aos apresentados por Bonifácio et al. (2018), avaliando o crescimento de mudas de porta-enxerto de goiabeira ‘Paluma’ irrigadas com água de diferentes salinidades durante o período de 60 a 225 dias após a emergência, com o valor máximo da TCAAL ( $0,37009 \text{ cm d}^{-1}$ ) obtido no nível de CEa  $1,9 \text{ dS m}^{-1}$ .

Analisando a TCADC nas diluições contendo água cinza, não foram observadas diferenças estatísticas para essa variável. Para as diluições contendo efluente da aquicultura, a D3 proporcionou maior TCADC, ao passo que os menores valores ocorreram em D1 e D2.

Houve diferença entre as fontes de água residuária na diluição D3, sendo a água cinza inferior aos valores obtidos no efluente da aquicultura (Tabela 4).

Verifica-se que as variáveis TCAALT e TCADC apresentaram comportamentos semelhantes aos observados para ALT e DC, em que os maiores valores ocorrem nos porta-enxertos fertirrigados com efluente da aquicultura na diluição D3 (50% AP + 50AR).

Na análise residual do substrato irrigado com efluente da aquicultura, foi verificada maior contribuição de nitrogênio do que no irrigado com diluições de água cinza (Tabela 1). Na diluição D3, o nitrogênio foi de  $2,17 \text{ g kg}^{-1}$ , o que pode explicar o melhor desempenho dos porta-enxertos fertirrigados com esse tratamento, visto que N promove crescimento porque participar diretamente do metabolismo das plantas (OLIVEIRA et al., 2010).

Em relação ao número de folhas (NF), não houve diferença significativa entre as fontes de águas residuárias, obtendo, em média, 25,9 folhas por planta. Quanto ao efeito das diluições de água residuária (AR), verifica-se que o maior NF foi obtido nas diluições D3 e D4, equivalendo a um aumento de 17,12 e 19,61% em comparação com o NF obtido quando foram irrigadas apenas com água de poço; o menor NF foi obtido nos porta-enxertos irrigados com D1 e D5.

A redução do NF observada nos porta-enxertos fertirrigados exclusivamente com água residuária (D5) pode ser atribuída ao maior teor de sais de sódio ( $\text{Na}^+$ ) e da condutividade elétrica neste tratamento (Tabela 2), visto que nessa fase a goiabeira apresenta-se sensível à salinidade (TÁVORA et al., 2001).

Comportamento semelhante foi observado por Silva et al. (2017), em que a salinidade acima de  $0,3 \text{ dS m}^{-1}$  prejudicou a formação de primórdios foliares, com redução do número de folhas em mudas de goiabeira ‘Paluma’. Contudo, Costa et al. (2012) avaliaram mudas de cajueiro fertirrigadas com água residuária doméstica e verificaram que o maior número de folhas foi obtido quando se utilizou o tratamento com 100% de água residuária.



Não houve efeito significativo das fontes de água residuária sobre as variáveis área foliar (AF) e volume de raízes (VR), obtendo-se valores médios de 33,67 cm<sup>2</sup> por planta para AF e de 15,6 cm<sup>3</sup>, para VR. O comprimento das raízes apresentou melhor resultado quando foi fertirrigado com água cinza (Tabela 5). Os porta-enxertos fertirrigados com diluições D3 apresentaram ganhos de 66,78, 16,33 e 100,78% para AF, CR e VR, respectivamente, quando comparadas aos porta-enxertos irrigados com D1 (Tabela 5).

**Tabela 5.** Valores médios para área foliar (AF), comprimento de raiz (CR) e volume de raízes (VR) de porta-enxertos de goiabeira fertirrigados com diluições de efluente da aquicultura (EA) e água cinza (AC) aos 140 dias de produção de porta-enxertos.

Águas residuárias	AF (cm <sup>2</sup> )	CR (cm)	VR (cm <sup>3</sup> )
AC	33,65 a	40,60 a	16,56 a
EA	33,71 a	37,72 b	14,64 a
<b>Diluições</b>			
100% AP	24,66 b	35,01 b	10,21 c
75% AP+25% AR	31,85 ab	38,71 ab	14,41 bc
50% AP+50% AR	41,13 a	40,73 a	20,50 a
25% AP+75% AR	37,71 a	40,08 a	18,14 ab
100% AR	33,03 ab	41,24 a	14,75 bc
DMS	9,57	4,17	4,85

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ); DMS= diferença mínima significativa.

De forma geral, verificou-se que o tratamento constituído apenas por água de poço proporcionou valores médios de AF, CR e VR inferiores aos obtidas nos demais porta-enxertos fertirrigados com percentagens de água residuária, mostrando que o incremento nas variáveis de crescimento ocorreu com a participação da água residuária na água de irrigação.

Com o aumento da proporção de água residuária D5, observa-se que a AF dos porta-enxertos foi reduzida em 19,69% em comparação a D3, embora estatisticamente igual a D2, D3 e D4. A redução da AF é resposta, em maior parte, dos efeitos osmóticos e nutricionais pela presença de sais, visto que a partir da diluição D3 as águas apresentaram CEa variando de 0,82 a 4,46 dS m<sup>-1</sup>, que restringiram a expansão foliar, com reflexos negativos na área foliar destinada ao processo fotossintético e a produção de fotoassimilados (WILLADINO; CAMARA, 2010).

Sena et al. (2018), Silva et al. (2017) e Cavalvante et al. (2010), avaliando mudas de goiabeira cv. Paluma irrigadas com água de diferentes salinidades (0,3 a 4,0 dS m<sup>-1</sup>), também constataram efeitos negativos na AF com o incremento da salinidade na água de irrigação.

No entanto, Almeida et al. (2012) estudaram o uso de esgoto tratado nas mudas de

maracujazeiro amarelo, verificando que a AF cresceu com o aumento da proporção de AR, tendo os maiores valores ocorrido nas doses de 75% e 100% de efluente doméstico. Esse fato também foi constatado por Alves et al. (2009), nas plantas de algodão e por Alves et al. (2012), que trabalharam com mudas de tomate, mostrando que o comportamento pode variar de acordo com a espécie utilizada.

Constata-se que as diluições de água residuária em água de poço causam efeito benéfico nos porta-enxertos de goiabeira em todas as variáveis biométricas, quando ocorre diluição com proporção de até 75% de AR.

Na produção comercial de mudas, as raízes exercem papel fundamental, principalmente no estabelecimento da muda, que é de absorver nutrientes e água do solo, fixa-se nele, dando sustentação à planta e podendo servir como reserva de nutrientes (APPEZZATO-DA-GLÓRIA; CARMELLO-GUERREIRO, 2006).

O CR apresentou médias estatisticamente iguais e superiores para as diluições D3, D4 e D5. Com a inibição do desenvolvimento da parte aérea, com uso da D5, o consumo de carbono e de energia é reduzido, de maneira que uma proporção maior dos fotoassimilados pode ser atribuída às raízes, permitindo seu crescimento (COSTA, 2001).

O comportamento do CR está coerente com os obtidos por Medeiros et al. (2013) em mudas de tomate e por Medeiros et al. (2010) em mudas de meloeiro, sob irrigação com efluente de piscicultura, os quais verificaram maior crescimento da raiz em mudas irrigadas com o efluente quando comparada à água de poço.

Cavalcante et al. (2010), avaliando os efeitos da salinidade da água de irrigação durante o período de formação de mudas de goiabeira cv. 'Paluma', verificaram que o comprimento das raízes foi reduzido em virtude do aumento da salinidade da água de irrigação, com perda de crescimento de 11,32 % nas plantas tratadas com CEa de  $(4,0 \text{ dS m}^{-1})$  em comparação com CEa de  $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ , fato não observado nesse trabalho.

Silva et al. (2014), estudando a qualidade de mudas de moranga e abóbora irrigadas com água biossalina (ABS) proveniente da piscicultura, verificaram nas mudas de moranga efeitos prejudiciais da salinidade na raiz com o uso de ABS, porém nas mudas de abóbora cv. Jacarezinho houve aumento da raiz com o aumento da concentração das soluções de ABS, em que os maiores comprimentos foram encontrados a 67% de ABS.

Singh; Bhati (2005), avaliando o crescimento e a produção de biomassa de mudas de eucalipto irrigadas com efluente municipal, constataram que o comprimento da raiz primária, o volume da raiz e o número de raízes secundárias aumentaram com o aumento na lâmina de irrigação (maior volume de efluente) com efluente municipal. O volume radicular foi 2,5

vezes maior nas mudas do tratamento com maior concentração de efluente do que nas mudas do tratamento com água.

### 3.2 ACÚMULO DE FITOMASSA

Para o acúmulo de fitomassa seca dos porta-enxertos, foi constatada interação significativa entre os fatores água residuária e diluições para fitomassa seca das folhas (FSF), fitomassa seca do caule (FSC), fitomassa seca da parte aérea (FSPA), fitomassa seca total (FST), índice de qualidade de Dickson (IQD) e para a relação altura com diâmetro do caule (AL/DC) em nível de 1% de probabilidade, assim como para a fitomassa seca da raiz (FSR) em nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 6.** Resumo da análise de variância para as variáveis Relação altura/diâmetro do caule (AL/DC), fitomassa seca de folhas (FSF), fitomassa seca do caule (FSC), fitomassa seca da parte aérea (FSPA), fitomassa seca da raiz (FSR), fitomassa seca total (FST) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de porta-enxerto de goiabeira fertirrigados com diluições de efluente da aquicultura (EA) e água cinza (AC) aos 140 dias de produção de porta-enxertos.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado Médio						
		ALT/DC	FSF	FSC	FSPA	FSR	FST	IQD
Águas residuárias (AR)	1	6,88 <sup>ns</sup>	0,28 <sup>ns</sup>	0,45**	1,46*	0,74**	4,29**	0,054**
Diluições (D)	4	1,50 <sup>ns</sup>	4,87**	1,58**	11,69**	0,46**	16,53**	0,055**
AR x D	4	11,61**	1,42**	0,59**	3,49**	0,10*	3,47**	0,009**
Bloco	3	3,62	0,329	0,052	0,31	0,03	0,39	0,000
Resíduo	27							
CV (%)		13,14	16,74	9,77	12,23	17,77	11,0	13,19

\*\* = significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; \* = significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; NS = não significativo; e CV = Coeficiente de variação.

A FSF dos porta-enxertos irrigados com água cinza apresentaram maiores pesos para a D2; por sua vez, a menor massa seca foi observada nos porta-enxertos fertirrigados com D5. Para os porta-enxertos que receberam misturas com efluente da aquicultura, o maior valor de FSF foi obtido em D3, seguido por D4, D2 e D1, que não diferiram estatisticamente.

Avaliando o efeito das fontes residuárias na FSF, verifica-se diferença significativa nos porta-enxertos fertirrigados com D3 com superioridade para o efluente da aquicultura com posterior redução em D5 (Tabela 7).

Este comportamento deve-se, possivelmente, ao incremento de sais presentes na maior concentração de água residuária (D5), visto que a planta, ao se ajustar osmoticamente, desprende determinada quantidade de energia para acumulação de açúcares, ácidos orgânicos

e íons no vacúolo, energia que poderia ser utilizada no acúmulo de fitomassa (TAIZ; ZEIGER, 2017).

**Tabela 7.** Valores médios para fitomassa seca de folhas (FSF), fitomassa seca do caule (FSC), fitomassa seca da parte aérea (FSPA) fitomassa seca da raiz (FSR) e fitomassa seca total (FST) de porta-enxerto de goiabeira fertirrigados com diluições de efluente da aquicultura (EA) e água cinza (AC) aos 140 dias de produção de porta-enxertos.

Água residuária	Diluições (%)					Média
	D1 100AP	D2 75AP+25AR	D3 50AP+50AR	D4 25AP+75AR	D5 100AR	
<b>Fitomassa seca das folhas (FSF)</b>						
AC	2,60 BCa	3,76 Aa	3,35 Abb	3,35 ABa	2,00 Ca	3,02
EA	2,50 Ba	3,10 Ba	4,18 Aa	3,15 Ba	1,40 Cb	2,85
<b>Média</b>	2,23	3,43	3,77	3,25	1,98	
<b>Fitomassa seca do caule (FSC)</b>						
AC	1,58 Ca	2,28 Aa	2,10 Abb	1,80 BCa	1,50 Ca	1,85
EA	1,40 Ca	1,57 Cb	2,50 Aa	1,99 Ba	0,7 Db	1,64
<b>Média</b>	1,49	1,92	2,30	1,89	1,12	
<b>Fitomassa seca da parte aérea (FSPA)</b>						
AC	3,50 Ca	6,04 Aa	5,46 Ab	5,15 ABa	4,20 BCa	4,87
EA	3,86 Ca	4,67 BCb	6,56 Aa	5,26 Ba	2,08 Db	4,49
<b>Média</b>	3,68	5,35	6,00	5,21	3,14	
<b>Fitomassa seca da raiz (FSR)</b>						
AC	0,67 Ca	1,02 Ba	1,17 Aba	1,37 Aa	1,07 ABa	1,06
EA	0,41 Cb	0,95 Aba	1,13 Aa	0,81 ABb	0,63 BCb	0,79
<b>Média</b>	0,54	0,98	1,15	1,09	0,85	
<b>Fitomassa seca total (FST)</b>						
AC	4,57 Ba	7,06 Aa	6,62 Ab	6,52 Aa	4,87 Ba	5,93
EA	4,49 Ca	5,61 BCb	7,69 Aa	6,07BCa	2,49 Db	5,27
<b>Média</b>	4,53	6,34	7,16	6,29	3,69	

Letras maiúsculas comparam as misturas (AP+AR) e letras minúsculas comparam médias entre fontes de águas residuárias. Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na FSC, os melhores desempenhos foram obtidos nos porta-enxertos tratados com a diluição D2, não diferindo estatisticamente da D3 na água cinza e em D3 no efluente da aquicultura, ao passo que as diluições com D1 e D5 apresentaram os menores valores de FSC para ambas as águas residuárias. Houve diferença estatística nas diluições D2, D3 e D5, com melhores resultados na água cinza (D2 e D5) e superioridade para o efluente da aquicultura na diluição D3 (Tabela 7).

