



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL**

**INTEGRAÇÃO AQUICULTURA-AGRICULTURA:  
REÚSO DO EFLUENTE DE PISCICULTURA NA FERTIRRIGAÇÃO DE  
MINITOMATE, TIPO *GRAPE*, EM CULTIVO PROTEGIDO**

**AMARILYS MACARI DE GIZ**

**Araras  
2021**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL**

**INTEGRAÇÃO AQUICULTURA-AGRICULTURA:  
REÚSO DO EFLUENTE DE PISCICULTURA NA FERTIRRIGAÇÃO DE  
MINITOMATE, TIPO *GRAPE*, EM CULTIVO PROTEGIDO**

**AMARILYS MACARI DE GIZ**

**ORIENTADOR: PROF. DR. FABRÍCIO ROSSI  
CO-ORIENTADORA: PROFA. DRA. MARTA C. MARJOTTA MAISTRO  
CO-ORIENTADORA: PROFA. DRA. LUCIANA THIE SEKI DIAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural como requisito parcial à obtenção do título de **MESTRA EM AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL**

**Araras  
2021**

Giz, Amarilys Macari de

Integração aquicultura-agricultura: Reúso do efluente de piscicultura na fertirrigação de minitomate, tipo grape, em cultivo protegido / Amarilys Macari de Giz -- 2021. 98f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, campus Araras, Araras

Orientador (a): Fabrício Rossi

Banca Examinadora: Victor Augusto Forti, Rogers Ribeiro

Bibliografia

1. Água residuária. 2. Integração de sistemas. 3. Fertirrigação. I. Giz, Amarilys Macari de. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática (SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

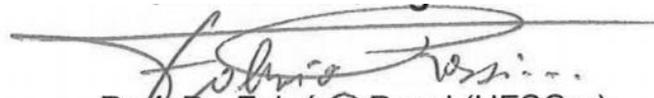
Bibliotecário responsável: Maria Helena Sachi do Amaral - CRB/8  
7083

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**AMARILYS MACARI DE GIZ**

APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL, DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, EM 02 DE JULHO DE 2021.

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Fabrício Rossi (UFSCar)



Prof. Dr. Rogers Ribeiro (USP)



Prof. Dr. Victor Augusto Forti (UFSCar)

*Quando o amor ao bem dirige os sentimentos e o  
pensamento, as ações, inegavelmente,  
são corretas e dignificadoras.*

*Allan Kardec*

*Ao meu filho Pedro,  
Que há 11 anos, me ensina  
Sobre amar, sorrir e ser grata,  
Dedico.*

## AGRADECIMENTOS

Em especial ao meu querido filho Pedro, por tanto amor, carinho e sensibilidade.

À minha mãe Sandra, que me ensinou a ser uma mulher forte e nunca desistir dos meus sonhos.

Ao Ricardo Vital, pela amizade e apoio.

À minha avó Terezinha e ao meu avô Carmelindo (*in memoriam*) que, mesmo com toda simplicidade e limitações, contribuíram para a minha formação.

Ao meu irmão Renzzo, minha cunhada Débora e meu sobrinho Lorenzo, por estarem presentes, mesmo com a distância.

Ao meu orientador Prof. Dr. Fabrício Rossi pela orientação, dedicação e por ter confiado no meu trabalho, mas acima de tudo, agradeço a empatia, compreensão, paciência e troca de energias.

À minha co-orientadora Profa. Dra. Marta Cristina Marjotta Maistro por ter aceitado me coorientar, pela gentileza e auxílio na escrita deste trabalho.

À minha co-orientadora e mãe acadêmica Profa. Dra. Luciana Thie Seki Dias por me apoiar em todos os momentos e não me deixar desistir, nem por um segundo.

Às amigas e amigos que sempre estiveram ao meu lado, principalmente à Janaina, Thais, Ivi, Fernando, Toiço e aos colegas de turma do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural.

Ao João Nomura, pelo carinho e pausas para o café.

À minha terapeuta Fernanda Sales, por navegar comigo compartilhando o mesmo barco.

À Sol, Magali, Runaway, Yellow e Titi pelos momentos de distração.

À todas as professoras e professores do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural (UFSCar/Araras), especialmente à

coordenadora Profa. Dra. Anastácia Fontanetti, por ser uma mulher que inspira outras mulheres.

À Cris Roesler, mãezona dos mestrandos do PPGADR, sempre disposta a nos ajudar.

Ao Prof. Dr. Rodrigo Gazzaffi do Departamento de Biotecnologia e Produção Vegetal e Animal (UFSCar/Araras), por conceder a casa de vegetação onde este experimento foi realizado.

À Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA/USP) por disponibilizar o uso do Laboratório de Biotecnologia Ambiental para a realização da caracterização do efluente.

À Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios – APTA/Piracicaba, que permitiu que as análises de qualidades de frutos, fossem realizadas no Laboratório de Agregação de Valor - Pós-colheita e Processamento. Com carinho, agradeço as pesquisadoras Dra. Celina Fortes e a Dra. Patrícia Prati.

À Agristar do Brasil Ltda, pela doação das sementes de minitomate, tipo *grape*.

Ao Martinho Colpani da Piscicultura Águas Claras, pela doação dos peixes.

A Amafibra, pela doação do substrato de fibra de coco.

À Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Agrárias – Araras/SP, pela oportunidade em realizar o mestrado e contribuir para a minha vida profissional.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, pelo apoio na realização desta pesquisa.

Por fim, agradeço a Deus e aos espíritos de luz pelo amparo e proteção.

**Muito obrigada!!**

## SUMÁRIO

ÍNDICE DE TABELAS .....	I
ÍNDICE DE FIGURAS.....	III
RESUMO .....	V
ABSTRACT.....	VII
<b>1. INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>6</b>
Aquicultura no Brasil e no Mundo .....	6
Fertirrigação na Integração de Sistemas: Aquicultura–Agricultura.....	8
O cultivo de <i>Pangasianodon hypophthalmus</i> – <i>Pangasius</i> .....	9
A Cultura do Minitomate, tipo <i>grape</i> .....	11
<b>3. EFLUENTE BRUTO DE PISCICULTURA PARA FERTIRRIGAÇÃO DE MINITOMATE, TIPO <i>GRAPE</i>, EM CULTIVO PROTEGIDO .....</b>	<b>19</b>
RESUMO .....	19
ABSTRACT.....	20
INTRODUÇÃO .....	21
MATERIAL E MÉTODOS.....	22
Local e Delineamento Experimental.....	22
Manejo da Fertirrigação.....	23
Criação de Peixes .....	24
Caracterização do Efluente de Piscicultura .....	24
Produção das Mudas e o Manejo do Minitomate, tipo <i>grape</i> .....	25
Análises de Produção .....	26
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	26
CONCLUSÃO .....	33
<b>4. CULTIVO DE MINITOMATE, TIPO <i>GRAPE</i>, FERTIRRIGADO COM SOLUÇÃO NUTRITIVA PREPARADA EM EFLUENTE DE PISCICULTURA DE PANGASIUS .....</b>	<b>37</b>
RESUMO .....	37
ABSTRACT.....	39
INTRODUÇÃO .....	41
MATERIAL E MÉTODOS.....	42
Local e Delineamento Experimental.....	42

Criação de Pangasius .....	43
Manejo da Fertirrigação .....	45
Avaliações das Fontes de Fertirrigação .....	46
Produção das Mudanças de Minitomate, tipo <i>grape</i> . .....	47
Condução das Plantas e Controle Fitossanitário .....	47
Avaliações Realizadas nas Plantas de Minitomate, tipo <i>grape</i> .....	48
Análise de Produção dos Frutos de Minitomate, tipo <i>grape</i> .....	49
Caracterização Físico-química dos Frutos de Minitomate, tipo <i>grape</i> .....	50
Análise Econômica da Produção .....	52
Análises Estatísticas .....	52
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	53
CONCLUSÕES .....	75

## ÍNDICE DE TABELAS

### 3. EFLUENTE BRUTO DE PISCICULTURA PARA FERTIRRIGAÇÃO DE MINITOMATE, TIPO *GRAPE*, EM CULTIVO PROTEGIDO.

<b>Tabela 1.</b> Quantidade de nutrientes para o minitomate, tipo <i>grape</i> , em duas fases, até 45 dias após transplântio (DAT) e após 45 DAT. ....	23
<b>Tabela 2.</b> Caracterização inicial do efluente de piscicultura em relação a pH, condutividade elétrica (CE), demanda química de oxigênio (DQO), alcalinidade total, acidez volátil, e sólidos totais (ST), fixos (STF) e voláteis (STV), no Laboratório de Biotecnologia da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, USP/Pirassununga.....	25
<b>Tabela 3.</b> Caracterização do efluente bruto de piscicultura em dois momentos: armazenamento (para uso na irrigação) e descarte (após uma semana), média de 13 determinações .....	27
<b>Tabela 4.</b> Sólidos solúveis totais ( <sup>o</sup> Brix) de frutos de minitomate, tipo <i>grape</i> fertirrigados com solução nutritiva e efluente de piscicultura. ....	32

### 4. CULTIVO DE MINITOMATE, TIPO *GRAPE*, FERTIRRIGADO COM SOLUÇÃO NUTRITIVA PREPARADA EM EFLUENTE DE PISCICULTURA DE PANGASIUS

<b>Tabela 1.</b> Descrição dos tratamentos aplicados na fertirrigação do cultivo do minitomate, tipo <i>grape</i> .....	43
<b>Tabela 2.</b> Quantidade de nutrientes para o minitomate em duas fases, até 45 dias após transplântio (DAT) e após 45 DAT.....	46
<b>Tabela 3.</b> Caracterização do efluente de piscicultura da criação de pangasius, média de 22 determinações.....	55
<b>Tabela 4.</b> Nitrogênio, fósforo e cálcio aplicados aos minitomates via solução nutritiva (SN) e efluente de piscicultura (EPCP) em função dos tratamentos. ..	57
<b>Tabela 5.</b> Massa fresca e massa seca da parte aérea das plantas e das raízes, em g/planta <sup>-1</sup> , do tomateiro fertirrigado com solução nutritiva (SN/H <sub>2</sub> O), em diferentes concentrações, preparadas em efluente de piscicultura da criação de pangasius (EPCP). ....	60
<b>Tabela 6.</b> Teores foliares de macro e nutrientes nas folhas do minitomate, tipo <i>grape</i> , fertirrigado com solução nutritiva, em diferentes concentrações, preparada em efluente de piscicultura. ....	65

**Tabela 7.** Relação entre o teor de nitrogênio foliar, nitrogênio total aplicado via fertirrigação e o teor de clorofila total, nas plantas de minitomate, tipo *grape*. .67

**Tabela 8.** Produtividade, receita, despesa e lucro relativo da produção de minitomate, tipo *grape*, fertirrigado com solução nutritiva preparada a partir de efluente de piscicultura da criação de pangasius. ....74

## ÍNDICE DE FIGURAS

### 3. EFLUENTE BRUTO DE PISCICULTURA PARA FERTIRRIGAÇÃO DE MINITOMATE, TIPO *GRAPE*, EM CULTIVO PROTEGIDO.

<b>Figura 1.</b> Representação dos blocos e das parcelas experimentais, o tanque de piscicultura, tanque com o efluente bruto de piscicultura (EP), e um tanque com a solução nutritiva (SN).....	23
<b>Figura 2.</b> Variação da temperatura máxima no interior da estufa experimental, no período de novembro de 2019 a janeiro 2020. ....	28
<b>Figura 3.</b> Altura de planta (AL) e diâmetro de caule (DC) do minitomate, tipo <i>grape</i> , fertirrigado com diferentes concentrações de efluente bruto de piscicultura, em substituição a solução nutritiva. ....	29
<b>Figura 4.</b> Índice relativo de clorofila (IRC) medidos nas folhas de minitomate, tipo <i>grape</i> , fertirrigado com diferentes concentrações de efluente de piscicultura.....	30

### 4. CULTIVO DE MINITOMATE, TIPO *GRAPE*, FERTIRRIGADO COM SOLUÇÃO NUTRITIVA PREPARADA EM EFLUENTE DE PISCICULTURA DE PANGASIUS

<b>Figura 1.</b> Representação dos blocos e das parcelas experimentais, tanque de piscicultura, tanque com o efluente bruto de piscicultura (EPCP), e um tanque com a solução nutritiva preparada em água de abastecimento (SN/H <sub>2</sub> O) e solução nutritiva preparadas com efluente de piscicultura (SN/EPCP) .....	43
<b>Figura 2.</b> <i>Pangasius (Pangasianodon hypophthalmus)</i> .....	44
<b>Figura 3.</b> Tanque de piscicultura em regime semi-estático, sendo drenado para a remoção do efluente e conseqüente reposição em 10% de água potável. ....	44
<b>Figura 4.</b> Tanque com criação de peixes, tanque estoque de efluente bruto de piscicultura, e tanque com solução nutritiva. ....	45
<b>Figura 5.</b> Mudanças de minitomate, tipo <i>grape</i> - Red Sugar F1 cultivar 14300 (Agristar/SP) .....	47
<b>Figura 6.</b> Plantas de minitomate, tipo <i>grape</i> , tutoradas verticalmente em hastes dupla. ....	48
<b>Figura 7.</b> Frutos de minitomate, tipo <i>grape</i> , no momento da colheita. ....	50
<b>Figura 8.</b> Caracterização físico-química dos frutos.....	51

<b>Figura 9.</b> Temperatura máxima (T máx), mínima (T min) e umidade relativa do ar (UR máx e mim) durante o período do experimento: de 5 de agosto a 18 de dezembro de 2020. ....	53
<b>Figura 10.</b> Volume de fertirrigação aplicada nos minitomates, tipo <i>grape</i> , irrigados com solução nutritiva preparadas em efluente de piscicultura. ....	54
<b>Figura 11.</b> Altura de planta (AL) e diâmetro de caule (DC), de minitomate, tipo <i>grape</i> , fertirrigado com solução nutritiva (SN/H <sub>2</sub> O), em diferentes concentrações, preparada em efluente de piscicultura (EPCP).....	58
<b>Figura 12.</b> Número de frutos (NF) e massa de frutos (MF) do minitomate, tipo <i>grape</i> , fertirrigado com solução nutritiva, em diferentes concentrações, preparada em efluente de piscicultura da criação de pangasius. ....	60
<b>Figura 13.</b> Comprimento de fruto (CF), diâmetro de frutos (DF) e relação de comprimento/diâmetro de fruto (RCD), do minitomate, tipo <i>grape</i> , fertirrigado com solução nutritiva, em diferentes concentrações, preparada em efluente de piscicultura da criação de pangasius.....	63
<b>Figura 14.</b> Índices relativos de clorofila (IRC) foliares do minitomate, tipo <i>grape</i> , fertirrigado com solução nutritiva, em diferentes concentrações, preparada em efluente de piscicultura da criação de pangasius. ....	66
<b>Figura 15.</b> pH do minitomate, tipo <i>grape</i> , fertirrigado com solução nutritiva, em diferentes concentrações, preparada em efluente de piscicultura. ....	68
<b>Figura 16.</b> Sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT) e o ratio (SST/ATT) de minitomate, tipo <i>grape</i> , fertirrigado com solução nutritiva, em diferentes concentrações, preparada em efluente de piscicultura. ....	69
<b>Figura 17.</b> Teor de vitamina C presente nos frutos de minitomate, tipo <i>grape</i> , fertirrigado com solução nutritiva, em diferentes concentrações, preparada em efluente de piscicultura da criação de pangasius. ....	71
<b>Figura 18.</b> Teores de açúcares redutores e dos teores de açúcares totais de minitomate, tipo <i>grape</i> , fertirrigado com solução nutritiva, em diferentes concentrações, preparada em efluente de piscicultura da criação de pangasius. ....	72
<b>Figura 19.</b> Preço do minitomate, tipo <i>grape</i> , pago ao produtor rural em levantamento feito no CEAGESP. ....	73

# **INTEGRAÇÃO AQUICULTURA-AGRICULTURA: REÚSO DO EFLUENTE DE PISCICULTURA NA FERTIRRIGAÇÃO DE MINITOMATE, TIPO *GRAPE*, EM CULTIVO PROTEGIDO**

**AUTORA: AMARILYS MACARI DE GIZ**

**ORIENTADOR: PROF. DR. FABRÍCIO ROSSI**

**CO-ORIENTADORA: PROFA. DRA. MARTA C. MARJOTTA MAISTRO**

**CO-ORIENTADORA: PROFA. DRA. LUCIANA THIE SEKI DIAS**

## **RESUMO**

A gestão dos recursos naturais, principalmente a água, é um dos grandes desafios mundiais. O descarte dos efluentes provenientes da aquicultura em rios e córregos apresenta potencial de alteração da qualidade da água, com possível eutrofização. A integração entre atividades, com a utilização de efluentes da piscicultura para a irrigação de culturas agrícolas permite otimizar o recurso água. O objetivo desta pesquisa foi avaliar o reúso do efluente bruto de piscicultura da criação de pangasius para fertirrigar minitomate, tipo *grape*. Para isso realizaram-se dois experimentos, um no ano de 2019 e outro no ano de 2020: 1º) Efluente bruto de piscicultura para fertirrigação de minitomate, tipo *grape*, em cultivo protegido; 2º) Cultivo de minitomate, tipo *grape*, fertirrigado com solução nutritiva preparada em efluente de piscicultura de pangasius. Os experimentos foram instalados no delineamento em blocos ao acaso, o primeiro com cinco tratamentos: solução nutritiva (testemunha) e quatro concentrações de efluente bruto de piscicultura: 25%, 50%, 75% e 100%, com quatro repetições; e o segundo com quatro tratamentos na fertirrigação do tomateiro: solução nutritiva preparada em água de abastecimento e solução nutritiva preparada em efluente de piscicultura da criação de pangasius (EPCP) em três concentrações de sais da solução nutritiva (25%SN/EPCP, 50%SN/EPCP e 75%SN/EPCP). O efluente de piscicultura foi caracterizado em relação a  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{++}$  e  $\text{PO}_4^-$ . As características biométricas avaliadas no minitomate foram: altura da planta, diâmetro do caule e produtividade. Foi realizada análise foliar do tomateiro e avaliação do índice relativo de clorofila para fins de diagnose nutricional. Os frutos do minitomate,

tipo *grape*, foram avaliados em relação a qualidade. Foi realizada análise econômica levando em consideração o preço dos fertilizantes e o valor de venda dos minitomates. O pH médio do efluente de piscicultura foi de 8,2 e CE de 0,77 dS m<sup>-1</sup> para o primeiro experimento e 8,1 e CE de 1,2 dS m<sup>-1</sup> para o segundo. O teor de nitrogênio total foi de 10,42 ± 4,94 mg L<sup>-1</sup> e 6,2 ± 8,8 mg L<sup>-1</sup>, para o primeiro e segundo experimento, respectivamente, com predominância de nitrato. Plantas fertirrigadas com 100% de solução nutritiva apresentaram maior índice relativo de clorofila. Para a produtividade (número e massa de frutos), no primeiro experimento, o tratamento com 25% de efluente bruto foi semelhante a testemunha. A média do teor de sólidos solúveis foi de 7,6 °Brix. Em relação ao segundo experimento, a produtividade e massa de frutos, do tratamento fertirrigado com 50%SN/EPCP não teve diferença em relação a testemunha. Os resultados indicaram a possibilidade de redução de até 50% da quantidade de fertilizantes utilizados na solução nutritiva em combinação com efluente de piscicultura da criação de pangasius, proporcionando produtividade semelhante a testemunha. Os tomateiros fertirrigados com 75%SN/EPCP apresentaram maiores produtividades e melhor retorno econômico sem interferência na qualidade do fruto, que apresentou valor máximo de 10,76 °Brix e 7,1 mg ácido ascórbico 100 g<sup>-1</sup> de fruto.

**Palavras-chave:** Água residuária, Integração de sistemas, *Pangasianodon hypophthalmus*, *Solanum lycopersicum*.

**AQUACULTURE-AGRICULTURE INTEGRATION: REUSE OF PISCICULTURE EFFLUENT IN MINITOMATE FERTIRRIGATION, GRAPE TYPE, IN PROTECTED SYSTEM**

**AUTHOR: AMARILYS MACARI DE GIZ**

**ADVISER: PROF. DR. FABRÍCIO ROSSI**

**CO-ADVISER: PROFA. DRA. MARTA C. MARJOTTA MAISTRO**

**CO-ADVISER: PROFA. DRA. LUCIANA THIE SEKI DIAS**

**ABSTRACT**

The management of natural resources, especially water, is one of the greatest challenges in the world. The disposal of effluents from aquaculture in rivers and streams has the potential to change water quality, with possible eutrophication. The integration between activities, with the use of fish farming effluents for irrigation of agricultural crops, allows to optimize the water resource. The objective of this research was to evaluate the reuse of fish farm effluent from pangasius rearing to fertigate mini-tomato, grape type. Two experiments were carried out, the first one in 2019 and the second one in 2020: 1st) Raw fish farm effluent for fertigation of minitomato, grape type, in protected cultivation; 2nd) Cultivation of mini tomato, grape type, fertigated with nutrient solution prepared in pangasius fish farm effluent. The experiments were installed in a randomized block design, the first with five treatments: nutrient solution (control) and four concentrations of raw fish farm effluent: 25%, 50%, 75% and 100%, with four replications; and the second with four treatments in tomato fertigation: nutrient solution prepared in water supply and nutrient solution prepared in pangasius fish farming effluent (EPCP) in three concentrations of nutrient solution salts (25%SN/EPCP, 50% SN/EPCP and 75%SN/EPCP). The fish farm effluent was characterized in relation to  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{++}$  and  $\text{PO}_4^-$ , concentration. The biometric trait evaluated in the minitomato were plant height, stem diameter and yield. Tomato leaf analysis and evaluation of the relative chlorophyll index were performed for nutritional diagnosis purposes. The fruits of the mini tomato,

grape type, were evaluated for quality. An economic analysis was realized considering the price of fertilizers and the sale value of minitomatoes. The average pH of fish farm effluent was 8.2 and EC of  $0.77 \text{ dS m}^{-1}$  for the first experiment, and for the second the pH was 8.1 and the EC was  $1.2 \text{ dS m}^{-1}$ . The total nitrogen content was  $10.42 \pm 4.94 \text{ mg L}^{-1}$  and  $6.2 \pm 8.8 \text{ mg L}^{-1}$ , for the first and second experiments, respectively, with a predominance of nitrate. Plants fertigated with 100% nutrient solution had a higher relative chlorophyll index. For yield (number and mass of fruits), in the first experiment, the treatment with 25% of raw effluent was similar to the control. The average soluble solids content was  $7.6 \text{ }^{\circ}\text{Brix}$ . In relation to the second experiment, the productivity and fruit mass of the treatment fertigated with 50%SN/EPCP had no difference in relation to the control. The results indicated the possibility of reducing up to 50% of the amount of fertilizers used in the nutrient solution in combination with fish farming effluent from pangasius farming, providing similar productivity to the control. The tomato plants fertigated with 75%SN/EPCP had higher yields and better economic return without interfering in fruit quality, which had a maximum value of  $10.76 \text{ }^{\circ}\text{Brix}$  and  $7.1 \text{ mg ascorbic acid } 100 \text{ g}^{-1}$  of fruit.

**Keywords:** *Pangasianodon hypophthalmus*, System integration, *Solanum lycopersicum*, Wastewater.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

Atualmente, em função do aumento da população e das mudanças climáticas a nível global, a gestão dos recursos naturais, principalmente a água, é um dos grandes desafios mundiais (MATSURA; GOMES, 2021).

O sistema de criação de organismos aquáticos é denominado aquicultura, atividade que está em crescente expansão, sendo os principais fatores de sucesso da produção brasileira: o clima, a ração de qualidade, a mão de obra e principalmente o potencial aquícola que o país detém, tanto para as espécies dulcícolas quanto as marinhas (BAPTISTA et al., 2018; FARIAS & FARIAS, 2018). A produção de organismos aquáticos demanda alto consumo hídrico, uma vez que o meio em que estão vivendo precisa ter qualidade, com baixos níveis de amônia e alto índice de oxigênio dissolvido. Em função disto, em muitos sistemas de criação de organismos aquáticos, é comum a geração de águas residuárias, que precisam ter destinação correta.

O descarte dos efluentes provenientes da aquicultura diretamente em rios e córregos apresenta alto potencial de alteração das características e a qualidade da água, devido a matéria orgânica e nutrientes acumulados, e conseqüentemente causando a eutrofização (SILVA; LOSEKAN; HISANO, 2013). Diante deste cenário, uma alternativa viável é a integração entre atividades, com a utilização de efluentes provenientes da aquicultura para a irrigação de culturas agrícolas. Deste modo, otimiza-se o recurso água, reduzindo o consumo de águas de melhor qualidade (CAMPOS & ARAÚJO, 2020).

A integração entre a aquicultura e agricultura se tornou uma estratégia na gestão de recursos hídricos por meio do uso sustentável e múltiplo das águas, garantindo segurança alimentar, econômica e social (OLIVEIRA & SANTOS, 2011; SIMÕES, 2016; CAMPOS & ARAÚJO, 2020). O sistema de produção com base em fertilizantes químicos utilizados no Brasil é em grande maioria variáveis do NPK (nitrogênio, fósforo e potássio) que são adquiridos quase 70% do mercado externo (NOBRE, 2013; ARAÚJO et al., 2016). Segundo Love et al. (2015) e Addy et al. (2017), efluentes aquícolas possuem nutrientes tais como nitrogênio e fósforo em quantidade adequadas para

fertirrigação, sem causar possíveis danos a cultura de interesse, mas sim benefícios.

