



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

AGATHA DOS SANTOS

**MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA
RESIDUÁRIA DE FERTIRRIGAÇÃO EM CULTIVO
PROTEGIDO DE TOMATE SOB A PERSPECTIVA DE REUSO
NO SISTEMA**

CAMPINAS

2020

AGATHA DOS SANTOS

**MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA
RESIDUÁRIA DE FERTIRRIGAÇÃO EM CULTIVO
PROTEGIDO DE TOMATE SOB A PERSPECTIVA DE REÚSO
NO SISTEMA**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, na área de Água e Solo.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Thais Queiroz Zorzeto Cesar

Co-orientador: Prof. Dr. Ariovaldo José da Silva

ESTE TRABALHO CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELA ALUNA AGATHA DOS SANTOS, E ORIENTADA PELA PROF^a. DR^a. THAIS QUEIROZ ZORZETO CESAR.

CAMPINAS

2020

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Área de Engenharia e Arquitetura
Elizangela Aparecida dos Santos Souza - CRB 8/8098

Santos, Agatha, 1990-
Sa59m Monitoramento da qualidade da água residuária de fertirrigação em cultivo protegido de tomate sob a perspectiva de reuso no sistema / Agatha dos Santos. – Campinas, SP : [s.n.], 2020.

Orientador: Thais Queiroz Zorzeto Cesar.
Coorientador: Ariovaldo José da Silva.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Água - Análise. 2. Água - Reutilização. 3. Irrigação. I. Cesar, Thais Queiroz Zorzeto, 1985-. II. Silva, Ariovaldo José da, 1966-. III. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. IV. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Monitoring the quality of fertigation residuary water in protected tomato crop from the recirculating perspective

Palavras-chave em inglês:

Water - Analysis

Water - Reuse

Irrigation

Área de concentração: Água e Solo

Titulação: Mestra em Engenharia Agrícola

Banca examinadora:

Thais Queiroz Zorzeto Cesar [Orientador]

Regina Célia de Matos Pires

Édson Aparecido Abdul Nour

Data de defesa: 28-02-2020

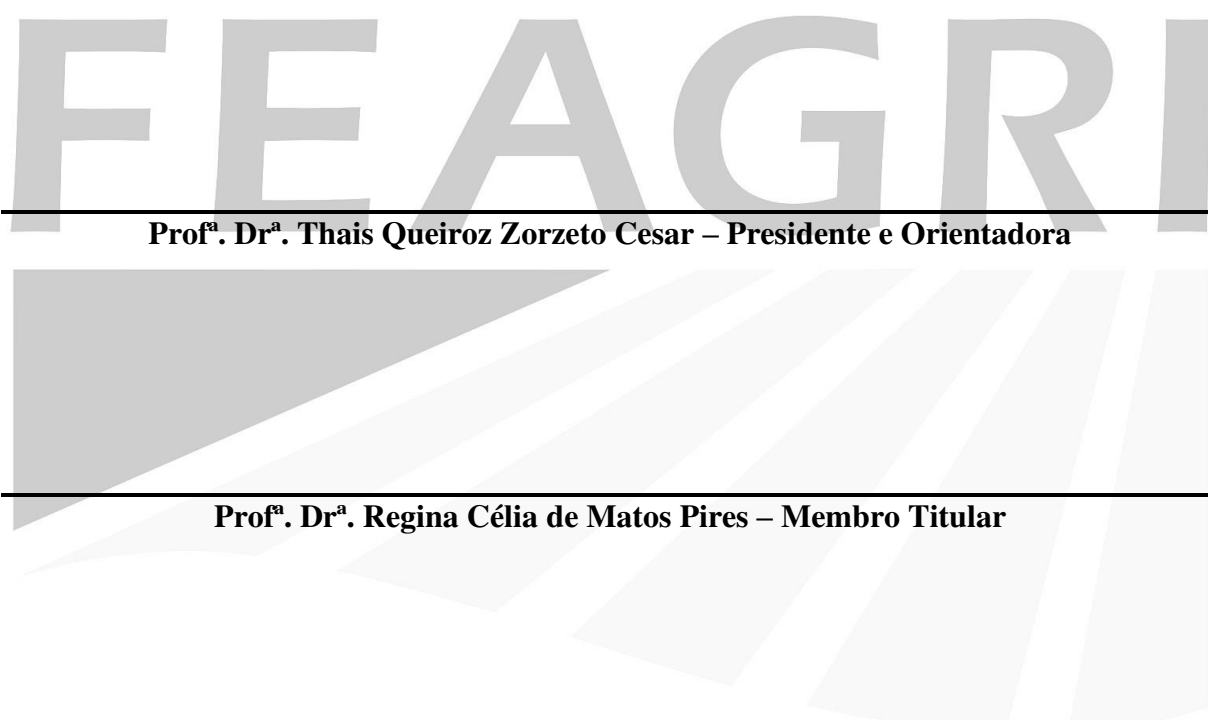
Programa de Pós-Graduação: Engenharia Agrícola

Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)

- ORCID do autor: <https://orcid.org/0000-0002-2589-5897>

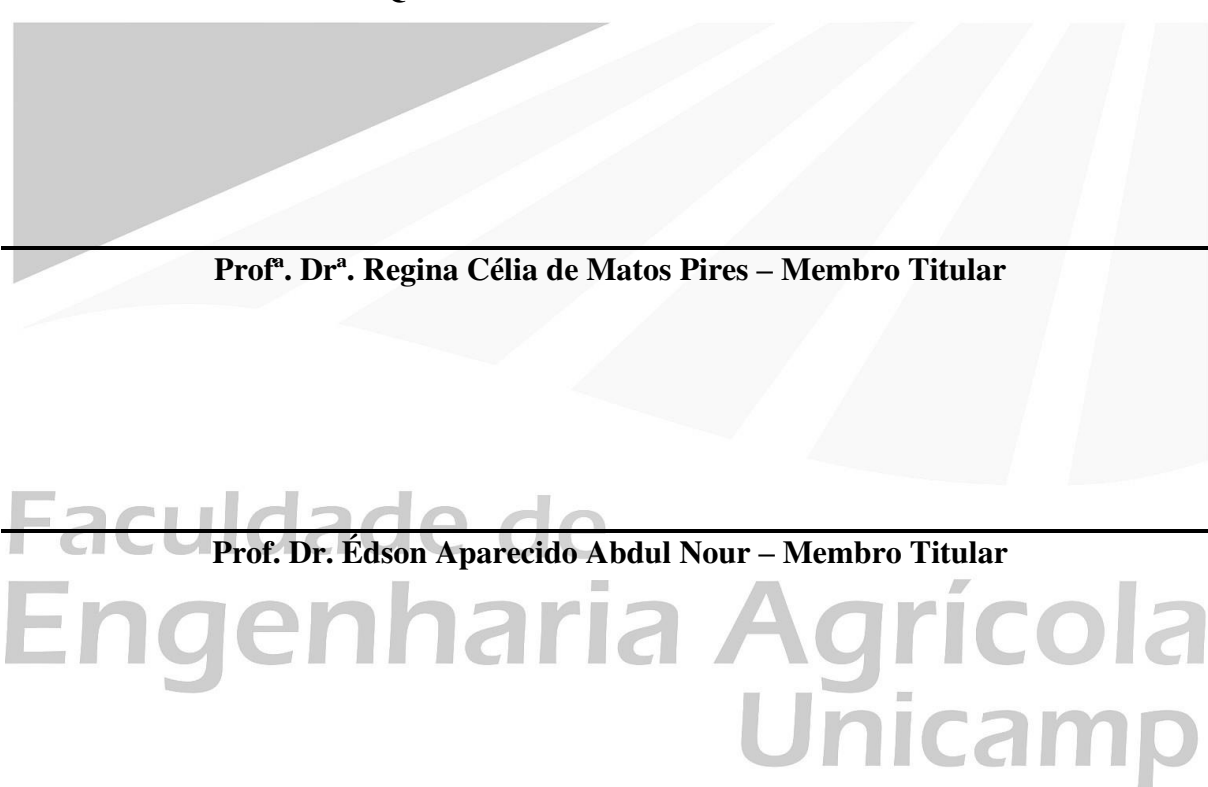
- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/3791171364238043>

Este exemplar corresponde à redação final da **Dissertação de Mestrado** defendida por **Agatha dos Santos**, aprovada pela Comissão Julgadora em 28 de fevereiro de 2020, na Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas.



Prof.^a. Dr.^a. Thais Queiroz Zorzeto Cesar – Presidente e Orientadora

Prof.^a. Dr.^a. Regina Célia de Matos Pires – Membro Titular



Prof. Dr. Édson Aparecido Abdul Nour – Membro Titular

A Ata da defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no SIGA/Sistema de Fluxo de Dissertação/Tese e na Secretaria do Programa da Unidade

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me trazer a concretização do mestrado.

À minha família por todo apoio.

Minha gratidão à Faculdade de Engenharia Agrícola.

Ao CNPq pela bolsa concedida.

À minha orientadora Thais Queiroz Zorzeto Cesar, pela orientação, pela oportunidade que me concedeu, pela convivência, pelos ensinamentos profissionais e, sobretudo, pela amizade.

Ao meu coorientador, Ariovaldo José da Silva, pela coorientação, pela oportunidade e confiança em meu trabalho e potencial.

Ao técnico de laboratório da Faculdade de Engenharia Civil, Daniel Augusto Camargo Bueno, por me abrir as portas do laboratório, cujo laboratório me permitiu realizar parte das análises, por toda ajuda concedida.

À Josiane, à Kiane, à Maria Lúcia e à Maria Paula por toda ajuda durante a realização das análises; à Thaina, pela ajuda na análise estatística; e ao Vitor, pela ajuda e apoio para a entrega deste trabalho.

Aos demais colegas de pós-graduação pelos momentos compartilhados e trocas de experiência. Finalmente, a todos que cruzaram meu caminho nesta jornada e que, de alguma maneira, contribuíram para que esse sonho fosse realizado.

“O insucesso é apenas uma oportunidade para recomeçar com mais inteligência”.

- Henry Ford

RESUMO

Em sistemas de produção em ambiente protegido, a aplicação da fertirrigação promove vantagens quanto ao consumo de insumos e à eficiência nutricional. No entanto, associada ao cultivo em recipiente, pode gerar solução excedente percolada com altas concentrações de nutrientes, não sendo reaproveitada e, ainda, acarretando impactos ambientais quando lançada incorretamente no meio ambiente. Por outro lado, tais características podem ser benéficas na reutilização no próprio sistema, contribuindo com a composição da solução de fertirrigação, em partes ou em sua totalidade. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade da solução percolada da fertirrigação em cultivo protegido de minitomate, por meio de variáveis físico-químicas, focando na possibilidade de reúso no sistema de irrigação, baseado nos parâmetros nutricionais da cultura em suas fases de desenvolvimento. O trabalho foi realizado na Fazenda Monte D' Este, localizada na cidade de Campinas (SP). A fazenda possui oito casas de vegetação para cultivo de minitomate, que totalizam uma área de 8.294 m², um reservatório de água com capacidade para 4 milhões L captados da água da chuva das coberturas dos ambientes protegidos e um poço profundo. Avaliou-se a qualidade da água nos pontos de captação conforme legislação pertinente. As soluções de fertirrigação e percolada foram avaliadas quanto às concentrações de macro e micronutrientes em relação às demandas nos diferentes estádios fenológicos da cultura, comparadas por análise descritiva com diferentes limites de referência de concentrações: da literatura, para a solução de fertirrigação; e da solução de fertirrigação praticada, para avaliação da possibilidade de reúso da solução percolada no sistema. A solução percolada apresentou concentrações adequadas de nitrogênio total, nitrato e potássio para todas as fases de desenvolvimento do tomateiro, tendo mostrado necessidade de complementação apenas de nitrogênio amoniacal para todas as fases. Houve excedente de magnésio e ferro na Fase A (da semeadura até 30 dias após o transplantio das mudas), de fósforo nas Fases B (dos 30 aos 60 dias após o transplantio das mudas) e C (dos 60 dias após o transplantio das mudas até o término da colheita) e de cálcio na Fase C, indicando possível necessidade de diluição para não fornecer esses nutrientes em excesso na solução. Portanto, há possibilidade de reúso da solução percolada proveniente da fertirrigação, retornando-a ao sistema de irrigação, com base em suas variáveis físico-químicas.

Palavras-chave: análise físico-química da água, caracterização da água, reutilização, solução de fertirrigação.

ABSTRACT

In production systems in greenhouses, the application of fertigation promotes advantages regarding to inputs consumption and nutritional efficiency. Although, the association with cultivation in pots, can produce surplus solution percolated with high concentrations of nutrients, not being reused and, also, causing environmental impacts when improperly released on the environment. On the other hand, such characteristics can be beneficial reusing that solution in the system itself, contributing to the composition of nutritive solution, in part or in its entirety. In this context, the aim of this work was to evaluate the quality of the effluent fertigation solution in protected crop of minitomato, by physicochemical variables, focusing on the possibility of reuse in the irrigation system, based on the nutritional parameters of the culture in its stages of growth development. The work was carried out at Fazenda Monte D 'Este, located in the city of Campinas (SP). The farm has eight greenhouses for the cultivation of minitomatoes, in an area of 8,294 m², a water tank with capacity of 4 million L of rainwater captured from the covers of the greenhouses and a deep well. We evaluated the water quality at the catchment points according to the legislation. The fertigation and percolation solutions were evaluated for the concentrations of macro and micronutrients in relation to the demands in the different phenological stages of the culture, compared by descriptive analysis with different reference limits of concentrations: from the literature, for the fertigation solution; and the practiced fertigation solution, to evaluate the possibility of reusing the percolated solution in the system. The percolated solution had adequate concentrations of total nitrogen, nitrate and potassium for all stages of tomato development, only requiring the addition of ammoniacal nitrogen for all stages. There was a surplus of magnesium and iron in Phase A (from sowing up to 30 days after transplanting seedlings), of phosphorus in Phases B (from 30 to 60 days after transplanting seedlings) and C (from 60 days after transplanting seedlings) until the end of the harvest) and of calcium in Phase C, indicating a possible need for dilution in order not to supply these excess nutrients in the solution. Therefore, there is a possibility of reusing the percolated solution from fertigation, returning it to the irrigation system, based on its physical-chemical variables.