Em estudos com diluições de efluente da piscicultura, também foram observadas reduções da matéria seca das folhas, caule e total, em mudas de espécies florestais (*Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke.; *Tabebuia aurea*), como efeito da salinidade em maiores proporções de água residuária na comparação com a água (ALMEIDA et al., 2017;

PINTO et al., 2016).

A FSPA dos porta-enxertos fertirrigados com água cinza apresentaram maiores valores quando foram usadas as diluições D2 e D3; para os porta-enxertos fertirrigados com as diluições de efluente da aquicultura, por sua vez, o melhor resultado de FSPA foi obtido com D3, assim como foi observado anteriormente na FSF e FSC (Tabela 7).

Com relação ao efeito das fontes residuárias sobre a FSPA, verifica-se diferença significativa nas diluições D2 com melhor resultado para água cinza e D3 para o efluente da aquicultura, a D5 provocou redução na FSPA para diluições de efluente da aquicultura.

Em estudo desenvolvido com cultivares de goiabeira, Sá et al. (2016) indentificaram que o cultivar 'Paluma' apresentou as maiores reduções de FSPA com o aumento da salinidade, ao passo que as cultivares 'Crioula' e 'Ogawa' reduziram em menor proporção.

As reduções na massa seca de porta-enxertos de goiabeira com aumento da salinidade da água também foram evidenciadas por Sena et al. (2018) e Souza et al. (2017), para os quais plantas irrigadas com água de condutividade elétrica de  $3,5 \text{ dS m}^{-1}$  apresentaram diminuição na FSPA e FST na comparação com as plantas submetidas à salinidade de  $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ .

Na fitomassa seca das raízes, as diluições com maior proporção de água residuária promoveram melhor desempenho agrônômico, em comparação aos porta-enxertos irrigados exclusivamente com água de poço (D1), para as duas fontes de água residuária (Tabela 7).

Nas fertirrigações com água cinza, os porta-enxertos apresentaram melhor desempenho de FSR quando foram submetidas a D4 ( $1,37 \text{ g muda}^{-1}$ ), com incremento de 104,47% quando comparadas com os porta-enxertos irrigados com D1. Nos porta-enxertos fertirrigados com efluente da aquicultura, os maiores valores foram promovidos pela D3, com aumento de 175,60% em comparação a D1 (tabela 7).

Isso mostra que a matéria orgânica presente nas águas residuárias pode atenuar os efeitos prejudiciais provocados pela salinidade, também presentes nestas águas. Almeida et al. (2012), testando o uso de água residuária doméstica em mudas de maracujá nas mesmas proporções deste trabalho, verificaram aumento de FSR na dose de 75% de água residuária cinza, com posterior decréscimo na massa quando utilizado o tratamento resultante de 100% água residuária.

Analisando a fitomassa seca total, observa-se que nas diluições contendo água cinza as diluições D2, D3 e D4 não diferiram estatisticamente e foram superiores a D1 e D5; nos porta-enxertos tratados com efluente da aquicultura apenas na mistura D3, verifica-se superioridade entre as demais diluições nesta fonte (Tabela 7).

De forma geral, verifica-se que os porta-enxertos irrigados apenas com água de poço

tiveram menor acúmulo de fitomassa do que aquelas que receberam águas residuárias, evidenciando a contribuição dessas fontes em fornecer nutrientes como N, P e K, necessários ao desenvolvimento vegetal (SILVA et al., 2015; LIMA et al., 2019).

Porém, quando os porta-enxertos foram fertirrigados exclusivamente com águas residuárias (D5) apresentaram redução no crescimento e no acúmulo de biomassa vegetal em decorrência dos efeitos dos sais presentes nas fontes utilizadas.

Avaliando efluente agroindustrial em proporções com outras fontes de água, alguns autores verificaram que ele produziu menores resultados para matéria seca e no crescimento inicial de mudas de pinha (ANDRADE et al., 2020), mangueira (PEREIRA JUNIOR et al., 2020), goiabeira (NÓBREGA et al., 2017), maracujazeiro (LIMA et al., 2019) e mamoeiro (BEZERRA, et al., 2019), nas mesmas condições experimentais.

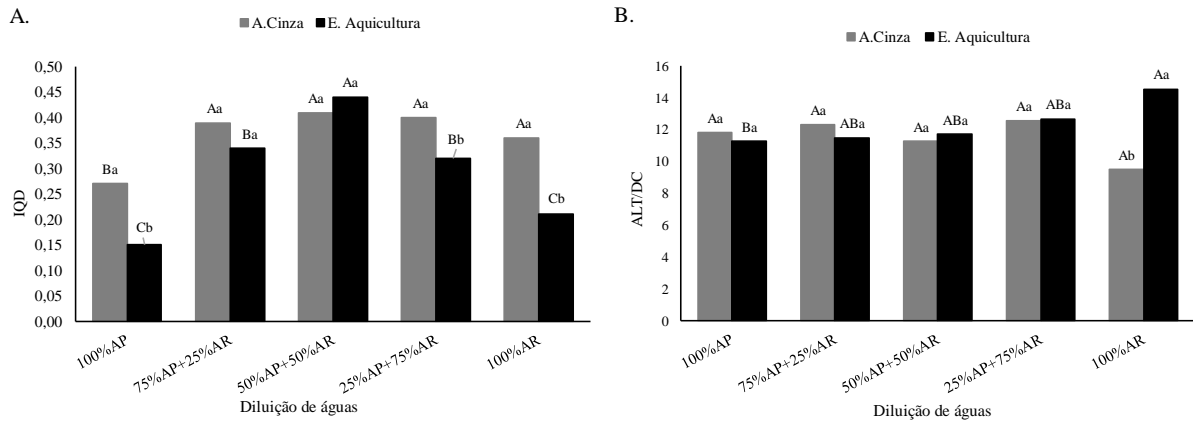
A produção de massa seca, apesar de ser um método destrutivo, indica a rusticidade das mudas e pode ser utilizado para estimar a sobrevivência e o crescimento inicial das mudas no campo (CALDEIRA et al., 2008).

### 3.3 QUALIDADE DE PORTA-ENXERTO

Em relação à qualidade, verifica-se que os porta-enxertos fertirrigados com as diluições de água cinza (D2, D3, D4 e D5) não diferiram estatisticamente quanto ao IQD e foram superiores aos valores obtidos na ausência de água residuária (D1). Para os porta-enxertos fertirrigados com efluente da aquicultura, por sua vez, verifica-se que a diluição D3 proporcionou maior IQD, ao passo que os menores valores ocorreram nas porta-enxertos irrigados exclusivamente com água de poço (D1) e água residuária (D5) (Figura 1A).

Quanto maior o IQD, melhor é a qualidade da muda produzida. Este índice representa a síntese dos parâmetros morfológicos, indicando vigor e equilíbrio na distribuição da fitomassa (OLIVEIRA et al., 2014).

As fontes residuárias utilizadas não apresentaram diferenças quando foram utilizadas as estratégias de diluição D2 e D3, com média geral de 0,33 no IQD, ao passo que nas demais diluições os maiores valores foram obtidos nas plantas irrigadas com diluições de água cinza (Figura 1A). Nessas mesmas diluições, foram observados maiores valores em outras variáveis de crescimento, resultando, conseqüentemente, no maior IQD.



**Figura 1.** Médias e teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) para o índice de qualidade de Dickson, IQD (A) e relação altura e diâmetro do caule, ALT/DC (B) de porta-enxertos de goiabeira fertirrigado com diluições de efluente da aquicultura (EA) e água cinza (AC) aos 140 dias de produção de porta-enxertos. Letras maiúsculas comparam as diluições (AP+AR) e letras minúsculas comparam médias entre águas residuárias. Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Verifica-se que as porta-enxertos fertirrigados com efluente da aquicultura apresentaram resultados favoráveis ao IQD quando foi utilizada a D3, com posterior redução de 52,27% em D5. Resultados semelhantes foram observados em mudas de espécies florestais ('jurema-branca e craibeira) fertirrigadas com efluente da piscicultura, nessas mesmas proporções (ALMEIDA et al., 2017; PINTO et al., 2016).

Rebouças et al. (2018), avaliando os efeitos da aplicação de efluente doméstico nas proporções (0, 25, 50, 75 e 100%) no crescimento de mudas de sabiá com e sem adição de esterco bovino, verificaram relação crescente da aplicação de efluente com o IQD. Para esses autores, com adição de esterco bovino ao arisco ou não, o efluente mostrou ser uma importante fonte de nutrientes, uma vez que proporcionou incrementos em outras variáveis de crescimento e, conseqüentemente, no IDQ.

A relação AT/DC não diferiu significativamente para porta-enxertos fertirrigados com diluições contendo água cinza. Para os porta-enxertos fertirrigados com efluente da aquicultura, observa-se que o valor de AT/DC foi superior quando se utilizou 100% de AR (D5) (Figura 1B).

Com relação às fontes de água residuária utilizada, verifica-se que apenas no tratamento D5 houve diferença estatística com superioridade para a efluente da aquicultura (Figura 1B).

A relação AL/DC apresentou média geral de 11,9 para as diluições utilizadas, contudo apenas na D5 (100% AR) da água cinza foi obtido valor de relação (AT/DC) inferior a 10,

recomendado pela literatura.

Os maiores valores do coeficiente de robustez indicam que os porta-enxertos de goiabeira direcionam seus fotoassimilados mais para o crescimento em altura de planta do que para o diâmetro do caule. Tal índice pode ser considerado um dos mais precisos, pois fornece informações de quanto delgada está a muda (porta-enxerto) (JOHNSON; CLINE, 1991; BIRCHLER et al., 1998).

O IQD e AL/DC encontrados na presente pesquisa apresentaram valores próximos do recomendado pela literatura, demonstrando que a utilização de diluições de efluentes em água promove ganhos nos valores obtidos, como verificaram Brito et al. (2014).

Portanto, a água residuária mostrou-se passível de ser utilizada na fertirrigação de porta-enxertos, pois evita ou diminui o uso de água potável, reduz seu lançamento no ambiente, inclusive em corpos hídricos receptores, diminuindo a poluição e os gastos com adubos, devido à existência de nutrientes na água residuária.

#### **4 CONCLUSÃO**

A água cinza e o efluente da aquicultura são viáveis para a utilização na fertirrigação de porta-enxertos de goiabeira ‘Paluma’.

A água cinza apresenta maiores valores para crescimento, acúmulo de fitomassa e qualidade de porta-enxertos de goiabeira ‘Paluma’ quando a água residuária é diluída em D2, D3 e D4.

As diluições do efluente da aquicultura que apresentou maiores incrementos para a produção de porta-enxertos de goiabeira ‘Paluma’, nas condições experimentais, são D2 e D3.

A utilização de águas residuárias, via fertirrigação, melhora a qualidade dos porta-enxertos e, conseqüentemente, das mudas, aumentando seu potencial de pega no campo.



## REFERÊNCIAS

ALI, H. M.; KHAMIS, M. H.; HASSAN, F. A. Growth, chemical composition and soil properties of *Tipuana speciosa* (Benth.) Kuntze seedlings irrigated with sewage effluent. **Applied Water Science**, v. 2, n. 2, p. 101-108, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2010.08.001>. Acesso em: 10 set. 2021.

ALMEIDA, J. P. N.; COSTA, L. R.; SAMPAIO, P. R. F.; AZEVEDO, J.; DIAS, N. S. Utilização de esgoto doméstico tratado na produção de mudas de maracujazeiro amarelo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 4, p. 69-75, 2012.

ALMEIDA, J. P.; FREITAS, R. M.; NOGUEIRA, N. W.; OLIVEIRA, F. D. A. D.; FERREIRA, H.; LEITE, M. D. S. Production of *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke seedlings irrigated with fish farming wastewater. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 6, p. 386-391, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n6p386-391>. Acesso em: 11 set. 2021.

ALVES, W. W. A.; AZEVEDO, C. A. V.; NETO, J. D.; LIMA, V. L. A. Área foliar do algodoeiro irrigado com água residuária adubado com nitrogênio e fósforo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 4, n. 1, p. 41-46, 2009. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7465626>. Acesso em 12 set. 2021.

ALVES, R. C.; NETO, M. F.; NASCIMENTO, M. L.; OLIVEIRA, M. K. T.; LINHARES, P. S. F.; CAVALCANTE, J. S. J.; OLIVEIRA, F. D. A. Reutilização de água residuária na produção de mudas de tomate. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 8, n. 4, p. 77-81, 2012. Disponível em: DOI: <http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v8i4.219>. Acesso em: 13 set. 2021.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. D. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. Disponível em: DOI: [10.1127/0941-2948/2013/0507](https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507). Acesso em: 14 set. 2021.

ÁLVAREZ-GARCÍA, M.; URRESTARAZU, M.; GUIL-GUERRERO, J. L.; JIMÉNEZ-BECKER, S. Effect of fertigation using fish production wastewater on *Pelargonium x zonale*

growth and nutrient content. **Agricultural Water Management**, v. 223, p. 105726, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105726>. Acesso em: 15 set. 2021.

ANDRADE, E.; SARMENTO, M. I. A.; JUNIOR, E. B. P.; MOREIRA, J. N.; NÓBREGA, É. P.; CAIANA, C. R. A.; BEZERRA NETO, F. C.; MEDEIROS, A. C.; MARACAJÁ, P. B. Reutilização de água para produção de mudas de pinha. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. e536974403, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i7.4403>. Acesso em: 16 set. 2021.

APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. (org.). **Anatomia Vegetal – 2**. Viçosa: Ed. UFV, 2006.

BARROS, J. C. S. M.; RÊGO FILHO, L. M.; CELESTINO, R. C. A.; PROHMANN, L. L. Águas de reúso para irrigação de pomar de lima ácida ‘Tahiti’ (*citrus latifolia Tanaka*). **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 3, p. 1224-1239, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.34188/bjaerv3n3-041>. Acesso em: 20 set. 2021.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003.