Quando ocorre de forma localizada, via gotejamento, apresenta maior uniformidade na distribuição dos nutrientes, proporcionando economia no consumo hídrico e de fertilizantes (ELOI et al., 2007; SOUZA et al., 2009). Para que a fertirrigação seja efetiva é preciso um equilíbrio entre quantidade de nutrientes e de água que será aplicada em cada estágio da cultura, de modo que a concentração de fertilizante na água de irrigação seja suficiente para a absorção da necessidade requerida pela planta sem causar redução na produtividade (BLANCO & FOLEGATTI, 2002).

Além disso, pode ser utilizado em culturas que demandam alta exigência nutricional, tais como as hortaliças (SILVA et al., 2013; ENDUT et al., 2016). Segundo Holcman et al. (2017), uma destas hortaliças, com alta demanda nutricional, é o tomateiro (*Solanum lycopersicum*), sendo esta cultura considerada uma das principais hortaliças produzidas no Brasil. O tomateiro é cultivado em todas as épocas do ano, chegando ao mercado processado ou *in natura* (FILGUEIRA, 2013). É uma hortaliça de grande importância na alimentação humana principalmente pelo seu valor nutritivo, elevado teor de licopeno, vitaminas A e C (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

O cultivo do minitomate, tipo *grape*, desperta o interesse de muitos agricultores devido às características desejáveis, como boa rusticidade, alto valor de mercado e boa produtividade (RODRIGUES et al., 2016). Como forma de agregar valor a esta cultura e proporcionar um ambiente em que as mesmas possam expressar ao máximo sua produtividade, recomenda-se que o minitomate, tipo *grape*, seja cultivado em ambientes protegidos, reduzindo a incidência de perdas de produção e da qualidade de frutos.

Diante do exposto, o objetivo desta pesquisa foi avaliar o reúso do efluente bruto de piscicultura da criação de pangásius para fertirrigar minitomate, tipo *grape*. Para isso realizaram-se dois experimentos, os quais estão apresentados em dois capítulos: 1º) Efluente bruto de piscicultura para fertirrigação de minitomate, tipo *grape*, em cultivo protegido; 2º) Cultivo de minitomate, tipo *grape*, fertirrigado com solução nutritiva preparada em efluente de piscicultura de pangásius.

## REFERÊNCIAS

ADDY, M. M.; KABIR, F.; ZHANG, R.; LU, Q.; DENG, X.; CURRENT, D.; GRIFFITH, R.; MA, Y.; ZHOU, W.; CHEN, P.; RUAN, R. Co-cultivation of microalgae in aquaponic systems. **Bioresource Technology**, 2017.

ARAUJO, V. F.; VIGNOLO, G. K.; PERIN, E. C.; DE BRUM PIANA, C. F.; SILVEIRA, C. A. P.; MEDEIROS, C. A. B. Foliar fertilization with gradual release of shale-based nutrients in strawberry and its effect on yield and compounds with functional potential. *Científica*, 44(3), 338-345, 2016.

BAPTISTA, C.; DELLOVA, D.; DONATI, G.; CEZÁRIO, G.; REAL, J. V.; LINO, J.; ALBUQUERQUE, L.; SANTOS, M.; OLIVEIRA, M.; VIEIRA, R. Anuário Peixe BR da piscicultura. p. 71, 2018.

BARBOSA, F. R.; SILVA, C. S. B.; CARVALHO, G. K. L. Uso de inseticidas alternativos no controle de pragas agrícolas. Petrolina: Embrapa Semi Árido, 2008.

BLANCO, F. F.; FOLEGATTI, M. V. **Manejo da água e nutrientes para o pepino em ambiente protegido sob fertirrigação**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 6, n. 2, p. 251-255, 2002.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: Fisiologia e manuseio**. Lavras, MG, Escola Superior de Agricultura de Lavras, 293 p. 1990.

ELOI, W. M.; DUARTE, S. N.; SOARES, T. M. **Níveis de salinidade e manejo da fertirrigação sobre características do tomateiro cultivado em ambiente protegido**. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v. 2, n. 1, p. 83-89, 2007.

ENDUT, A.; LANANAN, F.; HAMID, S. H. A.; JUSOH, A.; NIK, W. N. W. Balancing of nutrient uptake by water spinach (*Ipomoea aquatica*) and mustard green (*Brassica juncea*) with nutrient production by African catfish (*Clarias gariepinus*) in scaling aquaponic recirculation system. **Desalination and Water Treatment**. p. 57 – 60, 2016.

FARIAS, A. C. S.; FARIAS, R. B. A. Desempenho comparativo entre países exportadores de pescado no comércio internacional: Brasil eficiente. Piracicaba - SP, Vol. 56, Nº 03, p. 451-466, 2018.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. rev. e ampl. Viçosa, MG: UFV, p.421, 2013.

HOLCMAN, E.; SENTELHAS, P. C.; MELLO, S. da C. Cherry tomato yield in greenhouses with different plastic covers. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.47: 10, e20160991, 2017.

LOVE, D. C.; FRY, J. P.; LI, X.; HILL, E. S.; GENELLO, L.; SEMMENS, K.; THOMPSON, R. E. Commercial aquaponics production and profitability: Findings from an international survey. *Aquaculture* 435, 67–74. 2015.

MATSURA, E. E.; GOMES, T. Água de reuso na agricultura irrigada. p. 399 – 415. In: PAOLINELLI, A.; DOURADO NETO, D.; MANTOVANI, E. C. Diferentes abordagens sobre agricultura irrigada no Brasil: história, política pública, economia e recurso hídrico. Piracicaba: ESALQ - USP, p.574, 2021.

NOBRE, J. G. A. **Irrigação com efluentes da piscicultura no cultivo da goiabeira em ambiente de Semiárido**. 2013. 151f. Tese (Doutorado) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

OLIVEIRA, E. G.; SANTOS, F. J. S. **Conservação e uso racional de água: Integração aquicultura-agricultura**. In: MEDEIROS, S. S.; GHEYI, H. R.; GALVÃO, C. O.; PAZ, V. P. S. (Eds). Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, p.113-161, 2011.

RODRIGUES, D. S.; LEONARDO, A. F. G.; NOMURA, E. S. TACHIBANA, L.; GARCIA, V. A.; CORREA, C. F. Produção de mudas de tomateiro em sistemas flutuantes com adubos químicos e água residuária de viveiros de piscicultura. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 1, p.32-35, 2016.

SILVA, M. S. G. M.; LOSEKAN, M. E.; HISANO, H. Aquicultura: manejo e aproveitamento de efluentes. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP, p. 12, 2013.

SILVA, P. F.; LIMA, C. J. G. S.; BARROS, A. C.; SILVA, E. M.; DUARTE, S. N. Sais fertilizantes e manejo da fertirrigação na produção de tomateiro cultivado em ambiente protegido. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.17, n.11, p.1173–1180, 2013.

SIMÕES, W.; YURI, J. E.; GUIMARÃES, M. J. M.; SANTOS, J. E. dos; ARAÚJO, E. F. J. Beet cultivation with saline effluent from fish farming. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 62-66, 2016.

SOUZA, J.A.R; MOREIRA, D.A; FERREIRA, P.A; MATOS, A.T. **Avaliação de frutos de tomate de mesa produzidos com efluentes do tratamento primário da água residuária da suinocultura.** Engenharia na Agricultura, v. 18, n. 3, p.198-207, 2009.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **Aquicultura no Brasil e no Mundo**

A aquicultura é uma atividade econômica em plena expansão no Brasil e no mundo. O país apresenta grandes vantagens para produção aquícola atingir novos mercados, observada a dimensão continental do território brasileiro, a disponibilidade dos principais insumos para a alimentação animal, riqueza de recursos hídricos, a grande variedade de espécies com potencial de produção e mercado, além de condições climáticas favoráveis para os cultivos em grande parte do território (SCHULTER & VIEIRA FILHO, 2017).

O desenvolvimento do agronegócio da aquicultura brasileira tem trabalhado para obter maior competitividade e estabilidade econômica da atividade e os consequentes benefícios sociais para os produtores e trabalhadores da cadeia produtiva, por meio da ampliação do mercado doméstico e internacional do pescado produzido no país.

De 2000 a 2020 a produção de carnes no Brasil tem aumentado, e como exemplo temos a avicultura com crescimento de 174%, a suinocultura aumentou 72%, a pecuária de corte 53% e a piscicultura 4%, representando uma produção de 803.930 toneladas/ano (ANUÁRIO PEIXE BR, 2021).

Dados de 2020 da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO/ONU) indicam que a produção mundial de pescado atingiu 179 milhões de toneladas em 2018, marcando um recorde histórico.

O consumo de pescado, per capita/ano da população mundial, atingiu 20,5 kg em 2018 devido a expansão da oferta de pescados e seus produtos no mercado (SOFIA/FAO, 2020). Porém o consumo de peixes de cultivo no Brasil ainda é baixo, sendo estimado 4 kg/hab/ano.

De acordo com diretor geral da FAO/ONU, o chinês Qu Dongyyu, com a capacidade de crescimento adicional da aquicultura e o tamanho do meio ambiente, o setor deverá enfrentar novos desafios à medida que se intensifica a produção, exigindo uma aquicultura sustentável com estratégias de desenvolvimento. Tais estratégias precisam incluir desenvolvimentos técnicos, em por exemplo, alimentos, seleção genética, biossegurança, controle de doença e inovação digital. A prioridade deve ser, segundo ele, o desenvolvimento da aquicultura na África e em outras regiões onde o

crescimento da população desafiará mais os sistemas alimentares (SEA FOOD BRASIL, 2020).

A aquicultura se estabeleceu como uma atividade competitiva e sustentável na produção de alimentos. Os impactos econômicos e sociais gerados pelas atividades aquícolas foram tão expressivos a ponto de ser chamada de *Blue Revolution* (SIQUEIRA, 2017). Os avanços da *Blue Revolution* trouxeram uma nova perspectiva para o desenvolvimento em bases sustentáveis através da criação de espécies aquáticas em sistemas controlados ou semicontrolados, acarretando ganhos de produtividade e na qualidade no cultivo (SIQUEIRA, 2017; SIQUEIRA, 2018).

A aquicultura promove desenvolvimento social e econômico devido seu baixo custo de implantação e operacionalização, tecnologia acessível e produtividade elevada, gerando renda e criando empregos diretos e indiretos em regiões menos desenvolvidas (SIQUEIRA, 2017; SILVA et al., 2018). A atividade também estimula e viabiliza a inserção de pescadores artesanais, agricultores familiares e ribeirinhos por meio do aproveitamento da produção local no comércio, melhorando a qualidade de vida da população local (VALENTI et al., 2010; BUENO et al., 2014). Além disso, consiste em uma atividade estratégica na segurança alimentar sustentável, pois oferece alimento de alta qualidade (CRUZ, 2018).

Segundo Tancredo et al. (2011), a aquicultura gera impactos no meio biológico, físico e socioeconômico assim como qualquer outra atividade produtiva. Para Frozzi et al., (2018), os impactos ambientais gerados pela aquicultura dependem das suas diferentes modalidades, sistema de cultivo, espécies utilizadas, densidade e quantidade de produção.

O impacto ambiental se dá através de três fases: consumo de recursos naturais, processamento e a geração de resíduos (BARBIERI et al., 2014). O descarte de água proveniente da aquicultura em rios e córregos pode alterar as características e a qualidade da água devido a matéria orgânica e nutrientes acumulados (SILVA & GALVÃO, 2019).

Para Siqueira (2017), o fato de a aquicultura poder ser praticada em pequenas áreas reduz o número de hectares de produção por quantidade de proteínas. As técnicas de manejo devem priorizar ao máximo recursos

renováveis a fim de manter a legalidade, rentabilidade e sustentabilidade do sistema (DUARTE et al., 2013).

### **Fertirrigação na Integração de Sistemas: Aquicultura–Agricultura**

A fertirrigação consiste na aplicação de fertilizantes via água de irrigação, sendo que a sua principal vantagem é a possibilidade de aplicação de nutrientes em quantidades reduzidas e com maior frequência (SENAR, 2019). Este método promove economia com a mão-de-obra, energia e aumento na eficiência da absorção de nutrientes, auxiliando na manutenção dos teores adequados de nutrientes durante todo o ciclo da cultura (FRIZZONE et al., 2012; SENAR, 2019).

Na agricultura irrigada sustentável, a fertirrigação é a técnica mais racional de aplicação de fertilizantes e é considerada um dos mais importantes meios para aumento da produtividade agrícola (LÓPES CADAHIA, 2001). O uso do efluente da piscicultura representa uma solução na fertirrigação de culturas de interesse econômica por ser fonte de água e conter macronutrientes que podem atender parte da demanda de culturas agrícolas (SILVA & SILVA, 2019).

Na Idade Antiga, em específico na China e Egito, já se capturavam carpas e tilápias do ambiente natural e, posteriormente, colocavam-se em lagos artificiais servindo de ornamento e alimento para os humanos, além do uso da água e da matéria orgânica para a produção vegetal (BRABO et al., 2016).

No cultivo de peixes, os resíduos orgânicos provenientes de restos de ração e de excrementos dos animais sofrem ações físicas, químicas e biológicas, capazes de fornecer nutrientes para desenvolvimento de algas e plantas aquáticas (ASSUNÇÃO et al., 2017).

A utilização de efluentes pode aumentar a produtividade agrícola por meio da ciclagem e aporte de nutrientes e auxiliar no controle da poluição das águas superficiais e subterrâneas (BATISTA et al., 2013), evitando a descarga de águas ricas em nutrientes nos ambientes naturais e a necessidade do seu tratamento (OLIVEIRA et al., 2009). Entretanto, é necessário um adequado manejo agrônômico para evitar excesso de nutrientes que podem comprometer

a produtividade e a qualidade das plantas, principalmente nitrogênio (SILVA & SILVA, 2019).

O interesse pela irrigação com efluentes está intimamente associado a escassez de recursos hídricos, avanço do conhecimento técnico-científico, rigor da legislação ambiental e redução dos custos com tratamento e com fertilizantes químicos (SANDRI et al., 2007). Em regiões que sofrem pela escassez hídrica a utilização de efluentes de piscicultura, por exemplo, pode ser uma solução, reduzindo os custos por meio da diminuição do uso de fertilizantes químicos (SALGADO et al., 2018; SILVA & SILVA, 2019).

As águas residuárias na agricultura não dependem das precipitações pluviométricas e das estações do ano, permitindo assim, o aumento das áreas irrigadas e conseqüentemente o aumento da produção anual principalmente regiões com climas árido e semiárido (KERAITA et al., 2008).

### **O cultivo de *Pangasianodon hypophthalmus* – Pangasius**

O bagre listrado (*Pangasianodon hypophthalmus*) (SAUVAGE, 1878), popularmente conhecido no Brasil como pangasius ou simplesmente peixe panga é uma espécie de água doce pertencente à família Pangasiidae, caracterizada como uma das maiores espécies de peixes de água doce do mundo (ESCHMEYER, 1998).

Esta espécie é originária do Rio Mekong e o início de seu cultivo data de 1940 no Vietnã, com pequenos proprietários rurais capturando na natureza e estocando-os em viveiros escavados para engorda e consumo da família (MENDOZA et al., 2013; HEKIMOGLU et al., 2014).

Mendoza et al. (2013) relataram experiências de cultivo intensivo de 1950 a 1996 com alevinos capturados da natureza em ensaios em tanques escavados e em tanques-redes. Observando o potencial da espécie, em 1996, os primeiros laboratórios de reprodução começaram a surgir tendo em vista o mercado de exportação para os EUA (PHUONG et al., 2011; MENDOZA et al., 2013).

Assim, em 2000, o pangasius ganhou o mercado internacional chegando a ser exportado para 136 países no ano de 2010 (PHUONG et al., 2011; NGOC et al., 2016; HAI et al., 2020). E em 2020 a produção de pangasius lideradas pelo Vietnã, Índia e Bangladesh somam o montante de 2,60 milhões de

toneladas (ANUÁRIO PEIXE BR, 2021). Segundo dados apresentados no ANUALPEC de 2020, o Brasil importou do Vietnã cerca de 21.500 toneladas de filés de pangasius em 2019, sendo um dos maiores importadores de pescado da América Latina.

O pangasius é uma das espécies candidatas para produção em aquicultura, devido ao seu alto valor de mercado, carne de excelente sabor e qualidades desejáveis do filé, como cor e textura (KADER et al., 2011), além da ausência de espinhas. A produção comercial de pangasius é relativamente recente, tendo início na metade dos anos de 1990 (BOSMA et al., 2009). Embora tenha ocorrido aumento expressivo na produção de pangasius nos últimos anos, o desenvolvimento desta indústria atualmente é restringido pela falta de pesquisas, principalmente com relação ao requerimento de nutrientes, ao regime de alimentação desta espécie (GÜROY et al., 2014) e aos níveis de salinidade que esta espécie suporta.

Estima-se que o custo com alimentação constitua cerca de 70% dos custos totais de produção de pangasius quando a dieta é produzida pelos próprios piscicultores (DA et al., 2011) e cerca de 90% dos custos totais quando utilizada dieta comercial extrusada (PHUONG et al., 2007). Apesar da maioria dos produtores utilizarem dietas comerciais, verifica-se grande potencial de utilização de ingredientes alternativos na formulação de rações, como maneira de aumentar a lucratividade dos pequenos e médios piscicultores (DA et al., 2012).

Como característica alimentar, é um peixe que apresenta hábito alimentar onívoro (PHUONG, 1998), do qual, é possível utilizar uma variedade de ingredientes alternativos, podendo ser de origem animal quanto vegetal, a fim de baratear o custo total da ração (DA et al., 2012).

Os piscicultores comerciais vietnamitas acreditam que o pangasius é uma das espécies mais adequadas para criação em viveiros escavados e gaiolas, atingindo um tamanho comercializável após um período de 3 a 4 meses de estocagem (KADER et al., 2011), demonstrando deste modo o grande potencial desta espécie também no Brasil, devido à grande disponibilidade de recursos hídricos e matérias primas para elaboração de dietas formuladas.

O pangasius desenvolve-se bem em ambientes tropicais com temperaturas elevadas, sendo o Brasil um país com excelente potencial para o

cultivo. Observando as características produtivas do pangasius e mediante o potencial produtivo em águas brasileiras, São Paulo foi o primeiro estado a regularizar o cultivo desta espécie, em 2016, para fins comerciais e em condições de viveiros escavados. Apesar de se tratar de uma espécie exótica, o pangasius é considerado como um peixe de baixo impacto ambiental, uma vez que, em viveiros não consegue se reproduzir, pois é uma espécie reofílica (KUMAR et al., 2017).

Por suportar altas densidades de cultivo, a água de renovação pode ser amplamente reutilizada para outras finalidades, como a fertirrigação para as mais diversas culturas vegetais podendo representar melhor relação custo/benefício para a produção vegetal.

### **A Cultura do Minitomate, tipo *grape***

O tomate (*Solanum lycopersicum*) é a segunda hortaliça mais cultivada no mundo, ficando atrás apenas da batata (FAOSTAT, 2016). O Brasil se destaca na nona posição com área de produção anual de aproximadamente 64,4 mil hectares (IBGE, 2019).

O minitomate, tipo *grape* é uma hortaliça que pertence à família Solanaceae. O tomate está entre as hortaliças mais consumidas do mundo, sendo fonte de vitaminas, sais minerais, ácido fólico, frutose e o antioxidante licopeno (GONDIM, 2010; FAO, 2019).

O cultivo do minitomate vem despertando o interesse de muitos agricultores como alternativa de produção devido as características desejáveis, como boa rusticidade, alto valor de mercado e boa produtividade (CORSINI et al., 2021). Como forma de agregar valor à esta cultura e proporcionar um ambiente em que elas possam expressar ao máximo de sua produtividade, os agricultores estão optando pelo cultivo em ambientes protegidos com as condições controladas, pois as chances de perdas de produção e da qualidade de frutos, são menores, além disso, destacam-se como um fator importante, o elevado retorno financeiro (RODRIGUES et al., 2010).

Os grupos varietais dos tomateiros são: santa cruz, salada, italiano, cereja ou minitomate, diferindo entre si quanto ao tamanho, formato, coloração, sabor e sólidos solúveis (ALVARENGA, 2013). O cultivo de tomateiros cresceu

principalmente entre os agricultores familiares pelo seu alto rendimento econômico, contribuindo para geração de renda (ASSUNÇÃO et al., 2018).

O minitomate, tipo *grape*, tem essa denominação por apresentar formato oblongo, semelhantes ao de algumas variedades de uva e a maioria é de crescimento indeterminado (SIMONNE et al., 2007; MARQUES, 2017).

Mesmo que introduzido no mercado brasileiro há pouco tempo, o minitomate vem se destacando entre os consumidores devido ao seu sabor adocicado e a praticidade de consumo (SIMONNE et al., 2007; FERNANDES et al., 2018). Esse grupo de tomate apresenta uma grande versatilidade, sendo utilizado *in natura*, em saladas, lanches e até mesmo como decoração de pratos (SABIO et al., 2013).

## REFERÊNCIAS

ALVARENGA, M. A. R. Tomate: Produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia. Lavras: UFLA, p.49-60, 2013.

ANUALPEC. Anuário da Pecuária Brasileira, 2020.

ANUÁRIO PEIXE BR. Peixe BR da Piscicultura. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario-2021/>. Acesso 18 jun. 2021.

ASSUNÇÃO, A. W. A.; GATTI JUNIOR, P.; ALMEIDA, R. V.; GASPAROTTO, Y.; AMARAL, L. A. Utilização de macrófitas aquáticas de três diferentes tipos ecológicos para remoção de *Escherichia coli* de efluentes de criação de pacu. Eng Sanit Ambient. v.22 n.4, 2017.

ASSUNÇÃO, N. S.; FERNANDES, M. E. S.; AQUINO, L. A.; FERNANDES, F. L.; SILVA, N. O. Nutritional quality of tomatoes as a function of nitrogen sources and doses. African Journal of Agricultural Research. v. 13. p. 996-1000, 2018.

BARBIERI, E.; MARQUEZ, H. L. A.; CAMPOLIM, M. B.; SALVARANI, P. I. Avaliação dos impactos ambientais e socioeconômicos da aquicultura na região estuarina-lagunar de Cananéia, São Paulo, Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v. 13, n. 3, p. 386-398, 2014.

BATISTA, R. O.; OLIVEIRA, R. A.; SANTOS, D. B. DOS; OLIVEIRA, A. DE F. M.; AZEVEDO, C. A. V. DE; MEDEIROS, S. DE S. Obstrução e uniformidade de aplicação em sistemas de irrigação por gotejamento aplicando-se efluente da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 7, p. 698-705, 2013.

BOSMA, R. H.; HANH, C. T. T.; POTTING, J. Environmental Impact Assessment of the Pangasius Sector in the Mekong Delta. Wageningen University, Wageningen, 2009.

BRABO, M. F.; FERREIRA, L. A.; VERAS, G. C. Aspectos históricos do desenvolvimento da piscicultura no nordeste paraense: trajetória do protagonismo à estagnação. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*. v.9, n.3, p. 595-615, 2016.

BUENO, G. W.; LEMAINSKI, D.; ROUBACH, R.; MATOS, F. T.; AZEVEDO, D. B. Inserção econômica e produtiva da aquicultura familiar em águas públicas brasileiras: Um olhar sobre o desenvolvimento sustentável. **RAMA - Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v. 7, n. 2, p. 475-496, 2014.

CORSINI, I; LABIGALINE, I.; GOMES, T. M.; FREIRE, M. T. A.; VERRUMBERNARDI, M. R.; ROSSI, F. The cherry tomato under an organic system inoculated with *Trichoderma asperellum* and intercropped with vegetables of family fabaceae. *Revista Ciência Agronômica*, v. 52, n. 2, e20207157, 2021.

CRUZ, M. F. da G. **Aquicultura no desenvolvimento socioeconômico de agricultores familiares em Humaitá-AM**. 2018. 87f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente, Universidade Federal do Amazonas, Humaitá, 2018.

DA, C. T.; LUNDH, T.; LINDBERG, J. E. Evaluation of local feed resources as alternatives to fish meal in terms of growth performance, feed utilisation and biological indices of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) fingerlings. *Aquaculture*, v. 364-365, p. 150-156, 2012.

DA, C.T., HUNG, L.T., BERG, H., LINDBERG, J.E., LUNDH, T. Evaluation of potential feed sources, and technical and economic considerations of

smallscale commercial striped catfish (*Pangasius hypothalamus*) pond farming systems in the Mekong Delta of Vietnam. *Aquaculture Research* <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2109.2011.03048.x>), 1-13, 2011.

DUARTE, E.; PEDREIRA, M. M.; SANTOS, A. E.; MOREIRA, F. C.; MOTTA, N. C. Cultivo de pós-larvas de tilápia do Nilo utilizando diferentes proporções de substrato concha/brita no biofiltro. *Revista brasileira de Ciências Veterinária*. v. 20, n. 1, p. 43-48, 2013.

ESCHMEYER, W. M. *Catalog of Fishes*. California Academy of Sciences, San Francisco, CA, USA, 1998.

FAO – FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION - FAO. **Statistical Yearbook**. 2019.

FAO – FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action*. Rome. 2020. [doi.org/10.4060/ca9229en](https://doi.org/10.4060/ca9229en)

FAOSTAT – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION CORPORATE STATISTICAL DATABASE – FAOSTAT. **Crops**. 2016.