Keywords: nutrient solution, physicochemical analysis of water, reuse, water characterization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Vista aérea da Fazenda Monte D'Este, com destaque para (a) as casas de vegetação e o reservatório de água e (b) a produção em recipientes (vasos dentro do <i>slab</i>), espaguete de gotejamento para fertirrigação e calhas para coleta da solução percolada da irrigação.	26
Figura 2 - Fluxograma do sistema.	27
Figura 3 - Boxplot da concentração de nitrogênio total na solução de fertirrigação em cada fase fenológica do tomateiro em relação aos limites mínimo e máximo estabelecidos pela literatura.	36
Figura 4 - Boxplot da concentração de nitrato na solução de fertirrigação em cada fase fenológica do tomateiro em relação aos limites mínimo e máximo estabelecidos pela literatura.	37
Figura 5 - Boxplot da concentração de nitrogênio amoniacal na solução de fertirrigação em cada fase fenológica do tomateiro em relação aos limites mínimo e máximo estabelecidos pela literatura.	38
Figura 6 - Boxplot da concentração de fósforo na solução de fertirrigação em cada fase fenológica do tomateiro em relação aos limites mínimo e máximo estabelecidos pela literatura.	39
Figura 7 - Boxplot da concentração de potássio na solução de fertirrigação em cada fase fenológica do tomateiro em relação aos limites mínimo e máximo estabelecidos pela literatura.	40
Figura 8 - Boxplot da concentração de cálcio na solução de fertirrigação em cada fase fenológica do tomateiro em relação aos limites mínimo e máximo estabelecidos pela literatura.	41
Figura 9 - Boxplot da concentração de magnésio na solução de fertirrigação em cada fase fenológica do tomateiro em relação aos limites mínimo e máximo estabelecidos pela literatura.	42
Figura 10 - Boxplot da concentração de enxofre na solução de fertirrigação em cada fase fenológica do tomateiro em relação aos limites mínimo e máximo estabelecidos pela literatura.	43
Figura 11 - Boxplot da concentração de ferro na solução de fertirrigação em cada fase fenológica do tomateiro em relação aos limites mínimo e máximo estabelecidos pela literatura.	44

Figura 12 - Boxplot da concentração de nitrogênio total na solução percolada em relação aos valores mínimos e máximos das variáveis da solução de fertirrigação praticada em cada fase fenológica do tomateiro.	52
Figura 13 - Boxplot da concentração de nitrato na solução percolada em relação aos valores mínimos e máximos das variáveis da solução de fertirrigação praticada em cada fase fenológica do tomateiro.	53
Figura 14 - Boxplot da concentração de nitrogênio amoniacal na solução percolada em relação aos valores mínimos e máximos das variáveis da solução de fertirrigação praticada em cada fase fenológica do tomateiro.	54
Figura 15 - Boxplot da concentração de fósforo na solução percolada em relação aos valores mínimos e máximos das variáveis da solução de fertirrigação praticada em cada fase fenológica do tomateiro.	55
Figura 16 - Boxplot da concentração de potássio na solução percolada em relação aos valores mínimos e máximos das variáveis da solução de fertirrigação praticada em cada fase fenológica do tomateiro.	56
Figura 17 - Boxplot da concentração de cálcio na solução percolada em relação aos valores mínimos e máximos das variáveis da solução de fertirrigação praticada em cada fase fenológica do tomateiro.	57
Figura 18 - Boxplot da concentração de magnésio na solução percolada em relação aos valores mínimos e máximos das variáveis da solução de fertirrigação praticada em cada fase fenológica do tomateiro.	58
Figura 19 - Boxplot da concentração de enxofre na solução percolada em relação aos valores mínimos e máximos das variáveis da solução de fertirrigação praticada em cada fase fenológica do tomateiro.	59
Figura 20 - Boxplot da concentração de ferro na solução percolada em relação aos valores mínimos e máximos das variáveis da solução de fertirrigação praticada em cada fase fenológica do tomateiro.	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição da solução nutritiva para a cultura do tomate em diferentes fases vegetativas do ciclo segundo Santos <i>et al.</i> (2017).....	24
Tabela 2 - Composição da solução nutritiva para a cultura do tomate em diferentes fases vegetativas do ciclo segundo Pires <i>et al.</i> (2009).	24
Tabela 3 - Composição da solução nutritiva para a cultura do tomate em diferentes fases vegetativas do ciclo segundo Takahashi <i>et al.</i> (2018).	24
Tabela 4 - Composição da solução nutritiva para a cultura do tomate em diferentes fases vegetativas do ciclo segundo Fernandes, Araújo e Corá (2002); Moraes (1997).....	24
Tabela 5 - Limites mínimos e máximos dos parâmetros da solução de fertirrigação para cada fase dos estádios fenológicos do tomateiro.	28
Tabela 6 - Descrição das variáveis analisadas, equipamentos e métodos utilizados e suas respectivas frequências de análises das amostras.	29
Tabela 7 - Variáveis físico-químicas e biológicas mensais do reservatório de chuva (P1) e do poço (P2).	33
Tabela 8 - Média mensal das variáveis físico-químicas encontrados nas amostras de solução nutritiva e da solução percolada.	45
Tabela 9 - Aplicação da MANOVA para médias mensais das variáveis físico-químicas da solução de fertirrigação e solução percolada.	46
Tabela 10 - Média mensal das variáveis relacionadas aos nutrientes encontrados nas amostras de solução de fertirrigação e da solução percolada.	47
Tabela 11 - Aplicação da MANOVA para médias mensais das variáveis de nutrientes da solução de fertirrigação e solução percolada.	47
Tabela 12 - Média mensal das variáveis dos contaminantes encontrados nas amostras de solução de fertirrigação e da solução percolada.	48
Tabela 13 - Aplicação da MANOVA para médias mensais das variáveis dos contaminantes da solução de fertirrigação e solução percolada.	48
Tabela 14 - Média mensal das variáveis metais encontrados nas amostras de solução de fertirrigação e da solução percolada.	49
Tabela 15 - Aplicação da MANOVA para médias mensais das variáveis metais da solução de fertirrigação e solução percolada.	49
Tabela 16 - Limites mínimos e máximos das variáveis da solução de fertirrigação praticada para cada fase dos estádios fenológicos do tomateiro.	50

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Objetivos	14
1.1.1	Objetivo Geral	14
1.1.2	Objetivos Específicos	15
2	REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1	Panorama da água.....	16
2.2	Qualidade da água para irrigação	17
2.2.1	Potencial Hidrogeniônico –pH	17
2.2.2	Cor.....	18
2.2.3	Turbidez	18
2.2.4	Oxigênio Dissolvido –OD	18
2.2.5	Sólidos Totais –ST	19
2.2.6	Nitrogênio.....	19
2.2.7	Fósforo	20
2.2.8	Coliformes Termotolerantes.....	20
2.2.9	Legislação.....	20
2.3	A cultura do tomateiro.....	21
2.3.1	Importância econômica e situação dos mercados nacional e internacional.....	21
2.3.2	Nutrição mineral do tomateiro	22
2.3.3	Fertirrigação na cultura do tomate.....	25
3	MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1	Localização e estrutura.....	26
3.2	Delineamento experimental.....	27
3.3	Análise estatística	30
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1	Qualidade da água de abastecimento nos pontos de captação.....	31
4.2	Características da solução de fertirrigação quanto a macro e micronutrientes.....	34
4.3	Características físico-químicas das soluções da fertirrigação e da percolada em relação aos estádios fenológicos do tomateiro	45
4.4	Características da solução percolada quanto a macro e micronutrientes.....	50
5	CONCLUSÕES.....	61
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
	ANEXOS.....	71

1 INTRODUÇÃO

A disponibilidade da água doce e potável tem se mostrado cada vez mais restrita com o aumento do contingente populacional e a intensificação e a expansão das atividades agrícolas e agropecuárias. Sua qualidade tem diminuído de forma expressiva pela degradação dos recursos naturais (ONU, 2010). Uma vez que se destaca como recurso essencial à vida, a gestão de conflitos pelo uso da água e a discussão da relação estabelecida entre a atividade humana e o recurso mostram-se necessárias. As tomadas de decisões da atualidade têm impacto direto e significativo na disponibilidade e na qualidade desse recurso às gerações futuras.

A escassez tem atingido patamares elevados, não só no Brasil, mas em todo o mundo, afetando a produção de alimentos e a disponibilidade para o consumo humano, como se mostrou alarmante no Estado de São Paulo em meio à crise hídrica ocorrida em 2014 (GUIMARÃES, 2014). Nesse cenário, é de fundamental importância adotar práticas que reduzam as perdas e mitiguem as contaminações dos corpos hídricos por percolação de nutrientes, permitindo lidar com a restrição desse recurso natural.

No que se refere à atividade agrícola, produções em casa de vegetação têm mostrado eficiência quando comparadas ao cultivo em campo aberto, apresentando-se como técnica que permite uso mais eficiente da água para sistemas de produção de alimentos (STANGHELLINI, 2014). Dentre eles, o cultivo de produtos hortícolas, principalmente hortaliças, tem ocupado espaço expressivo em condições de cultivo protegido, crescendo exponencialmente ao longo dos últimos anos (VIEIRA; CLEMENTE, 2018).

Em ambiente protegido, o cultivo de hortaliças em substratos permite maior controle de fatores nutricionais, aumentando o rendimento das plantas cultivadas com uso mais eficiente de insumos e redução de riscos (MEDEIROS *et al.*, 2018). Faz-se necessário um adequado monitoramento e manejo nutricional, suprimindo as exigências da cultura ao longo das fases fenológicas, obtendo eficácia e produtividade no sistema de produção (MACHADO *et al.*, 2018).

A maioria das espécies cultivadas apresentam como exigência macronutrientes (nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio, fósforo e enxofre) e micronutrientes (cloro, boro, ferro, manganês, zinco, cobre e molibidênio) que, na maioria das vezes, apresentam problemas relacionados ao excesso em vez da carência. A aplicação de nutrientes em altas doses favorece a redução da produtividade, bem como com problemas ambientais ocasionados por sua lixiviação. Seu manejo inadequado pode propiciar elevada acidez do substrato, afetando a disponibilidade de nutrientes para absorção pelas plantas cultivadas (SANTOS, 2013).

A agricultura é protagonista das fontes de poluição acarretadas por metais pesados oriundos de fertilizantes e agrotóxicos que alcançam de forma direta ou indireta e inadequada os cursos d'água e o solo (BORTOLUZZI *et al.*, 2005). Porém, aplicando-se técnicas adequadas de tratamento, é possível destinar a água residuária dessas atividades para reúso em ciclo fechado ou descarte adequado do efluente, reduzindo a carga poluidora.

De acordo com o “Relatório das Águas Residuais: o Recurso Inexplorado”, disponibilizado pela ONU em 22 de março de 2017, o tratamento e o reúso de águas residuárias tem potencial de combate à escassez do bem natural (ONU, 2017). Ao longo das últimas décadas, Israel tem se mostrado como um dos países em destaque quanto às técnicas de irrigação racional e reúso de efluente (SAPKOTA, 2019). Cerca de 86% do efluente sanitário tratado de Israel, por exemplo, é aplicado à irrigação de culturas agrícolas (TAL, 2016). O país apresentou crescimento exponencial na produção e condição econômica de seus agricultores, associado a políticas públicas e tecnologias de irrigação (TAL, 2016).

No contexto de sistemas de produção em ambiente protegido, o uso de fertilizantes na água de irrigação – técnica conhecida como fertirrigação – apresenta grandes vantagens quanto ao consumo de insumos e à eficiência de aplicação. Esses sistemas de irrigação, combinados ao cultivo em recipientes, podem gerar solução excedente percolada com altas concentrações de nutrientes, não sendo reaproveitada e, ainda, acarretando impactos ambientais quando lançadas incorretamente no meio ambiente. No entanto, tais características podem ser benéficas na reutilização no próprio sistema, contribuindo com a composição da solução nutritiva, em partes ou em sua totalidade. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade da solução percolada da fertirrigação em cultivo protegido de minitomate, por meio de variáveis físico-químicas, focando na possibilidade de reúso no sistema de irrigação.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Monitorar a qualidade da solução percolada da fertirrigação em cultivo protegido de minitomate, ao longo do ano, com foco na possibilidade de reúso no sistema de irrigação e baseado nas demandas nutricionais da cultura.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Monitorar a qualidade da água de abastecimento nos pontos de captação com base em variáveis físico-químicas e biológicas ao longo do ano;
- monitorar ao longo do ano os parâmetros físico-químicos da água da fertirrigação antes da entrada no sistema de irrigação e o percolado;
- avaliar a viabilidade nutritiva da solução percolada retornar para o sistema de irrigação com base na demanda nutricional da cultura do minitomate;
- analisar se as fases vegetativas do ciclo do tomateiro alteram os valores das variáveis físico-químicas da solução percolada.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Nessa seção foram abordados assuntos relevantes para o entendimento da importância da qualidade da água para irrigação, legislação vigente, cultivo em sistema protegido e tópicos pertinentes à cultura do tomateiro.

2.1 Panorama da água

A água é, notoriamente, um recurso essencial à vida de todos os seres vivos. No entanto, trata-se de um recurso de natureza escassa que sofre alterações em sua qualidade e disponibilidade por ações naturais e antrópicas. A atividade econômica dos seres humanos tem causado impacto negativo, ao longo da história, na qualidade da água superficial e subterrânea por meio da poluição atmosférica, do lançamento inadequado de efluente em corpos d'água, da percolação profunda de agrotóxicos utilizados em larga escala, bem como do uso e do manejo inadequado do solo (DOLNICAR *et al.*, 2014).

O Brasil tem uma posição privilegiada no mundo em relação à disponibilidade de recursos hídricos, detendo cerca de 12% da água doce de todo o planeta, segundo a Agência Nacional de Águas (ANA). Sua distribuição, sobretudo, se dá de modo desigual entre as diferentes regiões do país, condição que pode ser associada a disputas entre os diversos usuários. Enquanto antes o cenário de escassez se restringia à região Nordeste, atualmente já atinge de forma significativa diversas atividades econômicas de regiões metropolitanas importantes, como São Paulo, Belo Horizonte e Brasília (DUTRA *et al.*, 2019).

O uso indiscriminado da água doce para os diversos fins tem intensificado a sua contaminação e, conseqüentemente, os impactos ao meio ambiente. Estima-se que aproximadamente 2 bilhões de pessoas não tenham acesso aos serviços de saneamento básico em todo o mundo, o que contribui com a degradação dos recursos naturais disponíveis (ONU, 2019). Além disso, a mudança climática tem afetado o comportamento hidrológico e as referências de previsão de disponibilidade futura de água em boa qualidade para os diversos fins (SILVA; PEREIRA, 2019).

A escassez tem se mostrado como realidade em todo o mundo. Países desenvolvidos, emergentes e subdesenvolvidos tem apresentado problemas relacionados às questões hídricas em diversos níveis, seja na sua disponibilidade ou na qualidade para os diferentes usos (ZAREI *et al.*, 2020). Isso exige a adoção de técnicas e estratégias que viabilizem a reutilização da água, o que tem ganhado destaque nos mais variados setores

dependentes desse recurso natural. O reúso da água tem por objetivo assegurar o suprimento das demandas, garantindo melhores níveis de qualidade (MIERZWA; HESPANHOL, 2005).

Em Israel, o reúso de 86% do esgoto tratado fornece 50% da água de irrigação do país, sendo componente fundamental, associado a técnicas eficientes de irrigação, para superar a escassez de água e manter a agricultura em região árida (TAL, 2016). No Brasil, 79,5% da área de cana-de-açúcar com irrigação é realizada com efluente oriundo de vinhaça e águas residuárias, correspondendo a 2,9 milhões de hectares, cerca de 30% da área total de cultivo dessa cultura no país (ANA, 2019).

2.2 Qualidade da água para irrigação

A qualidade da água é frequentemente determinada por meio da medição de algumas variáveis físico-químicas e biológicas da água, como: potencial hidrogeniônico, cor, turbidez, oxigênio dissolvido, sólidos totais, nitrato, nitrito, fósforo e coliformes termotolerantes (ANTILEO *et al.*, 2006).

2.2.1 Potencial Hidrogeniônico –pH

O pH é um parâmetro importante para diversos estudos relacionados à qualidade da água (CETESB, 2009). Representa a concentração de íons hidrogênio (H^+) em uma solução, servindo como indicador da condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. Valores de pH 7 indicam uma solução neutra, pH maior que 7 uma solução básica e menor que 7 solução ácida (CETESB, 2016).

Os valores de pH permitem inferir sobre a forma como se distribuem no meio determinados compostos químicos, de forma livre ou ionizada, consolidando como grau de solubilidade e potenciais de toxicidade de diversas substâncias (BRASIL, 2006). Por ser uma variável influenciada por diversos fatores, o pH apresenta elevada importância e complexidade de interpretação. Seus valores variam entre 5 e 9 para águas naturais e a concentração de íons H^+ e OH^- , diretamente relacionadas ao valor do pH, estão intrinsecamente ligadas às concentrações de sais, bases e ácidos solubilizados, implicando alterações em seu processo de tratamento (MESSIAS, 2008).

2.2.2 Cor

A cor da água é o resultado da luz refletida por partículas coloides finamente dispersas (com dimensão inferior a 1 μm), podendo ser oriundas da decomposição da matéria orgânica (geralmente ácidos húmicos e fúlvicos), minerais (geralmente ferro e manganês), algas ou ainda pela introdução de esgotos industriais e domésticos (FRANCO, 2012; GASPAROTTO, 2011).

2.2.3 Turbidez

A turbidez caracteriza-se pelo grau de impedimento da passagem de luz pela água, sendo uma característica física decorrente da presença de sólidos suspensos, divididos ou em estado coloidal, e de organismos microscópicos, os quais reduzem a claridade e a transmissão da luz no meio (BRASIL, 2006). De acordo com Funari e Pelegrini (2006), o tamanho das partículas responsáveis pela turbidez varia de grosseiras a coloides, de acordo com o nível de turbulência do corpo hídrico.

A turbidez é diretamente influenciada pela presença de plânctons, detritos orgânicos e diversas substâncias como zinco, ferro, manganês e areia, oriundas de processos de erosão e escoamento superficial, bem como da introdução de esgoto doméstico e industrial (GASPAROTTO, 2011).

2.2.4 Oxigênio Dissolvido –OD

O oxigênio dissolvido (OD) corresponde à concentração de O_2 presente na água, sendo fator limitante e indispensável para organismos aeróbios. Apresenta-se como variável influenciada pela temperatura, salinidade, turbulência do corpo hídrico, pressão atmosférica e atividade fotossintética. Seus níveis são alterados de forma decrescente pela decomposição de matéria orgânica e por processos oxidativos de matéria inorgânica (CONNOLLY *et al.*, 2004).