BEZERRA, I. L.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S. D.; BARBOSA, J. L. Physiological indices and growth of ‘paluma’ guava under saline water irrigation and nitrogen fertigation. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 4, p. 808-816, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21252018v31n402rc>. Acesso em: 21 set. 2021.

BEZERRA, D. E. L.; LIMA FILHO, P.; JÚNIOR, E. B. P.; AZEVEDO, P. R. L.; SILVA, E. A Reutilização de água na irrigação de mudas de mamoeiro no semiárido brasileiro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 14, n. 1, p. 05-11, 1º de janeiro de 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.18378/rvads.v14i1.5942>. Acesso em: 22 set. 2021.

BIRCHLER, T.; ROSE, R. W.; ROYO, A.; PARDOS, M. La planta ideal: revision del concepto, parametros definitorios e implementation practica. **Investigacion Agraria, Sistemas y Recursos Forestales**, Madrid, v. 7, n. 1/2, p. 109-121, 1998.

BONIFÁCIO, B. F.; NOBRE, R. G.; SOUSA, A. D. S.; GOMES, E. M.; SILVA, E. M.; SOUSA, L. P. Efeitos da adubação potássica e irrigação com águas salinas no crescimento de porta-enxerto de goiabeira. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 4, p. 971-980, 2018.

Disponível em: <https://doi.org/10.19084/RCA18119>. Acesso em: 22 set. 2021.

BRITO, K. S. A.; SILVA, V. F.; NASCIMENTO, E. C. S.; OLIVEIRA ANDRADE, L. Variedades de substratos na qualidade da produção de mudas de girassol irrigadas com água residuária. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 2, p. 43, 2014. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7381709>. Acesso em: 23 set. 2021.

CALDEIRA, M. V. W.; ROSA, G. N.; FENILLI, T. A. B.; HARBS, R. M. P. Composto orgânico na produção de mudas de aroeira-vermelha. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, p. 27-33, 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/rsa.v9i1.9898>. Acesso em 28 set. 2021.

CAVALCANTE, L. F.; VIEIRA, M. D. S.; SANTOS, A. F. D.; OLIVEIRA, W. M. D.; NASCIMENTO, J. A. M. D. Água salina e esterco bovino líquido na formação de mudas de goiabeira cultivar Paluma. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 1, p. 251-261, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452010005000037>. Acesso em: 29 set. 2021.

COSTA, A. R. **Texto acadêmico**: As relações hídricas das plantas vasculares. Portugal: Editora da Universidade de Évora, 2001.

COSTA, L. R.; GURGEL, M. T.; ALVES, S. M.; MOTA, A. F.; DE AZEVEDO, J.; ALMEIDA, J. P. Crescimento de mudas de cajueiro anão precoce irrigado com efluente doméstico tratado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, n. 3, p. 421-426, 2012. Disponível em: [10.5039/agraria.v7i3a1562](https://doi.org/10.5039/agraria.v7i3a1562). Acesso em: 30 set. 2021.

COSTA, F. G. B.; OLIVEIRA, A. D. F. M.; DE CARVALHO, M. A. B.; FERNANDES, M. B.; BATISTA, R. O. Desenvolvimento inicial de cultivares de melão fertirrigadas com distintas proporções de esgoto doméstico em Mossoró-RN. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 2, p. 116-123, 2014. Disponível em: <https://www.redalyc.org/comocitar.ou?id=237131344012>. Acesso em: 29 set. 2021.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **The Forestry Chronicle**, v. 36, n. 1, p. 10-13, 1960.

FERREIRA, D. F. **Sisvar**: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

GUIRRA, K. S.; TORRES, S. B.; LEITE, M. S.; GUIRRA, B. S.; NOGUEIRA, F. A.; RÊGO, A. L. Phytohormones on the germination and initial growth of pumpkin seedlings under different types of water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, p. 827-833, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n12p827-833>. Acesso em: 27 set. 2021.

HASSAN, F. A.; EL-JUHANY, L. I; EL-SETTAWY, A. A; SHEHATA, M. S. Effects of irrigation with sewage effluent on the growth of some forest trees species, physical and chemical properties of the soil. In: Proceeding of the second Conference “**Sustainable Agricultural Development**” 8–10 de maio, Fayoum, p. 300–311, 2002.

IBGE. SIDRA: produção agrícola municipal. Brasília, DF, 2020. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado>. Acesso em: 04 mar. 2021.

JOHNSON, J. D.; CLINE, P. M. Seedling quality of southern pines. In: DUREYA, M. L.; DOUGHERTY, P. M. (org.). **Forest regeneration manual**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1991. p. 143-162.

LIMA, F. V. S.; CASIMIRO, D. E.; PEREIRA JUNIOR, E. B.; SILVA, P.; CASSIMIRO, C. A. L. Análise morfológica de mudas de maracujazeiro irrigadas com diferentes tipos de água. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 13, n. 2, p. 01-06, 2019. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RBGA/article/view/6126>. Acesso em: 30 set. 2021.

LEITE, T. S.; FREITAS, R. M. O.; NOGUEIRA, N. W.; LEITE, M. S.; PINTO, J. R. S. The use of saline aquaculture effluent for production of *Enterolobium contortisiliquum* seedlings. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 24, n. 23, p. 19306-19312, 2017. Disponível em: [10.1007 / s11356-017-9577-1](https://doi.org/10.1007/s11356-017-9577-1). Acesso em: 15 set. 2021.

LUNARDI, D. G.; VARELLA, F. K. O. M.; DOMBROSKI, S. A. G.; LUNARDI, V. O.; CARNEIRO, B. T. S., ALMEIDA, N. R. A. **Plano de gestão de logística sustentável da UFERSA**. Mossoró, 2013. Disponível em: [https://documentos.ufersa.edu.br/wp-content/uploads/sites/79/2015/03/PLSdefinitivo\\_UFERSA2013.pdf](https://documentos.ufersa.edu.br/wp-content/uploads/sites/79/2015/03/PLSdefinitivo_UFERSA2013.pdf). Acesso em: 10 set. 2021.

MEDEIROS, D. C.; MARQUES, L. F.; DANTAS, M. R. D. S.; MOREIRA, J. N.; AZEVEDO, C. M. S. B. Produção de mudas de meloeiro com efluente de piscicultura em diferentes tipos de substratos e bandejas. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 5, n. 2, p.

65-71, 2010. Disponível em: <https://revistas.aba-agroecologia.org.br/rbagroecologia/article/view/9619>. Acesso em: 11 set. 2021.

MEDEIROS, D. C. D.; AZEVEDO, C. M. S. B.; MARQUES, L. F.; SOUSA, R. A.; OLIVEIRA, C. J. D. Qualidade de mudas de tomate em função do substrato e irrigação com efluente de piscicultura. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 8, n. 2, p. 170-175, 2013. Disponível em: <https://revistas.aba-agroecologia.org.br/rbagroecologia/article/view/10389>. Acesso em: 08 set. 2021.

MENDONÇA, V. **Cultura da goiaba**. Mossoró: Ed. UFERSA, 2011.

NÓBREGA, E. P.; SARMENTO, M. I. A.; RODRIGUES, M. L. M. Desenvolvimento inicial de mudas de goiabeira irrigadas com diferentes tipos de água. **Revista de Agroecologia no Semiárido**, v. 1, n. 2, p. 01-09, 2017. Disponível em: 10.35512 / ras.v1i2.1774. Acesso em: 02 set. 2021.

OLIVEIRA, F. D. A.; OLIVEIRA, F. R.; CAMPOS, M. D. S.; OLIVEIRA, M. K.; MEDEIROS, J. F.; SILVA, O. M. D. P. Interação entre salinidade e fontes de nitrogênio no desenvolvimento inicial da cultura do girassol. **Revista Brasileira de Ciência Agrária**, v. 5, n. 4, p. 479-484, 2010. Disponível em: 10.5239/agraria.v5i4.806. Acesso em: 04 set. 2021.

OLIVEIRA, F. T.; HAFLE, O. M.; MENDONÇA, V.; MOREIRA, J. N.; MARACAJÁ, P. B. Produção de mudas de goiabeira com diferentes fontes e proporções de adubos orgânicos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 2, p. 111-116, 2014. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/2711>. Acesso em: 05 set. 2021.

PEREIRA JUNIOR, E. B.; SILVA, I. S. C.; SARMENTO, W. D.; OLIVEIRA FILHO, F. S.; RODRIGUES, M. C. E.; ARAÚJO, M. R. S., SANTOS, P. A. Produção de mudas de mangueira irrigadas com diferentes tipos de águas no sertão paraibano. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 14, n. 1, p. 43-48, 2020. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RBGA/article/view/7645>. Acesso em: 04 set. 2021.

PINTO, J. R. S.; FREITAS, R. M.; LEITE, T. S.; OLIVEIRA, F. A.; FERREIRA, H.; LEITE, M. S. Growth of young *Tabebuia aurea* seedlings under irrigation with wastewater from fish farming. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 20, n. 6, p. 519-524,

2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n6p519-524>. Acesso em: 06 set. 2021.

REBOUÇAS, J. R. L.; NETO, M. F.; SILVA DIAS, N.; GOMES, J. W. S.; SOUSA GURGEL, G. C.; QUEIROZ, I. S. R. Qualidade de mudas de sabiá irrigadas com efluente doméstico. **Floresta**, v. 48, n. 2, p. 173-182, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/ufv.v48i2.54366>. Acesso em: 10 set. 2021.

SÁ, F. V. S.; NOBRE, R. G.; SILVA, L. A.; MOREIRA, R. C.; PAIVA, E. P.; OLIVEIRA, F. A. Tolerância de porta-enxertos de goiabeira ao estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 12, p. 1072-1077, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n12p1072-1077>. Acesso em: 09 set. 2021.

SENA, G. S.; NOBRE, R. G.; SOUZA, L. P.; ARAÚJO, S. C. A.; SILVA, I. A. Crescimento de porta-enxerto de goiabeira cv. Paluma irrigada com águas salinas e adubação nitrogenada. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 26, n. 2, p. 190-199, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.13083/reveng.v26i2.855>. Acesso em: 12 set. 2021.

SINGH, G.; BHATI, M. GROWTH, biomass production, and nutrient composition of *Eucalyptus* seedlings irrigated with municipal effluent in Loamy Sand Soil of Indian Desert, **Journal of Plant Nutrition**, v. 26, n. 12, p. 2469-2488, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1081/PLN-120025473>. Acesso em: 13 set. 2021.

SILVA, J. E.; BARBOSA, L. G.; SILVA, F. Z.; SILVA, T. B.; MATIAS, J. R.; RIBEIRO, R. C.; DANTAS, B. F. Produção de mudas de moranga e abóboras irrigadas com água biossalina. **Scientia Plena**, v. 10, n. 10, p. 1-10, 2014. Disponível em: <https://www.scientiaplena.org.br/sp/article/view/1960>. Acesso em: 18 set. 2021.

SILVA, R. J.; GAVAZZA, S.; FLORENCIO, L.; NASCIMENTO, C. W. A.; KATO, M. T. Cultivo de mudas de eucalipto irrigadas com esgoto doméstico tratado. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 20, n. 2, p. 323-330, 2015. Disponível em: [10.1590/S1413-41522015020000084883](https://doi.org/10.1590/S1413-41522015020000084883). Acesso em: 29 set. 2021.

SILVA, E. D.; NOBRE, R. G.; SOUZA, L. D. P.; ARAÚJO, R. H. C. R.; PINHEIRO, F. W. A.; ALMEIDA, L. D. S. Morfisiologia de porta-enxerto de goiabeira irrigado com águas salinizadas sob doses de nitrogênio. **Comunicata Scientiae**, v. 8, n. 1, p. 32-42, 2017. Disponível em: [10.14295/cs.v8i1.1547](https://doi.org/10.14295/cs.v8i1.1547). Acesso em: 06 set. 2021.

SOUZA, P. S.; NOBRE, R. G.; SILVA, E. M.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A. Produção de porta-enxerto de goiabeira cultivado com águas de diferentes salinidades e doses de nitrogênio. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 4, p. 596-604, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170069>. Acesso em: 11 set. 2021.

TÁVORA, F. J. A. F.; PEREIRA, R. G.; HERNADEZ, F. F. F. Crescimento e relações hídricas em plantas de goiabeira submetidas a estresse salino com Na Cl. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 2, p. 441-446, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452001000200050>. Acesso em: 12 set. 2021.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. Ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2017.

WILLADINO, L.; CAMARA, T. R. Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n. 11, p. 1-23, 2010.

ZUCOLOTO, M. et al. Estimativa de área foliar de goiaba (*Psidium Guajava* L.) por meio de dimensões lineares do limbo foliar. In: X Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação, 2006, São José dos campos, SP. **Anais...**São José dos campos: IP&D/UNIVAP, p. 2910-2912, 2006.

## CAPÍTULO II

### RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E NUTRICIONAIS DE PORTA-ENXERTO DE GOIABEIRA CV. PALUMA FERTIRRIGADOS COM DILUIÇÕES DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS

#### RESUMO

As águas residuárias podem ser consideradas uma alternativa hídrica e nutricional excelente para os cultivos agrícolas, porém a presença de altas concentrações de sais e de outros compostos em sua composição pode afetar o desenvolvimento da maioria das plantas. Portanto, objetivou-se avaliar o efeito de diluições de dois tipos de águas residuárias em água de poço sobre as características fisiológicas e nutricionais de porta-enxerto de goiabeira cv. Paluma no semiárido potiguar. Para isso, utilizou-se o delineamento em blocos casualizados no esquema fatorial 2 x 5, sendo duas fontes hídricas de reuso agrícola (água cinza e efluente da aquicultura) e cinco diluições das águas residuárias (AR) em água de poço (AP) (D1- 100% de AP; D2 - 75% de AP + 25% de AR; D3 - 50% de AP + 50% de AR; D4 - 25% de AP + 75% de AR e D5 - 100% de AR), totalizando 10 tratamentos com quatro repetições, sendo cada unidade experimental composta por quatro porta-enxertos. Aos 140 dias após a semeadura, os porta-enxertos foram avaliados quanto às trocas gasosas, fluorescência da clorofila e teores nutricionais nas folhas e raízes. Verificou-se que a água cinza na diluição D4 apresenta maiores valores de condutância estomática, taxa de assimilação líquida e eficiência de carboxilação nas trocas gasosas; além disso, a fluorescência da clorofila não é afetada pelas águas residuárias. Tanto a água cinza quanto o efluente da aquicultura incrementam os teores de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e B dos porta-enxertos, mas não suprem as necessidades de N e  $\text{K}^+$ .