FRIZZONE, J. A.; FREITAS, P. S. L.; REZENDE, R.; FARIA, M. A. **Microirrigação: Gotejamento e microaspersão**, 1 ed. Maringá: Eduem, p.356, 2012.

FROZZI, J. C.; SILVA, W. L. M. ; BERGAMIN, A. C.; CUNHA, J. M.; CAMPOS, M. C. C.; LIMA, A. F. L.; BRITO, W. B. M.; LOURENCO, I. H. Atributos do solo e dimensão fractal em ambientes naturais e transformados na região amazônica. *Revista Ibero-americana de Ciências Ambientais*, 2018.

GONDIM, A. **Catálogo brasileiro de hortaliças**. Embrapa Hortaliças, 2010.

GÜROY, B.; MANTOĞLU, S.; KAYAH, S.; SAHIN, I. Effect of dietary *Yucca schidigera* extract on growth, total ammonia–nitrogen excretion and haematological parameters of juvenile striped catfish *Pangasianodon hypophthalmus*. *Aquaculture Research*, v. 45, p. 647-654, 2014.

HAI, T. N.; PHUONG, N. T.; HOA, N. V.; VIET, L. Q.; KHANH, L. V.; TAO, C.T.; ANH, N. T. N.; THAO, N. T. T.; SORGELOOS, P. Promoting Coastal Aquaculture for Adaptation to Climate Change and Saltwater Intrusion in the Mekong Delta, Vietnam, **WORLD AQUACULTURE**, 2020.

HEKIMOGLU, M. A.; GÜNER, Y.; YAVUZ, S.; GÜLÇİN AKCAN, G.; & GÜLEÇ, F. Farming of Pangasius for Sustainable Aquaculture. Ege University, Faculty of Fisheries. Aquaculture Dept. İzmir, Volume: 2. Number: 1. Turkey. 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Estatística da produção pecuária**. Brasília, DF, 2018.

KADER, M. A.; BULBUL, M.; YOKOYAMA, S.; ISHIKAWA, M.; KOSHIO, S.; HOSSAIN, M.S.; AHMEDG.U.; HOSSAIN, M. A. Evaluation of meat and bone meal as replacement for protein concentrate in the practical diet for Sutchi Catfish, *Pangasius hypophthalmus* (Sauvage 1878), reared under pond condition. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 42, p. 287–296, 2011.

KERAITA, B.; JIMÉNEZ, B.; DRECHSEL, P. Extent and implications of agricultural reuse of untreated, partly treated and diluted wastewater in developing countries. **Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources**, v. 3, n. 58, p. 1-15, 2008.

KUMAR, A.; HARIKRISHNA, V.; REDDY, A. K.; CHADHA, N. K.; BABITHA RANI, A. M. Salinity tolerance of *Pangasionodon hypophthalmus* in inland saline water effect on growth, survival and haematological parameters. **Ecology, Environment and Conservation**, v.23, n.1, p.567-574, 2017.

LOPEZ CADAHIA, C. Cálculo e preparo de soluções fertilizantes. In: FOLEGATTI, M. V. et all., (Coord.) **Fertirrigação: citrus, flores e hortaliças**. Piracicaba: ESALQ/USP, p. 145-162, 2001.

MENDOZA, R.; LUNA, S.; & ARIAS, A. Evaluación de riesgo por la introducción de especies de Bagre Asiático del Género Pangasius para su cultivo em México. p.334, 2013.

NGOC, P. T. A.; MEUWISSENA, M. P.; CONG LEC, T.; BOSMAB, R. H.; VERRETHB, J.; LANSINKA, A. O. Adoption of Recirculating Aquaculture Systems in Pangasius Farms: A Choice Experiment. International Conference of Agricultural Economists. Aquaculture 460, p. 90–97, 2016.

NGUYEN, L. A. Climate proofing aquaculture: A case study on pangasius farming in the Mekong Delta, Vietnam, p.126, 2014.

OLIVEIRA, H. V.; BEZERRA NETO, F.; AZEVEDO, C. M. S. B. A.; LIMA, C. B.; GURGEL, G. C. S. Alterações nas características químicas de um Argissolo Vermelho-Amarelo irrigado com efluente de piscicultura, em ambiente protegido. **Revista Agro@ambiente**, v.3, n. 1, p.9-14, 2009.

PHUONG N. T., SINH L. X. & THINH N. Q. Economics of aquaculture feeding practices: Vietnam. FAO Fisheries Technical Paper, Rome 505, 183–205, 2007.

PHUONG, N. T. Pangasius catfish cage aquaculture in the Mekong Delta, Vietnam: current situation analysis and studies for feeding improvement. College of Aquaculture and Fisheries, Can Tho University, Viet Nam, Doctoral thesis no 1999: 29 (Library of Can Tho University), 1998.

RODRIGUES, D. S.; LEONARDO, A. F. G.; NOMURA, E. S. TACHIBANA, L.; GARCIA, V. A.; CORREA, C. F. Produção de mudas de tomateiro em sistemas flutuantes com adubos químicos e água residuária de viveiros de piscicultura. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 1, p.32-35, 2016.

SABIO, R. P.; VENTURA, M. B.; CAMPOLI, S. S. Mini e “baby” frutas e Hortaliças. **Revista Hortifruti Brasil**, n. 120, p.8-20, 2013.

SALGADO, V. C.; FILHO, E. J. de S.; GAVAZZA, S.; FLORENCIO, L.; KATP, M. K. Watermelon cultivation in the semi-arid irrigated with different heights of treated domestic sewage. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.23, n.4. p. 727-738, 2018.

SANDRI, D.; MATSURA, E. E.; TESTEZLAF, R. Desenvolvimento da alface Elisa em diferentes sistemas de irrigação com água residuária. **Manejo de Água e Solo**. Rev. bras. eng. agríc. ambient. 11 (1), 2007.

SCHULTER, E. P.; VIEIRA FILHO, J. E. R. Evolução da piscicultura no Brasil: diagnóstico e desenvolvimento da cadeia produtiva de tilápia. IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2017.

Serviço Nacional de Aprendizagem Rural – SENAR. **Irrigação: fertirrigação e reúso**. Brasília: Senar, 2019.

SILVA e SILVA, V. **Uso do efluente da piscicultura na fertirrigação de olerícolas produzidas com base agroecológica**. 2019. 95 f. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual de Roraima, Boa Vista, 2019.

SILVA, B. N. da.; GALVÃO, B. V. Os benefícios do cultivo de peixes na integração com a agricultura irrigada. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 4, 2019. Teresina. Anais. Teresina, Cointer-PdvaAgro, 2019.

SILVA, W. L. M. de; FROZZI, J. C.; FONSECA, J. S.; SOUZA, A. L. de; SALVADOR, J. de S. P. S.; RIBEIRO, P. N. T.; CAMPOS, M. C. C. Sustentabilidade na aquicultura: dimensões social, econômica e ambiental: uma revisão de literatura. **Revista EDUCAmazônia**, v. 20, n. 1, p. 87-108, 2018.

SIMONNE, A. H.; FUZERÉ, J. M.; SIMONNE, E.; HOCHMUTH, R. C.; MARSHALL, M. R. Effects of nitrogen rates on chemical composition of yellow grape tomato grown in a subtropical climate. **Journal of Plant Nutrition**, v. 30, n. 6, p.927-935, 2007.

SIQUEIRA, T. V. de. Aquicultura: a nova fronteira para aumentar a produção mundial de alimentos de forma sustentável. **Boletim regional, urbano e ambiental**, v. 17, p. 53-60, 2017.

SIQUEIRA, T. V. de. Aquicultura: a nova fronteira para aumentar a produção mundial de alimentos de forma sustentável. **Revista BNDES**, v. 25, n. 49, p. 119-170, 2018.

TANCREDO, K. R.; NOBREGA, R. O.; DIAS, T.; LAPA, K. R. Impactos ambientais da carcinicultura brasileira. In: International workshop on advances in cleaner production, São Paulo. Anais... São Paulo, 2011.

VALENTI, W. C.; KIMPARA, J. M.; ZAJDJBAND, A. D. Métodos para medir a sustentabilidade na aquicultura. **Panorama da Aquicultura**, n. 119, p. 28-33, 2010.

### 3. EFLUENTE BRUTO DE PISCICULTURA PARA FERTIRRIGAÇÃO DE MINITOMATE, TIPO *GRAPE*, EM CULTIVO PROTEGIDO

#### RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial de utilização do efluente bruto de piscicultura da criação de pangásius para fertirrigar a cultura do minitomate, tipo *grape*, em substituição parcial ou total à solução nutritiva utilizada em fertirrigação. O experimento foi realizado na Universidade Federal de São Carlos/Centro de Ciências Agrárias, Araras – SP, no período de outubro 2019 a janeiro 2020. O delineamento adotado foi em blocos casualizados, com cinco tratamentos, sendo eles, solução nutritiva (testemunha) e quatro concentrações do efluente bruto de piscicultura em substituição a solução nutritiva: 25, 50, 75 e 100%, com quatro repetições. Os parâmetros avaliados foram: a caracterização do efluente bruto, no qual foram avaliados o pH, a condutividade elétrica (CE) e os teores de cálcio, amônio, nitrito, nitrato e nitrogênio total; as plantas foram avaliadas quanto à altura, diâmetro de caule, índice relativo de clorofila e produtividade e os frutos, em relação a sólidos solúveis totais. O pH médio do efluente foi 8,20 e CE 0,77 dS m<sup>-1</sup>. O nitrogênio total médio foi de 10,42 mg L<sup>-1</sup>, com predominância de nitrato. Não ocorreram diferenças estatísticas para a altura e diâmetro de caule das plantas. Houve variação no índice relativo de clorofila ao longo do tempo, com indicativo de que as plantas fertirrigadas com 100% de solução nutritiva absorveram mais nitrogênio. A produtividade (número e massa de frutos), do tomateiro fertirrigado apenas com solução nutritiva (testemunha) e com substituição de 25% efluente bruto de piscicultura apresentaram resultados semelhantes. A média do teor de sólidos solúveis foi de 7,6 °Brix, sem diferença entre os tratamentos. Os resultados indicaram a possibilidade de substituir em 25% a solução nutritiva pelo efluente bruto de piscicultura da criação do pangásius, sem interferir nos teores de sólidos solúveis totais dos frutos.

**Palavras-chave:** Água residuária, *Pangasianodon hypophthalmus*, *Solanum lycopersicum*.

## **FISH FARM EFFLUENT FOR FERTIRRIGATION OF TOMATO, TYPE OF GRAPE, IN PROTECTED CULTIVATION**

### **ABSTRACT**

The objective of this work was to evaluate the potential of using the raw effluent from fish farming from pangasius rearing to fertigate the minitomato, grape type, in partial or total replacement of the nutrient solution used in fertigation. The experiment was carried out at the Federal University of São Carlos/Center of Agricultural Sciences, Araras – SP, from October 2019 to January 2020. The design adopted was a randomized block with four replications. Five treatments, namely, nutrient solution (control) and four concentrations of fish farming raw effluent in replacement of the nutrient solution: 25, 50, 75 and 100%, was used in the experiment. The evaluated parameters for the characterization of the raw effluent were: the pH, the electrical conductivity (EC) and the calcium, ammonium, nitrite, nitrate and total nitrogen contents. Plants were evaluated for height, stem diameter, relative chlorophyll index and yield, and fruits, in relation to total soluble solids. The average pH of the effluent was 8.20 and EC 0,77 dS m<sup>-1</sup>. The average total nitrogen was 10,42 mg L<sup>-1</sup>, with a predominance of nitrate. There were no statistical differences for plant height and stem diameter. Variation in the relative chlorophyll index over time was observed, indicating that plants fertigated with 100% nutrient solution absorbed more nitrogen. The yield (number and mass of fruits) of tomato plants fertigated only with nutrient solution (control) and with 25% replacement of raw fish farm effluent presented similar results. The average soluble solids content was 7.6 °Brix, with no difference between treatments. The results indicated the possibility of substituting 25% of the nutrient solution for the raw effluent from fish farming from pangasius farming, without interfering the total soluble solids content of the fruits.

**Keywords:** *Pangasianodon hypophthalmus*, *Solanum lycopersicum*, Wastewater.

## INTRODUÇÃO

A aquicultura é uma atividade que vem ganhando crescente destaque na balança comercial brasileira, principalmente pelo enorme potencial aquícola que o país detém, tanto marinho quanto dulcícola (BAPTISTA et al., 2018; FARIAS, 2018).

Dentre as espécies de água doce cultivadas no Brasil destaca-se o pangasius (*Pangasianodon hypophthalmus*), originário do Vietnã e amplamente exportado para o mundo todo (KADER et al., 2011). Sua produção nacional iniciou-se em 2016, agradando rapidamente produtores devido as suas características desejáveis, tais como: a possibilidade de cultivo em alta densidade de estocagem, respiração aérea facultativa, hábito alimentar onívoro, além de bom rendimento de carcaça e filé sem espinha (KUMAR et al., 2017).

Entretanto, apesar de possuir respiração aérea facultativa, que dispensa o uso de aeradores, o pangasius é sensível a altas taxas de amônia no meio, sendo necessária renovação diária de parte da água dos tanques. Esse manejo aumenta o consumo hídrico de água potável, além da possibilidade de eutrofizar corpos d'água se descartado sem tratamento (MACEDO et al., 2010).

Dessa forma, algumas técnicas de cultivo precisam ser adotadas a fim de minimizar impactos causados pela escassez hídrica, degradação de corpos d'água e promover o aproveitamento de nutrientes pelas culturas vegetais, além de garantir segurança alimentar.

Fatores como o tipo de alimento ofertado aos peixes e a frequência de arraçoamento interferem diretamente na qualidade da água para o desenvolvimento dos pangasius, nos nutrientes dispersos na água e na microbiota que se desenvolve nesta. Isto poderá afetar direta ou indiretamente o aproveitamento desses nutrientes por uma cultura vegetal, uma vez que alterará parâmetros como pH e condutividade elétrica (MATSURA & GOMES et al., 2021).

Na integração da aquicultura com a agricultura se utiliza a água residuárias dos peixes para irrigar culturas de interesse agrícola (ANDRIANI et al., 2017). O efluente apresenta nutrientes, tais como nitrogênio e fósforo (LOVE et al., 2015; ABEDIN et al., 2017), que podem ser utilizados na fertirrigação de hortaliças (SILVA et al., 2013; ENDUT et al., 2016). Uma

hortaliça de grande interesse comercial, cultivada com tecnologia em ambiente protegido, é o minitomate, (*Solanum lycopersicum*), do tipo *grape* (HOLCMAN et al., 2017; FERREIRA et al., 2019; CORSINI et al., 2021).

Essa cultura é exigente em nutrição e a fertirrigação a partir de efluentes de piscicultura pode ser um modo de substituir total ou parcialmente os fertilizantes da solução nutritiva, reduzindo os custos com a produção e otimizando os recursos disponíveis ao produtor, com sustentabilidade.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial de utilização do efluente bruto de piscicultura da criação de pangásius para fertirrigar a cultura do minitomate, tipo *grape*, em substituição à solução nutritiva utilizada em fertirrigação, levando em consideração, o desempenho agrônômico do minitomate, tipo *grape*, e qualidade de frutos determinada pelo teor de sólidos solúveis.

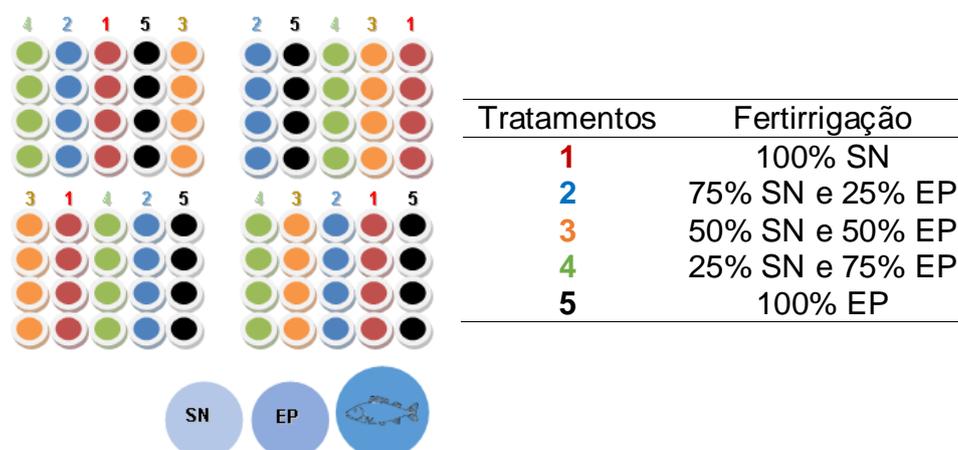
## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Local e Delineamento Experimental**

O experimento foi conduzido em casa de vegetação com 80 m<sup>2</sup> de área, pertencente ao Departamento de Biotecnologia e Produção Vegetal e Animal, na Universidade Federal de São Carlos, no município de Araras-SP, com altitude de 646 m; latitude 22° 21' 25" S e longitude 47° 23' 03" W. O clima é do tipo Cwa classificação de Köppen, a temperatura média anual é de 20,3 °C, com valor médio anual da pluviosidade de 1312 mm.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com cinco tratamentos, sendo eles, solução nutritiva (testemunha) e quatro concentrações do efluente bruto de piscicultura em substituição a solução nutritiva: 25, 50, 75 e 100%, com quatro repetições (Figura 1). Cada parcela experimental foi constituída por quatro vasos de 8 L, com uma planta cada, sendo considerado dois vasos centrais como parcela útil.

**Figura 1.** Representação dos blocos e das parcelas experimentais, o tanque de piscicultura, tanque com o efluente bruto de piscicultura (EP), e um tanque com a solução nutritiva (SN).



### Manejo da Fertirrigação

O manejo da fertirrigação foi representado por duas fases, sendo o primeiro estágio que contempla do transplântio até os 45<sup>o</sup> dias após transplântio (DAT) e o segundo estágio, do 45<sup>o</sup> DAT até o final do experimento (Tabela 1).

**Tabela 1.** Quantidade de nutrientes para o minitomate, tipo *grape*, em duas fases, até 45 dias após transplântio (DAT) e após 45 DAT.

Nutrientes	Até 45 DAT	Após 45 DAT
	----- g 1000 L <sup>-1</sup> -----	
Nitrogênio (N)	79,50	97,50
Fósforo (P)	114,40	114,40
Potássio (K)	213,8	332,80
Cálcio (Ca)	85,00	110,50
Magnésio (Mg)	35,00	45,00

Nutrientes	Até 45 DAT	Após 45 DAT
	----- g 1000 L <sup>-1</sup> -----	
Enxofre (S)	80,00	59,00
Cloro (Cl)	0	70,5
Ferro (Fe)	1,5	1,5
Zinco (Zn)	1,05	1,05
Manganês (Mn)	0,8	0,8
Boro (B)	0,375	0,375

Fonte: Adaptado de Cunha et al. (2014).

Os nutrientes, para a composição da solução nutritiva, foram fornecidos através dos seguintes fertilizantes: fosfato monopotássico (34% de  $K_2O$  e 52% de  $P_2O_5$ ); nitrato de cálcio (15,5% de N e 19% de Ca); sulfato de potássio (51% de  $K_2O$  e 18% de S); sulfato de magnésio (9% de Mg e 11,9% de S); cloreto de potássio (60% de  $K_2O$  e 40% de Cl) e micronutriente (1,2% de Mg; 0,85% de B; 0,5% de Cu; 3,4% de Fe; 3,2% de Mn; 0,06% de Mo e 4,2 % de Zn).

A frequência de fertirrigação adotada foi diária, de forma manual sempre no período da manhã, período em que eram mensurados os valores de pH, condutividade elétrica (CE) e a temperatura dos tanques de armazenamento da solução nutritiva e do efluente de piscicultura, e somente após eram realizadas as misturas das proporções dos tratamentos.

A fertirrigação fornecida às plantas foi a mesma, independentemente do tratamento, ocorreu diariamente e objetivou manter a saturação do substrato. O volume variou de 260 mL no início do experimento até 840 mL aos 90 dias após transplântio, variando de acordo com as condições climáticas e o desenvolvimento das plantas. No total, cada planta recebeu um volume de 37,5 litros de acordo com o tratamento.

### **Criação de Peixes**

Para a utilização de animais neste experimento, o mesmo foi submetido e aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA – Protocolo nº 7151230320) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).

A espécie utilizada foi o pangásio (*Pangasianodon hypophthalmus*), em densidade de 20 kg 1000 L<sup>-1</sup> (peso inicial: 575,84 ± 34,41 g), alocados em caixa de polietileno com volume útil de 1000 L de água, em regime semi-estático, realizando a troca parcial de água (TPA) diariamente, a 10%. A ração era fornecida quatro vezes ao dia, na quantidade de 1% do peso vivo, para manutenção animal.

### **Caracterização do Efluente de Piscicultura**

Inicialmente foi realizado uma caracterização do efluente bruto de piscicultura, no Laboratório de Biotecnologia da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, USP/Pirassununga (Tabela 2).

**Tabela 2.** Caracterização inicial do efluente de piscicultura em relação a pH, condutividade elétrica (CE), demanda química de oxigênio (DQO), alcalinidade total, acidez volátil, e sólidos totais (ST), fixos (STF) e voláteis (STV), no Laboratório de Biotecnologia da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, USP/Pirassununga.

pH	CE	DQO Efluente Bruto	Alcalinidade Total	Acidez Volátil	ST	STF	STV
	dS m <sup>-1</sup>	----- mg L <sup>-1</sup> -----					
6,61	0,42	298	192	6,8	563	257	306

O efluente utilizado foi drenado da caixa de cultivo de pangásius. Semanalmente, o efluente bruto era armazenado para posteriormente ser utilizado na fertirrigação do tomateiro, e no caso de sobra, era descartado. Utilizando um recipiente plástico, semanalmente, foram coletados 500 mL do efluente no momento em que era armazenado e descartado, levado ao Laboratório de Pesquisas em Monogástricos, onde eram realizadas as análises de pH, condutividade elétrica (CE), temperatura (T), cálcio (Ca), amônio (NH<sub>4</sub>), nitrito (NO<sub>2</sub>) e nitrato (NO<sub>3</sub>), utilizando um fotômetro multiparâmetro Micro20/Akso.

### **Produção das Mudas e o Manejo do Minitomate, tipo *grape***

A produção das mudas ocorreu em agosto de 2019, utilizando sementes de minitomate, tipo *grape* – *Red Sugar* F1 cultivar TPC 14300 (Agristar – SP), semeadas em bandejas de poliestireno expandido com substrato de fibra de coco, conduzidas por 45 dias. Em outubro de 2019, as mudas foram transplantadas em vasos, preenchidos com a mesma fibra de coco.

O espaçamento utilizado foi de 0,75 m entre plantas e 0,75 m entre linhas, o minitomate foi conduzido em haste dupla e tutorado verticalmente. A remoção dos brotos laterais foi realizada de acordo com seu surgimento, de forma manual, já a poda apical ocorreu após a emissão do décimo cacho. Deste modo, as plantas foram conduzidas por 90 dias após o transplântio.

### **Análises de Produção**

Foram analisados aos 15 DAT, 30 DAT, 45 DAT, 60 DAT, 75 DAT e 90 DAT a altura de planta (AL), considerando da base da planta até o ápice, medido com auxílio de uma trena; o diâmetro de caule (DC), mensurado a 3 cm do substrato, utilizando um paquímetro digital. Já para a avaliação indireta do teor de clorofila, utilizou-se o clorofilômetro, modelo ClorofiLOG – CFL 1030, da FALKER, analisando-se sempre a quarta folha a partir do ápice da planta.

As colheitas foram realizadas semanalmente, com os frutos totalmente maduros, até 90 DAT, sendo determinados: número de frutos (frutos planta<sup>-1</sup>), massa de frutos (g planta<sup>-1</sup>) e o teor de sólidos solúveis (°Brix). As avaliações do teor de sólidos solúveis foram realizadas com o uso de um refratômetro digital.

A temperatura máxima no interior da casa de vegetação foi monitorada diariamente utilizando um termômetro digital.

Os dados foram submetidos à análise de variância (Anova) no software estatístico Sisvar 5.3 (FERREIRA, 2011). Para as variáveis cujas médias entre os tratamentos divergiram entre si foi aplicado o teste de regressão polinomial, adotando 5% de probabilidade. Os dados de produtividade, número de frutos e massa de frutos foram transformados em Log (X) a fim de atender as pressuposições do modelo matemático.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Na caracterização do efluente, o pH apresentou média de  $8,03 \pm 1,20$  para o efluente de piscicultura assim que este era armazenado (Tabela 3). No entanto, após uma semana de estocagem o pH apresentou média de  $8,41 \pm 1,39$ . Segundo Furlani et al. (1999) os valores recomendados de pH das soluções nutritivas são de 5,5 a 6,5. O pH médio da solução nutritiva foi de  $6,4 \pm 0,30$ .

**Tabela 3.** Caracterização do efluente bruto de piscicultura em dois momentos: armazenamento (para uso na irrigação) e descarte (após uma semana), média de 13 determinações.