Baixos teores de oxigênio dissolvido na água indicam o recebimento da matéria orgânica, ou seja, ocorreu a decomposição da matéria orgânica por bactérias aeróbias e houve a redução do oxigênio dissolvido da água (GOULART; CALLISTO, 2003).

2.2.5 Sólidos Totais –ST

Sólidos totais são considerados como substâncias orgânicas e inorgânicas contidas num líquido sob as formas moleculares, ionizadas ou microgranulares (PARISE, 2010). Geralmente classificam-se como sólidos dissolvidos e sólidos em suspensão, sendo enquadrados na primeira classe carbonatos, bicarbonatos, cloretos, sulfatos, fosfatos, nitratos de cálcio, magnésio e potássio, geralmente encontrados em águas naturais, cujos níveis alteram-se por ações naturais (chuva) e antrópicas (lançamento de efluente doméstico e industrial) (PROBST; SUCHET, 1992). A inserção de sólidos no corpo hídrico ocorre tanto por processos naturais como por ações antrópicas, afetando o índice de turbidez (BRASIL, 2006).

Estudos de controle de poluição das águas, caracterização de esgotos sanitários, efluentes industriais e controle de sistemas de tratamento de esgoto utilizam a determinação dos níveis de concentração das diversas frações de sólidos (TRENTIN; BOSTELMANN, 2010).

2.2.6 Nitrogênio

O Nitrogênio destaca-se como elemento de alto grau de importância quanto aos processos metabólicos de ecossistemas aquáticos, em que a concentração de suas variadas formas influencia o processo de desenvolvimento de microrganismos, podendo apresentar toxicidade aos organismos presentes no meio. Por sua degradação, são obtidos compostos como amônia, nitrito e nitrato, contidos em grande parte das águas superficiais e de origem variada, principalmente por ação antrópica de lançamento de resíduos domésticos e industriais, animal e agroquímicos (BRIGANTE; ESPÍNDOLA, 2003).

De acordo com Kindlein (2010), o nitrito é um elemento que faz parte da fase intermediária do nitrogênio, entre a molécula de amônia (forma mais reduzida) e o nitrato (forma mais oxidada). A presença desse elemento indica a ocorrência de processos biológicos ativos influenciados por poluição orgânica (BASTOS, 2007).

Quanto ao nitrato, este surge da conversão da amônia por nitrificação na presença de oxigênio, sendo reduzido por desnitrificação, implicando a conversão do nitrogênio na forma de gás pela atuação de microrganismos, liberado em seguida para o ambiente (KUBITZA, 1998). O nitrogênio na forma de nitrato pode ser associado a doenças e o seu excesso de aplicação também acarreta contaminação do ambiente (VON SPERLING, 1996).

2.2.7 Fósforo

O fósforo trata-se de um elemento não metálico, proveniente de rochas, material particulado e decomposição de organismos, bem como do lançamento de esgotos domésticos, resíduos agrícolas e agroindustriais, apresentado em formas orgânicas e inorgânicas, ora dissolvido, ora particulado, principalmente nas formas de ortofosfatos, polifosfatos e fósforo orgânico (ARRUDA, 2015).

A importância do fósforo associa-se principalmente aos seguintes aspectos: o fósforo é um elemento essencial para o crescimento dos microrganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica; é um elemento essencial para o crescimento de algas, podendo por isso, em certas condições, conduzir a fenômenos de eutrofização de lagos e represas (VON SPERLING, 1996). Sua concentração excessiva nos recursos hídricos reflete negativamente na proliferação de algas (LIMA, 2001).

2.2.8 Coliformes Termotolerantes

Em relação à contaminação fecal dos recursos hídricos, as bactérias do grupo coliforme são consideradas as principais indicadoras. Os coliformes são constituídos por um número de bactérias que inclui os gêneros *Klebsiella*, *Escherichia*, *Serratia*, *Erwenia* e *Enterobactéria*. As bactérias do grupo coliformes são todas gram-negativas manchadas, de hastes não esporuladas que estão associadas com as fezes de animais de sangue quente e com o solo (CETESB, 2016).

A reprodução das bactérias coliformes termotolerantes se dá ativamente a 44,5°C e são capazes de fermentar carboidratos. Com relação aos coliformes termotolerantes mostra-se mais significativa para indicar contaminação sanitária, pois essas bactérias fecais estão reservadas ao trato intestinal de animais de sangue quente (CETESB, 2016).

A determinação da concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de microrganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifoide, febre paratifoide, disenteria bacilar e cólera (CETESB, 2016).

2.2.9 Legislação

Os principais marcos legais referentes ao uso, ao reúso e à proteção dos recursos hídricos no Brasil são: o Código das Águas, estabelecido pelo Decreto Federal 24.643, de

10/7/1934; a Lei nº 9.433, de 8/1/1997, que trata da Política Nacional dos Recursos Hídricos; a Resolução nº 430, de 13/5/2011 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, que dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17/3/2005, entre outros (CUNHA,2009).

A Resolução do CONAMA nº 357 classifica os corpos de água superficiais, dá diretrizes ambientais para o seu enquadramento e também estabelece as condições e os padrões de lançamento de efluentes. As águas doces, de acordo com o Art. 4º dessa Resolução, podem ser classificadas quanto ao seu uso, desde a Classe 1 à Classe 4. Para cada classificação têm-se os limites máximos permitidos de diversos elementos na água.

Como o presente estudo tem foco em uma hortaliça que pode ser consumida crua (o tomate) a classificação do CONAMA nº 357/2005, Seção I, Art. 4º segue:

Classe 1: águas que podem ser destinadas:

d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película (CONAMA nº 357 de 17/03/2005).

Para águas subterrâneas, aplica-se a Resolução do CONAMA nº 396, de 3/4/2008, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas.

Os limites máximos permitidos para essas classificações encontram-se nos Anexos 1 e 2.

2.3 A cultura do tomateiro

2.3.1 Importância econômica e situação dos mercados nacional e internacional

A produção hortícola apresenta grande relevância social e econômica, produzindo alimento, gerando emprego e renda, fortalecendo a agricultura familiar, reduzindo a migração da população rural para as áreas urbanas, além de proporcionar o desenvolvimento da região (CARVALHO *et al.*, 2014).

O tomate é uma das principais culturas hortícolas cultivadas no mundo e, segundo dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), sua produção mundial em 2017 superou 130 milhões t, das quais aproximadamente 88 milhões t foram destinadas ao consumo *in natura*, com outra parte de 42 milhões destinada à industrialização. A China ocupou o posto de maior produtor mundial, com 52,5 milhões t, o que

representou cerca de 31% da produção global, seguida pela Índia, com 11%, e pelos Estados Unidos, com 8% da produção. Nesse cenário, o Brasil foi o nono maior produtor, com cerca de 2,5% da produção mundial, oriundos do plantio de 64,4 mil ha (IBGE, 2019).

A safra brasileira de 2019 correspondeu a 19 milhões de toneladas de tomates, com produtividade de 70.168 kg ha⁻¹, o que indica aumento de 2,6% em relação à safra anterior. Dentre os estados produtores, destacaram-se São Paulo, Pernambuco e Rio de Janeiro. No cenário de comércio internacional, Paraguai, Bolívia, Venezuela, Argentina e Uruguai foram os maiores exportadores, representando cerca de 36,9 mil toneladas de tomate em 2018 (FAO, 2019).

2.3.2 Nutrição mineral do tomateiro

Durante o ciclo produtivo, as plantas necessitam de nutrientes que supram suas demandas metabólicas e assim atinjam seu potencial de produção. Dentre os nutrientes há aqueles que são mais exigidos pelas plantas (macronutrientes) e aqueles que possuem uma exigência menor (micronutrientes), embora todos sejam elementos essenciais. Quando as plantas não conseguem ter suas necessidades nutricionais supridas, ocorre o aparecimento de sintomas que denunciam essas deficiências. As deficiências podem afetar o desenvolvimento das folhas, modificando sua coloração e tamanho, com o aparecimento de manchas, enrugamentos ou podendo ocorrer até a perda das folhas (SILVA, 2006).

O tomateiro mostra-se como uma cultura exigente de fontes nutricionais, principalmente pela absorção de N, K, Ca, S, P, Mg, Fe, Mn, Zn, B e Cu (EMBRAPA, 1994). O suprimento adequado é atendido com a aplicação de fertilizantes, propiciando boa qualidade e rendimento de produção de frutos.

É também uma das culturas hortícolas de maior exigência nutricional, com absorção lenta ao longo dos primeiros estádios de desenvolvimento e acentuada na frutificação e enchimento dos frutos, diminuindo outra vez com a maturação. A dose e o tipo do nutriente provido influenciam não somente na produtividade, mas também no valor nutricional, no sabor, bem como no manejo pós-colheita do tomate. Dentre os nutrientes de maior exigência, destacam-se K, N e P (SILVA *et al.*, 2006).

O suprimento de potássio é de essencial importância para o processo de ativação enzimática, a fotossíntese e para o transporte no floema (MARSCHNER, 1995). Quando deficiente, a planta apresenta como sintomas a podridão dos frutos e a incidência de vírus

mosaico. Quando a carência é moderada, podem-se não observar os sintomas, mas há efeito significativo no crescimento e na produtividade da cultura (COWELL, 2000).

O nitrogênio é o elemento de maior exigência em quantidade, correspondendo de 2 a 5% da matéria seca (FAQUIN, 2005). Quando insuficiente, há mobilização no nitrogênio de folhas antigas para folhas mais novas, ocasionando como sintoma o amarelecimento das folhas velhas. É encontrado em alta concentração na clorofila, exercendo papel fundamental na fotossíntese e com forte correlação com sua cor verde (FAQUIN, 2005).

O fósforo é componente constituinte dos processos de fotossíntese, respiração, armazenamento e transferência de energia, de divisão celular e de crescimento das plantas (SOUZA *et al.*, 2013). Sua disponibilidade influencia desde o crescimento prematuro das raízes até a qualidade dos frutos. Quando deficiente, promove a translocação de fósforo das folhas mais velhas para as mais novas e para as raízes, apresentando as folhas velhas coloração arroxeada devido ao acúmulo de antocianina (SILVA *et al.*, 2006). Tal fenômeno também ocorre sob a forma de manchas localizadas, que se expandem e se espalham posteriormente, até que as nervuras apresentem total pigmentação. Sua folhagem pode apresentar coloração púrpura, principalmente na extremidade das folhas (ESPINOZA, 1991). Com a deficiência em fósforo, o tomateiro retarda a formação e a manutenção dos frutos, prejudicando sua produção. Com a alteração da coloração ocasionada pelo déficit, é possível adotar a análise de tais características como ferramenta para determinação de deficiência desses nutrientes (ESPINOZA, 1991).

Até que se ocorra a formação dos frutos, a folha corresponde ao órgão com maior concentração de nutrientes e de massa seca. Após o enchimento dos frutos, há migração de N e P para seu interior. De acordo com Grant *et al.* (2001), o tomateiro usa o fósforo armazenado na semente para prover a germinação e iniciar seu crescimento. Em seguida, o crescimento se dá pela troca entre fósforo disponível externamente e o existente na própria planta. Recomenda-se que doses adequadas de fósforo no tomateiro sejam fornecidas na etapa inicial do ciclo (GRANT *et al.*, 2001), caso contrário, fornecimentos futuros não serão capazes de suprir as necessidades que viabilizem a produtividade. O ápice de absorção ocorre na fase de surgimento e enchimento dos frutos, seguida pela diminuição da absorção ao longo da maturação (SILVA *et al.*, 2006).

A seguir, são apresentadas as principais recomendações de exigência nutricional para a cultura do tomateiro, ao longo de seus estádios fenológicos, disponíveis em literatura.

Tabela 1 - Composição da solução nutritiva para a cultura do tomate em diferentes fases vegetativas do ciclo segundo Santos *et al.* (2017).

Fases da Planta	Macronutrientes (mg.L ⁻¹)							Micronutrientes (mg.L ⁻¹)				
	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Mo
A	135	35	52	314	152	40	70	0,5	0,05	2,4	0,75	0,06
B	150	37	52	326	190	40	70	0,5	0,05	2,4	0,75	0,06
C	164	38	52	409	209	40	70	0,5	0,05	2,4	0,75	0,06

Fase A - da semeadura até 30 dias após o transplantio das mudas, Fase B - dos 30 aos 60 dias após o transplantio das mudas e Fase C - dos 60 dias após o transplantio das mudas até o término da colheita.

Tabela 2 - Composição da solução nutritiva para a cultura do tomate em diferentes fases vegetativas do ciclo segundo Pires *et al.* (2009).

Fases da Planta	Macronutrientes (mg.L ⁻¹)							Micronutrientes (mg.L ⁻¹)				
	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Mo
A	167	30	52	164	143	36	48	0,5	0,1	1,8	0,4	0,06
B	167	30	52	164	143	36	48	0,5	0,1	1,8	0,4	0,06
C	167	19	59	268	143	36	74	0,5	0,1	1,8	0,4	0,06

Fase A - da semeadura até 30 dias após o transplantio das mudas, Fase B - dos 30 aos 60 dias após o transplantio das mudas e Fase C - dos 60 dias após o transplantio das mudas até o término da colheita.

Tabela 3 - Composição da solução nutritiva para a cultura do tomate em diferentes fases vegetativas do ciclo segundo Takahashi *et al.* (2018).

Fases da Planta	Macronutrientes (mg.L ⁻¹)						Micronutrientes (mg.L ⁻¹)					
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Mo	
A	198	43,6	152	233	27	39	0,63	0,11	2,75	0,74	0,01	
B	396	43,6	152	233	27	39	0,63	0,11	2,75	0,74	0,01	
C	396	87,2	304	466	54	78	1,26	0,22	5,50	1,48	0,02	

Fase A - da semeadura até 30 dias após o transplantio das mudas, Fase B - dos 30 aos 60 dias após o transplantio das mudas e Fase C - dos 60 dias após o transplantio das mudas até o término da colheita.

Tabela 4 - Composição da solução nutritiva para a cultura do tomate em diferentes fases vegetativas do ciclo segundo Fernandes, Araújo e Corá (2002); Moraes (1997).

Fases da Planta	Macronutrientes (mg.L ⁻¹)						Micronutrientes (mg.L ⁻¹)					
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Mo	
A	200	60	350	206	60	150	0,50	0,10	2	0,75	0,01	
B	200	60	350	206	60	150	0,50	0,10	2	0,75	0,01	
C	200	60	350	206	60	150	0,50	0,10	2	0,75	0,01	

Fase A - da semeadura até 30 dias após o transplantio das mudas, Fase B - dos 30 aos 60 dias após o transplantio das mudas e Fase C - dos 60 dias após o transplantio das mudas até o término da colheita.

2.3.3 Fertirrigação na cultura do tomate

Em cultivo protegido com sistema de produção em recipientes preenchidos com substratos, usualmente utiliza-se a aplicação de fertilizantes associada à irrigação - método denominado fertirrigação, em que os nutrientes e os insumos são homogeneizados em solução aquosa, chegando às plantas pelo próprio sistema de irrigação. Tal prática destaca-se como uma das técnicas que proporciona melhores condições de produtividade na agricultura irrigada, inclusive fornecendo boas condições de cultivo de frutas e hortaliças sob condições de escassez hídrica (SOUSA *et al.*, 2011). O manejo inadequado, entretanto, promove o desperdício de água e inviabiliza o alcance de níveis de produtividade esperados (SOUSA *et al.*, 2011).

Para a cultura do tomateiro, o uso da fertirrigação viabiliza a manutenção de água e nutrientes dentro das faixas ótimas para o pleno desenvolvimento da cultura e sob condições de fácil absorção pela raiz. O suprimento de nutrientes, de forma parcelada ou integral, deve estar ajustado de acordo com as necessidades exigidas pela planta ao longo das diversas fases de seu desenvolvimento. Além disso, seu manejo deve ser realizado de forma adequada buscando a baixa variação no potencial mátrico do substrato de cultivo, principalmente sob condições em que as taxas de evapotranspiração são elevadas (FERNANDES *et al.*, 2002).

Em casas de vegetação, a fertirrigação é comumente realizada pelo método de gotejamento, técnica oriunda de Israel, que permite obter uso mais eficiente da água, com economia, sendo atributo necessário naquela região dominada pela escassez. A técnica aprimorou-se no decorrer da década de 1960, mesmo sua origem sendo registrada no início do século XIX (AZEVEDO, 1986). Tal método ganhou espaço nas mais variadas culturas por consolidar com o aumento da produtividade e qualidade dos produtos, além de prover economia de água consumida na irrigação, redução de perdas de fertilizantes por percolação, redução de custos de mão de obra e muitos outros fatores benéficos.