**Palavras-chave:** *Psidium guajava* L, trocas gasosas, efluente, acúmulo de nutrientes.



**PHYSIOLOGICAL AND NUTRITIONAL RESPONSES TO THE GUAVA GRAFT  
HOLDER CV. PALUMA FERTIRRIGATION WITH DILUTIONS OF  
WASTEWATER**

**ABSTRACT**

Wastewater can be considered an excellent water and nutritional alternative for agricultural crops, however the presence of high concentrations of salts and other compounds in its composition can affect the development of most plants. Thus, the objective of this research was to evaluate the effect of dilutions of two types of wastewater in well water, on the physiological and nutritional characteristics of guava rootstock cv. Paluma in the semi-arid potiguar region. For this, a randomized block design in a 2 x 5 factorial scheme was used, with two water sources for agricultural reuse (grey water and aquaculture effluent) and five dilutions of wastewater (AR) in well water (AP) (D1 - 100% AP; D2 - 75% AP + 25% AR; D3 - 50% AP + 50% AR; D4 - 25% AP + 75% AR and D5 - 100% AR), totaling 10 treatments with four replications, each experimental unit being composed of four rootstocks. At 140 days after sowing, the rootstocks were evaluated for gas exchange, chlorophyll fluorescence and nutritional contents in leaves and roots. It was verified that grey water in the D4 dilution presents higher values of stomatal conductance, net assimilation rate and carboxylation efficiency in gas exchange; in addition, chlorophyll fluorescence is not affected by wastewater. Both grey water and aquaculture effluent increase the Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> and B contents of the rootstocks, but do not supply the N and K<sup>+</sup> requirements.

**Keywords:** *Psidium guajava* L, gas exchange, effluent, nutrient accumulation.

## 1 INTRODUÇÃO

A goiabeira (*Psidium guajava* L.) é uma espécie arbustiva a arbórea de pequeno porte, pertencente à família Myrtaceae. Produz frutas com ótima aceitação no mercado, possui muitas fibras e é rica em vitamina C e sais minerais, sendo consumida *in natura* e na produção de diversas linhas de produtos industrializados (CAVALCANTE et al., 2019).

O Brasil produziu, em 2019, 584.223 toneladas dessa fruta em 22.269 ha, com rendimento médio de 26,4 kg ha<sup>-1</sup>. O Rio Grande do Norte apresenta rendimento médio de 8.491 kg ha<sup>-1</sup>, com quase 3.000 toneladas produzidas em uma área de 322 ha (IBGE, 2021).

A produção de porta-enxerto é uma das etapas mais importantes na formação de um pomar de goiabeira, pois influencia na obtenção de plantas saudáveis com a utilização de cultivares resistentes aos nematoides, precoces, com alto potencial produtivo e resistentes a condições climáticas adversas (ABRANTES et al., 2017).

A região semiárida é caracterizada por uma irregularidade espacial e distribuição temporal de precipitações pluviométricas. Para reduzir a escassez de água, buscam-se alternativas viáveis, como o uso de água de qualidade inferior na agricultura irrigada (MEDEIROS et al., 2019). O uso de águas residuárias na agricultura é reconhecido como uma das alternativas mais promissoras para destinação final desses resíduos ricos em nutrientes, sais e matéria orgânica (GONÇALVES et al., 2013).

A legislação brasileira dispõe sobre os limites máximos de poluição permitidos para o uso de águas residuais tratadas na agricultura, e diferentes regulamentos são aplicados em cada estado.

Apesar dos benefícios nutricionais, irrigações sucessivas e/ou concentrações elevadas de águas residuárias podem ser prejudiciais, causando desequilíbrio, toxicidade e inibição de processos fisiológicos, como transpiração, respiração e fotossíntese, além da salinização do solo (MEDEIROS et al., 2019).

Alguns estudos com frutíferas (nectarina e tangerineira) mostraram que o estado nutricional das árvores, o crescimento vegetativo, a fotossíntese cumulativa da planta e a produtividade dos frutos foram positivamente influenciados pela fertirrigação com água residuária tratada em longo prazo, em comparação com água de poço (PERULLI et al., 2019; NICOLÁS et al., 2016).

Estudos com águas residuárias em espécies frutíferas ainda são insipientes na região semiárida, principalmente na produção de porta-enxertos de goiabeira. Nesse contexto, objetivou-se avaliar o efeito de diluições de dois tipos de águas residuárias em água de poço

sobre características fisiológicas e nutricionais de porta-enxertos de goiabeira cv. Paluma no semiárido potiguar.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL**

O experimento foi conduzido no período de fevereiro a julho de 2019, em casa de vegetação da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), Mossoró, RN (5° 11' S, 37° 20' O e altitude média de 18 m). Conforme a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo BSh, apresentando temperatura média do ar de 26,5°C e precipitação pluviométrica anual média de 794mm (ÁLVARES et al., 2013).

Durante o experimento, foram observadas temperatura e umidade relativa média dentro da casa de vegetação por um termo higrômetro portátil, apresentando temperatura média de 31°C e umidade relativa de 62%.

A estrutura da casa de vegetação é de aço galvanizado e as paredes laterais e frontais são confeccionadas com malha preta tipo sombrite (50% de sombreamento). A cobertura é na forma de arco tipo túnel, medindo 7,0 m de largura e 18,0 m de comprimento e pé direito de 3,0 m, coberta com manta de polietileno de baixa densidade, transparente, com 0,15 mm de espessura.

### **2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL**

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados (DBC), conduzido no esquema fatorial 2 x 5, sendo duas fontes hídricas de reuso para fertirrigação (água cinza e efluente da aquicultura) e cinco diluições das águas residuárias (AR) em água de poço (AP) (D1- 100% de AP; D2 – 75% de AP + 25% de AR; D3 – 50% de AP + 50% de AR; D4 - 25% de AP + 75% de AR e D5 – 100% de AR) conforme metodologia proposta também por Leite et al. (2017), totalizando 10 tratamentos com quatro repetições, sendo cada unidade experimental composta por quatro plantas.

### **2.3 CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS**

A água de poço foi proveniente da rede hidráulica do campus da UFERSA, cujo poço tubular profundo possui vazão contínua de 30m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup> (LUNARDI et al., 2013); a água cinza foi coletada de uma estação de tratamento, dotada de tanque séptico e filtro anaeróbico,

localizada no Centro de Multiplicação de Animais Silvestres (CEMAS), dentro da UFERSA e transportada até o local do experimento; o efluente da aquicultura foi coletado no Setor de Aquicultura da UFERSA, vindo de tanques experimentais de Tilápia (*Oreochromis niloticus*) e camarão, utilizando ração convencional extrusada Guabi aqua (Pirá Crescimento), dentro da universidade e transportado até o local do experimento.

Após a coleta, as águas residuárias foram armazenadas em caixas d'água com capacidade para 300 L, para posteriores diluições conforme os tratamentos, acondicionados e identificados em recipientes com capacidade para 20 L. Até os 50 dias após a semeadura (DAS), as irrigações foram realizadas utilizando apenas água de poço do campus da UFERSA para garantir a emergência o estabelecimento e a uniformização das porta-enxertos.

As características químicas das águas e tratamentos utilizados durante o experimento foram analisadas no laboratório de Análise de Solo, Água e Planta (LASAP) na UFERSA, estão apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Características químicas da água de poço (AP) e das diluições das águas residuárias (AR) utilizadas no experimento.

Diluições %	pH (água)	CE dS/m	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	RAS	Dureza mg/L	Cátions mmolc/L	ânions mmolc/L
<b>Água de poço</b>													
<b>100AP</b>	8,11	0,55	0,25	4,11	0,64	0,35	2,00	0,60	2,70	5,8	49,5	5,4	5,3
<b>Água cinza</b>													
<b>75AP+25AR</b>	7,70	0,66	0,33	4,54	1,25	0,51	3,80	0,20	3,50	4,8	88	6,6	7,5
<b>50AP+50AR</b>	7,58	0,82	0,43	5,83	1,52	0,61	4,20	0,00	4,80	5,6	106,5	8,4	9,0
<b>25AP+75AR</b>	7,46	0,96	0,53	6,90	2,16	0,45	4,80	0,00	5,90	6,0	130,5	10,0	10,7
<b>100AR</b>	7,38	1,18	0,61	7,72	2,60	0,92	4,80	0,00	6,80	5,8	176	11,8	11,6
<b>Efluente da aquicultura</b>													
<b>75AP+25AR</b>	7,97	1,72	0,38	7,97	4,22	5,54	9,00	0,80	2,90	3,6	488	18,1	12,7
<b>50AP+50AR</b>	8,11	2,52	0,53	12,86	9,26	9,66	15,60	0,70	3,70	4,2	946	32,3	20,0
<b>25AP+75AR</b>	8,09	3,74	0,76	17,41	13,91	13,32	21,80	0,90	3,50	4,7	1361,5	45,4	26,2
<b>100AR</b>	8,05	4,46	0,91	21,87	15,79	20,94	27,60	0,60	4,20	5,1	1836,5	59,5	32,4

CE - Condutividade elétrica; RAS - Razão de Adsorção de Sódio.

## 2.4 CONDIÇÕES DE CULTIVO

Foi utilizada a cv. de goiabeira Paluma, por se tratar de um genótipo vigoroso, de fácil propagação e por ser uma das mais cultivadas na região Nordeste do Brasil (MENDONÇA, 2011). Para a extração das sementes, de frutos adquiridos no mercado local, foi adotado o procedimento de lavagem em água corrente para a retirada de resíduos de polpa, e em

seguida, postas para secar à sombra sobre folhas de papel.

O substrato utilizado foi preparado utilizando uma mistura de solo e esterco de curral curtido na proporção de 3:1 (v/v), respectivamente. Após a mistura e homogeneização do substrato, retirou-se uma amostra para análise química realizada no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas da UFERSA. O mesmo procedimento foi realizado após o experimento, sendo avaliadas as características físicas e químicas, seguindo metodologia de Teixeira et al. (2017), cujas características são apresentadas na Tabela 2.

**Tabela 2:** Características químicas do substrato antes e após o experimento.

<b>Substrato antes do experimento</b>															
AR	pH	CE	M.O.	N	P	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SB	t	CTC	V	PS	
%	(água)	dS/m	---g/kg---		-----mg/dm <sup>3</sup> -----					-----cmol <sup>c</sup> /dm <sup>3</sup> -----					%
	8,40	0,21	18,43	-	34,5	211,7	251,6	6,60	1,10	9,34	9,34	9,34	100	12	
<b>Substrato após o experimento</b>															
<b>Irrigado com água de poço</b>															
<b>0</b>	8,21	0,28	27,00	1,54	368,4	233,1	296,3	7,07	1,06	10,01	10,01	10,01	100	13	
<b>Fertirrigado com água cinza</b>															
<b>25</b>	8,10	0,34	39,20	1,75	188,8	322,1	207,6	6,42	1,88	10,03	10,03	10,03	100	9	
<b>50</b>	8,30	0,24	25,26	1,19	231,1	233,1	316,0	6,28	2,32	10,57	10,57	10,57	100	13	
<b>75</b>	8,14	0,30	24,83	1,54	170,2	213,3	325,9	5,50	1,63	9,09	9,09	9,09	100	16	
<b>100</b>	8,21	0,29	45,73	1,26	155,5	252,9	345,6	6,30	2,05	10,50	10,50	10,50	100	14	
<b>Fertirrigado com efluente da aquicultura</b>															
<b>25</b>	7,83	0,55	26,13	2,31	358,8	213,3	414,6	7,59	2,40	12,34	12,34	12,34	100	15	
<b>50</b>	7,80	0,54	37,46	2,17	231,8	193,5	394,9	6,70	2,42	11,33	11,33	11,33	100	15	
<b>75</b>	7,64	1,06	45,73	1,75	491,5	183,7	463,9	7,56	2,24	12,29	12,29	12,29	100	16	
<b>100</b>	7,70	0,98	27,87	2,03	34,5	211,7	251,6	6,60	1,10	9,34	9,34	9,34	100	12	

Al<sup>3+</sup> e (H + Al) = 0; P, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>: extrator Mehlich 1; Al<sup>3+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>: extrator KCl 1,0 mol L<sup>-1</sup>; M.O.: Digestão Úmida WalkleyBlack; SB - Soma de bases; CE = Condutividade elétrica; CTC = Capacidade de troca de cátions total; PST = Percentagem de sódio trocável

A semeadura foi realizada em recipientes plásticos de polietileno de cor preta (15 x 30 cm), colocando-se três sementes por recipiente, com 1,5 cm de profundidade; após a emergência, realizou-se desbaste de modo a permanecer apenas uma plântula em cada recipiente.

A quantidade de água aplicada nos recipientes contendo os porta-enxertos foi determinada utilizando-se o método da pesagem. O cálculo do volume de água a ser adicionada ao solo foi feito utilizando-se a média de três recipientes plásticos de polietileno previamente identificados para cada tratamento.

## 2.5 CARACTERES FISIOLÓGICOS

Aos 140 dias após a semeadura, os porta-enxertos foram avaliados quanto às trocas gasosas, no período de 7h às 9h. As avaliações foram realizadas nas folhas totalmente expandidas situadas no terço superior de cada planta, com analisador de gás carbônico no infravermelho portátil (IRGA), modelo LCPro<sup>+</sup> Portable Photosynthesis System<sup>®</sup> (ADC Bio Scientific Limited, UK) LCPro<sup>+</sup> com controle de temperatura a 25 °C, irradiação de 1200  $\mu\text{mol}$  fótons  $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$  e fluxo de ar de 200  $\text{mL min}^{-1}$ . Os parâmetros fisiológicos analisados foram: taxa de assimilação líquida ( $A_N$ ,  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), transpiração ( $E$ ,  $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), condutância estomática ( $g_s$ ,  $\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ,  $\mu\text{mol mol}^{-1}$ ) e a temperatura foliar ( $T_L$ , °C). De posse desses dados, foram quantificadas a eficiência no uso da água (EUA) ( $A_N/E$ ,  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol H}_2\text{O}$ ) e a eficiência de carboxilação ( $A_N/C_i$ ,  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{ ppm CO}_2^{-1}$ ).