Parâmetro	Armazenamento	Descarte	Média
pH	8,03 ± 1,20	8,41 ± 1,39	8,20 ± 1,34
CE (dS m <sup>-1</sup> )	0,80 ± 0,21	0,74 ± 0,23	0,77 ± 0,22
Ca <sup>++</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	49,36 ± 19,00	56,50 ± 35,42	54,47 ± 26,95
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	6,46 ± 6,57	4,07 ± 3,82	5,26 ± 5,19
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	3,44 ± 3,34	1,47 ± 2,66	2,45 ± 3,00
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	28,07 ± 20,21	19,72 ± 13,24	23,89 ± 16,72

CE = condutividade elétrica

No que se refere à condutividade elétrica (CE), os resultados demonstraram redução nos valores entre o armazenamento e o descarte, sendo eles 0,80 ± 0,21 mg L<sup>-1</sup> e 0,74 ± 0,23 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente. Para a cultura do tomateiro, recomenda-se condutividade elétrica até 2,5 dS m<sup>-1</sup>, acima disso, há redução na produtividade (MEDEIROS et al., 2012; ALVARENGA, 2013). O valor máximo de CE ao longo do experimento foi de 1,27 dS m<sup>-1</sup> no momento do armazenamento, o que não apresenta redução na produtividade potencial do tomateiro.

Os valores referentes ao cálcio demonstraram que com o passar dos dias houve aumento em seu teor, com média observada, no momento do armazenamento do efluente foi de 45,25 ± 22,07 mg L<sup>-1</sup>. No momento do descarte, o valor determinado foi de 54,67 ± 36,73 mg L<sup>-1</sup>.

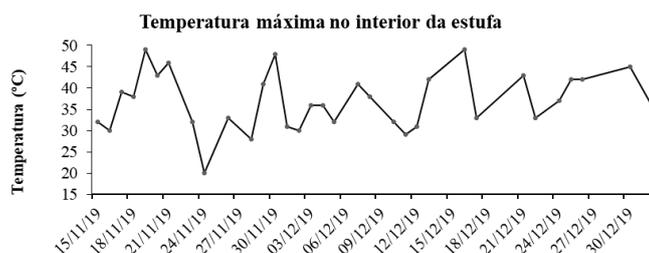
A maior quantidade de nitrogênio no efluente está na forma de nitrato, (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) com variação de 28,07 ± 20,21, no armazenamento e 19,72 ± 13,24, no descarte. Os valores de nitrogênio, na forma amoniacal indicaram baixas concentrações, nos dois períodos avaliados: armazenamento 6,46 ± 6,57 mg L<sup>-1</sup> e descarte 4,07 ± 3,82 mg L<sup>-1</sup>. Deste modo, verifica-se que houve nitrificação no tanque de piscicultura, provavelmente pela agitação dos peixes e oxigenação da água. Segundo Baldisserotto (2018) o nitrogênio passa por ações de bactérias do gênero *Nitrosomonas*, na qual participam do processo de oxidação primária, na qual o nitrogênio amoniacal é transformado em nitrito, e após passar por nova oxidação por bactérias do gênero *Nitrobacter* é transformado em nitrato. A presença de N, na forma de nitrato, promove um

sinergismo na sua absorção pelo fato de ser um ânion ( $\text{NO}_3^-$ ), e não competir com nutrientes na forma cátions (MATSURA; GOMES, 2021).

Os valores de N total apresentaram redução nos teores ao longo do período de armazenamento ( $12,41 \pm 4,53 \text{ mg L}^{-1}$ ) ao descarte ( $8,06 \pm 4,51 \text{ mg L}^{-1}$ ), o que pode estar relacionado a uma perda de N por volatilização (ABEDIN et al., 2017).

Houve variação da temperatura no interior da estufa experimental, com temperaturas máximas variando de  $20^\circ\text{C}$ , no dia 24 de novembro, a  $49^\circ\text{C}$ , nos dias 19 de novembro e 17 de dezembro (Figura 2). A dissipação de calor do interior da estufa é dificultada no modelo arco quando o pé-direito é baixo e não há janelas ou lanternins na estufa. Estas temperaturas ocorreram em função também do período do ano, normalmente no final do ano, a temperatura do ambiente é maior em Araras, haja vista, que se encontra na primavera/verão. Embora, para o minitomate, tipo *grape*, esta não seja a melhor época para cultivo, para a criação do pangasius é extremamente favorável, pois o peixe se desenvolve melhor em temperaturas mais elevadas, sendo a faixa de 22 a  $26^\circ\text{C}$  considerada a ideal (FAO, 2020).

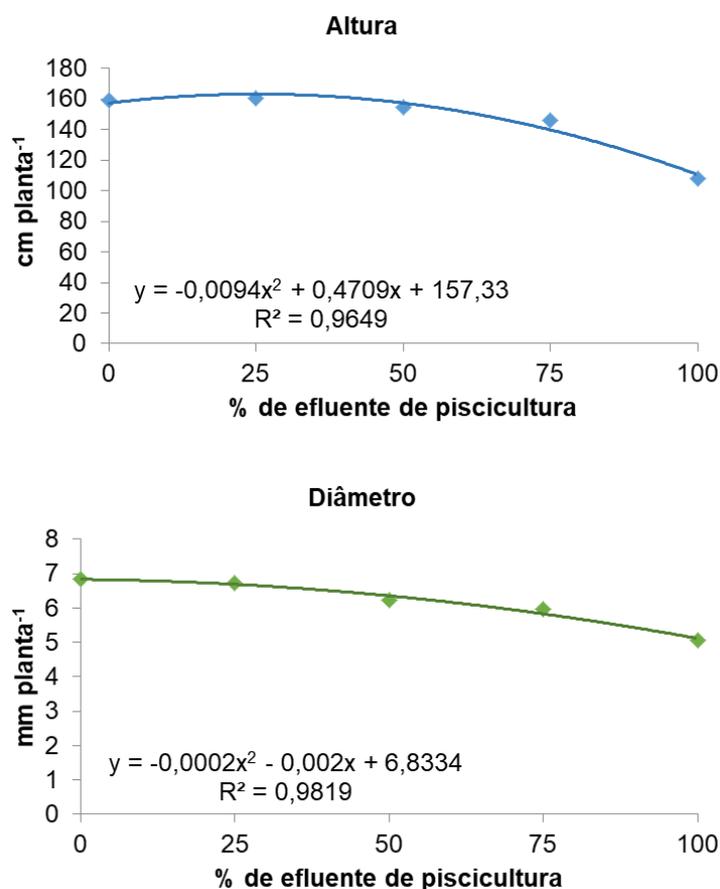
**Figura 2.** Variação da temperatura máxima no interior da estufa experimental, no período de novembro de 2019 a janeiro 2020.



A temperatura representa um fator de extrema importância para o cultivo do minitomate, tipo *grape*, sendo que a temperatura ideal para a cultura é entre 14 a  $27^\circ\text{C}$ . Valores de temperatura acima de  $32^\circ\text{C}$  causam abortamento de flores e frutos (ALVARENGA, 2013), o que foi observado neste experimento. No entanto, com todos os tratamentos sob o mesmo ambiente protegido, mesmo em condições climáticas desfavoráveis, pode-se evidenciar o potencial de reúso do efluente de piscicultura de pangasius na cultura do minitomate, tipo *grape*.

No que diz respeito à altura das plantas (AL) e diâmetro de caule (DC) do minitomate, tipo *grape*, não apresentaram diferenças estatísticas entre os tratamentos na análise no tempo, apenas entre os tratamentos. Deste modo, a altura dos minitomates aos 90 dias após transplântio, em relação a % de efluente de piscicultura (EP) utilizado na fertirrigação da cultura, apresentou ajuste quadrático, com diminuição da altura com aumento da % EP (Figura 3). Com substituição em 25% da solução nutritiva pelo efluente de piscicultura, não houve diferença significativa para a altura das plantas, chegando a 161 cm. As plantas com 100% da SN atingiram, em média, 159 cm de altura. A menor altura foi observada nas plantas que receberam substituição total da SN pelo EP, que atingiram 108 cm.

**Figura 3.** Altura de planta (AL) e diâmetro de caule (DC) do minitomate, tipo *grape*, fertirrigado com diferentes concentrações de efluente bruto de piscicultura, em substituição a solução nutritiva.

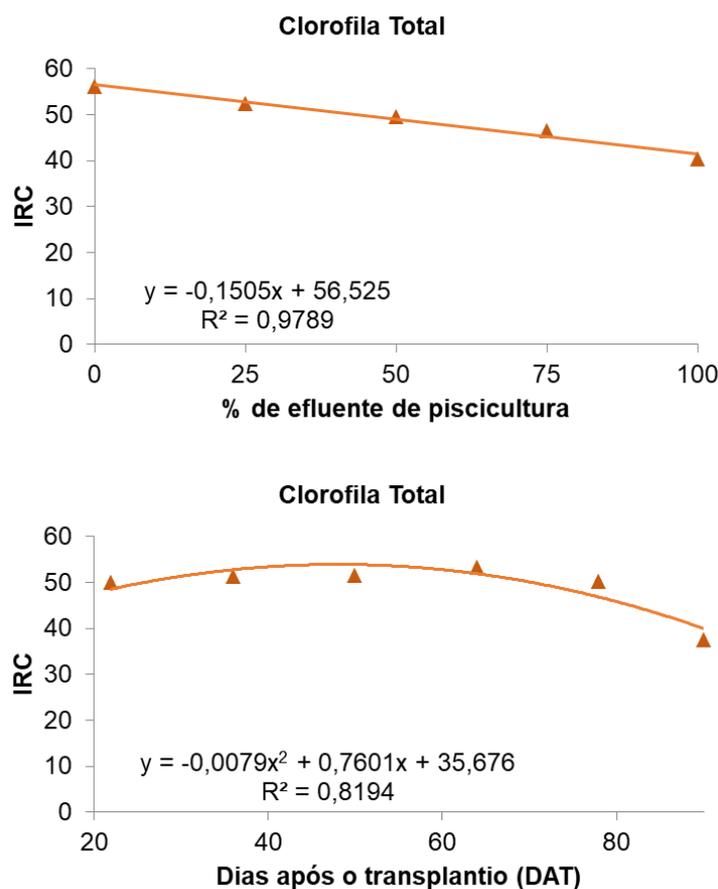


C.V. = 4,18% para AL; C.V. = 2,73% para DC

O diâmetro do caule das plantas, aos 90 DAT, variou de 5,1 mm (100% EP) a 6,8 mm (0% EP), sendo também ajustada uma regressão de segundo grau (Figura 3).

O índice relativo de clorofila (IRC) total variou ao longo tempo, mostrando resposta quadrática (Figura 4). O valor máximo de clorofila total aconteceu aos 48 DAT, independentemente dos tratamentos. A variação média, ao longo do tempo, do IRC foi de 56,19 dos tomates fertirrigados com 100% da solução nutritiva, e até 40,40 fertirrigados com 100% de efluente de piscicultura (EP), com redução linear (Figura 4), diminuindo em aproximadamente 28% o IRC.

**Figura 4.** Índice relativo de clorofila (IRC) medidos nas folhas de minitomate, tipo *grape*, fertirrigado com diferentes concentrações de efluente de piscicultura.



C.V. DAT = 8,47%

Estudos apontam correlação direta entre o teor de clorofila e o nitrogênio presentes na planta (MORRIS et al., 2018; CORSINI et al., 2021). Deste modo, houve maior absorção de nitrogênio pelas plantas fertirrigadas com solução nutritiva, mas, substituindo em 25% da SN pelo EP o IRC foi de 52,44. O valor máximo calculado de IRC foi de 53,96 aos 48 dias após transplante, na média dos tratamentos.

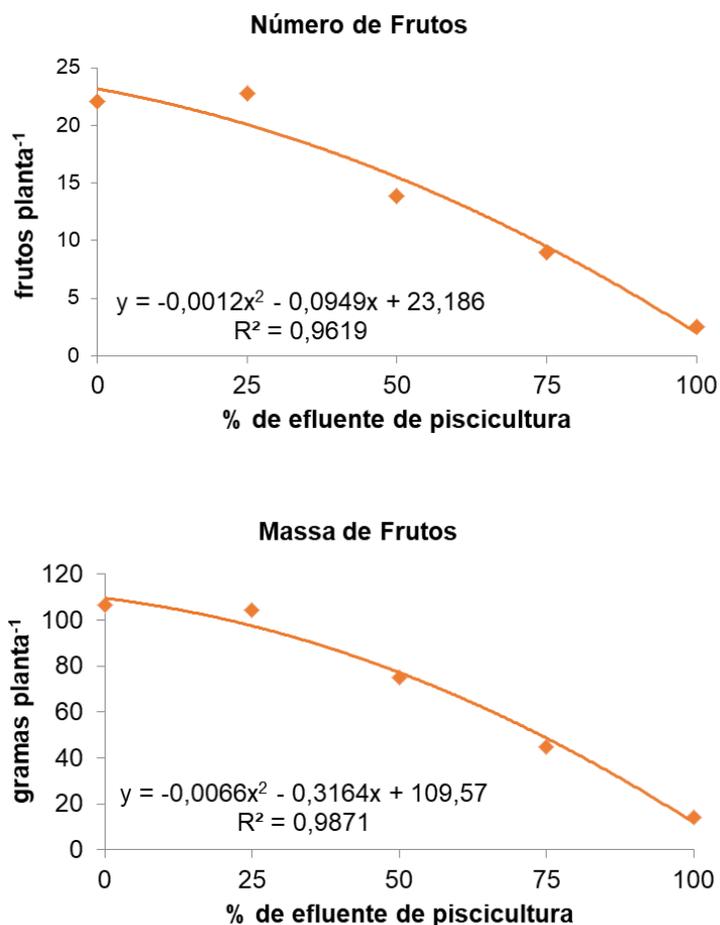
Com a aplicação dos tratamentos, as plantas irrigadas com solução nutritiva receberam 2,88 g de nitrogênio por vaso, enquanto ao substituir em 25% pelo efluente de peixe, aplicou-se 2,40 g de nitrogênio por vaso, 2,16 g pela solução nutritiva e 0,25 g pelo efluente.

O número de frutos por planta foi semelhante nos tratamentos com solução nutritiva e com a substituição em 25% pelo efluente de piscicultura (Figura 5). O mesmo aconteceu com a massa de frutos. A substituição a partir de 50% da solução nutritiva pelo efluente de piscicultura reduziu substancialmente a produção, tanto da quantidade quanto na massa de frutos de minitomate (Figura 5).

Abrahão et al. (2011) trabalhando com o minitomate das cultivares *Sweet Grape* e *Sweet Million*, submetidos em diferentes relações de K:Ca:Mg na solução nutritiva, obtiveram melhores resultados para a cultivar *Sweet Million*, com a produção de 1690 g planta<sup>-1</sup> e número médio de fruto de 227 por planta, já a cultivar *Sweet Grape* a produção foi de 1300 g planta<sup>-1</sup> com o número médio de frutos em 145 por planta. Preczenhak et al. (2014), obtiveram para a cultivar *Sweet Grape* produtividade de 2080 g planta<sup>-1</sup> e número médio de 144 frutos por planta.

Ferreira et al. (2019), aplicando 30,6 L de água por planta, produziram 147 frutos e 747 g planta<sup>-1</sup> para a cultivar *Sweet Grape*. A cultivar *Red Sugar* não foi referenciada nos trabalhos revisados. Gama et al. (2017) avaliaram a *Sweet Million* e a *Red Sugar* e verificaram uma menor produtividade da *Red Sugar* com 158 frutos planta<sup>-1</sup> e produtividade de 707 g planta<sup>-1</sup> vs. *Sweet Million* com 452 frutos planta<sup>-1</sup> e 452 g planta<sup>-1</sup>.

**Figura 5.** Número e massa de frutos de minitomate, tipo *grape*, fertirrigados com diferentes concentrações de efluente de piscicultura.



C.V. Número de frutos = 12,35; C.V. Massa de frutos = 8,26%

Em relação a análise de sólidos solúveis totais (°Brix) não houve diferença entre os tratamentos (Tabela 4).

**Tabela 4.** Sólidos solúveis totais (°Brix) de frutos de minitomate, tipo *grape* fertirrigados com solução nutritiva e efluente de piscicultura.

Tratamentos	°Brix <sup>n.s.</sup>
100% SN + 0% EP	7,85
75% SN + 25% EP	7,68
50% SN + 50% EP	7,30
25% SN + 75% EP	7,51
0% SN + 100% EP	7,42
Média	7,55
C.V. (%)	6,70

## CONCLUSÃO

Foi possível substituir em 25% a solução nutritiva pelo efluente de piscicultura da criação do pangásius com produtividade semelhante a testemunha, permitindo economia de insumos, sem interferir na qualidade dos frutos, mensurados pelos sólidos solúveis totais.

## REFERÊNCIAS

ABEDIN, M. J.; BAPARY, M. A. J.; RASUL, M. G., MAJUMDAR, B. C.; HAQUE, M. M. Water quality parameters of some *Pangasius* ponds at Trishal Upazila, Mymensingh, Bangladesh. *European Journal of Biotechnology and Bioscience*, v. 5; n. 2, p. 29-35, 2017.

ABRAHÃO, C.; VILLAS BÔAS, R. L.; SILVA, V. C.; RAMOS, A. R. P.; CAMPAGNOL, R.; BARDAVIESSO, D. M. Produção de mini tomate em função de diferentes relações de K:Ca:Mg na solução nutritiva. *Horticultura Brasileira*, v. 29, n. 2, 2011.

ANDRIANI, Y.; ZAHIDAH, Y. D.; HAMDANI, H.; SUBHAN, U. Growth of juvenile striped catfish (*Pangasius hypophthalmus*) and water quality in aquaponics system. *Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research*, v. 5, n. 2, p. 1-7, 2019.

ALVARENGA, M. A. R. Tomate: Produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia. Lavras: UFLA, 457 p. 2013.

BALDISSEROTTO, B. Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura. 3 ed. Santa Maria. Ed da UFSM. p. 14-0-141, 2018.

BAPTISTA, C.; DELLOVA, D.; DONATI, G.; CEZÁRIO, G.; REAL, J. V.; LINO, J.; ALBUQUERQUE, L.; SANTOS, M.; OLIVEIRA, M.; VIEIRA, R. Anuário Peixe BR da piscicultura. p. 71, 2018.

BARBOSA, F. R.; SILVA, C. S. B.; CARVALHO, G. K. L. Uso de inseticidas alternativos no controle de pragas agrícolas. Petrolina: Embrapa Semi Árido, 2006.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Complementa e altera a Resolução nº 357/2005. Sessão II - Das Condições e Padrões de Lançamento de Efluentes Brasília, DF: Diário Oficial da União, N. 92, p. 89, 2011.

CORSINI, I.; LABIGALINE, I.; GOMES, T. M.; FREIRE, M. T. A.; VERRUMA-BERNARDI, M. R.; ROSSI, F. The cherry tomato under an organic system inoculated with *Trichoderma asperellum* and intercropped with vegetables of family fabaceae. Revista Ciência Agronômica, v. 52, n. 2, e20207157, 2021.

ENDUT, A.; LANANAN, F.; HAMID, S. H. A.; JUSOH, A.; NIK, W. N. W. Balancing of nutrient uptake by water spinach (*Ipomoea aquatica*) and mustard green (*Brassica juncea*) with nutrient production by African catfish (*Clarias gariepinus*) in scaling aquaponic recirculation system. Desalination and Water Treatment, p. 1-10, 2016.

FAO. Food and agriculture organization of the United Nations. 2018.. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-bm085e.pdf>. Acesso em 27 set 2020.

FARIAS, A. C. S.; FARIAS, R. B. A. Desempenho comparativo entre países exportadores de pescado no comércio internacional: Brasil eficiente. Piracicaba - SP, v. 56, n. 3, p. 451-466, 2018.

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

FERREIRA, E. D.; VIOL, M. A.; CARVALHO, J. A.; GONTIJO, M. L.; REZENDE, F. C.; LIMA, E. M. C. Tomate *sweet grape* cultivado com diferentes lâminas e frequências de irrigação em ambiente protegido. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada v.13, n..3, p. 3402 - 3411, 2019.

FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. Cultivo hidropônico de plantas. Campinas: Instituto Agronômico. 50p. (Boletim técnico, 180), 1999.

GAMA, D. R. S.; MESQUITA, A. C.; YURI, J. E.; FERREIRA, K. M.; SOUZA, V. Different shading environments impact growth and yield of three mini-tomato cultivars. *Rev. Caatinga*, v. 30, n. 2, p. 324-334, 2017.

HOLCMAN, E.; SENTELHAS, P. C.; MELLO, S. da C. Cherry tomato yield in greenhouses with different plastic covers. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.47: 10, e20160991, 2017.

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ (São Paulo). Métodos físico-químicos para análise de alimentos /coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea -- São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

JORGE, M. F.; NASCIMENTO, K. O.; BARBOSA JUNIOR, J. L.; SILVA, L. D. B.; BARBOSA, M. I. M. J. Physicochemical characteristics, antioxidant capacity and phenolic compounds of tomatoes fertigated with different nitrogen rates. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 1, p. 237–243, 2017.

KADER, M. A.; BULBUL, M.; YOKOYAMA, S.; ISHIKAWA, M.; KOSHIO, S.; HOSSAIN, M.S.; AHMEDG.U.; HOSSAIN, M. A. Evaluation of meat and bone meal as replacement for protein concentrate in the practical diet for Sutchi Catfish, *Pangasius hypophthalmus* (Sauvage 1878), reared under pond condition. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 42, p. 287–296, 2011.

KUMAR, A.; HARIKRISHNA, V.; REDDY, A. K.; CHADHA, N. K.; BABITHA RANI, A. M. Salinity tolerance of *Pangasionodon hypophthalmus* in inland saline water effect on growth, survival and haematological parameters. **Ecology, Environment and Conservation**, v.23, n.1, p.567-574, 2017.

LOVE, D. C.; FRY, J. P.; LI, X.; HILL, E. S.; GENELLO, L.; SEMMENS, K.; THOMPSON, R. E. Commercial aquaponics production and profitability: Findings from an international survey. *Aquaculture*, v. 435, p. 67–74. 2015.

MACEDO, C. F.; SIPAÚBA-TAVARES, L. H. Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: consequências e recomendações. *Bol. Inst. Pesca*, São Paulo, v. 36, n. 2, p- 149 – 163, 2010.

MEDEIROS, P. R. F.; DUARTE, S. N.; UYEDA, C. A.; SILVA, E. F. F.; MEDEIROS, J. F. Tolerância da cultura do tomate à salinidade do solo em ambiente protegido. *R. Bras. Eng. Agric. Ambiental*, v.16, n.1, p. 51–55, 2012.

MENEGASSI, L. C.; ROSSI, F.; DOMINICAL; L. D.; TOMMASO, G.; MONTES, C. R.; GOMIDE, C. A.; GOMES, T. M. Reuse in the agro-industrial: Irrigation with treated slaughterhouse effluent in grass. *Journal of Cleaner Production*, v. 251, p. 1-11, 2020.

MORRIS, T. F.; MURREL, T. S. L.; BEEGLE, D. B.; CAMBERATO, J. J.; R. B. FERGUSON; GROVE J.; KETTERINGS, Q.; KYVERYGA, P. M.; LABOSKI, C. A. M.; J. MCGRATH, M.; MEISINGER, J. J.; MELKONIAN, J.; MOEBIUS-CLUNE, B. N.; NAFZIGER E. D.; OSMOND, D.; SAWYER, J. E.; SCHARF, P. C.; SMITH, W.; SPARGO, J. T.; VAN ES, H. M.; YANG, H. Strengths and limitations of nitrogen rate recommendations for corn and opportunities for improvement. *Agronomy Journal*, v. 110, p. 1 – 37, 2018.

PÉK, Z.; DAOOD, H. G.; NEMÉNYI, A. HELYES, L.; SZUVANDZSIEV. Seasonal and irrigation effect on yield parameters and soluble solids content of processing cherry tomato. *Acta Horticulturae*, v. 1159, p. 45–49, 2017.

PRECZENHAK, A. P.; RESENDE, J. T. V.; CHAGAS, R. R.; SILVA, P. R.; SCHWARZ, K.; RAFAEL, G. F. Caracterização agronômica de genótipos de minitomate. *Horticultura Brasileira*, v. 32, n. 3, p. 348-356, 2014.

SILVA, M. S. G. M.; LOSEKAN, M. E.; HISANO, H. Aquicultura: manejo e aproveitamento de efluentes. *Embrapa Meio Ambiente*, Jaguariúna - SP, p. 12, 2013.