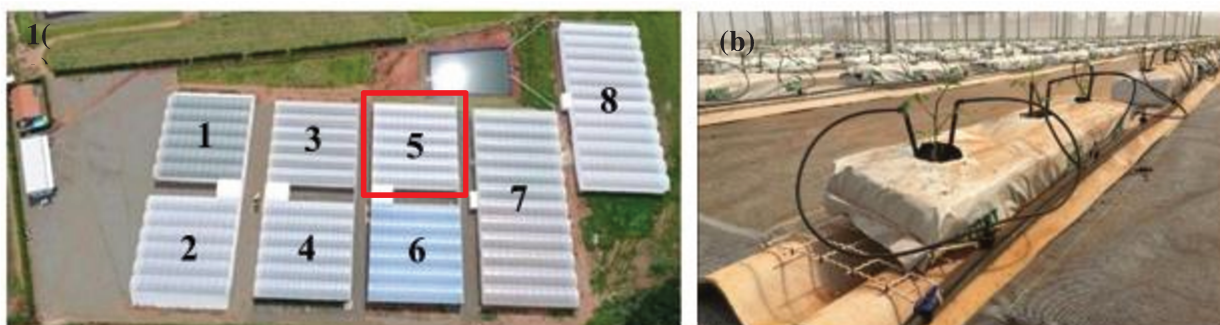
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e estrutura

O trabalho foi realizado na Fazenda Monte D'Este (Figura 1), localizada na cidade de Campinas (SP) (22°48'S, 47°03'O, 664m). A fazenda possui oito casas de vegetação, que totalizam uma área de 8.294 m², um reservatório de água com capacidade para 4 milhões L captados da água da chuva das coberturas dos ambientes protegidos e um poço de 350 m de profundidade. O estudo foi desenvolvido na casa de vegetação número 5 (Figura 1), composta por 1.580 vasos, preenchidos com substrato de fibra de coco granulada, com dois gotejadores por vaso (4 L h⁻¹), totalizando capacidade de vazão de 12.640 L h⁻¹.

A produção abrange duas variedades de tomate, 'Coquetel DRC564' e 'Sweet Grape', que corresponde, em média, a 300 t ano⁻¹, distribuída em supermercados da região, para o consumo direto da população. As plantas são cultivadas em ambiente protegido, onde é feito o manejo em recipientes (vasos colocados internamente a *slabs*, preenchidos com substrato fibra de coco (Figura 1).

Figura 1 - Vista aérea da Fazenda Monte D'Este, com destaque para (a) as casas de vegetação e o reservatório de água e (b) a produção em recipientes (vasos dentro do *slab*), espaguete de gotejamento para fertirrigação e calhas para coleta da solução percolada da irrigação.



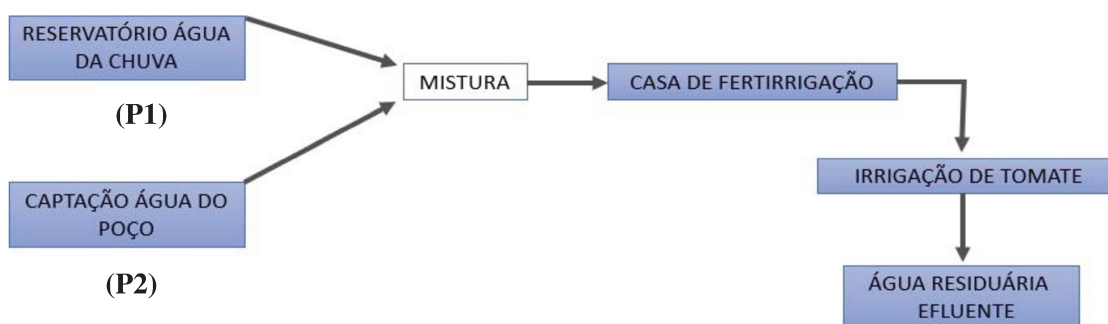
A água utilizada na irrigação do cultivo dos tomateiros é captada do reservatório de água da chuva e do poço profundo. A solução de fertirrigação consiste na água de abastecimento (pontos de captação) acrescida de nitrato de cálcio, nitrato de potássio, fosfato de monoamônio, fosfato monopotássico (MKP), sulfato de magnésio, sulfato de potássio, sulfato de manganês, sulfato de zinco, ácido bórico e quelato de ferro, conforme recomendação agrônômica adotada pelo produtor. Um reservatório de água residuária recebe toda a solução percolada de todas as calhas do cultivo da casa de vegetação 5, acumulados ao longo da semana. A solução percolada,

quando não utilizada, pode acarretar problemas ambientais por meio de descarte inadequado no ambiente e uso de recursos naturais e financeiros.

3.2 Delineamento experimental

Caracterizou-se a qualidade da água no sistema em: dois pontos de captação de água de abastecimento (reservatório de água de chuva - P1 e poço profundo - P2), um ponto de coleta da solução de fertirrigação e um ponto de coleta da solução percolada (Figura 2).

Figura 2 - Fluxograma do sistema.



A qualidade foi avaliada para a água de abastecimento por meio de atributos físico-químicos e biológicos, segundo critérios de conformidade definidos na Resolução CONAMA nº357, de 17/3/2005, para o ponto de captação P1 e na Resolução CONAMA nº396, de 3/4/2008, para o ponto de captação P2.

Para a solução de fertirrigação, analisaram-se as concentrações de macronutrientes (nitrogênio total, nitrato, nitrogênio amoniacal, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre) e micronutriente (ferro) com relação à demanda de nutrientes em cada estágio fenológico do tomateiro (dividido em Fase A - da semeadura até 30 dias após o transplântio das mudas, Fase B - dos 30 aos 60 dias após o transplântio das mudas e Fase C - dos 60 dias após o transplântio das mudas até o término da colheita). Em levantamento bibliográfico sobre a exigência nutricional para a cultura do tomateiro (Moraes, 1997; Fernandes, Araújo e Corá, 2002; Pires *et al.*, 2009; Santos *et al.*, 2017; e Takahashi *et al.*, 2018), foram estabelecidos os limites conforme Tabela 5. Esses limites correspondem aos valores absolutos máximos e mínimos encontrados dentre as recomendações apresentadas na revisão de literatura.

Para a solução de fertirrigação e a solução percolada, analisou-se também a variabilidade dos atributos físico-químicos em relação aos estádios fenológicos da cultura, a fim de analisar se as fases vegetativas do ciclo do tomateiro alteram os valores das variáveis físico-químicas da solução percolada

Por fim, para a solução percolada, analisaram-se as concentrações de macronutrientes (nitrogênio total, nitrato, nitrogênio amoniacal, fósforo, potássio, cálcio e magnésio) e micronutriente (ferro) com relação à demanda de nutrientes em cada estágio fenológico do tomateiro, para avaliação da possibilidade de reúso no sistema quanto à necessidade de adição de fertilizantes ou de diluição da solução.

Tabela 5 - Limites mínimos e máximos dos parâmetros da solução de fertirrigação para cada fase dos estádios fenológicos do tomateiro.

Parâmetros	Fase A (mg.L ⁻¹)		Fase B (mg.L ⁻¹)		Fase C (mg.L ⁻¹)	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
N	198,00	200,00	200,00	396,00	200,00	396,00
NO ₃ ⁻	135,00	200,00	150,00	396,00	164,00	396,00
NH ₄ ⁺	30,00	35,00	30,00	37,00	19,00	38,00
P	43,60	60,00	43,60	60,00	43,60	87,20
K	152,00	350,00	152,00	350,00	268,00	409,00
Ca	143,00	233,00	143,00	233,00	143,00	466,00
Mg	27,00	60,00	27,00	60,00	36,00	60,00
S	39,00	150,00	39,00	150,00	70,00	150,00
Fe	1,80	2,75	1,80	2,75	1,80	5,50

Fase A - da semeadura até 30 dias após o transplântio das mudas, Fase B - dos 30 aos 60 dias após o transplântio das mudas e Fase C - dos 60 dias após o transplântio das mudas até o término da colheita.

As amostras da solução da fertirrigação foram coletadas na entrada de uma linha de plantio (calha); e as amostras da solução percolada foram coletadas no reservatório de solução percolada, que recebe todo o excedente de todas as linhas de plantio da casa de vegetação 5. As coletas foram realizadas de acordo com o Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (CETESB/ANA, 2011). As amostras coletadas no reservatório de água residuária correspondiam à solução percolada acumulada ao longo de sete dias de fertirrigação. A periodicidade de coleta das amostras foi mensal para a água de abastecimento nos pontos de captação (P1 e P2) e semanal para a solução de fertirrigação e a solução percolada.

As análises físico-químicas e biológicas foram realizadas no Laboratório de Meio Ambiente e Saneamento, da Faculdade de Engenharia Agrícola, e no Laboratório de Saneamento, da Faculdade de Engenharia Civil, da Universidade Estadual de Campinas. Utilizaram-se os métodos preconizados pelo *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005). Os metais (magnésio total, potássio total, cálcio total e ferro total) foram analisados por espectrofotometria de absorção atômica com fonte de plasma (ICP-OES),

conforme método 3120B (*Standard Methods*). As variáveis analisadas, os métodos e a frequência das análises estão discriminados na Tabela 6.

Tabela 6 - Descrição das variáveis analisadas, equipamentos e métodos utilizados e suas respectivas frequências de análises das amostras.

Análise	Equipamento	Método	Frequência
pH	pHmetro Digimed DM22	Potenciométrico	Semanal
Cor	HACH DR2010	Standad Method 2120E	Semanal
Turbidez	Turbidímetro HACH2100AN.	Standard Method 2130	Semanal
Oxigênio Dissolvido	Oxímetro com eletrodo de membrana OHAUS Starter 300D.	Standard Method 4500- OG.	Semanal
Condutividade Elétrica	Condutivímetro Digimed DM31	Eletrométrico	Semanal
Série Sólidos	Balança analítica Marte AY220.	Standard Methods	Mensal
	Estufa FANEM	2540B.	
	Orion 515 Banho Maria Nova Ética 314/6Mufla COELGMP	2540D. 2540E.	
Nitrito	Espectrofotômetro HACH DR 4000 U.	HACH 8153 Standard Method 4500 NO ₂ A.	Semanal
Nitrato	Espectrofotômetro HACH DR 4000 U.	HACH 8192 Standar Method 4500 NO ₃ E.	Semanal
Nitrogênio Amoniacal	Aparelho de destilação marca Marconi MA 036	Standard Methods 4500- NH ₃ B	Semanal
Nitrogênio Total	Digestão simultânea de Fósforo e Nitrogênio Determinação de nitratos pós-conversão do Nitrogênio Total	Via SMEWW 22 nd. ed. (2012) 4500-P, J (4-162)	Semanal
		Via Robarge <i>et al.</i> (1983) e Cataldo <i>et al.</i> (1975).	
Fósforo	Método Colimétrico do Persulfato Espectrofotômetro HACH DR 4000U	Standard Method 4500-P E.	Semanal
Sulfato	Espectrofotômetro HACH DR 4000 U	HACH 8051 Standard Method SM4500- SO ₄ ²⁻ E.	Semanal
Sulfeto	Espectrofotômetro HACH DR 4000 U	HACH 8131 Standard Method 4500-S ²⁻ D.	Semanal
Fluoreto	Espectrofotômetro HACH DR 4000 U	HACH 8029 Standard Method 4500-F B & D.	Semanal
Cloreto	Espectrofotômetro HACH DR 4000 U	Standard Method 4500-Cl A & B. Método Argentométrico (4-72).	Semanal
Coliformes Termotolerantes	Seladora para cartelas Colilert®; Autoclave vertical.	Técnica de substratos cromogênicos (definidos), empregando o produto da marca comercial Colilert®, seguindo as orientações da American Public Health Association (APHA).	Mensal

3.3 Análise estatística

O experimento foi conduzido com base em variáveis determinísticas (A - caracterização da água de abastecimento nos pontos de captação P1 e P2; B - caracterização da solução de fertirrigação; e C - caracterização da solução percolada), variáveis dependentes (D - variáveis físico-químicas) e variável independente (estádios fenológicos da cultura).

Para as variáveis determinísticas, realizou-se análise descritiva para caracterização

- A - caracterização da água nos pontos de captação P1 e P2: apta ou não para irrigação;
- B - caracterização da solução de fertirrigação: apto ou não para irrigação;
- C - caracterização da solução percolada: reutilizável para irrigação ou descartável.

As variáveis-resposta dependentes (D) foram submetidas à análise de variância multivariada (MANOVA) para correlação com o tempo de cultivo e as fases fenológicas da cultura. A MANOVA é uma forma generalizada de análise de variância (ANOVA) que é utilizada em casos onde existem duas ou mais variáveis dependentes.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Qualidade da água de abastecimento nos pontos de captação

Os resultados das análises físico-químicas e biológicas para a água de abastecimento nos dois pontos de captação (reservatório de chuva - P1 e poço profundo - P2) indicam a conformidade para diversos parâmetros com base na Resolução CONAMA nº 357 de 17/3/2005 (para P1) e na Resolução CONAMA nº 396, de 3/4/2008 (para P2) (Tabela 7). Os valores de pH encontrados no reservatório de chuva (P1) e no poço (P2) estiveram de acordo com os limites mínimo e máximo recomendados pela legislação, respectivamente 6 e 9, na maioria dos meses analisados. As variáveis cor, turbidez, oxigênio dissolvido (OD), sólidos totais (ST), nitrato, nitrogênio (N) amoniacal e sulfato, em ambos os pontos de captação de água de abastecimento, independentemente do mês, também mostraram-se de acordo com a legislação.

No entanto, para os resultados de cloro total, sete dos 11 meses analisados mostraram inconformidades com o limite máximo ($0,01 \text{ mg L}^{-1} \text{ Cl}$) indicado pela legislação, em ambos os pontos de captação da água de abastecimento.

No reservatório de chuva (P1), para as análises de nitrito, fósforo e sulfeto, respectivamente, cinco meses, quatro meses e todos os meses, apresentaram valores acima do limite máximo ($1,0 \text{ mg L}^{-1} \text{ N}$; $0,020 \text{ mg L}^{-1} \text{ P}$ para ambiente lântico - com pouco movimento de água; e $0,002 \text{ mg L}^{-1} \text{ S}$) indicado pela legislação. A falta de cobertura do reservatório de chuva possibilita a contaminação por meio de fezes de aves e outros animais (como peixes, encontrados no local) que tenham acesso a esse ponto. A análise de coliformes termotolerantes mostrou a presença desses microrganismos no reservatório de chuva (P1) em nove dos 11 meses analisados.

Observa-se que, principalmente, o ponto no reservatório de água da chuva (P1) mostrou resultados em não-conformidade com os limites máximos permitidos pela Resolução CONAMA nº 357 de 17/3/2005 sobre a água para a irrigação de hortaliças. No entanto, a legislação não especifica o tipo de irrigação (gotejamento, microaspersão, aspersão, pivô central, de superfície etc), ou seja, se é permitido o contato direto da água com a hortaliça, por exemplo. No sistema de irrigação por gotejamento, não há contato direto da água da solução da fertirrigação com o alimento produzido, apenas da água com as raízes para absorção dos nutrientes. Logo, desconhece-se se a presença de contaminantes ou se os parâmetros em não

conformidade na água influenciam a qualidade do fruto, que pode ser ingerido cru pelos consumidores.

Tabela 7 - Variáveis físico-químicas e biológicas mensais do reservatório de chuva (P1) e do poço (P2).