Logo após a análise de trocas gasosas, foi avaliada a fluorescência da clorofila *a*, usando-se um fluorômetro de pulso modulado modelo OS5p da Opti Science; utilizou-se o protocolo Fv/Fm para avaliações em condições de escuro. Nessas condições, foram estimadas as seguintes variáveis de indução de fluorescência: fluorescência inicial ( $F_o$ ), fluorescência máxima ( $F_m$ ), fluorescência variável ( $F_v = F_m - F_o$ ), máxima eficiência quântica do PSII ( $F_v/F_m$ ).

## 2.6 STATUS NUTRICIONAL

Após as análises fisiológicas, os porta-enxertos foram separados em folhas, caule e raiz, levadas a estufa de circulação forçada de ar com temperatura constante de 60 °C. A matéria seca das folhas, caule e raiz foram trituradas em moinho de aço do tipo Willey, com posterior armazenamento em recipientes de plástico etiquetados, seguindo para análise. No laboratório, o material passou por digestão via úmida ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  98% p.a. +  $\text{H}_2\text{O}_2$ , 98% p.a.) em sistema aberto, para a determinação das concentrações totais de nitrogênio (N) pelo método de Kjeldahl; e digestão em ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$  98% p.a.) em forno micro-ondas para a obtenção do extrato utilizado na leitura das concentrações totais na folha e raiz, de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e micronutrientes como ferro (Fe), Manganês (Mn), Zinco (Zn), boro (B) e sódio (Na) de acordo com os procedimentos sugeridos pela Embrapa (2009), e as leituras foram realizadas em Plasma por Acoplamento Indutivo (ICP).

## 2.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F, seguido do teste de comparação de médias e, nos casos de significância, as médias foram agrupadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o *software* estatístico Sisvar (FERREIRA, 2011).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 TROCAS GASOSAS

Na avaliação das trocas gasosas, houve diferença significativa ( $p < 0,01$ ) para a interação entre fontes de águas residuárias e as diluições (AR x D) para as variáveis condutância estomática (gs), taxa de assimilação líquida ( $A_N$ ) e eficiência de carboxilação ( $A_N/C_i$ ).

Estudando os efeitos isolados, houve significância ( $p < 0,01$ ) nas fontes de água residuária para eficiência de carboxilação ( $A_N/C_i$ ) e nas diluições para a concentração interna de  $CO_2$  ( $C_i$ ), taxa de assimilação líquida ( $A_N$ ), eficiência instantânea do uso da água (EiUA) e eficiência de carboxilação ( $A_N/C_i$ ). Não ocorreu diferença significativa entre as fontes de águas residuárias para as variáveis  $C_i$ , E, EiUA e TL (Tabela 3).

**Tabela 3.** Resumo da análise da variância para concentração interna de  $CO_2$  ( $C_i$ ), transpiração (E), condutância estomática (gs), taxa de assimilação líquida ( $A_N$ ), eficiência instantânea do uso da água (EiUA), eficiência de carboxilação ( $A_N/C_i$ ) e temperatura foliar (TL) de porta-enxerto de goiabeira fertirrigados com diluições de efluente da aquicultura (EA) e água cinza (AC) aos 140 dias de produção de porta-enxertos.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio						
		$C_i$ $\mu\text{mol mol}^{-1}$	E $\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$	gs	$A_N$ $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	EiUA $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} / \text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$	$A_N/C_i$	TL $^{\circ}\text{C}$
Águas residuárias (AR)	1	313,60 <sup>ns</sup>	0,097 <sup>ns</sup>	0,0004 <sup>ns</sup>	2,187 <sup>ns</sup>	0,016 <sup>ns</sup>	0,00021**	1,395 <sup>ns</sup>
Diluições (D)	4	2256,16**	0,276 <sup>ns</sup>	0,0005 <sup>ns</sup>	7,272**	1,340**	0,00026**	2,454 <sup>ns</sup>
AR x D	4	159,28 <sup>ns</sup>	0,263 <sup>ns</sup>	0,0007**	5,170**	0,006 <sup>ns</sup>	0,0007**	0,540 <sup>ns</sup>
Bloco	3	263,83	1,449	0,0003	1,269	3,759	0,00001	21,575
Resíduo	27							
CV (%)		10	19,93	22,08	18,07	18,59	13,06	2,59

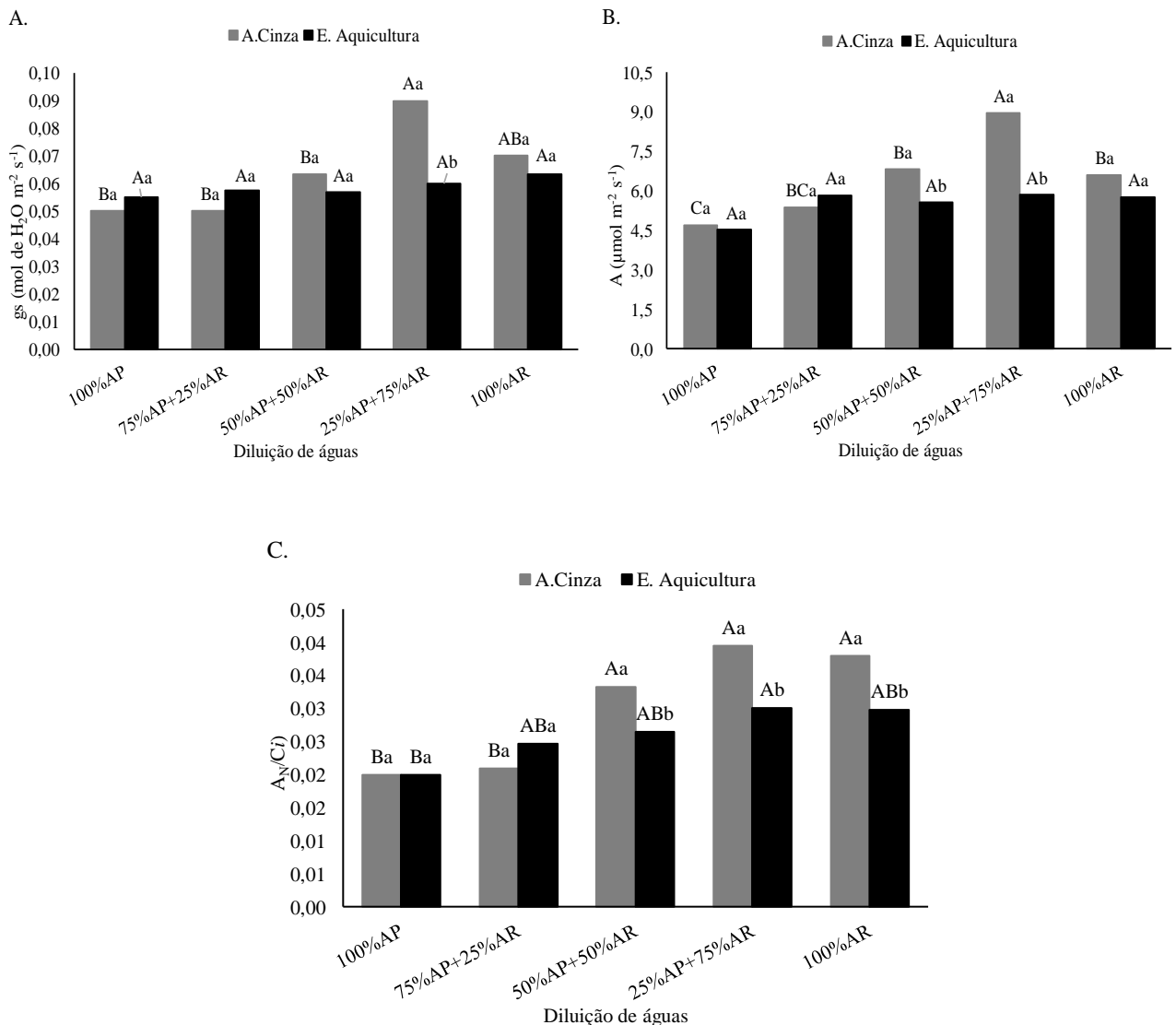
\*\* = significativo a 1% pelo teste F e \* = significativo a 5% pelo teste F de probabilidade; NS = não significativo; GL = Graus de liberdade; CV = Coeficiente de variação.

As variáveis gs,  $A_N$  e  $A_N/C_i$  dos porta-enxertos de goiabeira apresentaram comportamento semelhante, na comparação entre diluições utilizadas, tendo os porta-enxertos

fertirrigados com água cinza se mostraram superiores aos fertirrigados com efluente da aquicultura. A aplicação da diluição com 75% de água residuária cinza (D4) alavancou a  $g_s$ ,  $A_N$  e  $A_N/C_i$  em 76,9, 90,42, 77,27% quando comparada com os porta-enxertos que foram submetidas a D1, respectivamente (Figuras 1A, 1B e 1C).

Quando os porta-enxertos foram fertirrigados com efluente da aquicultura,  $g_s$  e  $A_N$  não diferiram significativamente com as diluições utilizadas, já para a  $A_N/C_i$  houve superioridade nos valores quando foi utilizada a diluição D4 (Figuras 1A, 1B e 1C).

A fertirrigação com água da aquicultura (100%) aumentou a condutividade elétrica do substrato em até 404,76% (Tabela 2), na comparação com os porta-enxertos que receberam água residuária cinza. Acredita-se que a menor condutância estomática e, conseqüentemente, a taxa de assimilação líquida dos porta-enxertos tratados com efluente da aquicultura em relação aos fertirrigados com água cinza se devam à alta salinidade presente nessas águas, afetando a osmorregulação (BHATI; SINGH, 2003).





**Figura 1.** Médias e teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) para condutância estomática ( $g_s$ , A), taxa de assimilação líquida ( $A_N$ , B) e eficiência de carboxilação ( $A_N/C_i$ , C) de porta-enxerto de goiabeira fertirrigado com diluições de efluente da aquicultura (EA) e água cinza (AC) aos 140 dias de produção, Letras maiúsculas comparam as diluições (AP+AR) e letras minúsculas comparam médias entre águas residuárias. Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Alguns estudos demonstram que o uso de água com alta condutividade elétrica reduz a condutância estomática ( $g_s$ ) em consequência do fechamento total ou parcial estomático para reduzir a perda de água, como observado por Bezerra et al. (2018) em mudas de goiabeira cv. Paluma, tendo havido redução na  $g_s$  de 0,20 para 0,12 mol de  $H_2O\ m^{-2}\ s^{-1}$  com o aumento da condutividade elétrica até (3,5 dS  $m^{-1}$ ). Essa é uma resposta comumente observada em plantas submetidas ao estresse salino (TAIZ et al., 2017).

Embora o efluente da aquicultura apresente condutividade elétrica variando de 1,72 a 4,46 dS  $m^{-1}$  (Tabela 1), não houve diferenças significativas na condutância estomática em suas distintas diluições. Apesar das reduções na concentração interna de  $CO_2$  ( $C_i$ ), a atividade fotossintética dos porta-enxertos foi mantida. Resultados semelhantes foram verificados por Silva (2019) estudando o uso de efluente da piscicultura em plantas de tomateiro.

A taxa de assimilação líquida obteve a resposta máxima de 8,95  $\mu\text{mol}\ m^{-2}\ s^{-1}$  quando os porta-enxertos foram fertirrigados com água cinza na diluição D4. Esse resultado demonstra que a concentração de 75% de água residuária (D4) foi importante no incremento da condutância estomática, taxa de assimilação líquida e eficiência de carboxilação. Esse aumento geralmente está relacionado ao fato de que as águas residuárias são uma fonte rica em nutrientes e matéria orgânica, proporcionando melhorias na fertilidade do substrato, resultando em melhor aproveitamento fotossintético.

Valores maiores de taxa de assimilação líquida foram observados por Santana et al. (2020), correspondendo a 19,09  $\mu\text{mol}\ de\ CO_2\ m^{-2}$  nas mudas de goiabeiras fertirrigadas com nitrogênio e biofertilizante líquido bovino.

As variáveis  $C_i$  e TL apresentaram médias com superioridade de 24,06 e 2,50% entre as diluições de águas residuárias D1 em comparação a D5. Verifica-se também que os porta-enxertos fertirrigados com a diluição D5 incrementaram em até 36,07% a EiUA, sem causar danos à atividade transpiratória, com média geral de 2,11 (mol de  $H_2O\ m^{-2}\ s^{-1}$ ) (Tabela 4).

**Tabela 4.** Teste de médias para concentração interna de  $CO_2$  ( $C_i$ ), transpiração (E), eficiência instantânea do uso da água (EiUA) e temperatura foliar (TL) de porta-enxerto de goiabeira

fertirrigado com diluições de efluente da aquicultura (EA) e água cinza (AC) aos 140 dias de produção de porta-enxertos.

Águas residuárias	Teste de Médias			
	Ci	E	EiUA	TL
AC	208,25 a	2,16 a	2,85 a	37,75 a
EA	202,65 a	2,06 a	2,89 a	38,12 a
<b>Diluições</b>				
D1-100%AP	232,50 a	2,37 a	2,19 b	38,86 a
D2-75%AP+25%AR	200,75 b	1,97 a	2,83 ab	37,69 ab
D3-50%AP+50%AR	199,87 b	2,01 a	3,13 a	37,84 ab
D4-25%AP+75%AR	207,50 ab	2,25 a	3,21 a	37,39 b
100%AR	187,00 b	1,95 a	2,98 a	37,91 ab
DMS	30,02	0,61	0,77	1,43

Medias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ); DMS = Diferença mínima significativa.