#### 4. CULTIVO DE MINITOMATE, TIPO *GRAPE*, FERTIRRIGADO COM SOLUÇÃO NUTRITIVA PREPARADA EM EFLUENTE DE PISCICULTURA DE PANGASIUS

##### RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade da utilização de solução nutritiva quando preparada em efluente de piscicultura para a fertirrigação de minitomate, tipo *grape*, a fim de reduzir a adubação química, possibilitar um destino ao efluente com baixo impacto ambiental e proporcionar a redução dos custos com a produção. O experimento foi realizado na Universidade Federal de São Carlos/Centro de Ciências Agrárias, Araras – SP, no período de agosto 2020 a dezembro 2020. O delineamento adotado foi em blocos casualizados, com quatro tratamentos, sendo eles, solução nutritiva preparada em água (testemunha), e solução nutritiva preparada em efluente de piscicultura, em três concentrações de sais: 25, 50 e 75%, com quatro repetições. Os parâmetros avaliados foram: a caracterização do efluente (pH, condutividade elétrica, cálcio, fósforo, amônio, nitrito, nitrato e nitrogênio total); as plantas foram avaliadas quanto à altura, diâmetro de caule, análise foliar para diagnose nutricional, massa de matéria fresca e seca da parte aérea e do sistema radicular e índice relativo de clorofila; para os frutos avaliou-se o número, massa, comprimento, diâmetro; para qualidade dos frutos foram avaliados: sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável, ratio, pH, vitamina C, açúcares redutores e totais e por fim realizou-se uma análise econômica, considerando o preço dos sais e o valor de venda do minitomate. A média do pH foi de  $8,1 \pm 1,1$  e da condutividade elétrica  $1,2 \pm 1,4$ . Na caracterização do efluente bruto obteve-se os seguintes valores: nitrogênio total  $6,2 \pm 8,8 \text{ mg L}^{-1}$ ; cálcio  $53,1 \pm 23,8 \text{ mg L}^{-1}$ ; e fosfato  $17,1 \pm 17,7 \text{ mg L}^{-1}$ . As plantas fertirrigadas com 25%SN/EPCP apresentaram maior altura, mas a testemunha apresentou maior diâmetro de caule. Todos os tratamentos diferiram da testemunha quanto a clorofila a, b e total. Para a massa de frutos, o tratamento 50%SN/EPCP não apresentou diferença com a testemunha. No entanto, os tomateiros fertirrigado com 75% SN/EPCP apresentaram produtividade superior. Na qualidade de fruto, o maior pH foi do tratamento 25%SN/EPCP com 4,31. O SST foi 10,76 °Brix no tratamento 75%SN/EPCP. O menor teor de acidez foi no tratamento

25%SN/EPC. O tratamento 75%SN/EPCP apresentou o maior valor de ratio,10,10. O tratamento 75%SN/EPCP o maior teor de vitamina C, açúcares reductores açúcares totais. A análise econômica demonstrou que no tratamento 75%SN/EPCP, ocorreu maior lucro relativo, quando considerado as despesas com os fertilizantes e a receita com o preço de venda dos minitomates. Os resultados indicaram a possibilidade de utilizar o efluente bruto de piscicultura da criação de pangasius na preparação da solução nutritiva, com redução de até 50% da quantidade de fertilizantes. No entanto, com redução de 25% (75%SN/EPCP) houve produção superior, sem interferir na qualidade de fruto.

**Palavras-chave:** Água residuária, Integração de sistemas, *Pangasianodon hypophthalmus*, *Solanum lycopersicum*.

## **CULTIVATION OF MINITOMATE, GRAPE TYPE, FERTIRRIGED WITH NUTRITIVE SOLUTION PREPARED IN PANGASIU PSICULTURE EFFLUENT**

### **ABSTRACT**

The objective of this work was to evaluate the feasibility of using a nutrient solution when prepared in fish farm effluent for the fertigation of mini-tomato, grape type, in order to reduce chemical fertilization, enabling a destination for the effluent with low environmental impact and providing a reduction in production costs. The experiment was carried out at the Federal University of São Carlos/Center for Agricultural Sciences, Araras – SP, from August 2020 to December 2020. The design adopted was a randomized block with four replications. Four treatments were applied in this experiment, namely, nutrient solution prepared in water (control), and nutrient solution prepared in fish farm effluent, in three concentrations of salts: 25, 50 and 75%. The parameters evaluated were: effluent characterization (pH, electrical conductivity, calcium, phosphorus, ammonium, nitrite, nitrate and total nitrogen); the plants were evaluated for height, stem diameter, leaf analysis for nutritional diagnosis, fresh and dry matter of shoot and root system and relative chlorophyll index; for the fruits, the number, mass, length, diameter and length:diameter ratio were evaluated; for fruit quality were evaluated: total soluble solids (TSS), total titratable acidity, ratio, pH, vitamin C, reducing and total sugars and finally an economic analysis was performed, considering the salts prices and the sale value of the mini tomato. The mean pH was  $8.1 \pm 1.1$  and the electrical conductivity  $1.2 \pm 1.4$ . The characterization of the raw effluent, total nitrogen had an average of  $6.2 \pm 8.8$ , calcium  $53.1 \pm 23.8$  and phosphate  $17.1 \pm 17.7$ . Plants fertigated with 25%SN/EPCCP were larger, while the control had larger stem diameter. All treatments differed from the control in terms of a, b and total chlorophyll. For the fruit mass, the 50%SN/EPCCP treatment did not differ from the control. However, tomato plants fertigated with 75% SN/EPCCP presented higher productivity. For fruit quality, the highest pH was for the 25%SN/EPCCP treatment with 4.31. The SST was 10.76°Brix in the 75%SN/EPCCP treatment. The lowest acidity content was in the 25%SN/EPC treatment. The 75%SN/EPCCP treatment had the highest ratio value, 10.10. Treatment

75%SN/EPCP presented the highest content of vitamin C, reducing sugars and total sugars. The economic analysis showed that in the 75%SN/EPCP treatment there was greater profit, when considering the salts prices and the sale price of minitomates. The results indicated the possibility of using the raw effluent from fish farming from pangasius rearing in the preparation of the nutrient solution, with a reduction of up to 50% in the amount of fertilizers in the nutrient solution. However, with a 25% reduction (75%SN/EPCP) there was higher yield, without interfering with the fruit quality.

**Keywords:** *Pangasianodon hypophthalmus*, *Solanum lycopersicum*, System integration, Wastewater.

## INTRODUÇÃO

As hortaliças desempenham papel fundamental para a alimentação humana (LANA, 2021). Dentro das espécies olerícolas, o tomateiro (*Solanum lycopersicum*) é uma das principais culturas produzidas no Brasil e no mundo (FILGUEIRA, 2013). O tomate destinado ao consumo *in natura* é classificado em diferentes grupos de acordo com seu formato, calibre e aptidão (ALVARENGA et al., 2013).

O grupo dos minitomates do tipo *grape* tem despertado maior interesse dos agricultores por reunir características desejáveis como: rusticidade, boa produtividade e alto valor de mercado (RODRIGUES et al., 2016). Por ser um produto com alto valor agregado, o sistema recomendado para os produtores é em cultivo protegido, para reduzir perdas de produção e alcançar o máximo da produtividade.

Uma das características do cultivo do minitomate é uma alta demanda nutricional (HOLCMAN et al., 2017). O sistema de produção a base de fertilizantes químicos, utilizados no Brasil, utiliza 70% dos fertilizantes provenientes do mercado externo (NOBRE, 2013; ARAÚJO et al., 2016). O preço dos sais é indexado a cotação do dólar, o que pode ocasionar um aumento no custo de produção e diminuir a margem de lucro.

A utilização de efluentes provenientes de aquicultura tem potencial de suprir parte da necessidade de fertilizantes em olerícolas que requerem altas quantidades de nutrientes (ENDUT et al., 2016). Segundo Love et al. (2015) e Addy et al. (2017), efluentes aquícolas possuem nutrientes tais como nitrogênio e fósforo em quantidades adequadas para fertirrigação, sem causar possíveis danos a cultura de interesse econômico. É importante que o efluente não tenha impacto negativo sob a produção ou nas características qualitativas do minitomate.

Atualmente a criação da espécie pangásius (*Pangasianodon hypophthalmus*) encontra-se em expansão no Brasil, devido as suas características desejáveis, tais como: a possibilidade de cultivo em alta densidade de estocagem, respiração aérea facultativa, hábito alimentar onívoro, além de bom rendimento de carcaça e filé sem espinha (KUMAR et al., 2017). No entanto, para evitar intoxicação por amônia, é necessário a

renovação diária de parte da água dos tanques. Esse manejo aumenta o consumo hídrico de água potável, além da possibilidade de eutrofizar corpos d'água se descartado sem tratamento (MACEDO et al., 2010).

Sob o ponto de vista ambiental, a utilização de efluentes para fertirrigação possibilita melhor conservação do solo, destino adequado e melhor manejo dos recursos hídricos, destinando água de melhor qualidade para o consumo humano e animal (PUTTI et al., 2017). No âmbito econômico, Hespanhol (2002) destaca que o interesse na utilização de efluentes na atividade agrícola se deve a fatores como: custos elevados para o tratamento, aumento do preço dos fertilizantes químicos, possibilidade de expansão das áreas de produção agrícola e aumento na produtividade.

A utilização completa ou parcial de efluentes aquícolas para a fertirrigação do minitomate alia a diminuição de impactos ambientais com as vantagens econômicas, provenientes do menor custo e maior valor do produto.

Com isso, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a utilização da solução nutritiva preparada em efluente de piscicultura para fertirrigar minitomate, tipo *grape*, levando em consideração a qualidade do efluente, o desempenho agrônômico, qualidade de frutos e análise econômica.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Local e Delineamento Experimental**

O experimento foi conduzido em casa de vegetação com 80 m<sup>2</sup> de área, pertencente ao Departamento de Biotecnologia e Produção Vegetal e Animal, na Universidade Federal de São Carlos, no município de Araras-SP, com altitude de 646 m; latitude 22° 21' 25" S e longitude 47° 23' 03" W. O clima da região é do tipo CWa classificação de Köppen, a temperatura média anual é de 20,3 °C, com valor médio anual da pluviosidade de 1312 mm.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com quatro tratamentos na fertirrigação do tomateiro: solução nutritiva preparada em água de abastecimento e solução nutritiva preparada em efluente de piscicultura da criação de pangásius em três concentrações de sais da solução nutritiva (Tabela 1), e quatro repetições.

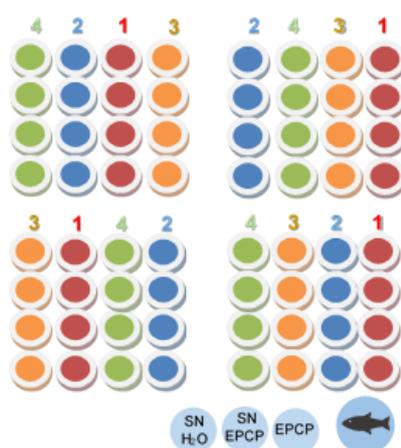
**Tabela 1.** Descrição dos tratamentos aplicados na fertirrigação do cultivo do minitomate, tipo *grape*.

Tratamentos	Fonte de Água	% Sais da Solução Nutritiva*	Código
1	Água de abastecimento	100%	100%SN/H <sub>2</sub> O
2	Efluente de piscicultura da criação de pangasius	75%	75%SN/EPCP
3	Efluente de piscicultura da criação de pangasius	50%	50%SN/EPCP
4	Efluente de piscicultura da criação de pangasius	25%	25%SN/EPCP

\* Solução nutritiva conforme tabela 2

Cada parcela experimental foi constituída por quatro vasos de 8 L, com uma planta cada, sendo considerado os dois vasos centrais como parcela útil (Figura 1).

**Figura 1.** Representação dos blocos e das parcelas experimentais, tanque de piscicultura, tanque com o efluente bruto de piscicultura (EPCP), e um tanque com a solução nutritiva preparada em água de abastecimento (SN/H<sub>2</sub>O) e solução nutritiva preparadas com efluente de piscicultura (SN/EPCP)



### Criação de Pangasius

Este experimento foi submetido e aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA – Protocolo nº 7151230320) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Os pangasius (*Pangasianodon hypophthalmus*) (Figura 2) utilizados apresentavam peso inicial de  $575,84 \pm 34,41$  g, em densidade de 20 kg 1000 L<sup>-1</sup>, criados em caixa de polietileno com volume útil de 1000 L de água.

**Figura 2.** Pangasius (*Pangasianodon hypophthalmus*)



Devido ao fato do cultivo dos peixes ser em pequena escala, em caixa de polietileno e em casa de vegetação, o sistema adotado para o escoamento de água foi em regime semi-estático, ou seja, diariamente era drenado 10% do efluente e descartado (Figura 3), o mesmo volume era repostado com água potável. Quando necessário, o efluente era devidamente armazenado, para posteriormente fertirrigar as plantas de minitomate, tipo *grape*.

**Figura 3.** Tanque de piscicultura em regime semi-estático, sendo drenado para a remoção do efluente e conseqüente reposição em 10% de água potável.



Para garantir a manutenção do peso corporal dos animais, a ração foi fornecida três vezes ao dia, na quantidade de 1% da biomassa dos peixes. A ração utilizada era extrusada para fase de acabamento, granulometria de 6 – 7 mm e 25% de proteína bruta. No total, utilizou-se 15,47 kg de ração, em 135 dias de experimento.

O efluente de piscicultura utilizado foi drenado de caixa de cultivo de pangasius e estocado em tanque com capacidade para 100 L, sendo que, em um tanque havia apenas o efluente bruto de piscicultura, e em outro a solução nutritiva preparada em efluente de piscicultura (Figura 4). As proporções (25, 50 e 75%) eram preparadas todos os dias no momento a fertirrigação, cujo volume era fornecido de forma manual, ocorrendo todos os dias no período da manhã. Quando necessário, irrigava-se também no período da tarde. Como o pH do efluente bruto de piscicultura, em certos momentos, apresentava-se alcalino, foi necessário a correção da solução nutritiva para pH 6,5, com a adição de ácido fosfórico.

**Figura 4.** Tanque com criação de peixes, tanque estoque de efluente bruto de piscicultura, e tanque com solução nutritiva.



### Manejo da Fertirrigação

O manejo da fertirrigação aconteceu em duas fases: o estágio que contempla do transplântio do minitomate até os 45 dias após transplântio (DAT), e o segundo estágio, realizado dos 45 DAT até o final do experimento (Tabela 2).

Os nutrientes foram fornecidos através dos seguintes fertilizantes: fosfato monopotássico (34% de  $K_2O$  e 52% de  $P_2O_5$ ); nitrato de cálcio (15,5% de N e 19% de Ca); sulfato de potássio (51% de  $K_2O$  e 18% de S); sulfato de magnésio (9% de Mg e 11,9% de S); cloreto de potássio (60% de  $K_2O$  e 40% de Cl) e micronutrientes (1,2% de Mg; 0,85% de B; 0,5% de Cu; 3,4% de Fe; 3,2% de Mn; 0,06% de Mo e 4,2 % de Zn).

**Tabela 2.** Quantidade de nutrientes para o minitomate em duas fases, até 45 dias após transplântio (DAT) e após 45 DAT.

Nutrientes	Até 45 DAT	Após 45 DAT
	----- g 1000 L <sup>-1</sup> -----	
Nitrogênio (N)	79,50	97,50
Fósforo (P)	114,40	114,40
Potássio (K)	213,8	332,80
Cálcio (Ca)	85,00	110,50
Magnésio (Mg)	35,00	45,00
Enxofre (S)	80,00	59,00
Cloro (Cl)	0	70,5
Ferro (Fe)	1,5	1,5
Zinco (Zn)	1,05	1,05
Manganês (Mn)	0,8	0,8
Boro (B)	0,375	0,375
Molibdênio (Mo)	0,0125	0,0125

Fonte: Adaptado de Cunha et al. (2014).

Até os 30 dias após transplântio, a quantidade fornecida de fertirrigação foi a mesma em todos os tratamentos. Após este período houve variação, com a quantidade da fertirrigação determinada diariamente, levando em consideração o quanto lixiviava por tratamento, sendo padronizado uma lixiviação de 10% do volume aplicado.

### **Avaliações das Fontes de Fertirrigação**

Com relação aos parâmetros de qualidade da fertirrigação, foram avaliados em ambos os tanques, diariamente, sempre no período da manhã antes do manejo de fertirrigação: potencial hidrogeniônico, utilizando um peagâmetro Akrom Kr21; condutividade elétrica (ds m<sup>-1</sup>) e temperatura (°C), utilizou-se um condutivímetro Akrom Kr33 e o oxigênio dissolvido (mg L<sup>-1</sup>) foi mensurado utilizando o aparelho DO Eco Akson.

A caracterização do efluente de piscicultura foi realizada em todos os abastecimentos do reservatório a ser utilizado na fertirrigação. No total foram realizadas 22 análises ao longo do tempo. O volume de água coletado foi de 500 mL de cada amostra, utilizando uma garrafa plástica. As análises foram realizadas no Laboratório do Grupo de Estágios e Pesquisas em Monogástricos, da UFSCar, campus Araras, onde foram determinados: pH,

condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, temperatura, cálcio, fósforo, amônio, nitrito e nitrato, utilizando o equipamento fotômetro multiparâmetro Micro20/Akso, para todas as análises.

### **Produção das Mudas de Minitomate, tipo *grape*.**

As sementes utilizadas neste experimento foram a *Red Sugar F1* cultivar 14300 fornecidas pela Agristar/SP. Esta cultivar é recomendada para o cultivo protegido, os frutos apresentam coloração vermelho intenso e sabor adocicado (9,3°Brix). Além disso, é uma planta com alta produtividade, chegando a 8 kg por planta.

As mudas foram conduzidas em casa de vegetação pertencente ao Grupo de Estudos em Horticultura (GEHort), na UFSCar campus Araras (Figura 5). A semeadura ocorreu no mês de junho de 2020, em bandejas de poliestireno com substrato de fibra de coco, da marca Amafibra, que apresenta uma mistura de textura mediana e fina, com 98% de matéria orgânica, 0,8 – 1,0 dS m<sup>-1</sup> de CE, pH na faixa de 5,5 – 6,0.

As bandejas foram mantidas em casa de vegetação por 45 dias, e em agosto de 2020 as mudas foram transplantadas em vasos de oito litros, preenchidos com a mesma fibra de coco utilizada na produção das mudas.

**Figura 5.** Mudas de minitomate, tipo *grape* - Red Sugar F1 cultivar 14300 (Agristar/SP).



### **Condução das Plantas e Controle Fitossanitário**

O espaçamento adotado foi de 0,75 m entre plantas e 0,75 m entre linhas, as plantas foram conduzidas em hastes dupla tutoradas verticalmente utilizando fitilhos (Figura 6), a remoção dos brotos laterais ocorria de acordo com seu surgimento, já a poda apical foi realizada após a emissão do oitavo

cacho. Pelo fato de o experimento ter sido em casa de vegetação a polinização ocorreu de forma manual, através da vibração das plantas.

Utilizou-se calda de extrato vegetal a base de primavera (*Bougainvillea spectabilis*) para o controle de trips (*Thrips* spp.), seguindo o protocolo proposto por Barbosa et al. (2006). Visando resiliência a altas temperaturas e otimizar absorção dos nutrientes, e conseqüentemente melhor desenvolvimento das plantas no ambiente da casa de vegetação, utilizou-se o preparado homeopático *Carbo vegetabilis* 5CH, expedido em solução hidroalcoólica 30%, adquirido em farmácia homeopática. Nos dias de aplicação, o preparado homeopático era dinamizado à 6CH, em água. A aplicação ocorreu em dias alternados, sendo aplicadas três gotas por vaso.

**Figura 6.** Plantas de minitomate, tipo *grape*, tutoradas verticalmente em hastes dupla.



#### **Avaliações Realizadas nas Plantas de Minitomate, tipo *grape***

Foram realizadas nove medições, aos 12 DAT, 25 DAT, 39 DAT, 54 DAT, 68 DAT, 82 DAT, 96 DAT, 110 DAT e 124 DAT para altura de planta (AL) e diâmetro de caule (DC).

**Altura de planta (AL)** – Para medir a altura das plantas, utilizou-se uma trena que foi devidamente posta sobre a superfície do substrato medindo até o ápice da planta (considerando o ponto de inserção da folha mais alta). Os dados são apresentados em cm;

**Diâmetro de caule (DC)** – Com o auxílio de um paquímetro digital, foi mensurado o diâmetro de caule, levando em consideração a uma altura de 3 cm da superfície do substrato, dados apresentados em mm;

**Índice relativo de clorofila (IRC)** – As avaliações foram realizadas na quarta folha a partir do ápice, totalizando oitos pontos de medição por parcela, sendo 4 hastes x 2 plantas, para obter a média por parcela. Para isso, foi utilizado o clorofilômetro, modelo Clorofilog FALKER 1030. Esta análise ocorreu aos 45 dias após transplântio, antes da mudança da solução nutritiva em relação ao estágio de desenvolvimento do tomateiro, e os resultados são expressos em clorofila a, clorofila b e clorofila total;

**Diagnose foliar** – Aos 53 DAT, após a maturação do primeiro fruto, a quarta folha a partir do ápice foi coletada, elas foram colocadas em sacos de papel *kraft*, permanecendo por 72 horas à 65°C em estufa de circulação forçada, posteriormente, foram moídas em moinho tipo *Willey*, e encaminhadas ao Laboratório de Ciências Agrárias/Solos (USP/FZEA), para a caracterização de macro e micronutrientes, as análises foram baseadas na metodologia proposta por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997);

**Massa de matéria fresca e massa seca (parte aérea e raízes)** – Aos 124 DAT, final do experimento, a parte aérea das plantas dos minitomates, tipo *grape*, foram cortadas em partes pequenas, colocadas em sacos de papel *kraft*, pesadas em balança de precisão digital, com isso, foi determinado a massa fresca da parte aérea, após, foram acondicionados em estufa de circulação forçada a 65°C por 72 horas, para determinação da massa seca da parte aérea. O mesmo procedimento foi realizado para a determinação da massa fresca e seca das raízes.

#### **Análise de Produção dos Frutos de Minitomate, tipo *grape***

Colheu-se os frutos já devidamente maduros (coloração avermelhada), manualmente (Figura 7). Considerando os parâmetros para número de frutos (NF), massa de fruto (MF), comprimento de fruto (CF), diâmetro de fruto (DF) e relação comprimento/diâmetro de fruto (RC/D). Após, os frutos foram congelados para posterior caracterização físico-química.

**Figura 7.** Frutos de minitomate, tipo *grape*, no momento da colheita.



**Número de frutos (NF)** – Os frutos de cada parcela foram colhidos, identificados e contados, os resultados são apresentados em frutos planta<sup>-1</sup>;

**Massa de frutos (MF)** – Os frutos, devidamente identificados por parcela, foram pesados em uma balança analítica, os resultados são apresentados em g planta<sup>-1</sup>;

**Comprimento de fruto (CF)** – Mediu-se todos os frutos considerando a base de inserção ao ápice do fruto, utilizando um paquímetro digital, os resultados são apresentados em mm;

**Diâmetro de fruto (DF)** – Mediu-se o diâmetro transversal de todos os frutos a partir do centro dos frutos, utilizando um paquímetro digital, os resultados são apresentados em mm;

**Relação comprimento/diâmetro de fruto (C/D)** – Obtido a partir da divisão entre os valores do comprimento de fruto pelos valores do diâmetro de frutos.

#### **Caracterização Físico-química dos Frutos de Minitomate, tipo *grape***

As análises de caracterização físico-química foram realizadas no Laboratório de Agregação de Valor (Pós-colheita e Processamento) na Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA) – polo Piracicaba/SP (Figura 8). Amostras de minitomate foram agrupadas em diferentes tempos, a saber: 55 a 58 DAT; 62 a 67 DAT; 69 A 72 DAT; 83 a 86 DAT; 90 a 93 DAT e 96 a

102, para os parâmetros de pH, sólidos solúveis, acidez titulável, teor de vitamina C. Os teores de açúcares totais e redutores foram agrupados em três momentos: 55 a 67 DAT; 69 a 86 DAT; 90 a 102 DAT.

**Figura 8.** Caracterização físico-química dos frutos.



**Determinação de pH** – Determinado em potenciômetro segundo método N° 981.12 – AOAC (2005);

**Determinação de sólidos solúveis totais** – Determinados em refratômetro segundo método N° 932.12 – AOAC (2005), os resultados são apresentados em °Brix;

**Determinação da acidez titulável** – Determinada por titulação potenciométrica, segundo método N° 942.15 (AOAC, 2005), os resultados são apresentados em % ácido cítrico;

**Determinação do teor de vitamina c** – Quantificado segundo método nº 43.065 da AOAC (1984), modificado por Benassi (1990), que substitui o solvente extrator ácido metafosfórico por ácido oxálico, os resultados são apresentados em mg de ácido ascórbico/100g;

**Determinação dos teores de açúcares totais e redutores** – Pelo método de Eynon e Lane descrito por Carvalho et al. (1990) adaptado para uso do aparelho REDUTEC<sup>®</sup> da marca TECNAL, os resultados são apresentados em %.

### **Análise Econômica da Produção**

A análise econômica foi realizada considerando dados relativos à venda do minitomate, tipo *grape* e ao custo de produção, especificamente dos custos dos fertilizantes utilizados na fertirrigação para a produção em cultivo protegido em substrato de fibra de coco. Em relação aos valores (em termos nominais) de venda, esses foram obtidos junto a Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP), para o ano de 2020, sendo considerados os valores pagos ao produtor no período de colheita dos frutos, de outubro a dezembro de 2020, com média de R\$ 9,59 por quilograma.

Os valores dos fertilizantes (em termos nominais) foram os valores pagos por produtores rurais da região de Araras e, na média do ano de 2020 (janeiro a dezembro) apresentaram os seguintes valores por saco de 25 kg: nitrato de cálcio - R\$ 58,09; sulfato de potássio - R\$ 104,95; cloreto de potássio - R\$ 58,23; MKP - R\$ 211,10; sulfato de magnésio - R\$ 29,66. O saco de 1 kg de micronutrientes custou, em média, R\$ 24,80.

De posse desses dados, procurou-se verificar a potencial redução de custos e a variação da receita em função da utilização da solução nutritiva preparada em efluente de piscicultura da criação de pangásius em relação à produtividade da cultura do minitomate, tipo *grape*, em função da sua demanda hídrica e da substituição dos fertilizantes usados na composição da solução nutritiva.

Ressalta-se que se trata de uma sugestão de abordagem para a análise econômica dado que outros custos referentes à produção e à comercialização não foram considerados para esta análise.