Parâmetro	Out/2018		Nov/2018		Dez/2018		Jan/2019		Fev/2019		Mar/2019		Jul/2019		Ago/2019		Set/2019		Out/2019		Nov/2019	
	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
pH	6,7	8,7	6,7	8,9	6,2	8,7	5,8*	8,6	5,4*	8,6	6,2	8,7	8,9	8,6	7,6	9,2	6,8	8,7	7,1	8,6	6,8	8,5
Cor (PTCo)	48	<LD	41	<LD	38	5	29	<LD	23	10	<LD	22	15	<LD	26	<LD	24	1	58	2	25	<LD
Turbidez (NTU)	3,25	0,20	0,35	0,44	6,90	0,26	2,77	0,24	1,02	0,02	2,00	0,20	2,50	0,21	4,65	4,60	3,67	0,18	5,0	3,5	4,8	0,25
OD (mg L ⁻¹)	8,11	7,69	6,63	6,96	7,82	6,92	6,49	6,32	8,06	6,80	7,60	6,60	9,55	6,83	8,5	8,07	6,62	6,68	28	15	7,26	6,47
ST (mg L ⁻¹)	96	231	88	209	232	120	313	75	37	50	150	147	62	111	54	157	107	277	153	134	125	169
Nitrato (mg L ⁻¹)	0,10	0,10	0,10	0,10	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,50	<LD	0,01	0,6	0,6	0,1	<LD	<LD	1	0,7	0,6	0,2
N amoniacal (mg L ⁻¹)	0,56	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,28	<LD	0,30	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	1,4	<LD	0,2	<LD
Sulfato (mg L ⁻¹)	0	1,00	<LD	2,10	0	2,00	<LD	1,18	1,50	2,80	1,00	1,00	1,00	1,60	<LD	3	<LD	2,0	1	1	<LD	<LD
Cloro Total (mg L ⁻¹)	<LD	<LD	<LD	0,02*	0,01	0,04*	<LD	<LD	0,03*	0,09*	<LD	<LD	0,07*	0,01	0,02*	<LD	0,01	0,03*	<LD	<LD	0,02*	<LD
Nitrito (mg L ⁻¹)	3,00*	1,00	4,00*	1,00	3,35*	0,70	<LD	<LD	1,00	1,00	2,50*	1,00	8,00*	1,33*	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	<LD	<LD	<LD
Fósforo (mg L ⁻¹)	0,56*	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,56*	<LD	<LD	<LD	0,01	0,02	0,01	<LD	0,30*	<LD	0,2*	<LD	<LD	<LD
Sulfeto (mg L ⁻¹)	0,05*	0,001	0,03*	0,001	0,03*	0,002	0,04*	0,001	0,03*	0,001	0,03*	0,001	0,05*	0,001	0,05*	0,002	0,04*	0,002	0,04*	0,001	0,04*	0,001
Coliformes Termotolerantes	P	A	P	A	A	A	P	A	P	A	P	A	A	A	P	A	P	A	P	A	P	A

<LD: valor inferior ao limite de detecção; pH: potencial hidrogeniônico; OD: oxigênio dissolvido; ST: sólidos totais; N Amoniacal: nitrogênio amoniacal; P: presente; A:ausente.

*: valores em não-conformidade com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357 de 17/3/2005 no Anexo1 (para P1) ou pela Resolução CONAMA nº 396, de 4/11/2008, no Anexo 2 (para P2).

4.2 Características da solução de fertirrigação quanto a macro e micronutrientes

Para caracterizar a solução da fertirrigação quanto aos macronutrientes (nitrogênio total, nitrato, nitrogênio amoniacal, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre) e micronutriente (ferro) nela dissolvidos, buscou-se comparar a adequabilidade da solução com os limites recomendados pela literatura, adotados para verificação (Tabela 5), para cada estágio fenológico da cultura (Fase A - da semeadura até 30 dias após o transplantio das mudas, Fase B - dos 30 aos 60 dias após o transplantio das mudas e Fase C - dos 60 dias após o transplantio das mudas até o término da colheita), por meio da análise estatística descritiva.

Os limites estabelecidos por levantamento bibliográfico (Moraes, 1997; Fernandes, Araújo e Corá, 2002; Pires *et al.*, 2009; Santos *et al.*, 2017; e Takahashi *et al.*, 2018) compreendem valores absolutos mínimos e máximos sobre a exigência nutricional para cada elemento em cada fase fenológica para a cultura do tomateiro. Destaca-se que apenas o magnésio apresentou resultado dentro dos limites estabelecidos pela literatura para a solução de fertirrigação.

Os elementos N total (para as fases A e B), nitrato, N amoniacal, potássio (para as fases B e C), cálcio, enxofre e ferro apresentaram valores médios inferiores aos limites mínimos estabelecidos pela literatura, ou seja, em teoria, foram aplicadas menores concentrações desses elementos do que as plantas exigiriam para um adequado desenvolvimento.

Segundo Silva *et al.* (2006), a deficiência nutricional pode debilitar e atrasar o desenvolvimento da planta, as quais apresentam sintomas característicos da insuficiência de nutrientes. Nitrogênio insuficiente, nos primeiros estádios fenológicos, pode retardar o desenvolvimento vegetativo e causar o amarelamento das folhas, reduzindo o tamanho dos folíolos e abortando botões florais em casos de maior severidade (SILVA *et al.*, 2006). Quando há insuficiência de potássio, principalmente nos estádios fenológicos finais, a firmeza dos frutos pode ser afetada, além de apresentar sintomas de necrose nas folhas (SILVA *et al.*, 2006). O cálcio, por sua vez, quando insuficiente, pode provocar a flacidez dos tecidos dos frutos, podridão estilar e necrose interna do fruto (SILVA *et al.*, 2006). A deficiência de enxofre apresenta sintomas similares à insuficiência em nitrogênio, com o amarelecimento das folhas, enquanto que o fornecimento insuficiente de ferro pode provocar o atrofiamento da planta (SILVA *et al.*, 2006).

Apesar de as concentrações praticadas na solução de fertirrigação se mostrarem inferiores às faixas reportadas na literatura, relatou-se em campo que não foram constatados

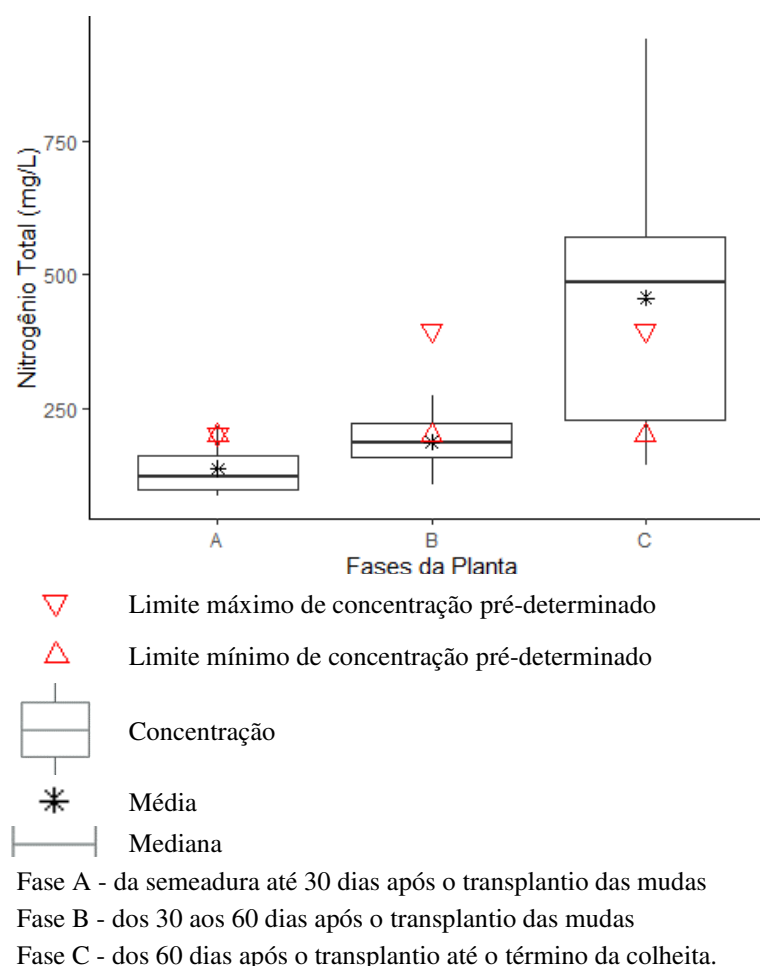
sintomas de deficiência destes elementos, tampouco efeito sobre a qualidade e produtividade esperada.

Os elementos N total (para a fase C) e fósforo apresentaram resultados médios superiores aos estabelecidos pela literatura, ou seja, em teoria, foram aplicadas quantidades superiores às dosagens recomendadas para o desenvolvimento das plantas. O nitrogênio, quando em excesso, pode provocar murcha por osmose, abortamento de flores e queda de frutos, além de frutos ocos, ombro verde e podridão apical (CLEMENTE; ALVARENGA, 2013). O excesso de fósforo também pode ser um fator causador do abortamento de flores e queda de frutos recém formados (CLEMENTE; ALVARENGA, 2013). No entanto, não houve relatos de danos fisiológicos em campo devido ao excesso de nutrientes ao longo da produção.

A seguir, apresentam-se os resultados para cada um dos elementos supracitados.

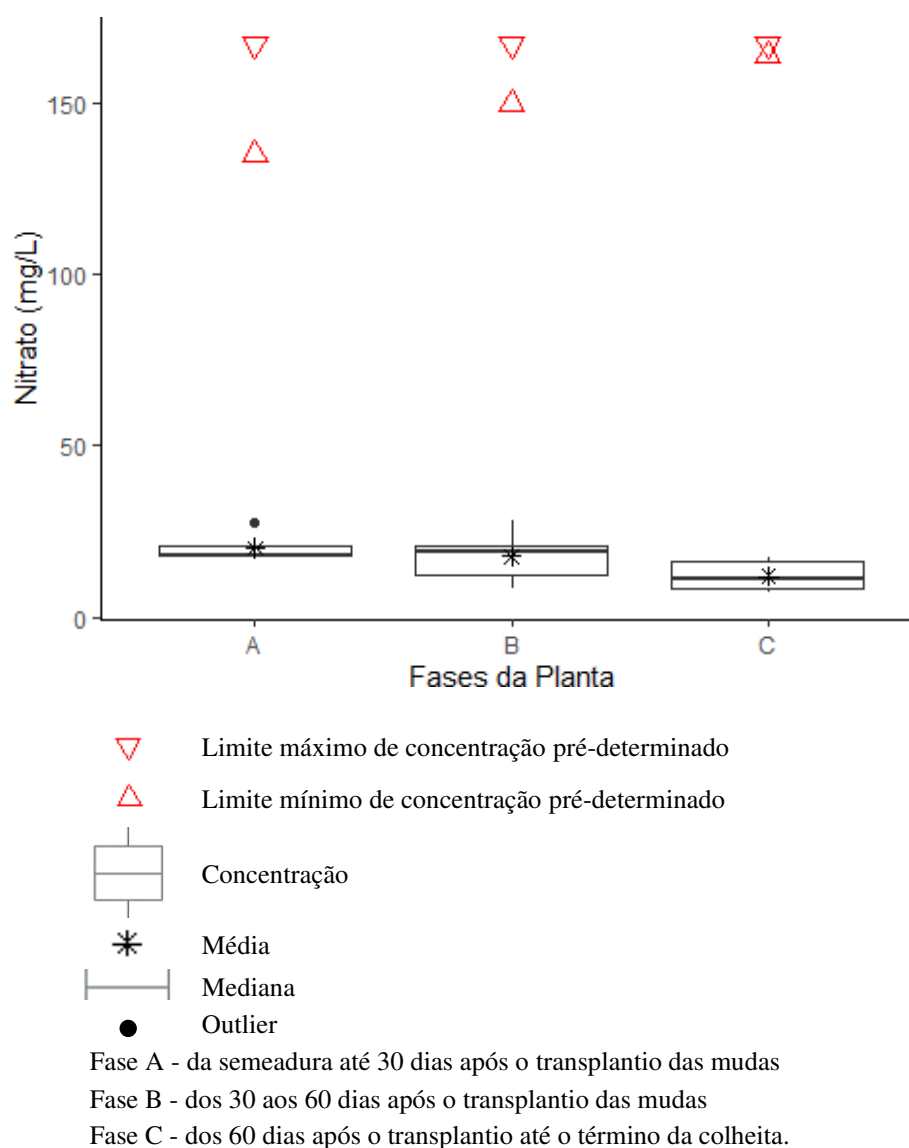
Para o nitrogênio total, a comparação entre os dados coletados na solução da fertirrigação e os recomendados pela literatura para as fases de desenvolvimento da planta mostrou, para a Fase A, valores de médias e medianas inferiores ao limite mínimo (198 mg L^{-1}); para a Fase B, no limite mínimo (200 mg L^{-1}); e para a Fase C, acima do limite máximo (396 mg L^{-1}) (Figura 3). Para a Fase C, a maior parte dos dados concentrou-se dentro do limite estabelecido pela literatura e, em campo, não foram relatados problemas pelo excesso de nitrogênio (como murcha por osmose, abortamento de flores e queda de frutos, frutos ocos, ombro verde e podridão apical) ao longo do cultivo (CLEMENTE; ALVARENGA, 2013).

Figura 3 - Boxplot da concentração de nitrogênio total na solução de fertirrigação em cada fase fenológica do tomateiro em relação aos limites mínimo e máximo estabelecidos pela literatura.



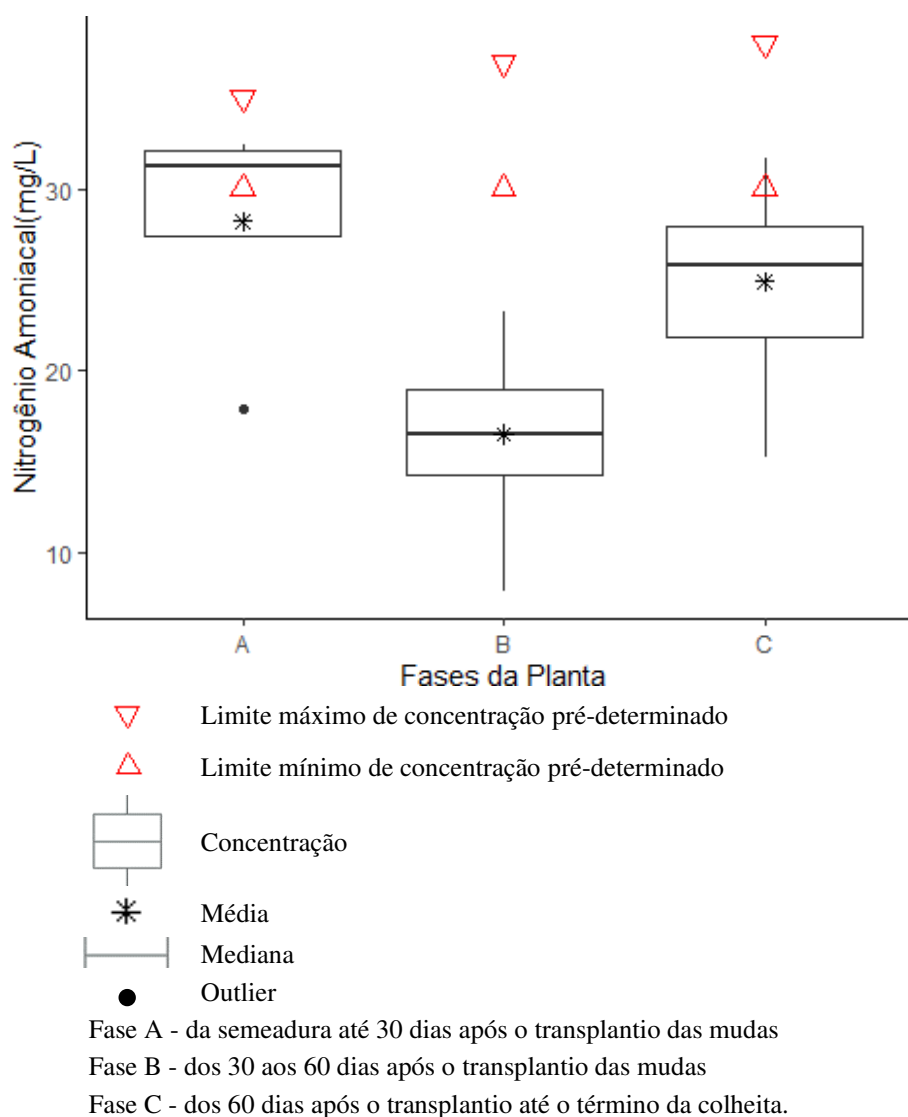
Para nitrato, a comparação entre os dados coletados na solução da fertirrigação e os recomendados pela literatura para as fases de desenvolvimento da planta mostrou valores de médias e medianas inferiores aos limites mínimos para todas as fases (A, de 135 mg L⁻¹; B, de 150 mg L⁻¹; e C, de 164 mg L⁻¹) (Figura 4).

Figura 4 - Boxplot da concentração de nitrato na solução de fertirrigação em cada fase fenológica do tomateiro em relação aos limites mínimo e máximo estabelecidos pela literatura.