Esses resultados mostram que houve manutenção da EiUA dos porta-enxertos fertirrigados com águas residuárias, visto que a eficiência no uso da água, expressa pela relação entre a fotossíntese e a transpiração, está relacionada à quantidade de carbono que a planta fixa por cada unidade de água que perde (TAIZ; ZEIGER, 2017).

Mesmo não havendo danos à atividade transpiratória nem prejuízos a EiUA nos porta-enxertos fertirrigados com diluições com maiores proporções de águas residuárias, percebe-se que a concentração interna de  $\text{CO}_2$  foi afetada, possivelmente pela salinidade da água, que aumenta conforme aumenta a proporção de água residuária (Tabela 1).

O excesso de sais no solo promove uma limitação de água disponível para as plantas, além de promover efeito tóxico, devido à absorção de grandes quantidades de íons, que pode acarretar na ruptura de membranas e organelas, causando desequilíbrio osmótico na célula (MUNNS; TESTER, 2008).

Na literatura, os efeitos das águas residuárias variam em função da origem de produção, das condições de armazenamento, dentre outros fatores. Nesse sentido, pesquisas sobre a influência das águas residuárias na atenuação dos efeitos proporcionados pelo excesso de sais nas trocas gasosas das plantas é incipiente e variável entre as espécies, necessitando, portanto, de mais investigações.

### 3.2 FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA

Analisando a fluorescência da clorofila, verificou-se que não houve efeito significativo da interação, nem efeitos isolados das fontes de água residuária e diluições das águas nas variáveis FO, FM, FV e (FV/FM) dos porta-enxertos de goiabeira (Tabela 5).

**Tabela 5.** Resumo da análise de variância para as variáveis fluorescência inicial (FO), fluorescência máxima (FM), fluorescência variável (FV) e máxima eficiência quântica do fotossistema II (FV/FM) de porta-enxertos de goiabeira fertirrigados com diluições de efluente da aquicultura (EA) e água cinza (AC) aos 140 dias de produção de porta-enxertos.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio			
		Fo	Fm	Fv	Fv/Fm
		-----Elétrons quantum <sup>-1</sup> -----			
Águas residuárias (AR)	1	2016,4 <sup>ns</sup>	10758,4 <sup>ns</sup>	22090,0 <sup>ns</sup>	0,0008 <sup>ns</sup>
Diluições (D)	4	876,8 <sup>ns</sup>	12244,2 <sup>ns</sup>	9654,4 <sup>ns</sup>	0,0001 <sup>ns</sup>
AR x D	4	1987,7 <sup>ns</sup>	27490,6 <sup>ns</sup>	24565,8 <sup>ns</sup>	0,0003 <sup>ns</sup>
Bloco	3	134,5	6952,0	8058,3	0,0001
Resíduo	27				
Média geral		506,95	2344,40	1837,45	0,7828
CV (%)		6,97	6,4	7,33	1,84

Medias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

As variáveis de fluorescência Fo, Fm, Fv, Fv/Fm apresentaram médias gerais de 506,95 (elétrons quantum<sup>-1</sup>), 2344,40 (elétrons quantum<sup>-1</sup>), 1837,45 (elétrons quantum<sup>-1</sup>), 0,78, respectivamente (Tabela 5).

Segundo Parihar et al. (2015), o fotossistema II (PSII) é um componente sensível da máquina fotossintética e responsivo em casos de estresses abióticos. As variáveis de fluorescência não foram prejudicadas pela fertirrigação com águas residuárias, conforme comprovado pelos valores de Fv/Fm (0,78), que ficaram acima de 0,75.

Isso indica que não houve degradação do aparato fotossintético dos porta-enxertos de goiabeira, pois muitos autores consideram valores entre 0,75 e 0,85 como normais em plantas não estressadas (SILVA et al., 2014; SOARES et al., 2018), mostrando, assim, que não houve alterações mínimas na fluorescência para promover reduções na eficiência desse fotossistema e na cadeia de transporte de elétrons, alterando a ETR e acarretando diminuição da atividade fotossintética.

Comportamento semelhante foi observado por Silva et al. (2014) ao comparar híbridos de citrus com potencial para porta-enxertos sob estresse salino, verificando que três dos cinco híbridos testados mostraram-se mais tolerantes, apresentando valores de Fv/Fm superiores a 0,75, conseqüentemente não havendo comprometimento do fotossistema nem das trocas gasosas.

### 3.3 TEOR NUTRICIONAL FOLIAR

Na análise de variância para os dados nutricionais, verifica-se efeito significativo da interação entre os fatores estudados para os teores Ca, Fe e B ( $p < 0,01$ ). A água residuária afetou significativamente os teores de Mg e Fe a 1% de probabilidade e B, ao nível de 5% de probabilidade. Para o fator diluição, houve efeito para N e P a 5% de probabilidade e para K, Mn, B e Na ao nível de 1% de probabilidade (Tabela 6).

**Tabela 6.** Resumo da análise de variância para os teores de macronutrientes, nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), de micronutrientes, ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), boro (B) e de sódio (Na) das folhas de porta-enxerto de goiabeira fertirrigado com diluições de efluente da aquicultura (EA) e água cinza (AC) aos 140 dias de produção de porta-enxertos.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio				
		N	P	K	Ca	Mg
-----g kg <sup>-1</sup> -----						
Águas residuárias (AR)	1	0,19 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	2,62 <sup>ns</sup>	2,49 <sup>ns</sup>	26,81 <sup>**</sup>
Diluições (D)	4	20,87 <sup>*</sup>	0,11 <sup>*</sup>	7,31 <sup>**</sup>	1,58 <sup>ns</sup>	6,34 <sup>ns</sup>
AR x D	4	11,24 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	1,33 <sup>ns</sup>	21,08 <sup>**</sup>	6,86 <sup>ns</sup>
Bloco	3	1,61	0,00	0,53	2,93	3,29
Resíduo	27					
CV (%)		11,26	7,49	9,42	10,15	11,72

Fonte de variação	Graus de liberdade	Fe	Mn	Zn	B	Na
		-----mg kg <sup>-1</sup> -----				
Águas residuárias (AR)	1	490,63 <sup>**</sup>	96,59 <sup>ns</sup>	1,73 <sup>ns</sup>	354,02 <sup>*</sup>	24,03 <sup>ns</sup>
Diluições (D)	4	53,73 <sup>ns</sup>	171,81 <sup>**</sup>	23,62 <sup>ns</sup>	492,84 <sup>**</sup>	43558,5 <sup>**</sup>
AR x D	4	255,05 <sup>**</sup>	11,59 <sup>ns</sup>	87,07 <sup>ns</sup>	402,21 <sup>**</sup>	7568,6 <sup>ns</sup>
Bloco	3	8,11	105,11	280,97	248,69	132876
Resíduo	27					
CV (%)		10,11	8,83	19,43	8,21	18,37

\*\* = significativo a 1% e \* = significativo a 5% de probabilidade; NS = não significativo; GL = Graus de liberdade; CV = Coeficiente de variação.

Os teores de N, P, K, Mn, Zn e Na, do tecido foliar dos porta-enxertos de goiabeira não apresentaram diferenças estatísticas para as águas residuárias utilizadas; por sua vez, o teor de Mg foi superior em 12,57% nos porta-enxertos fertirrigados com efluente da aquicultura em comparação aos porta-enxertos fertirrigados com água cinza (Tabela 7).

**Tabela 7.** Valores médios para teores de macronutrientes, nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), magnésio (Mg), manganês (Mn) e zinco (Zn) e sódio (Na) das folhas de porta-enxertos de goiabeira fertirrigados com diluições de efluente da aquicultura (EA) e água cinza (AC) aos 140 dias de produção de porta-enxertos.

Teste de Médias							
Águas residuárias	N	P	K	Mg	Mn	Zn	Na
AC	22,07 a	2,42 a	11,75 a	13,04 b	66,18 a	32,64 a	553,95 a
EA	22,22 a	2,49 a	11,23 a	14,68 a	63,07 a	32,23 a	555,50 a
Diluições							
D1-100%AP	21,95 ab	2,60 a	12,40 a	13,16 a	72,0 a	34,69 a	445,63 b
D2-75%AP+25%AR	23,41 ab	2,41 ab	11,69 a	12,88 a	59,67 b	31,00 a	524,75 ab
D3-50%AP+50%AR	21,38 ab	2,48 ab	11,74 a	13,74 a	65,12 ab	33,00 a	575,75 ab
D4-25%AP+75%AR	24,03 a	2,51 ab	11,75 a	14,53 a	62,06 b	33,04 a	585,75 ab
D5-100%AR	19,98 b	2,29 b	9,86 b	14,98 a	64,29 ab	30,44 a	641,75 a
DMS	3,64	0,27	1,58	2,37	8,33	9,2	148,8

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ); DMS = Diferença mínima significativa.

O teor de N dos porta-enxertos fertirrigados com as diluições D1, D2 e D3 não apresentou diferença significativa; o maior valor de nitrogênio foi obtido quando os porta-enxertos foram fertirrigados com a diluição D4 (24,04 g kg<sup>-1</sup>) (Tabela 7).

Pelos teores médios de N (22,15 g kg<sup>-1</sup>) dos porta-enxertos de goiabeira ‘Paluma’, irrigados com diluições de águas residuária, verifica-se que este elemento está abaixo da faixa recomendada por Souza et al. (2015), que é de 24 a 28 g kg<sup>-1</sup>, porém está dentro da faixa considerada adequada por Natale et al. (2018) para a cultura da goiabeira ‘Paluma’ (20 a 23 g kg<sup>-1</sup>).

Rebouças et al. (2018), estudando mudas de sabiá com esgoto doméstico nas mesmas diluições deste ensaio, verificaram que dentre os macronutrientes apenas N foi superior nas folhas dos porta-enxertos, ao passo que os demais não diferiram estatisticamente para as diferentes diluições.

Para o potássio, verificou-se que apenas os porta-enxertos fertirrigados exclusivamente com água residuária apresentaram menores concentrações deste nutriente não ocorrendo diferença significativa entre as demais diluições (Tabela 7).

O teor de potássio apresentado nas folhas dos porta-enxertos está abaixo da faixa descrita por Souza et al. (2015) (2,4 a 3,1 g kg<sup>-1</sup>). Esse fato pode estar relacionado à baixa oferta deste nutriente presente nas águas residuárias (Tabela 1). Segundo Graber; Junge (2009), em sistemas aquapônicos que dependem exclusivamente de dejetos de peixes para fornecer nutrientes às plantas, são relatados baixos níveis de potássio, que não é adicionado à alimentação dos peixes, não entrando, portanto, no sistema (TYSON et al., 2017).

Em estudos com diferentes fontes de águas residuárias (piscicultura, esgoto doméstico e municipal), outros autores também observaram baixos teores de potássio no tecido foliar das espécies avaliadas (ROCHA et al., 2014; BHATI; SINGH, 2003).

A mistura de águas, contendo águas residuárias cinza e efluente da aquicultura, não proporcionou ganhos nos teores de fósforo, visto que na diluição D1 os valores de P foram estatisticamente superiores às demais diluições, não ocorrendo diferença significativa entre as diluições D2, D3 e D4 (Tabela 7).

Porém, os menores valores de P obtidos na D5 ( $2,29 \text{ g kg}^{-1}$ ) estão acima da faixa de  $1,4$  a  $1,8 \text{ g kg}^{-1}$  (NATALE et al., 2018). Essa superioridade pode ser resposta da ação positiva do cálcio presente nas águas residuárias (Tabela 1) por estimular o crescimento radicular, proporcionando maior absorção de nutrientes, em especial nutrientes de baixa mobilidade no solo, como o fósforo, o que foi verificado também por Cavalcante et al. (2019), em plantas de goiabeira adubadas com doses de cálcio.

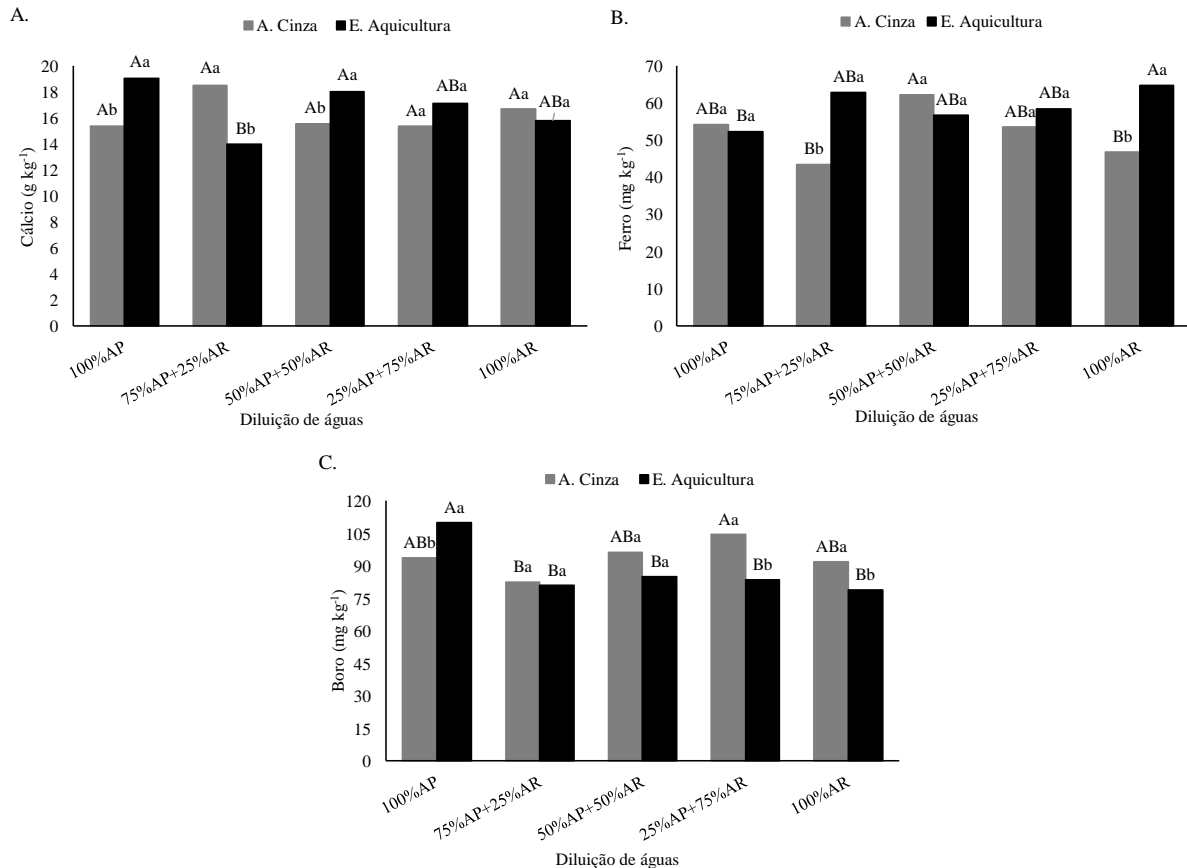
Em relação aos micronutrientes, o manganês está acima e o zinco está abaixo da faixa recomendada por Souza et al. (2015), porém estão dentro da faixa ótima descrita por Natale et al. (2018).