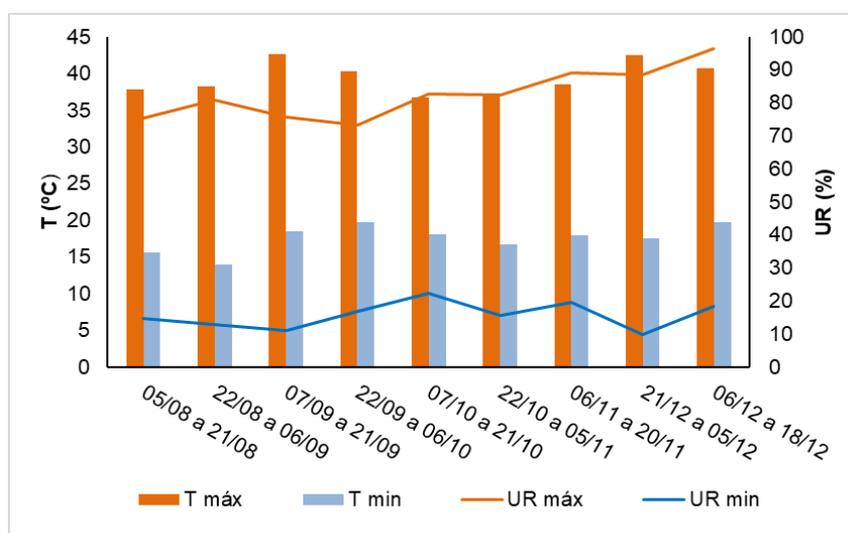
### **Análises Estatísticas**

Os dados foram submetidos à análise de variância (Anova) no software Sisvar 5.3 (FERREIRA, 2019). As variáveis cujas médias entre os tratamentos divergiram entre si, aplicou-se o teste de *Scheffé* ao nível de 5% de probabilidade. Quando houve efeito ao fator tempo, realizou-se a análise de regressão polinomial, sendo o tempo considerado como sub-parcela.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação à temperatura e os valores da umidade relativa do ar no interior da casa de vegetação ocorreu uma variação de temperatura em que os dias entre 07/09 a 21/09 e 21/12 a 05/12 apresentaram valores de 42,6°C, representando os dias mais quentes (Figura 9). Já em relação a temperatura mínima observada, 22/08 a 06/09 obtiveram dias com 14 °C. A umidade relativa do ar apresentou 96% entre os dias 06/12 a 18/12, já os dias 21/12 a 05/12, tiveram o menor valor, de 10%.

**Figura 9.** Temperatura máxima (T máx), mínima (T min) e umidade relativa do ar (UR máx e mim) durante o período do experimento: de 5 de agosto a 18 de dezembro de 2020.

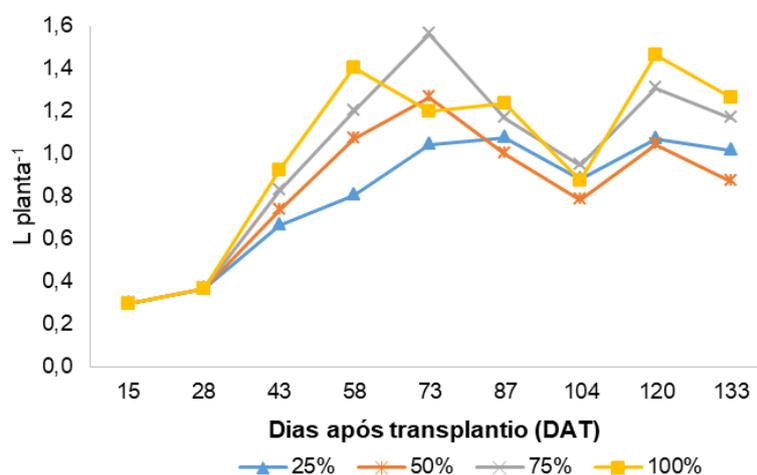


A dissipação de calor do interior da casa de vegetação é dificultada, pois ela apresenta o pé-direito baixo e não há janelas ou lanternins. Estas temperaturas ocorreram em função também do período do ano (agosto a dezembro) período em a temperatura do ambiente é maior na cidade de Araras. Embora, para o minitomate, tipo *grape*, esta não seja a melhor época para cultivo, o ambiente protegido permite a produção, e para a criação do pangasius é extremamente favorável, pois o peixe se desenvolve melhor em temperaturas mais elevadas, sendo a faixa de 22 a 26°C considerada a ideal (FAO, 2020).

Os volumes de fertirrigação aplicados em cada tratamento estão demonstrados na Figura 10. No período do transplântio até o 15º dia de

desenvolvimento ocorreu o menor consumo, representando a média diária de 300 mL planta<sup>-1</sup> em todos os tratamentos.

**Figura 10.** Volume de fertirrigação aplicada nos minitomates, tipo *grape*, irrigados com solução nutritiva preparadas em efluente de piscicultura.



Legenda: 100% - solução nutritiva preparada em água (testemunha); 75%, 50% e 25% de sais da solução nutritiva, preparada com efluente de piscicultura da criação de pangásius.

No período que compreende os 60 dias após o transplântio (DAT), houve a maior demanda hídrica; as plantas que receberam fertirrigação a partir de 75% da solução nutritiva preparada em efluente de piscicultura demandaram 1461 mL planta<sup>-1</sup>, enquanto as plantas fertirrigadas com 25% solução nutritiva preparada em efluente consumiu 1034 mL planta<sup>-1</sup>.

Após os 75 DAT, a fertirrigação foi substituída, em dias alternados, por água de torneira, sendo aplicados: 31,50 L às plantas testemunhas (100%SN/H<sub>2</sub>O); 32,41 L no tratamento 75%SN/EPCP; 26,92 L em 50%SN/EPCP e 26,16 em 25%SN/EPCP.

O volume total de fertirrigação variou entre os tratamentos em função da demanda das plantas: às testemunhas (100%SN/H<sub>2</sub>O) receberam 88,11 L planta<sup>-1</sup>, no tratamento 75%SN/EPCP foi fornecido 84,85 L planta<sup>-1</sup>, em 50%SN/EPCP, o volume foi 72,99 L planta<sup>-1</sup>, enquanto o volume fornecido às plantas 25%SN/EPCP foi de 68,83 L planta<sup>-1</sup>.

### Caracterização do Efluente Bruto da Criação de Pangasius

Os resultados da caracterização do efluente bruto da criação de pangasius (Tabela 3), apresentaram teores de  $\text{NH}_4^+$  de  $3,0 \pm 4,0 \text{ mg L}^{-1}$ , o  $\text{NO}_2^-$  de  $3,1 \pm 7,7 \text{ mg L}^{-1}$ , enquanto para  $\text{NO}_3^-$  determinou-se  $13,4 \pm 15,3 \text{ mg L}^{-1}$ , ou seja, ocorreu o processo de nitrificação nos tanques de criação de pangasius.

**Tabela 3.** Caracterização do efluente de piscicultura da criação de pangasius, média de 22 determinações.

Parâmetros	Valores
pH	$7,8 \pm 0,9$
CE ( $\text{ds m}^{-1}$ )	$0,9 \pm 0,7$
OD ( $\text{mg L}^{-1}$ )	$2,5 \pm 1,8$
$\text{Ca}^{++}$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )	$53,3 \pm 19,8$
$\text{PO}_4^-$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )	$13,8 \pm 8,6$
$\text{NH}_4^+$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )	$3,0 \pm 4,0$
$\text{NO}_2^-$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )	$3,1 \pm 7,7$
$\text{NO}_3^-$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )	$13,4 \pm 15,3$

CE = condutividade elétrica; OD = oxigênio dissolvido

Abedin et al. (2017), avaliaram a qualidade de água em tanques com criação semi-intensiva de pangasius e em diferentes períodos, observaram que a média do teor de  $\text{NH}_4^+$  aumentou com o passar tempo, sendo  $2,33 \pm 0,48 \text{ mg L}^{-1}$  aos seis meses e  $3,5 \pm 0,36 \text{ mg L}^{-1}$  com oito meses de cultivo. Semelhante ao parâmetro anterior, o teor de  $\text{NO}_2^-$  foi  $0,78 \pm 0,21 \text{ mg L}^{-1}$  e  $1,31 \pm 0,17 \text{ mg L}^{-1}$ , aos seis e oito meses, respectivamente. Não foram encontrados teores de  $\text{NO}_3^-$ , os autores justificam o ocorrido à desnitrificação.

Monir et al. (2011) estudando a criação de pangasius em diferentes tanques obtiveram  $0,86 \pm 0,47 \text{ mg L}^{-1}$  para  $\text{NH}_4^+$ ;  $0,091 \pm 0,06 \text{ mg L}^{-1}$  para  $\text{NO}_2^-$ ; e  $0,29 \pm 0,08 \text{ mg L}^{-1}$  para  $\text{NO}_3^-$ .

Os compostos nitrogenados são adicionados ao tanque de piscicultura através da ração proteica. Cerca de 70% desta proteína é consumida pelos peixes e excretada em forma de amônia, já o restante será degradado por microrganismos, e transformada principalmente em amônia e fosfato (MOURA et al., 2014; BOYD, 2017; HOSSAIN et al., 2018). Khan et al. (2017) reforçam a necessidade de avaliar a qualidade do efluente de piscicultura não apenas para

a produção de proteína animal, mas visando o uso do efluente para irrigação de culturas agrícolas.

O pH apresentou  $7,8 \pm 0,9$ . Valor semelhante encontrado por Sayeed et al. (2008) ao avaliarem a qualidade de água da criação de pangásius em policultivo, obtiveram valores dentro do recomendado para a espécie, sendo 7,3 a 8,9 para pH.

A condutividade elétrica foi de  $2,5 \pm 1,8$  ds  $m^{-1}$ . Segundo Medeiros et al. (2012) é recomendado que para a cultura do tomateiro, a condutividade elétrica máxima de 2,5 dS  $m^{-1}$ . Lima et al. (2011) estudando efluente de *Astyanax lacustris*, obtiveram os valores para CE de 0,07 dS  $m^{-1}$  a 0,09 dS  $m^{-1}$ , resultados abaixo do encontrado neste experimento. No entanto, Vargas et al. (2020) ao caracterizarem efluente do cultivo de *Betta splendens*, encontraram 5,0 dS  $m^{-1}$  indicando elevada decomposição de matéria orgânica.

Os parâmetros analisados pH,  $NH_4^+$ ,  $NO_2^-$  e  $NO_3^-$ , encontram-se de acordo com a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 430, de 13 de maio de 2011, da qual determina as condições do efluente para descarte. As concentrações máximas permitida de pH é 5 a 9; nitrogênio amoniacal total de 20 mg  $L^{-1}$ ; de nitrato é 10 mg  $L^{-1}$  e nitrito 1 mg  $L^{-1}$ .

Com base no volume da fertirrigação e da caracterização do efluente foi possível calcular o aporte de nitrogênio, fósforo e cálcio fornecido às plantas em cada tratamento (Tabela 4).

Ao aplicar 75%SN/EPCP, os minitomates receberam 5,89 g N planta<sup>-1</sup> via solução nutritiva e 0,55 g N planta<sup>-1</sup> pelo efluente de piscicultura, representando 6,44 g N planta<sup>-1</sup> no total, diferindo em 1,69 g N planta<sup>-1</sup> do tratamento testemunha pelo aporte de N mineral, que apresentou o total de 8,13 g N planta<sup>-1</sup>. No tratamento 50%SN/EPCP foram aplicados 3,84 g N planta<sup>-1</sup>, dos quais 3,36 g N planta<sup>-1</sup> via solução nutritiva e 0,47 g N planta<sup>-1</sup> com o efluente, considerando apenas as fontes de  $NH_4^+$ ,  $NO_2^-$  e  $NO_3^-$ . O teor de N presentes no efluente foi incorporado através da ração rica em proteína fornecida aos peixes e pelas excretas que apresentam alto teor de amônia, que em pH alto, é convertida em amônio  $NH_4^+$ . Além da fonte mineral há também o nitrogênio orgânico, que não foi contabilizado por não ter sido determinado.

**Tabela 4.** Nitrogênio, fósforo e cálcio aplicados aos minitomates via solução nutritiva (SN) e efluente de piscicultura (EPCP) em função dos tratamentos.

Tratamentos	Volume L planta <sup>-1</sup>	SN ----- g planta <sup>-1</sup>	EPCP ----- g planta <sup>-1</sup>	Total	EPCP* %
Nitrogênio (N)**					
100%SN/H <sub>2</sub> O	88,11	8,13	0	8,13	0
75%SN/EPCP	84,85	5,89	0,55	6,44	8,56
50%SN/EPCP	72,99	3,36	0,47	3,84	12,36
25%SN/EPCP	68,83	1,59	0,45	2,03	22,01
Fósforo (P)					
100%SN/H <sub>2</sub> O	88,11	10,08	0	10,08	0
75%SN/EPCP	84,85	7,28	0,47	7,75	6,11
50%SN/EPCP	72,99	4,18	0,41	4,58	8,89
25%SN/EPCP	68,83	1,97	0,38	2,35	16,33
Cálcio (Ca)					
100%SN/H <sub>2</sub> O	88,11	9,08	0	9,08	0
75%SN/EPCP	84,85	6,58	4,52	11,11	40,72
50%SN/EPCP	72,99	3,76	3,89	7,65	50,88
25%SN/EPCP	68,83	1,77	3,67	5,44	67,44

\*EPCP: % de nitrogênio, fósforo e cálcio aplicados via efluente de piscicultura.

\*\* Nitrogênio: o aporte de nitrogênio pelo EPCP foi calculado a partir da soma de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e NO<sub>2</sub><sup>-</sup>.

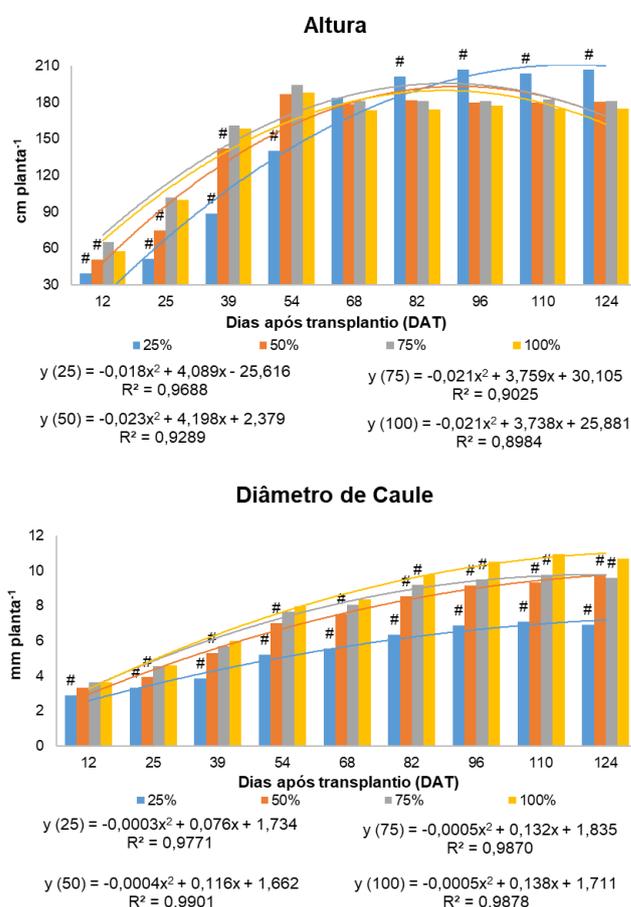
Em relação ao fósforo, ocorreu um aporte de 0,47 g P planta<sup>-1</sup> através do efluente de piscicultura no tratamento 75%SN/EPCP, totalizando 7,75 g P planta<sup>-1</sup> via fertirrigação. Enquanto o tratamento 50%SN/EPCP apresentou um aporte de 4,58 g P planta<sup>-1</sup>, porém, este valor representa 5,50 g P planta<sup>-1</sup> a menos que a testemunha (10,08 g P planta<sup>-1</sup>). No entanto, menos com menores aportes de P para os tratamentos 75%SN/EPCP e 50%SN/EPCP, não houve redução na produtividade, levando a hipótese que para o tomate *Red Sugar* o aporte da recomendação da solução nutritiva para fósforo ocorre em excesso. A diagnose nutricional pela análise foliar também corrobora esta possibilidade.

Os teores de cálcio no tratamento 75%SN/EPCP foi de 11,11 g planta<sup>-1</sup>, sendo que 40,72% foi aplicado via efluente de pangasius. O mesmo tratamento apresentou aporte superior ao do tratamento testemunha (9,08 g Ca planta<sup>-1</sup>). O efluente permitiu um aporte considerável de cálcio às plantas de minitomate.

## Biometria dos Tomateiros

A altura de plantas (AL) e o diâmetro de caule (DC) de minitomate, tipo *grape*, apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos (Figura 11), sendo adequadas regressões polinomiais de segunda ordem para representar matematicamente a altura de plantas e o diâmetro de caule ao longo do tempo. O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para altura de planta, apresentou valores acima de 89,84%, e para o diâmetro de caule, acima de 97,71%.

**Figura 11.** Altura de planta (AL) e diâmetro de caule (DC), de minitomate, tipo *grape*, fertirrigado com solução nutritiva (SN/ $H_2O$ ), em diferentes concentrações, preparada em efluente de piscicultura (EPCP).



# Difere da testemunha (100% solução nutritiva - SN), em cada época de avaliação (dias após transplantio - DAT), pelo teste de Scheffé ao nível de 5% de probabilidade. Coeficientes de variação:  $C.V.^{DAT} = 6,75$ ;  $C.V.^{SN} = 6,69\%$  para AL e  $C.V.^{DAT} = 3,77$ ;  $C.V.^{SN} = 3,50\%$  para DC.\* Tratamentos: porcentagem dos sais da solução nutritiva; 100% - Testemunha, de solução nutritiva preparada em água; 75%, 50% e 25% de sais da solução nutritiva, preparada com efluente de piscicultura da criação de pangásius. \*\*Regressões polinomiais que representam matematicamente a AL e o DC de minitomate, tipo *grape*.

A primeira avaliação para altura de plantas (AL) aos 12 dias após o transplântio (DAT), os minitomates irrigados com 100%SN/H<sub>2</sub>O e 75%SN/EPCP, demonstraram valores superiores aos demais tratamentos, 57,87 cm e 65 cm, respectivamente. Os valores para diâmetro de caule ocorreram da mesma forma, sendo 3,64 mm com o tratamento 75%SN/EPCP, e 3,62 mm apenas com a solução nutritiva.

A partir dos 54 DAT a altura das plantas submetidas a 50%SN/EPCP foi semelhante à testemunha (100% SN/H<sub>2</sub>O) e 50%SN/EPCP. E para o diâmetro de caule, novamente as plantas fertirrigados com 75%SN/EPCP apresentaram valores semelhantes à testemunha, 7,99 mm e 7,69 mm. No entanto, a partir dos 68 DAT às plantas testemunhas apresentaram maior diâmetro do caule do que os demais tratamentos.

As plantas fertirrigadas com 25%SN/EPCP aos 82 DAT, 96 DAT, 110 DAT e 124 DAT, obtiverem valores superior para o parâmetro de altura (201,37 cm; 206,75 cm; 203,87 cm e 206,75; respectivamente) quando comparado aos demais tratamentos, sendo que as plantas irrigadas com 100%SN/H<sub>2</sub>O aos 124 DAT apresentavam 175 cm. No entanto, ao avaliarmos o diâmetro de caule neste mesmo período, os resultados foram inversos. Deste modo, percebe-se que as plantas no tratamento 25%SN/EPCP estavam estioladas, com menor diâmetro e conseqüentemente com menor incremento de fitomassa (Tabela 5).

Os valores referentes a massa de matéria fresca e massa seca da parte aérea da planta de minitomate, tipo *grape*, que compreende caule e folhas, avaliados ao final do experimento, demonstraram diferenças significativas: 75%SN/EPCP; 50%SN/EPCP e 25%SN/EPCP foram inferiores ao tratamento testemunha (Tabela 5). A massa fresca dos minitomates irrigados 100%SN/H<sub>2</sub>O foi 170% superior a massa fresca dos minitomates irrigados com 25% de solução nutritiva preparada em efluente, enquanto para a massa seca, foi superior em 154%, para os mesmos tratamentos.

Em relação à massa fresca e seca das raízes não foram encontradas diferenças estatísticas entre os tratamentos, possivelmente pelo alto coeficiente de variação dos dados. O desenvolvimento das raízes está diretamente relacionado ao tamanho da planta e por conseqüência, a produção de frutos. Além disso, um bom desenvolvimento das raízes garante maior sustentação, absorção de água e nutrientes.

**Tabela 5.** Massa fresca e massa seca da parte aérea das plantas e das raízes, em g/planta<sup>-1</sup>, do tomateiro fertirrigado com solução nutritiva (SN/H<sub>2</sub>O), em diferentes concentrações, preparadas em efluente de piscicultura da criação de pangasius (EPCP).

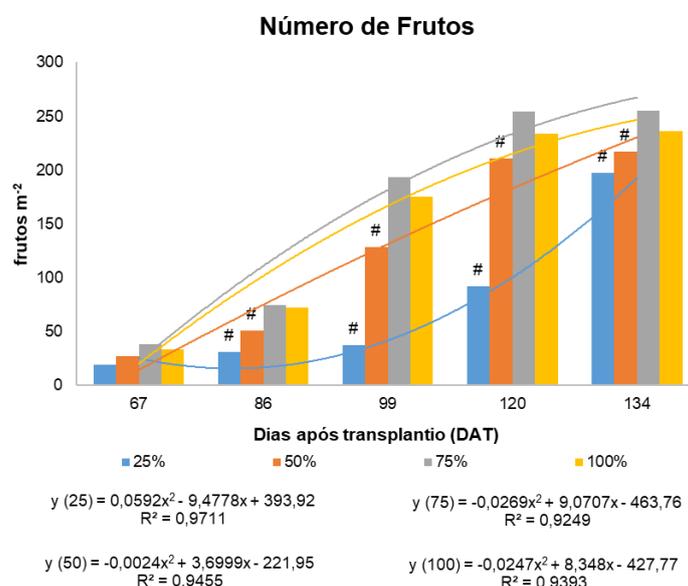
Tratamentos	Parte aérea das plantas	
	Massa Fresca	Massa Seca
25%SN/EPCP	88,75 #	24,08 #
50%SN/EPCP	142,97 #	37,59 #
75%SN/EPCP	181,81 #	44,80 #
100%SN/H <sub>2</sub> O	239,54	61,16
C.V. (%)	14,91	19,13

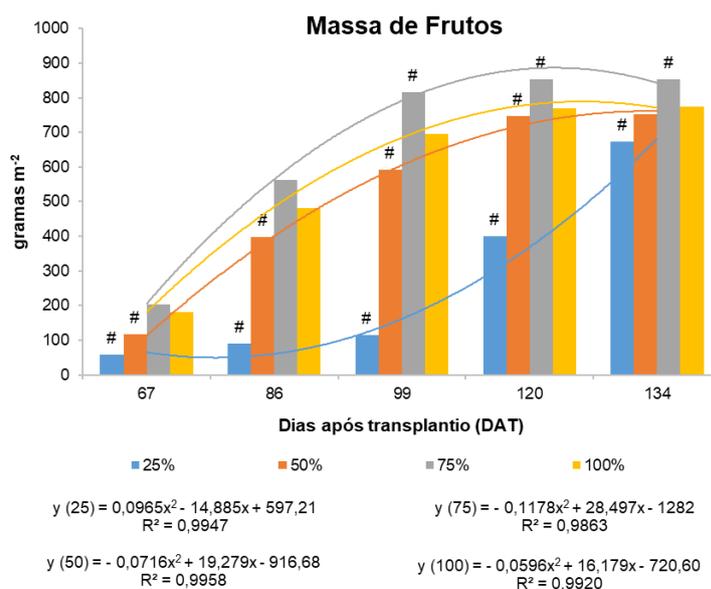
Tratamentos	Raízes das plantas	
	Massa Fresca	Massa Seca
25%SN/EPCP	32,76	9,15
50%SN/EPCP	105,94	18,07
75%SN/EPCP	120,58	19,93
100%SN/H <sub>2</sub> O	221,07	34,19
C.V. (%)	57,89	48,44

# Difere da testemunha (100% de sais da Solução Nutritiva – SN, preparada em água) pelo teste de Scheffé ao nível de 5% de probabilidade.

A produtividade acumulada ao longo do tempo apresentaram diferenças entre os tratamentos (Figura 12).

**Figura 12.** Número de frutos (NF) e massa de frutos (MF) do minitomate, tipo *grape*, fertirrigado com solução nutritiva, em diferentes concentrações, preparada em efluente de piscicultura da criação de pangasius.





# Difere da testemunha (100% solução nutritiva - SN), em cada época de avaliação (dias após transplântio – DAT), pelo teste de Scheffé ao nível de 5% de probabilidade. Coeficientes de variação: C.V.<sup>DAT</sup> = 11,78; C.V.<sup>SN</sup> = 16,48% para NF e C.V.<sup>DAT</sup> = 10,37; C.V.<sup>SN</sup> = 12,61% para MF. \* Tratamentos: porcentagem dos sais da solução nutritiva; 100% - Testemunha, de solução nutritiva preparada em água; 75%, 50% e 25% de sais da solução nutritiva, preparada com efluente de piscicultura da criação de pangásius. \*\* Regressões polinomiais que representam matematicamente o NF e a MF de minitomate.