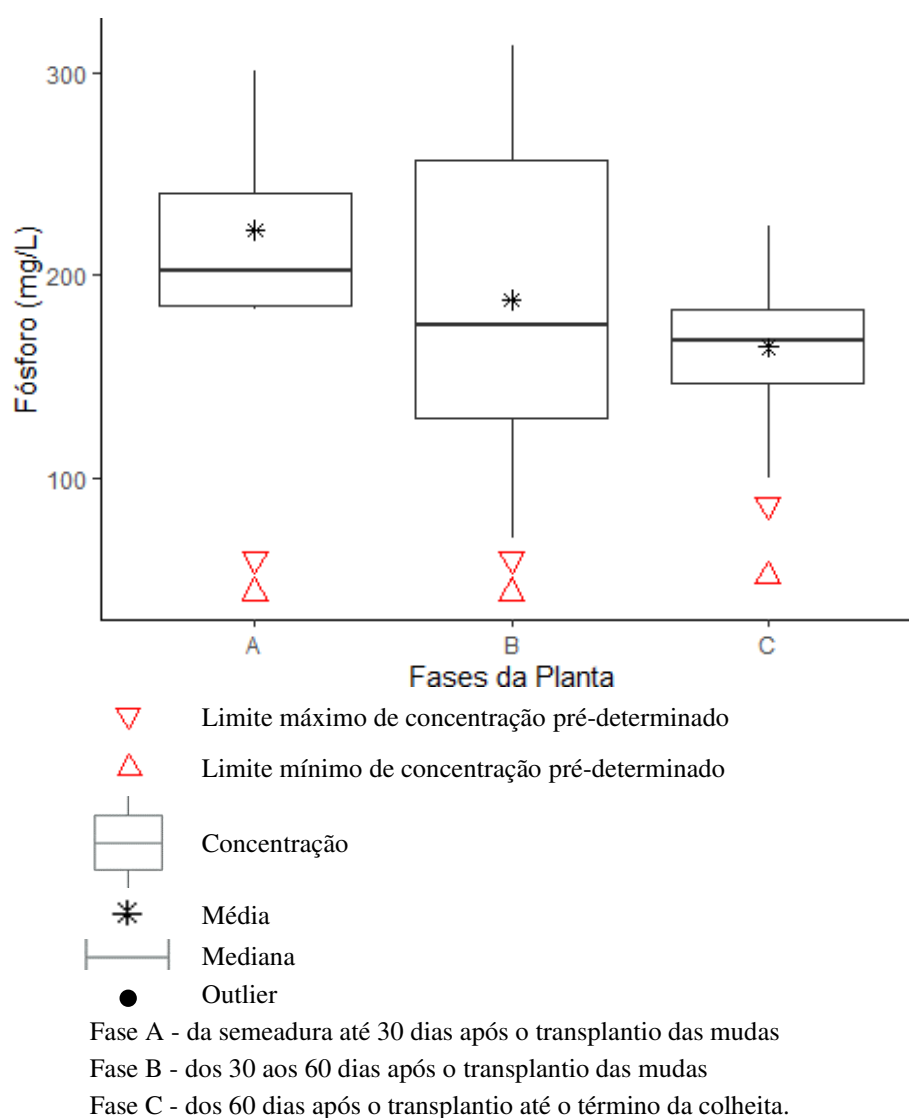
Para o nitrogênio amoniacal, a comparação entre os dados coletados na solução da fertirrigação e os recomendados pela literatura para as fases de desenvolvimento da planta mostrou, para a Fase A, média inferior e mediana dentro do limite mínimo (30 mg L^{-1}); para a Fase B, ambas média e mediana abaixo do limite mínimo (30 mg L^{-1}); e para a Fase C, ambas também abaixo do limite mínimo (19 mg L^{-1}) (Figura 5). Apesar dos resultados estarem abaixo dos valores recomendados pela literatura, em campo, relatou-se uma produção em acordo com o esperado para a cultura (300 t ano^{-1}).

Figura 5 - Boxplot da concentração de nitrogênio amoniacal na solução de fertirrigação em cada fase fenológica do tomateiro em relação aos limites mínimo e máximo estabelecidos pela literatura.



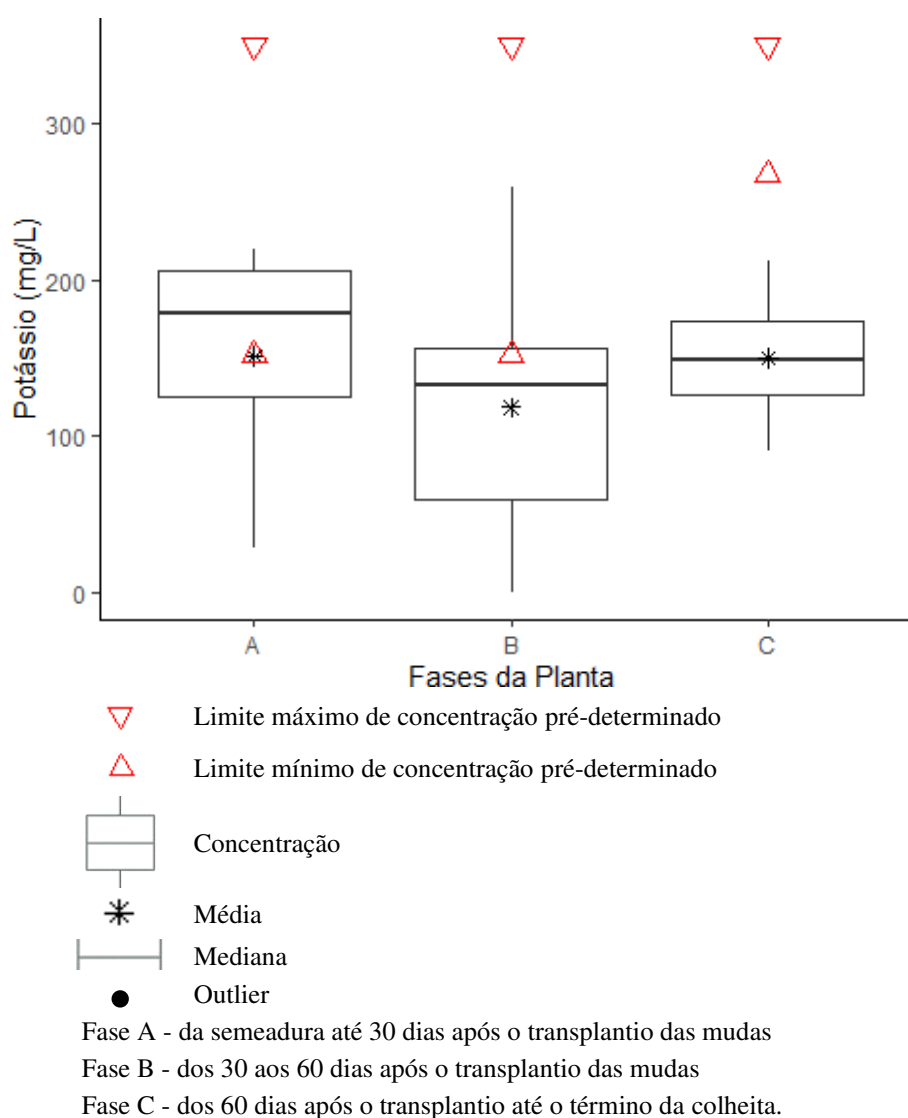
Para o fósforo, a comparação entre os dados coletados na solução da fertirrigação e os recomendados pela literatura para as fases de desenvolvimento da planta mostrou valores de médias e medianas superiores aos limites máximos para todas as fases (A e B, de 60 mg L⁻¹; e C, de 87 mg L⁻¹) (Figura 6). Observa-se que a quantidade de fósforo encontrada em todas as fases é expressivamente maior que as recomendadas.

Figura 6 - Boxplot da concentração de fósforo na solução de fertirrigação em cada fase fenológica do tomateiro em relação aos limites mínimo e máximo estabelecidos pela literatura.



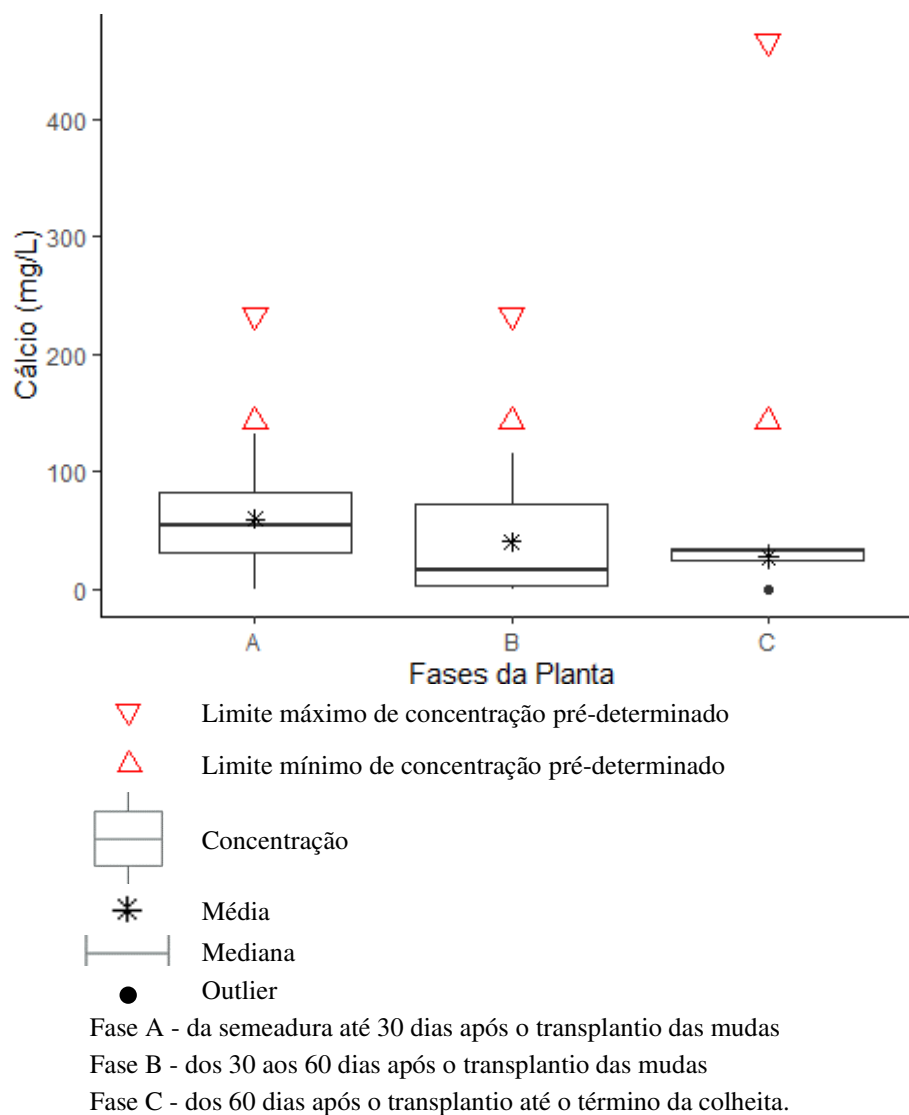
Para o potássio, a comparação entre os dados coletados na solução da fertirrigação e os recomendados pela literatura para as fases de desenvolvimento da planta mostrou, para a Fase A, média no limite mínimo (152 mg L^{-1}); para as Fases B e C, ambas média e mediana abaixo dos limites mínimos (respectivamente, 152 e 268 mg L^{-1}) (Figura 7).

Figura 7 - Boxplot da concentração de potássio na solução de fertirrigação em cada fase fenológica do tomateiro em relação aos limites mínimo e máximo estabelecidos pela literatura.



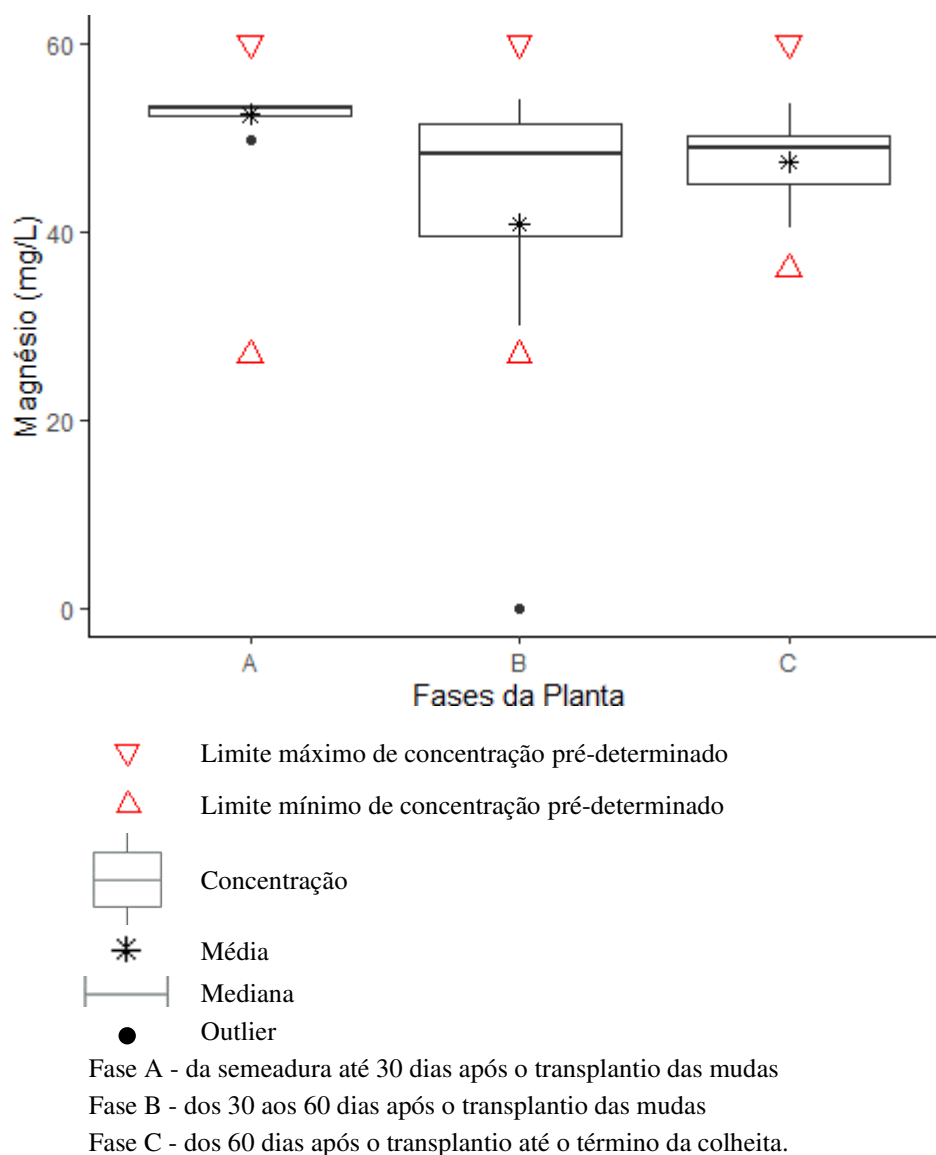
Para o cálcio, a comparação entre os dados coletados na solução da fertirrigação e os recomendados pela literatura para as fases de desenvolvimento da planta mostrou valores de média e mediana inferiores aos limites mínimos para todas as fases (143 mg L^{-1}) (Figura 8).

Figura 8 - Boxplot da concentração de cálcio na solução de fertirrigação em cada fase fenológica do tomateiro em relação aos limites mínimo e máximo estabelecidos pela literatura.