Os maiores teores de  $\text{Na}^+$  foram obtidos proporcionalmente ao incremento de água residuária na mistura para fertirrigação, com aumento de 40% no teor de sódio nos porta-enxertos fertirrigados com D5, em relação aos irrigados com a diluição D1 (Tabela 7).

A quantidade elevada de  $\text{Na}^+$  nos tecidos foliares dos porta-enxertos de goiabeira pode estar associada à presença desse elemento na água residuária. Silva (2018) relatou elevado aporte deste elemento em água residuária doméstica, indicado pela presença dos detergentes que apresentam na sua composição o surfactante, que é o agente tensoativo do detergente sintético (OSÓRIO; OLIVEIRA, 2001).

Os teores de cálcio das folhas dos porta-enxertos fertirrigados com diluições contendo água cinza na mistura não diferiram significativamente com valor médio de teor de  $\text{Ca}^+$  de  $16,30 \text{ (g kg}^{-1}\text{)}$ . Para os porta-enxertos fertirrigados com efluente da aquicultura, as diluições D1 e D3 não apresentaram diferença significativa com superioridade para as demais diluições (Figura 2A).

Quanto ao efeito das fontes, verifica-se diferença significativa em D1, D2 e D3, sendo na D3 a superioridade de Ca obtida quando foi utilizado o efluente da aquicultura na mistura. Porém, na diluição D2 foi a água cinza presente na mistura que promoveu incrementos de Ca (Figura 2A).



**Figura 2.** Médias e teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) para teores de cálcio (A), ferro (B) e boro (C) nas folhas de porta-enxerto de goiabeira fertirrigado com diluições de efluente da aquicultura (EA) e água cinza (AC) aos 140 dias de produção de porta-enxertos, (D1- 100% de AP; D2 – 75% de AP + 25% de AR; D3 – 50% de AP + 50% de AR; D4 - 25% de AP + 75% de AR e D5 – 100% de AR). Letras maiúsculas comparam as diluições (AP+AR) e letras minúsculas comparam médias entre águas residuárias. Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os teores foliares de Fe apresentaram superioridade média de 8,32% quando fertirrigados com água da aquicultura em comparação aos irrigados com água cinza. Analisando as diluições, verifica-se no efluente da aquicultura que o maior incremento deste elemento ocorreu na diluição D5 (23,59%) em comparação a D1. Na mistura contendo água cinza, a diluição D3 proporcionou o maior incremento de Fe no tecido foliar (Figura 2B).

No que se refere aos teores de boro, os maiores valores foram obtidos nos porta-enxertos que receberam a mistura de águas a partir da diluição D3 com água cinza como fonte de reuso, com o maior incremento ocorrendo na diluição D4 (Figura 2C).

Os teores médios de cálcio ( $16,54 \text{ g kg}^{-1}$ ) e boro ( $90,77 \text{ mg kg}^{-1}$ ) estão acima da faixa descrita por Souza et al. (2015), ao passo que os teores de ferro estão abaixo. A alta disponibilidade de água com nutrientes no solo facilitou o crescimento dos porta-enxertos,

influenciando os processos fisiológicos, indicando que os nutrientes estavam sendo absorvidos pelas plantas e transcolados para a parte aérea (SOUZA et al., 2019; SINGH; BHATI, 2003).

Ocorre uma diversidade de respostas quanto aos teores de nutrientes foliares das culturas fertirrigadas com águas residuárias, em função do tipo de água residuária utilizada, da qualidade nutricional do efluente, características genéticas da cultura, condições edafoclimáticas, pelos sais presentes que alteram a CEa, a absorção e a translocação dos nutrientes na planta, dentre outros fatores.

### 3.4 NUTRIENTES NAS RAÍZES

No sistema radicular, houve efeito significativo da interação entre os fatores fontes e diluições de água residuária para os teores de N e P ( $p < 0,05$ ) e para Mg, Fe e Na ( $p < 0,01$ ). Houve efeito isolado para águas residuárias ao nível de 1% de probabilidade para N e Fe, e a 5% para Mg e Na. Também houve efeito significativo para o fator diluições nos teores de N e Na com significância de 1% e de 5% para o teor de Fe nas raízes dos porta-enxertos de goiabeira (Tabela 8).

Os teores de K, Ca, Mn, Zn e B nas raízes dos porta-enxertos de goiabeira não diferiram significativamente para as fontes de água residuária utilizada, bem como para as diluições testadas (Tabela 8), com médias gerais de 6,33, 8,35 g kg<sup>-1</sup> para K e Ca, respectivamente, e 45,72, 30,25 e 49,12 mg kg<sup>-1</sup> para Mn, Zn e B, respectivamente.

**Tabela 8.** Resumo da análise de variância para os teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) boro (B) e de Sódio (Na) nas raízes de porta-enxertos de goiabeira fertirrigados com diluições efluente da aquicultura (EA) e água cinza (AC) aos 140 dias de produção de porta-enxertos.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio				
		N	P	K	Ca	Mg
		-----g kg <sup>-1</sup> -----				
Águas residuárias (AR)	1	17,69**	0,36 <sup>ns</sup>	2,21 <sup>ns</sup>	0,036 <sup>ns</sup>	5,78*
Diluições (D)	4	5,52**	0,23 <sup>ns</sup>	2,26 <sup>ns</sup>	2,37 <sup>ns</sup>	1,70 <sup>ns</sup>
AR x D	4	4,91*	0,29*	1,11 <sup>ns</sup>	1,33 <sup>ns</sup>	6,83**
Bloco	3	1,62	0,26	0,98	6,97	4,30
Resíduo	27					
CV (%)		9,72	16,18	21,79	21,14	13,07



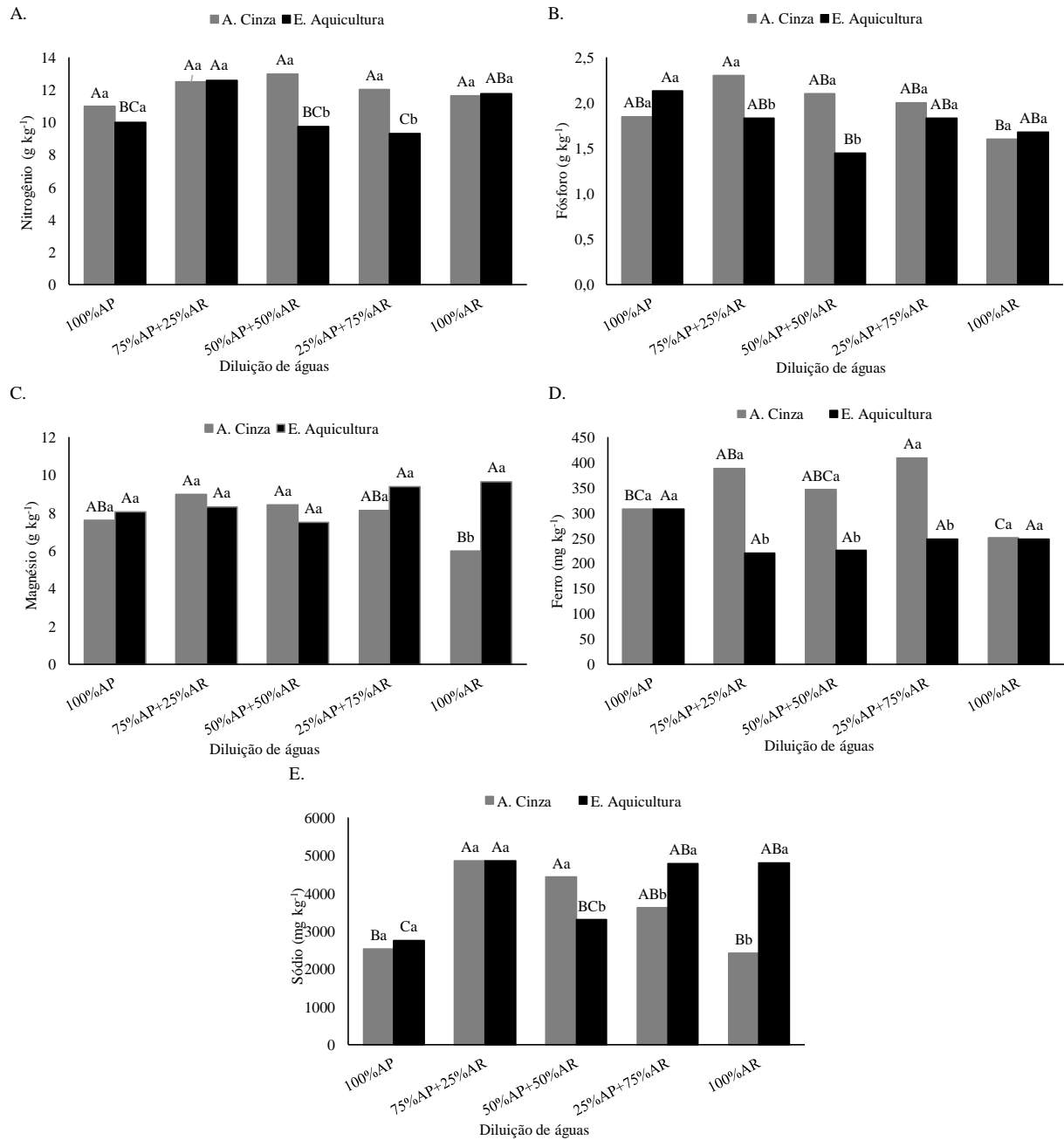
	<b>Graus de liberdade</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>	<b>B</b>	<b>Na</b>
-----mg kg <sup>-1</sup> -----						
Águas residuárias (AR)	1	81315,3**	0,0000 <sup>ns</sup>	2,50 <sup>ns</sup>	250,00 <sup>ns</sup>	2824922*
Diluições (D)	4	7089,5*	75,00 <sup>ns</sup>	90,00 <sup>ns</sup>	199,06 <sup>ns</sup>	5290921**
AR x D	4	13952,9**	75,00 <sup>ns</sup>	140,00 <sup>ns</sup>	189,06 <sup>ns</sup>	3511266**
Bloco	3	380,45	303,33	42,50	81,66	3908662
Resíduo	27					
CV (%)		16,22	26,21	32,73	22,31	19,06

\*\* = significativo a 1% e \* = significativo a 5% de probabilidade; NS = não significativo; GL = Graus de liberdade; CV = Coeficiente de variação.

Ca e os micronutrientes Zn e B apresentaram valores próximos aos observados por Franco; Prado (2006); Franco et al. (2008), sendo 27,2 g kg<sup>-1</sup> para potássio, 6,9 g kg<sup>-1</sup> para cálcio, 283 mg kg<sup>-1</sup> para manganês, 46 mg kg<sup>-1</sup> para zinco e 39 mg kg<sup>-1</sup> para boro nas raízes de mudas de goiabeira ‘Paluma’ em cultivo hidropônico.

Os porta-enxertos irrigados com água contendo efluente da aquicultura apresentaram maiores teores de N na diluição D2, seguida pela D5, ao passo que a diluição D4 apresentou menores valores de N no sistema radicular. Para as misturas contendo água cinza, verificou-se que os teores de N não diferiram significativamente para as diluições utilizadas (Figura 3A).

Analisando o efeito das fontes residuárias sobre o teor de N nas raízes dos porta-enxertos, foi observada diferença significativa nas diluições D3 e D4 com superioridade na água cinza (Figura 3A).



**Figura 3.** Médias e teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) para teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e magnésio (Mg) da raiz de porta-enxerto de goiabeira fertirrigado com diluições de efluente da aquicultura (EA) e água cinza (AC) aos 140 dias de produção de porta-enxertos, (D1- 100% de AP; D2 – 75% de AP + 25% de AR; D3 – 50% de AP + 50% de AR; D4 - 25% de AP + 75% de AR e D5 –100% de AR). Letras maiúsculas comparam as diluições (AP+AR) e letras minúsculas comparam médias entre águas residuárias. Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quanto aos teores de P, os porta-enxertos irrigados com água cinza apresentaram maiores valores na diluição D2, depois pelas D1, D3 e D4, que não diferiram

significativamente. Nos porta-enxertos que receberam água com misturas de efluente da aquicultura, verificou-se maiores teores de P para a diluição D1 (Figura 3B).

Em relação ao efeito das fontes de águas residuárias para o teor de P, verifica-se diferença nas raízes dos porta-enxertos fertirrigados com D2 e D3, com superioridade para a água cinza (Figura 3B).

Os teores de Mg nas raízes dos porta-enxertos fertirrigados com efluente da aquicultura não diferiram estatisticamente em todas as diluições utilizadas; na água cinza, os maiores teores ocorreram nos porta-enxertos irrigados com as diluições D2 e D3, havendo reduções dos teores desse macronutriente quando os porta-enxertos foram irrigados exclusivamente com água residuária (Figura 3C).

Na análise entre as fontes, verifica-se que apenas na diluição com 100% de água residuária (D5) houve diferença, tendo sido o maior teor de Mg obtido nos porta-enxertos irrigados com efluente da aquicultura (Figura 3C).

Em mudas de mamoeiro, com a utilização de águas residuárias foi observado maiores incrementos de Mg nas raízes quando foi utilizada a diluição de 25% de AR (Santos et al., 2018).