Foram adequadas regressões polinomiais de segunda ordem para representar matematicamente o número de frutos (NF) e a massa de frutos (MF) de minitomate, tipo *grape*, com altos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), acima de 92,5% para NF e acima de 98,5% para MF.

O comportamento do número de frutos e massa de frutos foi semelhante, sendo que aos 99 dias após transplântio (DAT) o NF acumulado do tomateiro fertirrigado com solução com 75% de sais da solução nutritiva preparada em efluente da criação de pangásius (75%SN/EPCP) foi semelhante a testemunha (100%SN/H<sub>2</sub>O).

Aos 120 DAT a testemunha apresentou produtividade de 769 g m<sup>-2</sup>, muito próxima à produtividade aos 134 DAT, que foi de 775 g m<sup>-2</sup>. No entanto, apenas aos 134 DAT, a produtividade do tomateiro fertirrigado com solução com 50%SN/EPCP, que foi de 752 g m<sup>-2</sup>, não diferiu da testemunha. Ou seja, o efluente permitiu a redução de 50% com fertilização do tomateiro. A fertirrigação com 75%SN/EPCP, a partir dos 99 DAT, foi superior à testemunha, com acumulado aos 134 DAT de 854 g m<sup>-2</sup>. Com redução de 25% na fertilização do tomateiro foi possível produzir 10% a mais do que a

testemunha e 13,5% a mais do que 50%SN/EPCP.

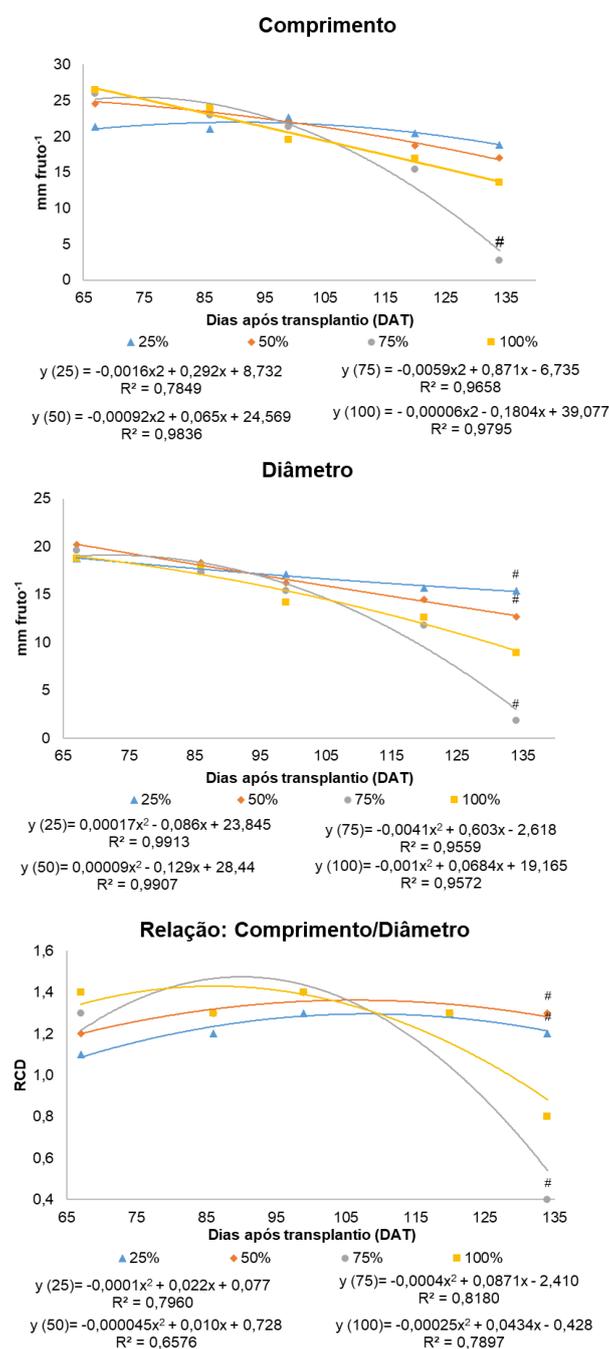
Convém destacar a massa de frutos do tomateiro fertirrigado com solução com 25%SN/EPCP foi de  $674 \text{ g m}^{-2}$ , que, embora sendo 13% menor que a testemunha, permitiu a redução de 75% dos fertilizantes. A produtividade, ao longo do tempo, de 25%SN/EPCP foi sempre menor do que a testemunha. E diferentemente dos outros tratamentos, até os 99 DAT, o tomateiro fertirrigado com 25%SN/EPCP apresentou produtividade muito baixa,  $114 \text{ g m}^{-2}$ , sendo a produção concentrada no terço final das colheitas, com incremento de quase 500% em 35 dias. Preczenhak et al. (2014), obtiveram para a cultivar *sweet grape* produtividade de  $2078,92 \text{ g planta}^{-1}$  e número médio de 145 frutos  $\text{planta}^{-1}$ .

No que diz respeito ao comprimento, diâmetro e a relação comprimento/diâmetro de frutos do foram adequadas regressões polinomiais de segunda ordem (Figura 13). Para as variáveis analisadas comprimento, diâmetro e a relação comprimento/diâmetro de fruto, os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) apresentaram valores acima de 78,49%; 95,59% e 65,76%, respectivamente.

Com relação ao comprimento de fruto (mm), as medições realizadas aos 67, 86, 99 e 120 DAT, não apresentaram diferenças entre os tratamentos, no entanto, aos 134 DAT os tomateiros fertirrigado com 75% SN/EPCP diferiu da testemunha (100% SN/H<sub>2</sub>O). Aos 67 DAT, os frutos da testemunha (100%SN/H<sub>2</sub>O) apresentaram comprimento de 26,45 mm, enquanto os frutos dos tomateiros fertirrigados com 25%SN/EPCP apresentaram valores inferiores, 21,32 mm. Este comportamento repetiu-se aos 86 DAT, 24 mm – testemunha e 20,99 mm – 25%SN/EPCP.

No entanto, aos 99, 120 e 134 DAT os frutos dos tomateiros fertirrigado com solução de 25%SN/EPCP apresentaram valores superiores ao da testemunha, ou seja, os ficaram maiores ao passar dos dias após transplântio. Este fato pode estar relacionando a um acúmulo de nutrientes ao longo dos dias, desempenhando um comportamento tardio nas plantas e, por consequência, um maior comprimento de fruto.

**Figura 13.** Comprimento de fruto (CF), diâmetro de frutos (DF) e relação de comprimento/diâmetro de fruto (RCD), do minitomate, tipo *grape*, fertirrigado com solução nutritiva, em diferentes concentrações, preparada em efluente.



# Difere da testemunha (100% solução nutritiva - SN), em cada época de avaliação (dias após transplantio – DAT), pelo teste de Scheffé ao nível de 5% de probabilidade. Coeficientes de variação: C.V.<sup>DAT</sup> = 17,84; C.V.<sup>SN</sup> = 20,96% para CF; C.V.<sup>DAT</sup> = 13,54; C.V.<sup>SN</sup> = 18,08% para DF e C.V.<sup>DAT</sup> = 16,26; C.V.<sup>SN</sup> = 23,02% para RCD. \* Tratamentos: porcentagem dos sais da solução nutritiva; 100% - Testemunha, de solução nutritiva preparada em água; 75%, 50% e 25% de sais da solução nutritiva, preparada com efluente de piscicultura da criação de pangásius. \*\* Regressões polinomiais que representam matematicamente o CF; DF e RCD de minitomate, tipo *grape*.

O diâmetro de frutos em todos os tratamentos apresentou redução conforme as colheitas foram sendo realizadas. Os maiores valores foram encontrados na primeira colheita, aos 67 DAT, sendo que os frutos das plantas fertirrigados com 25%SN/EPCP apresentaram diâmetro semelhantes aos da testemunha, 18,80 mm e 18,76 mm, respectivamente. Porém, o tratamento 50%SN/EPCP demonstrou valores superiores à testemunha, com 20,16 mm.

Diâmetro dos frutos fertirrigados com 50% SN/EPCP foram superiores à testemunha (100%SN/H<sub>2</sub>O), por todo período de colheita (67, 86, 99, 120, 134 DAT), com isso, foi possível utilizar metade do fertilizante aplicado via solução nutritiva, para obter frutos com o diâmetro semelhante à superior quando comparados aos 100%SN/H<sub>2</sub>O. Além disso, aos 134 DAT, o tratamento 25% SN/EPCP produziu frutos com o diâmetro 74,04% maiores que os frutos testemunha, 15,42 mm e 8,86 mm.

Em relação comprimento/diâmetro de fruto (RC/D) quanto mais próximo a 1 for esta relação, significa que os frutos são mais arredondados. A cultivar Red Sugar, tipo *grape*, apresenta predominantemente frutos alongados.

Aos 67, 86, 99 e 120 DAT os minitomates, tipo *grape*, do tratamento 75%SN/EPCP obtiveram RC/D semelhantes à testemunha. As relações aos 67 DAT foram: 1,33 (75%SN/EPCP) e 1,41 (testemunha); 86 DAT: 1,33 em ambos; 99 DAT: 1,38 (75%SN/EPCP) e 1,37 (testemunha); 120 DAT: 1,32 (75%SN/EPCP) e 1,34 (testemunha). No entanto, aos 134 DAT, ocorreu uma queda significativa na relação comprimento/diâmetro de frutos nos mesmos tratamentos, sendo a testemunha com 0,77 e o 75%SN/EPCP com 0,37. Neste momento, os minitomates, tipo *grape*, do tratamento 50% de sais da solução nutritiva preparada em efluente da criação de pangasius, apresentaram uma relação diâmetro/fruto de 1,35.

### **Diagnose Foliar do Tomateiro**

Os teores de macronutrientes foliares; fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), e de micronutrientes; cobre (Cu) e ferro (Fe), não diferiram entre os tratamentos (Tabela 6).

**Tabela 6.** Teores foliares de macro e nutrientes nas folhas do minitomate, tipo *grape*, fertirrigado com solução nutritiva, em diferentes concentrações, preparada em efluente de piscicultura (EPCP).

Tratamentos*	N	P <sup>n.s.</sup>	K <sup>n.s.</sup>	Ca <sup>n.s.</sup>	Mg <sup>n.s.</sup>
	----- g kg <sup>-1</sup> -----				
100%SN/H <sub>2</sub> O	36,42	3,62	36,74	13,99	4,60
75%SN/EPCP	31,74 #	2,82	29,41	14,52	4,93
50%SN/EPCP	29,06 #	2,73	20,12	15,65	3,95
25%SN/EPCP	25,25 #	2,93	24,27	16,40	3,61
Referência**	40-60	4-8	30-50	14-40	4-8
C.V. (%)	6,98	16,66	43,07	11,04	32,11

Tratamentos*	S <sup>n.s.</sup>	Cu <sup>n.s.</sup>	Fe <sup>n.s.</sup>	Mn	Zn
	-- g kg <sup>-1</sup> --	----- mg kg <sup>-1</sup> -----			
100%SN/H <sub>2</sub> O	3,73	9,70	252,83	461,55	45,95
75%SN/EPCP	3,32	8,27	265,10	483,05	46,25
50%SN/EPCP	3,04	8,85	263,95	321,70 #	45,65
25%SN/EPCP	3,00	11,45	326,60	406,90	48,52 #
Referência**	3-10	5-15	100-300	50-250	30-100
C.V. (%)	23,52	24,68	20,11	16,39	2,80

# Difere da testemunha (100% de sais da Solução Nutritiva – SN, preparada em água) pelo teste de Scheffé ao nível de 5% de probabilidade. \*Tratamentos: 75%, 50% e 25% de sais da Solução Nutritiva (SN), preparado em efluente de piscicultura da criação de pangásius (EPCP). \*\*Valores de referência para tomate, segundo Rajj (2011).

Houve diferença para os teores de nitrogênio (N), sendo que todos os tratamentos preparados em efluente de piscicultura, com redução na quantidade de sais na solução nutritiva, apresentaram menores teores em relação à testemunha (100%SN/H<sub>2</sub>O), avaliados aos 53 dias após transplântio (DAT). Os teores de nitrogênio ficaram abaixo da referência (40 a 60 g kg<sup>-1</sup>) em todos os tratamentos. No entanto, Magalhães (2018), que estudou o tomate tipo *grape*, com a mesma recomendação de solução nutritiva encontrou valor de 33,59 g kg<sup>-1</sup> para avaliação aos 50 dias após transplântio, corroborando com o valor obtido neste experimento para 100%SN/H<sub>2</sub>O.

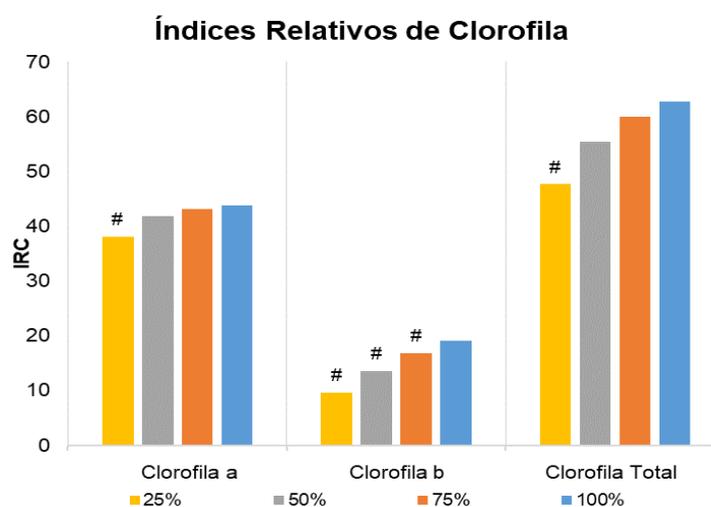
O teor de fósforo (P), embora não tenha diferido entre os tratamentos, também apresentou teor abaixo do recomendado (4 a 6 g kg<sup>-1</sup>), com 3,62 g kg<sup>-1</sup> para o tratamento 100%SN/H<sub>2</sub>O. Magalhães (2018) obteve valor de 3,04 g kg<sup>-1</sup> para P foliar e sugere que o minitomate *grape*, cultivar *Red Sugar*, é eficiente no uso do elemento P, se desenvolvendo satisfatoriamente com menor teor de

P foliar na diagnose nutricional. Brichi (2018) também estudando o minitomate *grape* encontrou valores médios de  $2,47 \text{ g kg}^{-1}$  de P.

O teor do manganês (Mn) no tratamento 50%SN/EPCP foi inferior ao da testemunha, 321,70 e 461,55 respectivamente. O teor de zinco foi superior no tratamento 25%SN/EPCP quando comparado aos demais tratamentos (Tabela 6). Apesar do teor de Zn no tratamento 25%SN/EPCP ter sido superior, o valor encontra-se dentro dos padrões recomendados (30 – 100), segundo Raji (2011).

Os índices relativos de clorofila (IRC) aos 45 dias após o transplântio indicaram diferença apenas para 25%SN/EPCP em relação à testemunha (Figura 14). Nesta data, pela avaliação indireta do teor de nitrogênio pelo IRC, foi possível inferir que a redução em até 50% dos fertilizantes na solução nutritiva não afetou o desenvolvimento inicial do tomateiro.

**Figura 14.** Índices relativos de clorofila (IRC) foliares do minitomate, tipo *grape*, fertirrigado com solução nutritiva, em diferentes concentrações, preparada em efluente de piscicultura da criação de pangásius.



# Difere da testemunha (100% de sais da Solução Nutritiva – SN, preparada em água) pelo teste de Scheffé ao nível de 5% de probabilidade. Coeficientes de variação:  $C.V.^{SN} = 6,00 \%$  para Clorofila a;  $C.V.^{SN} = 9,03 \%$  para Clorofila b e  $C.V.^{SN} = 6,26 \%$  para Clorofila total. \*Tratamentos: 75%, 50% e 25% de sais da Solução Nutritiva (SN), preparado em efluente de piscicultura da criação de pangásius (EPCP).

A avaliação indireta do teor de clorofila presente nas plantas é utilizada para estimar a concentração de N, uma vez que, cerca de 70 % de todo nitrogênio presente nas folhas, estão no cloroplasto. Sendo assim, há uma

correlação positiva entre clorofila-nitrogênio. (ASSUNÇÃO, 2016; MORRIS et al., 2018; CORSINI et al., 2021).

Os valores encontrados para o IRC e nitrogênio corroboram como os autores citados acima. O tratamento 100%SN/H<sub>2</sub>O recebeu 8,13 g N planta<sup>-1</sup> e apresentou 62,85 teores de clorofila. Enquanto o tratamento 75% SN/EPCP apresentou teor de clorofila em 59,99 ao receber 6,44 g N planta<sup>-1</sup> via fertirrigação (Tabela 7).

**Tabela 7.** Relação entre o teor de nitrogênio foliar, nitrogênio total aplicado via fertirrigação e o teor de clorofila total, nas plantas de minitomate, tipo *grape*.

Tratamentos	N Foliar *	N Total** -- g planta <sup>-1</sup> --	Clorofila Total
100%SN/H <sub>2</sub> O	36,42	8,13	62,85
75%SN/EPCP	31,74	6,44	59,99
50%SN/EPCP	29,06	3,84	55,42
25%SN/EPCP	25,25	2,03	47,66

\*Dados obtidos através da diagnose foliar. \*\*Nitrogênio total aplicado via fertirrigação.

### Parâmetros de Qualidade dos Frutos de Minitomate

Os resultados referentes aos parâmetros de qualidade dos frutos de minitomate, apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, com isso, foram adequadas regressões polinomiais de segunda ordem para representar matematicamente o pH, teor de sólidos solúveis, acidez total titulável, ratio, vitamina C, teores de açúcares redutores e dos teores de açúcares totais.

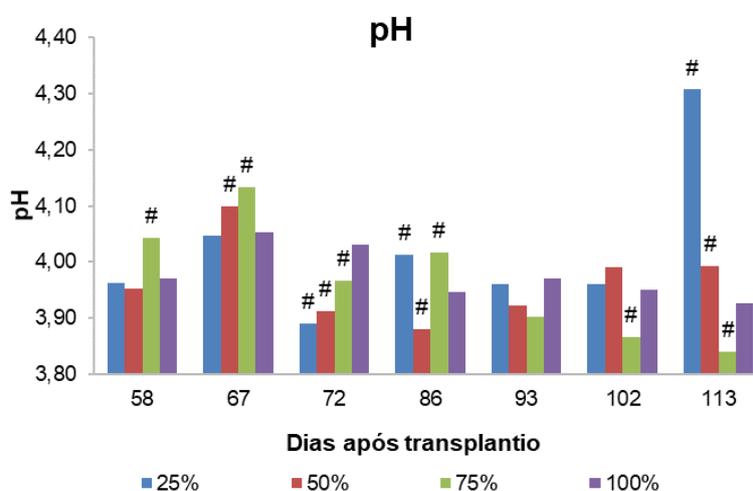
Aos 58 DAT, os valores de pH demonstraram que o tratamento 75% de sais da solução nutritiva preparada em efluente da criação de pangasius (75%SN/EPCP) diferiu do tratamento testemunha (100%SN/H<sub>2</sub>O), apresentando resultado superior, 4,04 e 3,97, respectivamente (Figura 15). Já aos 67 DAT, o tratamento 25%SN/EPCP foi semelhante à testemunha. No período de 72 DAT, 86 DAT e 113 DAT, todos os tratamentos diferiram da testemunha.

A avaliação do pH irá determinar qual a acidez do fruto do minitomate, sendo que valores de 3,7 a 4,5 são considerados ideais. Além disso, o pH do fruto está diretamente relacionado a vida útil de prateleira, pois pH acima de

4,5 favorece o surgimento de microrganismos (VIEIRA et al., 2014).

O maior valor de pH obtido foi aos 113 DAT, sendo 4,31, nos frutos representados pelo tratamento 25%SN/EPCP. Por outro lado, no mesmo período, o menor valor, foi obtido nos frutos de minitomate fertirrigado com 75%SN/EPC, com o pH 3,87, ainda assim, ambos os tratamentos se encontram dentro do desejável.

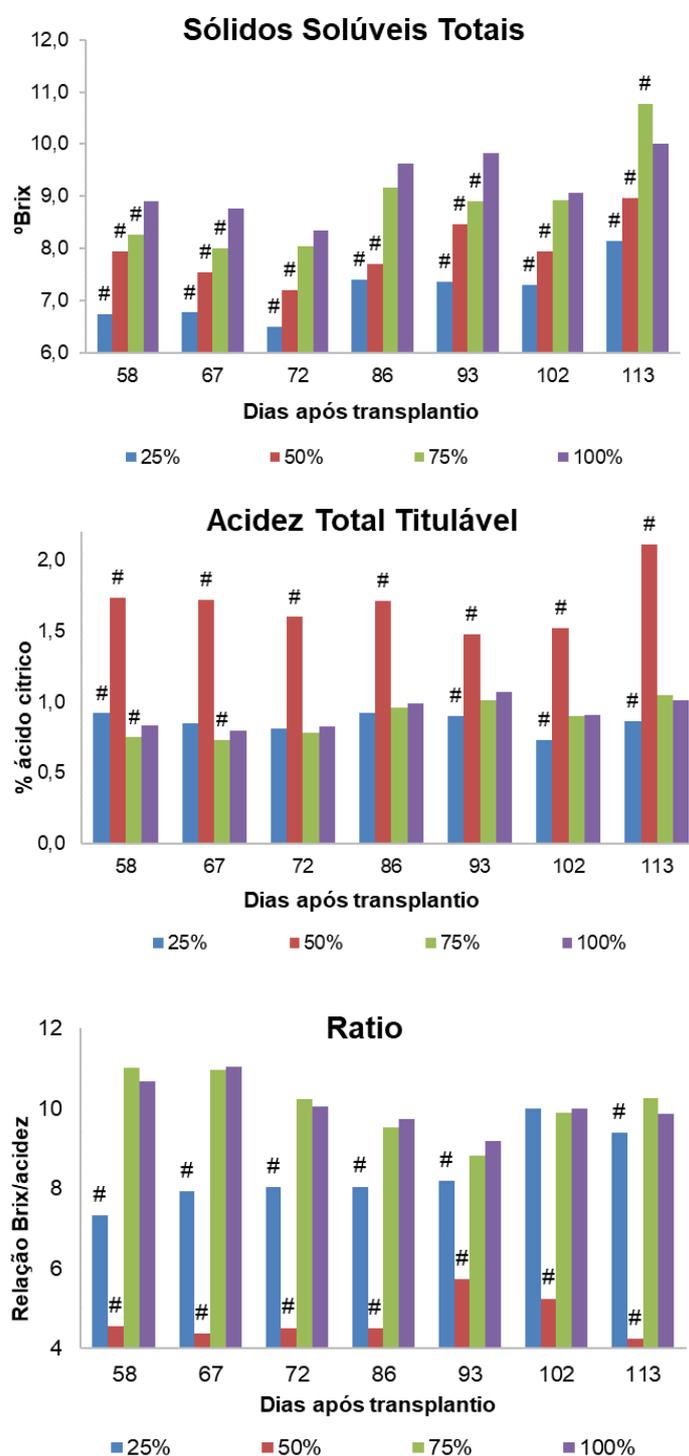
**Figura 15.** pH do minitomate, tipo *grape*, fertirrigado com solução nutritiva, em diferentes concentrações, preparada em efluente de piscicultura.



# Difere da testemunha (100% solução nutritiva - SN), em cada época de avaliação (dias após transplante – DAT), pelo teste de Scheffé ao nível de 5% de probabilidade. Coeficientes de variação: C.V.<sup>DAT</sup> = 0,82; C.V.<sup>SN</sup> = 0,74%. \* Tratamentos: porcentagem dos sais da solução nutritiva; 100% - Testemunha, de solução nutritiva preparada em água; 75%, 50% e 25% de sais da solução nutritiva, preparada com efluente de piscicultura da criação de pangásius.\*\* Regressões polinomiais que representam matematicamente o pH de minitomate, tipo *grape*.

Os teores de sólidos solúveis totais (SST), determinados aos 58 DAT, nos frutos fertirrigados com diferentes % de sais da solução nutritiva preparada em efluente da criação de pangásius, foram inferiores aos minitomates fertirrigados com 100%SN/H<sub>2</sub>O. Os frutos do tratamento testemunha apresentaram 8,90 °Brix e os minitomates fertirrigados com 75%SN/EPCP apresentaram 8,27 °Brix (Figura 16). O tratamento 100%SN/H<sub>2</sub>O e o 75%SN/EPCP não apresentaram diferenças estatísticas para os valores de SST aos 72 DAT. O mesmo comportamento ocorreu aos 86 DAT, 102 DAT e 113 DAT, sendo que, os valores apresentaram-se crescentes, ao final, obtiveram 10,76 °Brix (75% SN/EPCP) e 10 °Brix (100% SN/H<sub>2</sub>O).

**Figura 16.** Sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT) e o ratio (SST/ATT) de minitomate, tipo *grape*, fertirrigado com solução nutritiva, em diferentes concentrações, preparada em efluente de piscicultura.



# Difere da testemunha (100% solução nutritiva - SN), em cada época de avaliação (dias após transplântio - DAT), pelo teste de Scheffé ao nível de 5% de probabilidade. Coeficientes de variação: C.V.<sup>DAT</sup> = 3,28; C.V.<sup>SN</sup> = 3,43 % para SST; C.V.<sup>DAT</sup> = 3,65; C.V.<sup>SN</sup> = 3,65 % para ATT e C.V.<sup>DAT</sup> = 4,05; C.V.<sup>SN</sup> = 3,91% para ratio. \*Tratamentos: porcentagem dos sais da solução nutritiva; 100% - Testemunha, de solução nutritiva preparada em água; 75%, 50% e 25% de sais da solução nutritiva, preparada com efluente de piscicultura da criação de pangásius.