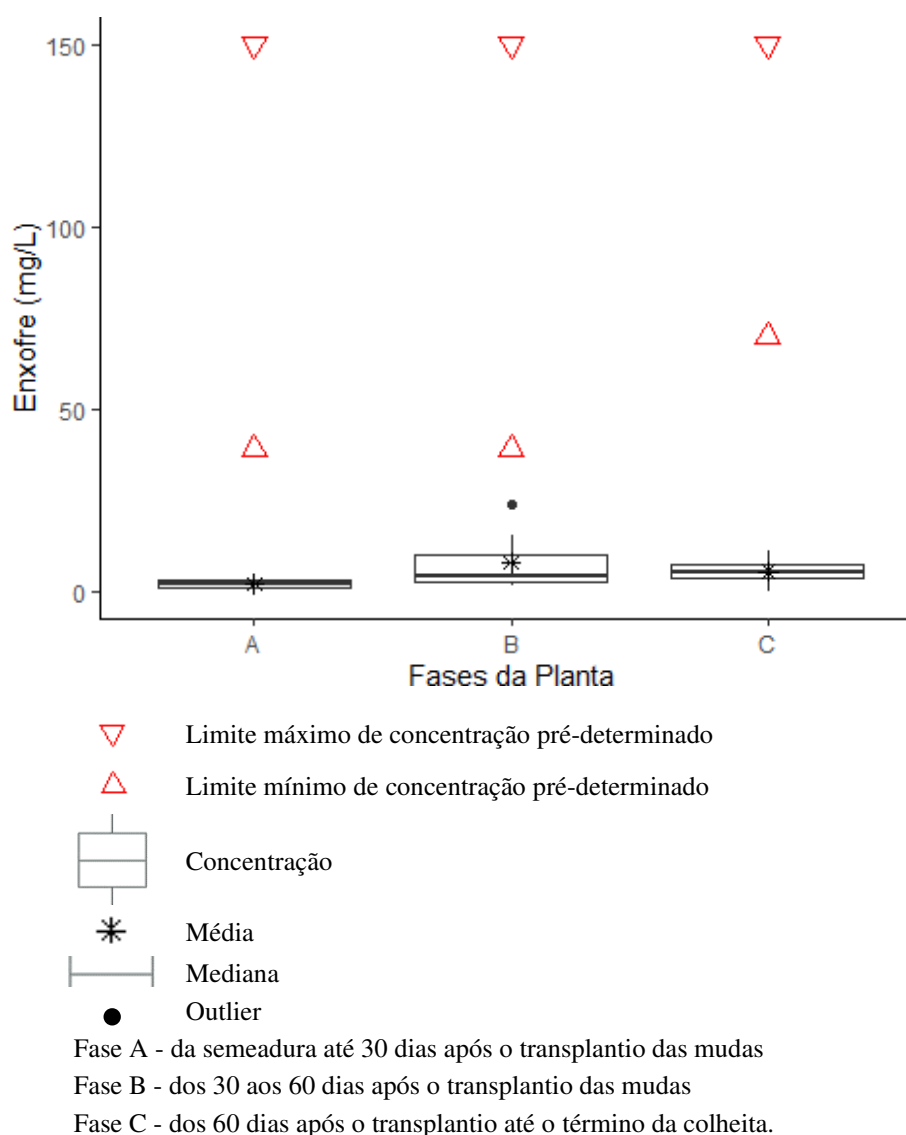
Para o magnésio, a comparação entre os dados coletados na solução da fertirrigação e os recomendados pela literatura para as fases de desenvolvimento da planta mostrou valores dentro dos limites mínimos e máximos para todas as fases (A e B, de 27 a 60 mg L⁻¹; C, de 36 a 60 mg L⁻¹) (Figura 9).

Figura 9 - Boxplot da concentração de magnésio na solução de fertirrigação em cada fase fenológica do tomateiro em relação aos limites mínimo e máximo estabelecidos pela literatura.



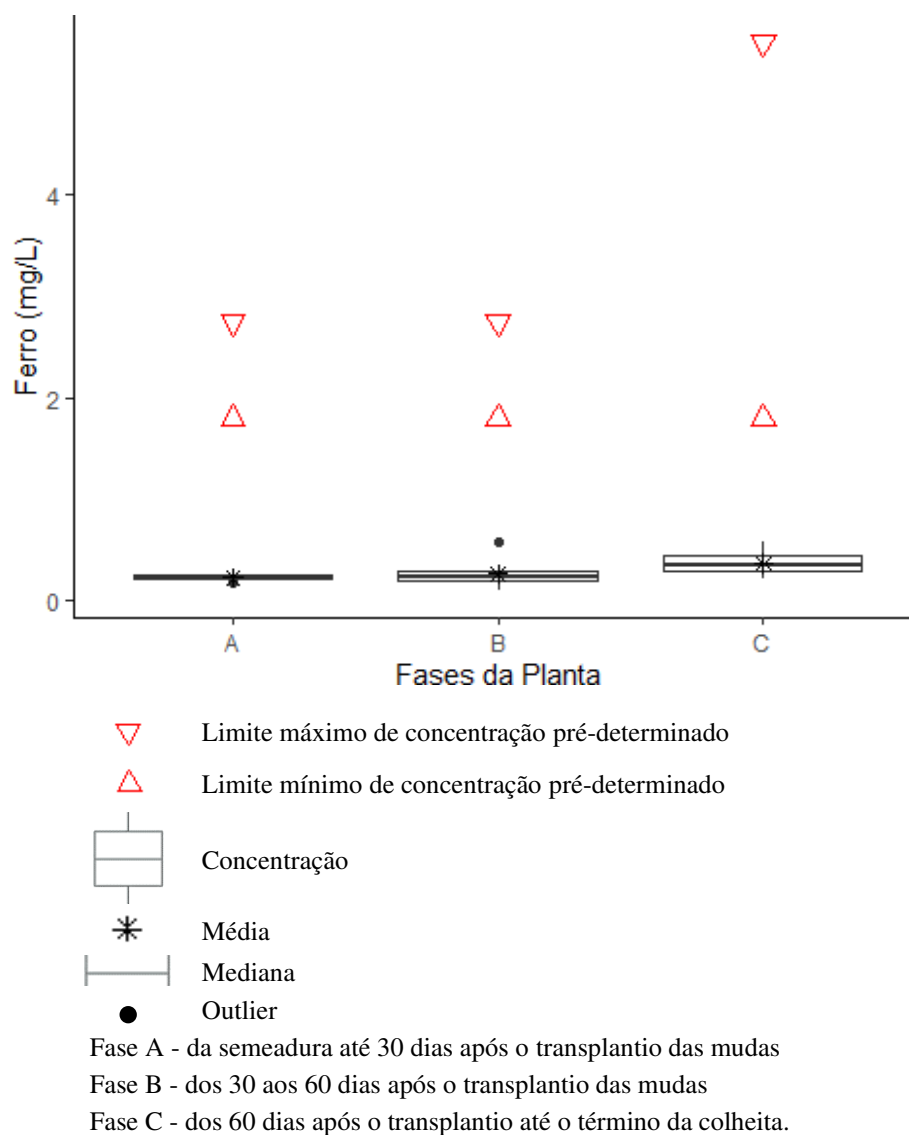
Para o enxofre, a comparação entre os dados coletados na solução da fertirrigação e os recomendados pela literatura para as fases de desenvolvimento da planta mostrou valores de média e mediana inferiores aos limites mínimos para todas as fases (A e B, de 39 mg L⁻¹; C, de 70 mg L⁻¹) (Figura 10).

Figura 10 - Boxplot da concentração de enxofre na solução de fertirrigação em cada fase fenológica do tomateiro em relação aos limites mínimo e máximo estabelecidos pela literatura.



Para o ferro, a comparação entre os dados coletados na solução da fertirrigação e os recomendados pela literatura para as fases de desenvolvimento da planta mostrou valores de média e mediana inferiores aos limites mínimos para todas as fases ($1,80 \text{ mg L}^{-1}$) (Figura 11).

Figura 11 - Boxplot da concentração de ferro na solução de fertirrigação em cada fase fenológica do tomateiro em relação aos limites mínimo e máximo estabelecidos pela literatura.



4.3 Características físico-químicas das soluções da fertirrigação e da percolada em relação aos estádios fenológicos do tomateiro

Para a avaliação da variabilidade dos atributos físico-químicos das soluções da fertirrigação e da percolada em relação aos estádios fenológicos do tomateiro (Fase A - da semeadura até 30 dias após o transplantio das mudas, Fase B - dos 30 aos 60 dias após o transplantio das mudas e Fase C - dos 60 dias após o transplantio das mudas até o término da colheita), utilizou-se a análise estatística multivariada.

As amostras de solução percolada correspondem ao acumulado de sete dias no reservatório de água residuária efluente, que recebe toda a solução percolada de todas as calhas do cultivo da casa de vegetação 5, havendo concentração dos elementos que a constituem, o que explica o fato de as médias da solução percolada superiores, em sua maioria, às médias da solução da fertirrigação. Esse aumento de concentração é corroborado pela observação do aumento da condutividade elétrica da solução de fertirrigação para a solução percolada, em todas as fases, relacionado com o acúmulo de elementos metálicos em solução. De acordo com a Tabela 9 as fases da planta são significativas para explicar as variáveis físico-químicas ao nível descritivo de 5% (P-valor), para ambas as soluções, essas variáveis apresentam valores estatisticamente diferentes para cada fase da planta, ou seja, as variáveis físico-químicas variam de acordo com a fase da planta.

Tabela 8 - Média mensal das variáveis físico-químicas encontrados nas amostras de solução nutritiva e da solução percolada.

Fase	Solução	pH	Cor (PTCo)	Turbidez (NTU)	OD (mg/L)	CE (mS/cm)	ST (mg/L)
A	fertirrigação	6,1	70	3,55	9,92	3,45	8.373,0
	percolada	4,4	113	1,64	8,79	5,12	4.416,0
B	fertirrigação	6,1	65,50	2,60	8,69	3,51	2.089,0
	percolada	5,2	100	2,25	8,26	5,88	4.551,5
C	fertirrigação	5,8	45,5	3,60	9,78	3,07	1.818,0
	percolada	5,2	75,5	2,46	9,70	5,20	2.927,5

pH: potencial hidrogeniônico; OD: oxigênio dissolvido; CE: condutividade elétrica; ST: sólidos totais; Fase A - da semeadura até 30 dias após o transplantio das mudas; Fase B - dos 30 aos 60 dias após o transplantio das mudas; Fase C - dos 60 dias após o transplantio até o término da colheita.

Tabela 9 - Aplicação da MANOVA para médias mensais das variáveis físico-químicas da solução de fertirrigação e solução percolada.

Variavel	Grau de Liberdade	Solução da fertirrigação		Solução percolada	
		Estatística F Aproximada	P-Valor = Prob(>F)	Estatística F Aproximada	P-Valor = Prob(>F)
FASE DA PLANTA	3-1=2	2,8767	0,01336	2,5552	0,02463
RESÍDUO	17				
TOTAL	20-1=19				

A estatística F aproximada é a estatística de teste usada para determinar se a fase da planta está associada com as variáveis. O valor dessa estatística é usado no calculo do P-valor.

De acordo com a Tabela 11, as fases da planta são significativas para explicar as variáveis relacionadas aos nutrientes encontrados nas amostras de solução de fertirrigação e da solução percolada (Tabela 10) ao nível descritivo de 1% (P-valor) – tanto para as amostras de solução percolada quanto para as amostras de solução de fertirrigação, essas variáveis apresentam valores estatisticamente diferentes para cada fase da planta, ou seja, as variáveis relacionadas aos nutrientes encontrados nas amostras de solução de fertirrigação e da solução percolada variam de acordo com cada fase da planta.

Tabela 10 - Média mensal das variáveis relacionadas aos nutrientes encontrados nas amostras de solução de fertirrigação e da solução percolada.

Fase	Solução	NO ₂ ⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	P (mg/L)	N-NH ₃ (mg/L)	N (mg/L)
A	fertirrigação	2,17	18,15	202,38	31,22	121,50
	percolada	1,17	27,03	359,73	3,27	218,50
B	fertirrigação	1,75	15,59	202,44	16,33	199,00
	percolada	1,25	21,17	352,23	4,34	198,50
C	fertirrigação	0,75	11,65	165,75	25,22	382,25
	percolada	1,25	14,20	247,75	7,31	404,50

NO₂⁻: nitrito; NO₃⁻: nitrato; P: fósforo; N-NH₃: nitrogênio amoniacal; N: nitrogênio total; Fase A - da semeadura até 30 dias após o transplântio das mudas; Fase B - dos 30 aos 60 dias após o transplântio das mudas; Fase C - dos 60 dias após o transplântio até o término da colheita.

Tabela 11 - Aplicação da MANOVA para médias mensais das variáveis de nutrientes da solução de fertirrigação e solução percolada.

Variável	Grau de Liberdade	Solução da fertirrigação		Solução percolada	
		Estatística F Aproximada	P-Valor = Prob(>F)	Estatística F Aproximada	P-Valor = Prob(>F)
FASE DA PLANTA	3-1=2	3,9676	0,001892	3,082	0,009115
RESÍDUO	17				
TOTAL	20-1=19				

A estatística F aproximada é a estatística de teste usada para determinar se a fase da planta está associada com as variáveis. O valor dessa estatística é usado no cálculo do P-valor.

De acordo com a Tabela 13 as fases da planta não são significativas para explicar as variáveis dos contaminantes encontrados nas amostras de solução de fertirrigação e da solução percolada (Tabela 12) ao nível descritivo de 5% (P-valor) – tanto para as amostras de solução percolada quanto para as amostras de solução de fertirrigação, essas variáveis não apresentam valores estatisticamente diferentes para cada fase da planta, ou seja, as variáveis relacionadas aos contaminantes encontrados nas amostras de solução de fertirrigação e desolução percolada não variam em quantidade (mg/L) independente do período cultivado.

Tabela 12 - Média mensal das variáveis dos contaminantes encontrados nas amostras de solução de fertirrigação e da solução percolada.

Fase	Solução	Cl ⁻ (mg/L)	F ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	H ₂ S (mg/L)
A	fertirrigação	2,67	3,47	44,50	2,17
	percolada	0,72	3,68	59,00	2,00
B	fertirrigação	5,67	3,70	42,50	7,20
	percolada	1,83	3,60	48,75	5,96
C	fertirrigação	6,00	3,43	36,25	5,25
	percolada	1,42	3,56	55,00	6,75

Cl⁻: cloreto; F⁻: fluoreto; SO₄²⁻: sulfato; H₂S: sulfeto; Fase A - da semeadura até 30 dias após o transplântio das mudas; Fase B - dos 30 aos 60 dias após o transplântio das mudas; Fase C - dos 60 dias após o transplântio até o término da colheita.

Tabela 13 - Aplicação da MANOVA para médias mensais das variáveis dos contaminantes da solução de fertirrigação e solução percolada.

Variável	Grau de Liberdade	Solução da fertirrigação		Solução percolada	
		Estatística F Aproximada	P-Valor = Prob(>F)	Estatística F Aproximada	P-Valor = Prob(>F)
FASE DA PLANTA	3-1=2	2,1598	0,6064	0,95501	0,4883
RESÍDUO	17				
TOTAL	20-1=19				

A estatística F aproximada é a estatística de teste usada para determinar se a fase da planta está associada com as variáveis. O valor dessa estatística é usado no cálculo do P-valor.

De acordo com a Tabela 15, as fases da planta não são significativas para explicar as variáveis metais encontrados nas amostras de solução de fertirrigação e da solução percolada (Tabela 14) ao nível descritivo de 5% (P-valor) – tanto para as amostras de solução percolada quanto para as amostras de solução de fertirrigação, essas variáveis não apresentam valores estatisticamente diferentes para cada fase da planta, ou seja, as variáveis relacionadas aos metais encontrados nas amostras de solução de fertirrigação e da solução percolada não variam em quantidade (mg/L) independente do período cultivado.

Tabela 14 - Média mensal das variáveis metais encontrados nas amostras de solução de fertirrigação e da solução percolada.

Fase	Solução	K (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Fe (mg/L)
A	fertirrigação	178,93	54,16	53,25	0,24
	percolada	230,85	106,40	58,73	0,51
B	fertirrigação	103,67	46,13	43,97	0,25
	percolada	128,60	109,66	50,15	0,32
C	fertirrigação	149,34	27,94	46,86	0,36
	percolada	219,87	73,02	54,16	0,33

K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio, Fe: ferro; Fase A - da semeadura até 30 dias após o transplante das mudas; Fase B - dos 30 aos 60 dias após o transplante das mudas; Fase C - dos 60 dias após o transplante até o término da colheita.

Tabela 15 - Aplicação da MANOVA para médias mensais das variáveis metais da solução de fertirrigação e solução percolada.

Variável	Grau de Liberdade	Solução da fertirrigação		Solução percolada	
		Estatística F Aproximada	P-Valor = Prob(>F)	Estatística F Aproximada	P-Valor = Prob(>F)
FASE DA PLANTA	3-1=2	1,1327	0,3706	1,5313	0,1883
RESÍDUO	17				
TOTAL	20-1=19				

A estatística F aproximada é a estatística de teste usada para determinar se a fase da planta está associada com as variáveis. O valor dessa estatística é usado no cálculo do P-valor.