Para o micronutriente Fe, verificou-se que não houve diferenças estatísticas quando os porta-enxertos foram irrigados com efluente da aquicultura. Nos porta-enxertos irrigados com diluições com água residuária cinza, por sua vez, verificou-se maior teor na D4 seguida da D2, ao passo que os menores valores são observados quando se irrigou com D5.

Quanto ao efeito das fontes de águas residuárias, verifica-se que os maiores valores de Fe foram obtidos nos porta-enxertos irrigados com água cinza, para as diluições D2, D3 e D4 (Figura 3D).

Para os teores de sódio na parte radicular, observa-se que as plantas fertirrigadas com diluições de efluente da aquicultura em água de poço apresentaram maiores teores do elemento na diluição D2, com incremento de 76,49% em comparação a D1 (100% água de poço). Na água cinza, os maiores teores de Na foram observados nas diluições D2 e D3, ao passo que os menores valores foram verificados nas diluições D1 e D5 (Figura 3E).

Esse comportamento indica que os porta-enxertos no tratamento D2 absorveram água e sais de  $\text{Na}^+$  em maior proporção; como o teor de Na nesta concentração na água residuária da aquicultura foi de  $7,97 \text{ (mmol L}^{-1}\text{)}$  (Tabela 1), não houve danos ou prejuízos na parte aérea dos porta-enxertos.

Para o efeito das fontes de águas residuárias sobre os teores de sódio, verifica-se diferenças estatísticas nas diluições D3, D4 e D5, sendo que em D3 foi nos porta-enxertos

irrigados com água cinza que houve maior teor de sódio, porém em D4 e D5 foi a água residuária da aquicultura que apresentou maior aporte de Na (Figura 3E).

De forma geral, a partir da diluição D3, quando foi utilizada a mistura com água cinza, os teores radiculares de Na foram menores, mesmo com o aumento da proporção de água residuária, ao passo que com o efluente da aquicultura houve aumento do teor de sódio com a maior proporção de efluente na água de irrigação.

Souza et al. (2019) também observaram que os níveis de sódio presente nas raízes apresentaram incremento com o aumento da proporção de efluente da piscicultura na irrigação de mudas de *Bambusa vulgaris schrad.* Ex.j.c. Wendl.

Os resultados demonstram que os porta-enxertos irrigados com águas residuárias diluídas (D2, D3 e D4) tiveram desempenho ligeiramente melhor do que as do tratamento D1, independentemente da fonte de reuso. Isso pode se dever à maior disponibilidade de nutrientes a partir das aplicações sucessivas de água residuária.

Além disso, as concentrações de N, P e K nas folhas foram muito maiores do que nas raízes. O aumento de N, P, K, nas folhas dos porta-enxertos pode ser atribuído ao aumento na ocupação da zona radicular com a aplicação de efluentes, refletindo em absorção pelas raízes, fato também verificado por Ali; Rassan (2012), estudando a utilização de efluente de esgoto.

#### **4 CONCLUSÃO**

Os porta-enxertos de goiabeira fertirrigados com água residuária cinza na diluição D4 apresentaram trocas gasosas mais favoráveis ao seu crescimento.

A fluorescência da clorofila dos porta-enxertos de goiabeira não foi afetada pela fertirrigação com águas residuárias.

As fontes de água residuária cinza e da aquicultura incrementaram os teores de cálcio, magnésio e boro dos porta-enxertos, mas não suprimiram as necessidades de nitrogênio e potássio.

## REFERÊNCIAS

ABRANTES, D. S.; NOBRE, R. G.; SOUZA, L.; GOMES, E. M.; SOUZA, A.; SOUSA, F. Produção de mudas enxertadas de goiabeira irrigadas com águas salinizadas sob adubação nitrogenada. **Revista Espacios**, v. 38, n. 31, p. 6, 2017. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a17v38n31/a17v38n31p06.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2021.

ALI, H. M.; KHAMIS, M. H.; HASSAN, F. A. Crescimento, composição química e propriedades do solo de mudas de *Tipuana speciosa* (Benth.) Kuntze irrigadas com efluente de esgoto. **Applied Water Science**, v. 2 n. 2, p. 101–108, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13201-012-0027-4>. Acesso em: 1º out. 2021.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. D. M.; Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

BEZERRA, I. L.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; LIMA, G. S. D.; SANTOS, J. B. D.; FERNANDES, P. D. Interaction between soil salinity and nitrogen on growth and gaseous exchanges in guava. **Revista Ambiente & Água**, v. 13, n. 3, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2130>. Acesso em: 21 set. 2021.

BHATI, M.; SINGH, G. Growth and mineral accumulation in *Eucalyptus camaldulensis* seedlings irrigated with mixed industrial effluents. **Bioresource Technology**, v. 88, n. 3, p. 221-228, 2003. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(02\)00317-6](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(02)00317-6). Acesso em: 13 set. 2021.

CAVALCANTE, A. C. P.; CAVALCANTE, L. F.; BERTINO, A. M. P.; CAVALCANTE, A. G.; LIMA, A. J. D.; FERREIRA, N. M. Adubação com potássio e cálcio na nutrição e produção de goiabeira 'Paluma'. **Revista Ceres**, v. 66, n. 1, p. 54-62, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0034-737X201966010008>. Acesso em: 02 out. 2021.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2ª ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2009.

FERREIRA, D. F. **Sisvar**: A computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FRANCO, C. F.; PRADO, R. M. Uso de soluções nutritivas no desenvolvimento e no estado nutricional de mudas de goiabeira: macronutrientes. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 28, n. 2, p. 199-205, 2006. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303026569014>. Acesso em: 03 out. 2021.

FRANCO, C. F.; PRADO, R. D. M.; BRAGHIROLI, L. F.; ROZANE, D. E. Marcha de absorção dos micronutrientes para mudas de goiabeiras cultivares Paluma e Século XXI. **Bragantia**, v. 67, n. 1, p. 83-90, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052008000100010>. Acesso em: 03 out. 2021.

GONÇALVES, I. Z.; GARCIA, G. D. O.; RIGO, M. M.; DOS REIS, E. F.; TOMAZ, M. A. Nutrition and growth of the conilon coffee after application of treated wastewater. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 1, p. 71-77, 2013. Disponível em: [10.5039/agraria.v8i1a2263](https://doi.org/10.5039/agraria.v8i1a2263). Acesso em: 04 out. 2021.

GRABER, A.; JUNGE, R. Aquaponic systems: nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production. **Desalination**, v. 246, n. 1-3, p. 147-156, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.desal.2008.03.048>. Acesso em: 05 out. 2021.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2017**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/pesquisa/15/11954?indicador=11956>. Acesso em 08 mar. 2021.

LEITE, T. S.; FREITAS, R. M. O.; NOGUEIRA, N. W.; LEITE, M. S.; PINTO, J. R. S. The use of saline aquaculture effluent for production of *Enterolobium contortisiliquum* seedlings. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 24, n. 23, p. 19306-19312, 2017. Disponível em: [10.1007/s11356-017-9577-1](https://doi.org/10.1007/s11356-017-9577-1). Acesso em: 25 mar. 2021.

LUNARDI, D. G., VARELLA, F. K. O. M., DOMBROSKI, S. A. G., LUNARDI, V. O., CARNEIRO, B. T. S., ALMEIDA, N. R. A. Plano de gestão de logística sustentável da UFERSA. Mossoró, 2013. Disponível em: [https://documentos.ufersa.edu.br/wp-content/uploads/sites/79/2015/03/PLSdefinitivo\\_UFERSA2013.pdf](https://documentos.ufersa.edu.br/wp-content/uploads/sites/79/2015/03/PLSdefinitivo_UFERSA2013.pdf). Acesso em: 10 Set. 2021.

MEDEIROS, A. S.; NOBRE, R. G.; QUEIROZ, M. M.; PEREIRA, M. O.; SANTOS, T. C.; GONZAGA, G. B. M.; NETO, R. A. A.; FERRAZ, R. L. S.; COSTA, P. S.; MAGALHÃES, I. D.; JÚNIOR, S. O. M. Morphophysiology of Eggplant Irrigated With Wastewater and Nitrogen and Phosphorus Doses in the Semi-arid Region of Brazil. **Journal of Agricultural**

**Science**, v. 11, n. 5, p. 470-478, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.5539/jas.v11n5p470>. Acesso em: 10 ago. 2021.

MENDONÇA, V. **Cultura da goiaba**. Mossoró: UFERSA, 2011.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanism of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, v. 59, n. 1, p.651-681, 2008.

NATALE, W.; LIMA, A. J. D.; ROZANE, D. E.; PARENT, L. E.; CORRÊA, M. C. D. M. Mineral nutrition evolution in the formation of fruit tree rootstocks and seedlings. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 6, p. e-133, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0100-29452018133>. Acesso em: 10 ago. 2021.

NICOLÁS, E.; ALARCÓN, J. J.; MOUNZER, O.; BAYONA, J. M.; MAESTRE-VALERO, J. F. Respostas fisiológicas e agronômicas de longo prazo das árvores de tangerina à irrigação com água salina recuperada. **Agric. Water Manag.**, n. 166, p. 1-8, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.11.017>. Acesso em: 10 ago. 2021.

OSÓRIO, V. K. L.; OLIVEIRA, W. Polifosfatos em detergentes em pó comerciais. **Química Nova**, v. 24, p. 700-708, 2001.

PARIHAR, P.; SINGH, S.; SINGH, R.; SINGH, V. P.; PRASAD, S. M. Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, n. 6, p. 4056–4075, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3739-1>. Acesso em: 11 ago. 2021.

PERULLI, G. D.; BRESILLA, K.; MANFRINI, L.; BOINI, A.; SORRENTI, G.; GRAPPADELLI, L. C.; MORANDI, B. Beneficial effect of secondary treated wastewater irrigation on nectarine tree physiology. **Agricultural water management**, v. 221, p. 120-130, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.03.007>. Acesso em: 12 ago. 2021.

REBOUÇAS, J. R. L.; NETO, M. F.; DIAS, N. S.; GOMES, J. W. S.; GURGEL, G. C. S.; QUEIROZ, I. S. R. Qualidade de mudas de sabiá irrigadas com efluente doméstico. **Floresta**, v. 48, n. 2, p. 173-182, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v48i2.54366>. Acesso em: 10 set. 2021.

ROCHA, S. A.; GARCIA, G. O.; LOUGON, M. S.; CECÍLIO, R. A.; CALDEIRA, M. V. Crescimento e nutrição foliar de mudas de *Eucalyptus* sp. irrigadas com diferentes qualidades

de água. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 37, n. 2, p. 141-151, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.19084/rca.16808>. Acesso em: 30 ago. 2021.

SANTANA, E. A.; GOMES, F. E. S.; LOBO, J. T.; FILHO, A. A. S.; CAVALCANTE, Í. H. L.; NETO, V. B. P. Leaf gas exchange and chlorophyll index in guava fertirrigated with bovine biofertilizer and nitrogen. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, e588997606, 2020.

SANTOS, V. A.; RAMOS, J. D.; OLIVEIRA, M. C.; MAGALHÃES, D. S.; FAGUNDES, M. C. P.; LUIZ, P. H. D. Formação de mudas de mamoeiro utilizando água residuária de laticínio nos substratos. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 17, n. 4, p. 498-504, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.5965/223811711732018498>. Acesso em: 13 ago. 2021.

SILVA, L. D. A.; BRITO, M. E.; SÁ, F. V. D. S.; MOREIRA, R. C.; SOARES FILHO, W. D. S.; FERNANDES, P. D. Mecanismos fisiológicos em híbridos de citros sob estresse salino em cultivo hidropônico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, (Suplemento), p. S1-S7, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18nsuppS1-S7>. Acesso em: 20 ago. 2021.

SILVA, A. L. S. **Aperfeiçoamento e monitoramento de estação para tratamento e uso agrícola de água cinza no semiárido brasileiro**. 2018. 60f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2018.

SILVA, A. Á. **Ecofisiologia do tomateiro e qualidade pós-colheita do tomate cereja sob fertirrigação com efluente da piscicultura em diferentes fases fenológicas**. 2019. 55f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2019.

SOARES, L. A. D. A.; FERNANDES, P. D.; LIMA, G. S. D.; BRITO, M. E. B.; NASCIMENTO, R. D.; ARRIEL, N. H. C. Physiology and production of naturally-colored cotton under irrigation strategies using salinized water. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, p. 746-755, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2018000600011>. Acesso em: 11 ago. 2021.

SOUZA, C. S.; OLIVEIRA, V. N. S.; SILVA, E. C. A.; FERREIRA, L. M. M.; SILVA, M. J. N.; ARAÚJO, P. C. D. Comportamento de mudas de *bambusa vulgaris schrad.* Ex j.c. Wendl



submetidas ao estresse hídrico e salino, utilizando Água residuária da piscicultura. **Ciência Agrícola**, v. 17, n. 2, p. 7-16, 2019. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/dfb0/3def34a794d43f189ae4f749138e7117d0b0.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2021.

SOUZA, H. A.; ROZANE, D. E.; AMORIM, D. A.; DIAS, M. J. T.; MODESTO, V. C.; NATALE, W. Assessment of nutritional status of guava seedlings using preliminary DRIS norms and sufficiency ranges. **Journal of Plant Nutrition**, v. 38, n. 10, p. 1611-1618, 2015. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01904167.2015.1017050>. Acesso em: 22 ago. 2021.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6a ed. Porto Alegre: Artmed. 2017.

TEIXEIRA, P. C., DONAGEMMA, G. K., FONTANA, A., TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. Ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2017.

TYSON, R. V.; SIMONNE, E. H.; DAVIS, M.; LAMB, E. M.; WHITE, J. M.; TREADWELL, D. D. Effect of Nutrient Solution, Nitrate-Nitrogen Concentration, and pH on Nitrification Rate in Perlite Medium. **Journal of Plant Nutrition**, v. 30, p. 901-913, 2017. Disponível em: <https://doi-org.ez13.periodicos.capes.gov.br/10.1080/15226510701375101>. Acesso em: 29 ago. 2021.