Durante todo o período de análises os teores de sólidos solúveis dos minitomates fertirrigados com 25%SN/EPCP foram abaixo dos demais tratamentos. No entanto, com o passar das colheitas os frutos produzidos apresentaram elevado teor de sólidos solúveis, indicando 8,13 °Brix aos 113 DAT. Este valor encontra-se dentro dos parâmetros desejáveis para o minitomate, tipo *grape* (> 6 °Brix). Segundo Alvarenga (2013) é na fase final de maturação quando ocorre maior acúmulo de sólidos solúveis, corroborando com os resultados obtidos.

O teor de sólidos solúveis (SST) no fruto de minitomate pode ser afetado pela irrigação, temperatura e adubação, fator estes que podem ter ocorridos neste estudo, uma vez que os frutos do tratamento 25%SN/EPCP apresentaram o menor teor de sólidos solúveis em todas as colheitas.

Considerando o teor da acidez total titulável (ATT), os minitomates fertirrigados com 50% SN/EPCP, durante todo o período de colheita (58, 67, 72, 86, 93, 102 e 113 DAT) obtiveram os maiores valores. Aos 113 DAT, 50%SN/EPCP apresentou 2,11% ácido cítrico, enquanto minitomates fertirrigados com 25%SN/EPCP, no mesmo período, apresentaram média de 0,87%, representando assim aumento de 143% no teor da acidez total titulável.

Os menores valores ocorreram aos 67 DAT nos minitomates fertirrigados com 75%SN/EPCP e aos 102 DAT nos minitomates fertirrigados com 25%SN/EPCP, ambos com 0,73 % de ácido cítrico. Entretanto, o comportamento da testemunha foi um aumento gradativo da acidez total titulável, 0,83 a 1,01 %.

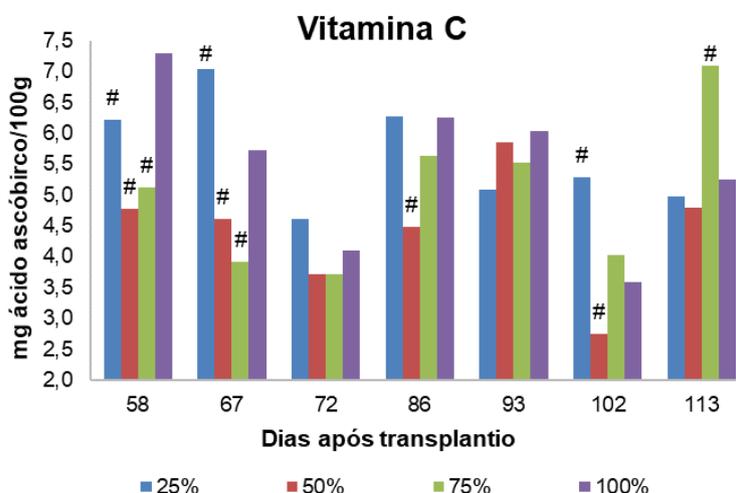
A relação SST/ATT é utilizada para determinar o sabor do fruto, indicando que uma relação SST/ATT com valores altos, os frutos apresentarão um sabor suave, por outro lado, valores baixos em uma relação SST/ATT, o sabor será ácido. Brichi (2018) estudou a qualidade de frutos de minitomate, *grape*, fertirrigados com efluente de laticínio, e para a relação SST/ATT, obteve média de 16,73, este valor foi superior aos encontrados neste experimento.

A maior relação SST/ATT ocorreu no 100%SN/H<sub>2</sub>O, com valor de 11,03, seguido do tratamento 75%SN/EPCP com 11,02, no período de 67 e 58 DAT, respectivamente. O tratamento 25%SN/EPCP obteve valor de ratio 10, apenas aos 102 DAT, enquanto o maior valor do ratio no tratamento 50%SN/EPCP, foi de 5,72, aos 93 DAT.

Levando-se em consideração as médias das relações SST/ATT nos tratamentos, têm-se os seguintes valores de ratio: 8,41 em 25%SN/EPCP; 4,74 em 50%SN/EPCP; 10,10 em 75%SN/EPCP e 10,08 em 100% SN/H<sub>2</sub>O. Com isso, pode-se inferir que os frutos do tratamento 50%SN/EPCP apresentam sabor ácido, enquanto o 75%SN/EPCP e 100% SN/H<sub>2</sub>O possuem um sabor mais agradável e suave.

Em relação ao teor de vitamina C aos 58 DAT os tratamentos 25%, 50% e 75%SN/EPCP diferiram do tratamento testemunha (7,29 mg ácido ascórbico 100 g<sup>-1</sup>), porém entre os três tratamentos com a solução nutritiva preparada em efluente, o 25% apresentou o maior teor de vitamina C, com 6,22 mg de ácido ascórbico 100 g<sup>-1</sup> (Figura 17).

**Figura 17.** Teor de vitamina C presente nos frutos de minitomate, tipo *grape*, fertirrigado com solução nutritiva, em diferentes concentrações, preparada em efluente de piscicultura da criação de pangásius.



# Difere da testemunha (100% solução nutritiva - SN), em cada época de avaliação (dias após transplantio – DAT), pelo teste de Scheffé ao nível de 5% de probabilidade. Coeficientes de variação: C.V.<sup>DAT</sup> = 7,56; C.V.<sup>SN</sup> = 6,88%. \* Tratamentos: porcentagem dos sais da solução nutritiva; 100% - Testemunha, de solução nutritiva preparada em água; 75%, 50% e 25% de sais da solução nutritiva, preparada com efluente de piscicultura da criação de pangásius.

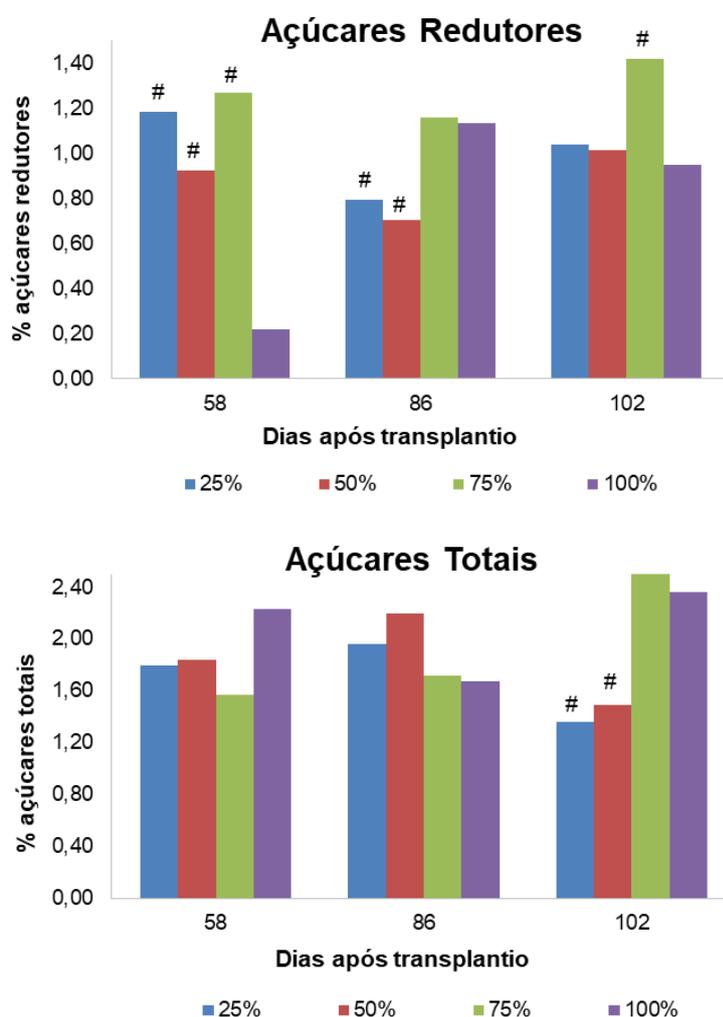
Aos 67 DAT, o tratamento 25%SN/EPCP foi superior a testemunha, 7,04 e 5,72, respectivamente. Este comportamento ocorreu aos 72 DAT, 86 e 102. Já aos 113 DAT o teor de vitamina C dos frutos 75%SN/EPCP foi de 7,02, enquanto o 100% SN/H<sub>2</sub>O foi de 5,25.

Assunção (2016), estudando doses de N na adubação de tomate, relata

que este nutriente interfere na qualidade nutricional dos frutos, e que, ao aplicar uma dose baixa de N, o teor da vitamina C foi maior.

No período de 58 DAT, todos os tratamentos diferiram da testemunha (0,22% de açúcares redutores). O tratamento 75%SN/EPCP apresentou a maior % de açúcares redutores, 1,27 (Figura 18).

**Figura 18.** Teores de açúcares redutores e dos teores de açúcares totais de minitomate, tipo *grape*, fertirrigado com solução nutritiva, em diferentes concentrações, preparada em efluente de piscicultura da criação de pangasius.



# Difere da testemunha (100% solução nutritiva - SN), em cada época de avaliação (dias após transplantio – DAT), pelo teste de Scheffé ao nível de 5% de probabilidade. Coeficientes de variação: C.V.<sup>DAT</sup> = 12,94; C.V.<sup>SN</sup> = 31,09% para AR e C.V.<sup>DAT</sup> = 9,46; C.V.<sup>SN</sup> = 15,22% para AT.\* Tratamentos: porcentagem dos sais da solução nutritiva; 100% - Testemunha, de solução nutritiva preparada em água; 75%, 50% e 25% de sais da solução nutritiva, preparada com efluente de piscicultura da criação de pangasius.

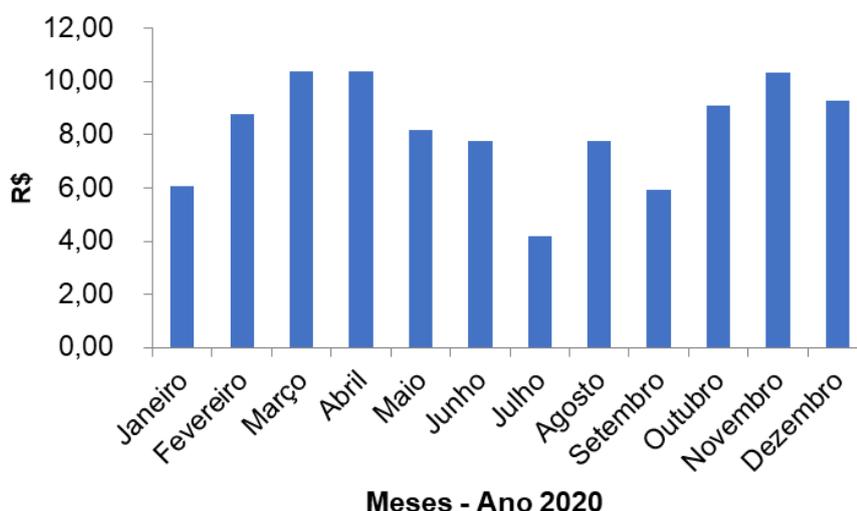
Aos 86 DAT o tratamento 75%SN/EPCP foi semelhante a testemunha. Aos 102 DAT, novamente 75%SN/EPCP apresentou maior quantidade de

açúcares redutores, com 1,42%. Na avaliação açúcares totais os tratamentos 25% e 50%SN/EPCP, aos 102 DAT, apresentaram diferenças em relação à testemunha, mas os frutos do tratamento 75%SN/EPCP apresentou o maior teor de açúcares totais, com 2,62%.

### **Análise Econômica da Produção dos Minitomates**

No ano de 2020 o preço do minitomate, tipo *grape*, pago ao produtor, variou de R\$ 4,19 por Kg, em julho, mês de maior produção no estado de São Paulo, a R\$ 10,38 por Kg, na média dos meses de março, abril e novembro (Figura 19). Neste experimento, os minitomates foram colhidos de outubro a dezembro e apresentaram valor médio de R\$ 9,59 por Kg, que foi considerado nos cálculos de receita com a venda dos minitomates.

**Figura 19.** Preço do minitomate, tipo *grape*, pago ao produtor rural em levantamento feito no CEAGESP.



A partir dos valores de fertilizantes calculou-se o valor da solução nutritiva, que ficou em R\$ 7,59 até os 45 dias após transplântio das mudas de minitomate, e em R\$ 7,85 após os 45 DAT, valores esses para produção de 1000 L de solução nutritiva. Com estes valores e o volume de solução nutritiva aplicada em cada tratamento, calcularam-se as despesas relativas aos fertilizantes (Tabela 8).

**Tabela 8.** Produtividade, receita, despesa e lucro relativo da produção de minitomate, tipo *grape*, fertirrigado com solução nutritiva preparada a partir de efluente de piscicultura da criação de pangásius.

Tratamentos	Produtividade	Receita*	Despesas**	Lucro Relativo***
	--- Kg m <sup>-2</sup> ---	----- R\$ -----		
25%SN/EPCP	0,674 #	6,46 #	0,131	6,33
50%SN/EPCP	0,753	7,22	0,277	6,94
75%SN/EPCP	0,854 #	8,19 #	0,483	7,71 #
100%SN/H <sub>2</sub> O	0,775	7,43	0,669	6,75
CV (%)	5,82	5,82		6,15

# Difere da testemunha (100% solução nutritiva preparada em água - 100%SN/H<sub>2</sub>O)

\* Receita: valor obtido com a venda dos minitomates, tipo *grape*, produzidos nos diferentes tratamentos; \*\* Despesa: exclusiva com fertilizantes usados na preparação da solução nutritiva utilizada em diferentes volumes em função do tratamento na fertirrigação do minitomate. \*\*\* Lucro relativo: calculado subtraindo-se da receita a despesa.

A receita com a venda dos minitomates foi de R\$ 7,43 para 100%SN/H<sub>2</sub>O, sem diferença estatística para 50%SN/EPCP, mas com menor receita para 25%SN/EPCP. A maior receita foi obtida com a venda dos minitomates, tipo *grape*, para o tratamento com 75%SN/EPCP, com R\$ 8,19.

Houve uma economia de 80% nas despesas com fertilizantes em 25%SN/EPCP, 59% em 50%SN/EPCP e 28% em 75%SN/EPCP.

Com estes dados foi possível o cálculo do lucro relativo, considerando exclusivamente como despesas o valor da solução nutritiva. Os demais custos, ou seja, custos fixos com a estufa agrícola, com os reservatórios, com o substrato de fibra de coco, com os vasos, etc., não foram determinados, sendo deste modo a economia com fertilizantes o principal fator estudado. Deste modo, o maior lucro relativo foi obtido no tratamento 75%SN/EPCP, com R\$ 7,71, diferente dos demais tratamentos, que foram similares a testemunha (100%SN/H<sub>2</sub>O).

Convém destacar que, embora o tratamento 25%SN/EPCP, em termos de lucro relativo, seja semelhante a testemunha, o mesmo apresentou menor produtividade e receita, sendo sua produtividade obtida no terço final do ciclo do tomateiro, o que gera uma concentração de receita e risco ao produtor rural, haja vista que o ataque de uma praga ou doença no final do ciclo poderia impactar consideravelmente a receita do produtor.

## CONCLUSÕES

A integração entre aquicultura e agricultura visando o reúso agrícola dos efluentes gerados pela criação de peixes como fonte de água e nutrientes para a cultura do tomateiro, tipo *grape*, mostrou grande potencial. A caracterização do efluente bruto apresentou concentrações de nutrientes importantes às plantas, principalmente fósforo (P), nitrogênio (N) e cálcio (Ca), com condutividade elétrica adequada ao cultivo do tomate, viabilizando deste modo o reúso agrícola do efluente com destinação adequada econômica e ambiental.

A substituição da água em 100% pelo efluente bruto de piscicultura no preparo da solução nutritiva foi tecnicamente viável, o que permite otimizar o uso do recurso hídrico.

Sem perdas na produtividade em relação ao tratamento testemunha foi possível reduzir 50% dos sais da solução nutritiva. No entanto, houve incremento na produtividade e maior lucro com a solução nutritiva preparada em efluente bruto de piscicultura com concentração de 75% dos sais da recomendação da solução nutritiva.

## REFERÊNCIAS

ABEDIN, M. J.; BAPARY, M. A. J.; RASUL, G.; MAJUMDAR, B. C.; HAQUE, M. M. Water quality parameters of some Pangasius ponds at Trishal Upazila, Mymensingh, Bangladesh. *European Journal of Biotechnology and Bioscience*. Volume 5; Issue 2, p. 29-35, 2017.

ADDY, M. M.; KABIR, F.; ZHANG, R.; LU, QIAN.; DENG, X.; CURRENT, D.; GRIFFITH, R.; MA, Y.; ZHOU, W.; CHEN, P.; RUAN, R. Co-cultivation of microalgae in aquaponic systems. *Bioresource Technology* 245, p. 27–34, 2017.

ALVARENGA, M. A. R. Tomate: Produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia. Lavras: UFLA, 457 p. 2013.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. *Official Methods of analysis of AOAC International*. 18. ed. Washington: AOAC, 2005.

AOAC. ASSOCIATION OF OFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis. 14th ed. Arlingyon: Sidney Willians, 1984.

ARAUJO, V. F.; VIGNOLO, G. K.; PERIN, E. C.; PIANA, C. F. B.; SILVEIRAS, A. P.; MEDEIROS, C. A. B. Foliar fertilization with gradual release of shale-based nutrients in strawberry and its effect on yield and compounds with functional potential. Científica, Jaboticabal, v.44, n.3, p.338-345, 2016.

ASSUNÇÃO, N. S. Fontes e doses de nitrogênio na qualidade e produtividade do tomateiro. Dissertação de mestrado (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Viçosa. p. 37, 2016.

BARBOSA, F. R.; SILVA, C. S. B.; CARVALHO, G. K. L. Uso de inseticidas alternativos no controle de pragas agrícolas. Petrolina: Embrapa Semi Árido, 2006.

BENASSI, M.T. Análise dos estudos de diferentes parâmetros na estabilidade de vitamina C em vegetais processados. 159p. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1990.

BOYD, C. E. General Relationship Between Water Quality and Aquaculture Performance in Ponds. Fish Diseases – Prevention and Control Strategies. p. 147-166. cap. 06, 2017.

BRICHI, L. Minitomateiro consorciado com adubos verdes fertirrigados com efluente tratado de laticínio. Piracicaba, Dissertação (Mestrado) USP / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. p.104, 2018.

CARVALHO, C.R.L.; MANTOVANI, D.M.B.; CARVALHO, P.R.N.; MORAES, R.M. Análises Químicas de Alimentos. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), 1990.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Complementa e altera a Resolução nº 357/2005. Sessão II - Das Condições e Padrões de Lançamento de Efluentes Brasília, DF: Diário Oficial da União, N. 92, p. 89, 2011.

CORSINI, I.; LABIGALINE, I.; GOMES, T. M.; FREIRE, M. T. A.; VERRUMABERNARDI, M. R.; ROSSI, F. The cherry tomato under an organic system inoculated with *Trichoderma asperellum* and intercropped with vegetables of family fabaceae. *Revista Ciência Agronômica*, v. 52, n. 2, e20207157, 2021.

CUNHA, A. H. N. et al. Sweet grape mini tomato grow in cultura substrates and effluent with nutrient complementation. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 34, n. 4, p.707-715, 2014.

ENDUT, A.; LANANAN, F.; HAMID, S. H. A.; JUSOH, A.; NIK, W. N. W. Balancing of nutrient uptake by water spinach (*Ipomoea aquatica*) and mustard green (*Brassica juncea*) with nutrient production by African catfish (*Clarias gariepinus*) in scaling aquaponic recirculation system. **Desalination and Water Treatment**. p. 57 – 60, 2016.

FAO – FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action. Rome. 2020. doi.org/10.4060/ca9229en.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. *Revista Brasileira de Biometria*, [S.l.], v. 37, n. 4, p. 529-535, dec. 2019.

FERREIRA, M. M. M.; GILVAN BARBOSA FERREIRA, F. B.; FONTES, P. C. R. Eficiência da adubação nitrogenada do tomateiro em duas épocas de cultivo. *Rev. Ceres*, Viçosa, v. 57, n.2, p. 263-273, 2010.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. rev. e ampl. Viçosa, MG: UFV, p.421, 2013.

HESPAHOL, I. Potencial de Reuso de Água no Brasil Agricultura, Industria, Municípios, Recarga de Aqüíferos. RBRH .071– *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* Volume 7 n.4, p.75-95, 2002.HOLCMAN, E.; SENTELHAS, P. C.;

MELLO, S. da C. Cherry tomato yield in greenhouses with different plastic covers. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.47: 10, e20160991, 2017.

HOSSAIN, M. I.; SHIKHA, F. H.; CHAKRABARTY, T. J. Studies on the Culture Condition of Pangus (*Pangasius hypophthalmus*) at Different Farms in Trishal Upazila. Environ. Sci. & Natural Resources, 11, p. 97-107, 2018.

KHAN, W.; VAHAB, A.; MASOOD, A.; HASAN, N. Water Quality Requirements and Management Strategies for Fish Farming (A Case Study of Ponds around Gurgaon Canal Nuh Palwal). International Journal of Trend in Scientific Research and Development. ISSN: 2456-6470 2017.

LANA, M. M. Hortaliça não é só salada: alimentação saudável sem desperdício. Brasília, DF: Embrapa, p.68, 2021.

LIMA, E. L. R.; SEVERI, W.; LOPES, J. P. Qualidade da água e dos efluentes em viveiros de alevinagem de *Astyanax lacustris*, Reinhardt, 1874. Ciência Animal 21(1):07-16, 2011.

LOVE, D. C.; FRY, J. P.; LI, X.; HILL, E. S.; GENELLO, L.; SEMMENS, K.; THOMPSON, R. E. Commercial aquaponics production and profitability: Findings from an international survey. Aquaculture 435, 67–74. 2015.

MAGALHÃES, L. P. Análise de imagens no desenvolvimento e status de fósforo do minitomateiro grape cultivado em sistema semi-hidropônico. Piracicaba, Dissertação (Mestrado) USP / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. p.72, 2018.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MEDEIROS, P. R. F.; DUARTE, S. N.; UYEDA, C. A.; SILVA, E. F. F.; MEDEIROS, J. F. Tolerância da cultura do tomate à salinidade do solo em ambiente protegido. R. Bras. Eng. Agric. Ambiental, v.16, n.1, p. 51–55, 2012.

MONIR, M. S.; HAQUE, M. R.; RAHMAN, S. Study on technical aspects of pangasius (*Pangasianodon hypophthalmus*) farming in Mymensingh region. Int. J. Sustain. Crop Prod. 6(1), 2011.

MORRIS, T. F.; MURREL, T. S. L.; BEEGLE, D. B.; CAMBERATO, J. J.; R. B. FERGUSON; GROVE J.; KETTERINGS, Q.; KYVERYGA, P. M.; LABOSKI, C. A. M.; J. MCGRATH, M.; MEISINGER, J. J.; MELKONIAN, J.; MOEBIUS-CLUNE, B. N.; NAFZIGER E. D.; OSMOND, D.; SAWYER, J. E.; SCHARF, P. C.; SMITH, W.; SPARGO, J. T.; VAN ES, H. M.; YANG, H. Strengths and limitations of nitrogen rate recommendations for corn and opportunities for improvement. *Agronomy Journal*, v. 110, p. 1 – 37, 2018.

MOURA, R. S. T.; LOPES, Y. V. A.; HENRY-SILVA, G. G. Sedimentação de nutrientes e material particulado em reservatório sob influência de atividades de piscicultura no semiárido do Rio Grande do Norte. *Quim. Nova*, Vol. 37, No. 8, 1283-1288, 2014.

NOBRE, J. G. A. **Irrigação com efluentes da piscicultura no cultivo da goiabeira em ambiente de Semiárido**. Tese (Doutorado) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

PRECZENHAK, A. P.; RESENDE, J. T. V.; CHAGAS, R. R.; SILVA, P. R. SCHWARZ, K.; MORALES, R. G. F. Caracterização Agronômica de genótipos de minitomates. *Horticultura Brasileira*, v. 33, n. 2, p. 348–356, 2014.

PUTTI, F. F.; GABRIEL FILHO, L. R. A.; KUMMER, A. C. B.; CREMASCO, C. P.; LUDWIG, R.; CATANEO, P. F. Utilização de água residuária para fins agronômicos. *Água: tratamento, efluentes e lodos*. cap 7. p.99-114, 2017.

RAIJ, B. V. Fertilidade do solo e manejo de nutrientes. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, p.420, 2011.

RODRIGUES, D. S.; LEONARDO, A. F. G.; NOMURA, E. S. TACHIBANA, L.; GARCIA, V. A.; CORREA, C. F. Produção de mudas de tomateiro em sistemas flutuantes com adubos químicos e água residuária de viveiros de piscicultura. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 1, p.32-35, 2016.

SAYEED, M. A. B.; HOSSAIN, G. S.; MISTRY, S. K.; HUQ, K.A. Growth performance of thai pangus (*Pangasius hypophthalmus*) in polyculture system using different supplementary feeds. *Univ. j. zool. Rajshahi Univ.* Vol. 27, p.59-62, 2008.

VARGAS, I. S.; PEREIRA, R. O. Caracterização de efluentes de piscicultura de peixes *Betta splendens* visando o reuso. Revista Brasileira de Meio Ambiente. v.8, n.4, 2020.