4.4 Características da solução percolada quanto a macro e micronutrientes

Para a solução percolada, analisaram-se as concentrações de macronutrientes (nitrogênio total, nitrato, nitrogênio amoniacal, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre) e micronutriente (ferro) com relação à demanda de nutrientes em cada estágio fenológico do tomateiro (dividido em Fase A - da semeadura até 30 dias após o transplantio das mudas, Fase B - dos 30 aos 60 dias após o transplantio das mudas e Fase C - dos 60 dias após o transplantio das mudas até o término da colheita), para avaliação da possibilidade de reúso no sistema quanto à necessidade de adição de fertilizantes ou de diluição da solução.

A referência adotada, neste caso, foi com base nas recomendações agronômicas da propriedade, ou seja, nos limites mínimos e máximos da solução da fertirrigação praticada (Tabela 16), visto que as concentrações dos elementos componentes da solução de fertirrigação da fertirrigação mostraram-se, em sua maioria, inferiores aos limites estabelecidos na literatura.

Tabela 16 - Limites mínimos e máximos das variáveis da solução de fertirrigação praticada para cada fase dos estádios fenológicos do tomateiro.

Parâmetros	Fase A (mg.L ⁻¹)		Fase B (mg.L ⁻¹)		Fase C (mg.L ⁻¹)	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
N	85,00	216,00	107,00	272,0	142,00	942,00
NO ₃ ⁻	16,86	27,33	8,10	28,00	7,20	17,30
NH ₄ ⁺	17,92	32,48	7,84	23,24	15,25	31,68
P	183,37	300,10	70,38	313,00	100,00	224,00
K	28,5	219,1	0,00	259,10	90,60	212,30
Ca	0,00	131,47	0,00	116,05	0,00	38,42
Mg	49,70	53,67	0,00	54,10	40,40	53,50
S	0,00	4,00	1,66	23,66	0,00	11,00
Fe	0,18	0,25	0,10	0,58	0,21	0,57

Fase A - da semeadura até 30 dias após o transplantio das mudas, Fase B - dos 30 aos 60 dias após o transplantio das mudas e Fase C - dos 60 dias após o transplantio das mudas até o término da colheita.

Destaca-se que os elementos N total, nitrato, potássio, enxofre, cálcio (para as Fases A e B), magnésio (para as Fases B e C) e ferro (para as Fases B e C) apresentaram resultados dentro dos limites estabelecidos pela solução de fertirrigação praticada.

O elemento N amoniacal apresentou valores médios inferiores aos limites mínimos estabelecidos na solução da fertirrigação praticada e na recomendação da literatura (A e B, de 30 mg L⁻¹; e C, de 19 mg L⁻¹), ou seja, caso a solução percolada fosse reutilizada no sistema, haveria a necessidade de adição desse elemento.

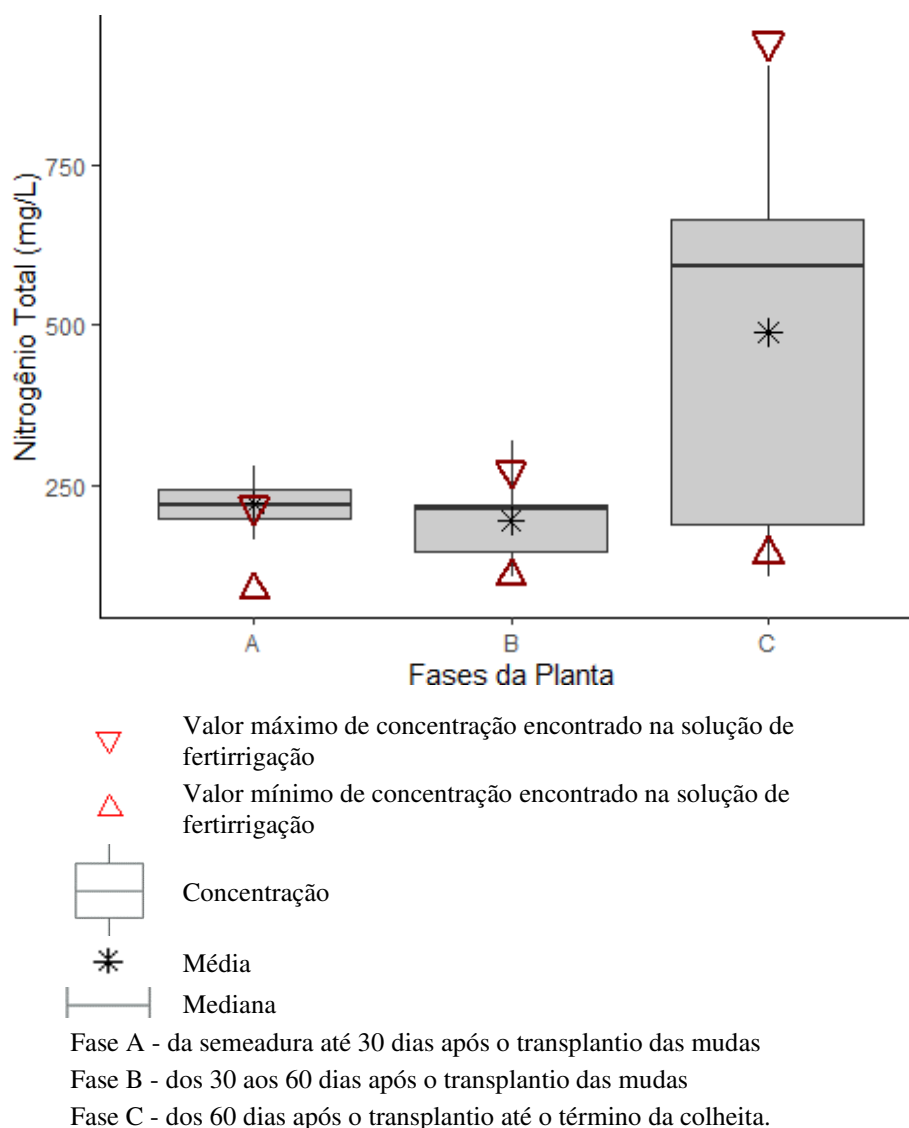
Os elementos fósforo, cálcio (para a Fase C), magnésio (para a Fase A) e ferro (para a Fase A) apresentaram resultados médios superiores aos estabelecidos na solução de fertirrigação praticada. A indicação da diluição ou da suplementação de elementos na solução da fertirrigação para o reúso depende da referência agronômica. Para o fósforo, por ambas as referências, haveria a necessidade de diluição desse elemento. Para o cálcio na Fase C e o ferro na Fase A, com base na solução de fertirrigação praticada, haveria a necessidade de diluição; se com base na solução da fertirrigação recomendada pela literatura, a suplementação seria mais indicada. Para o magnésio, não seria necessária manutenção caso fosse considerada a solução da fertirrigação recomendada pela literatura.

É importante destacar que a solução percolada acumulada está composta por concentrações relevantes de diversos elementos que podem ser considerados contaminantes para seu lançamento em corpos d'água, dentre os quais se destacam o fósforo (com concentrações que variam de 220 a 395 mg L⁻¹) e o nitrogênio (com concentrações que variam de 120 a 650 mg L⁻¹). Tais elementos são potenciais poluentes quando lançados em rios, lagos ou estuários, afetando a qualidade dos corpos d'água receptores, podendo causar eutrofização, provocar hipóxia, comprometendo inclusive sua biodiversidade (MOHANTY *et al.*, 2014). Ademais, por apresentar concentrações de diversos elementos em faixas essenciais para culturas agrícolas, caracteriza-se como um desperdício deixar de fazer o reúso deste para fins mais nobres.

A seguir, apresentam-se os resultados para cada um dos elementos supracitados.

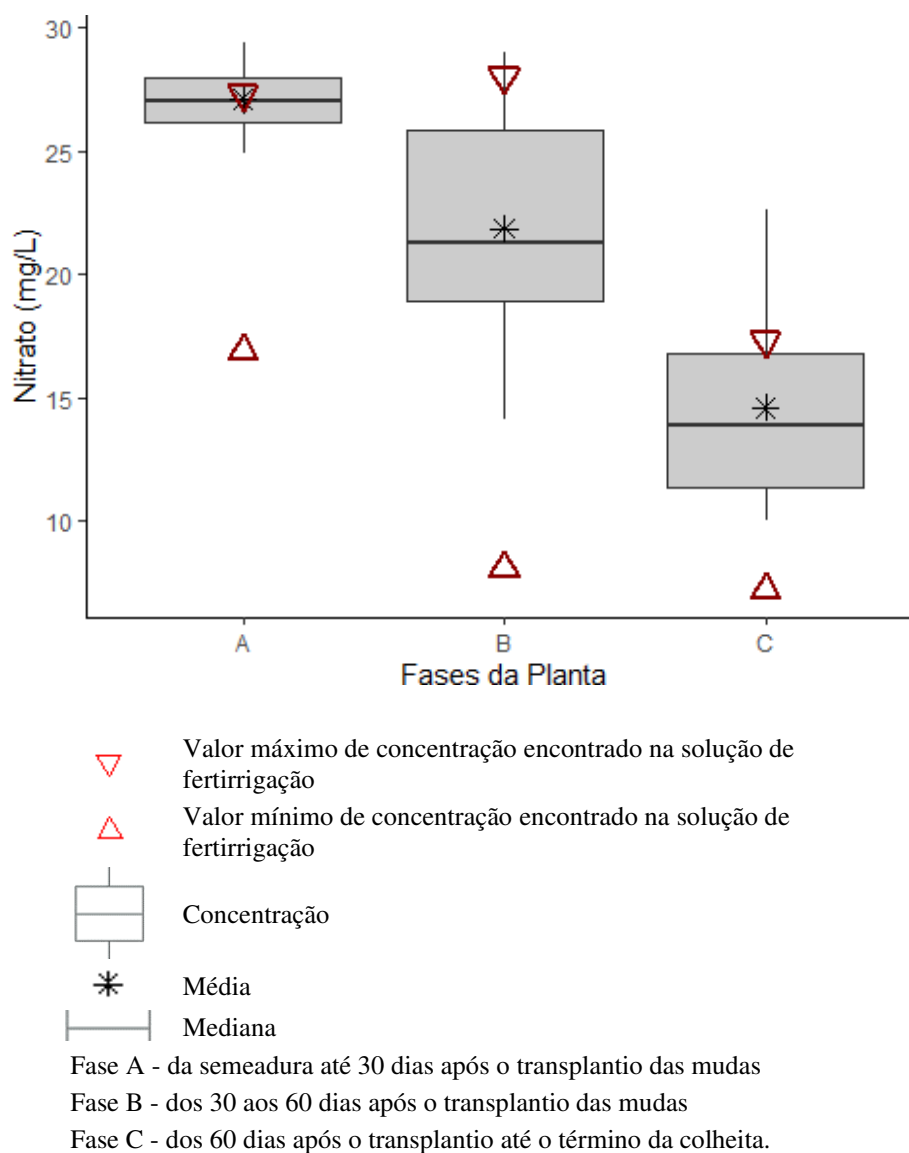
Para o nitrogênio total, a comparação entre os dados coletados na solução percolada e a solução da fertirrigação praticada, para as fases de desenvolvimento da planta mostrou, para a Fase A, valores de médias e medianas no limite máximo (216 mg L^{-1}); e para as Fases B e C, dentro dos limites mínimos e máximos (respectivamente, de 107 a 272 mg L^{-1} ; e de 142 a 942 mg L^{-1}) (Figura 12). Logo, caso a solução percolada fosse reutilizada no sistema, não haveria a necessidade de adição de fertilizante para fornecimento desse elemento.

Figura 12 - Boxplot da concentração de nitrogênio total na solução percolada em relação aos valores mínimos e máximos das variáveis da solução de fertirrigação praticada em cada fase fenológica do tomateiro.



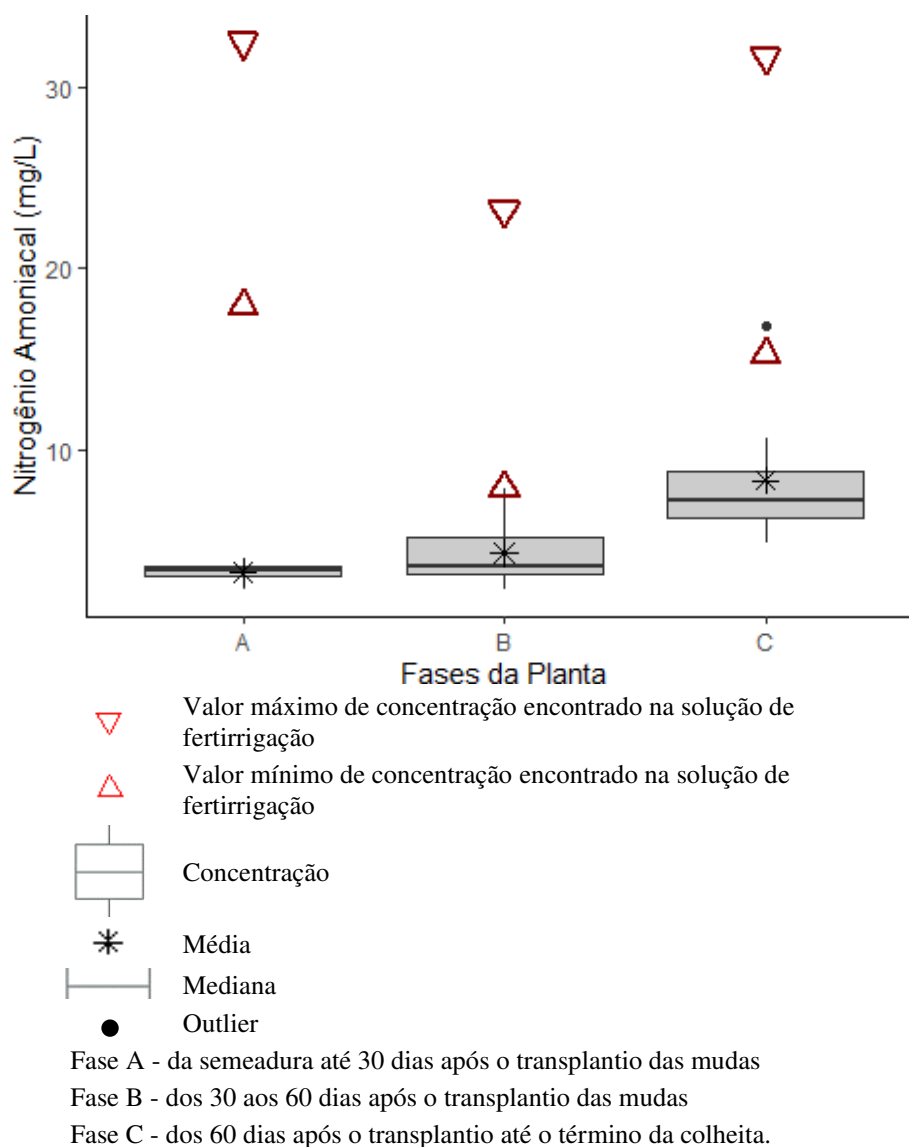
Para o nitrato, a comparação entre os dados coletados na solução percolada e a solução da fertirrigação praticada, para as fases de desenvolvimento da planta mostrou, para a Fase A, valores de médias e medianas no limite máximo ($27,33 \text{ mg L}^{-1}$); e para as Fases B e C, dentro dos limites mínimos e máximos (respectivamente, de $8,1$ a 28 mg L^{-1} ; e de $7,2$ a $17,3 \text{ mg L}^{-1}$) (Figura 13). Logo, caso a solução percolada fosse reutilizada no sistema, não haveria a necessidade de complementação desse elemento.

Figura 13 - Boxplot da concentração de nitrato na solução percolada em relação aos valores mínimos e máximos das variáveis da solução de fertirrigação praticada em cada fase fenológica do tomateiro.



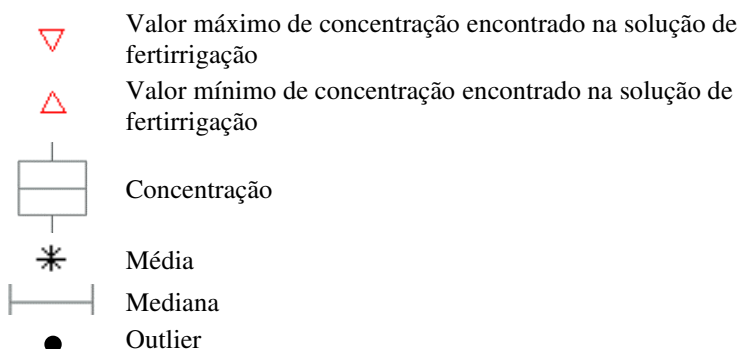
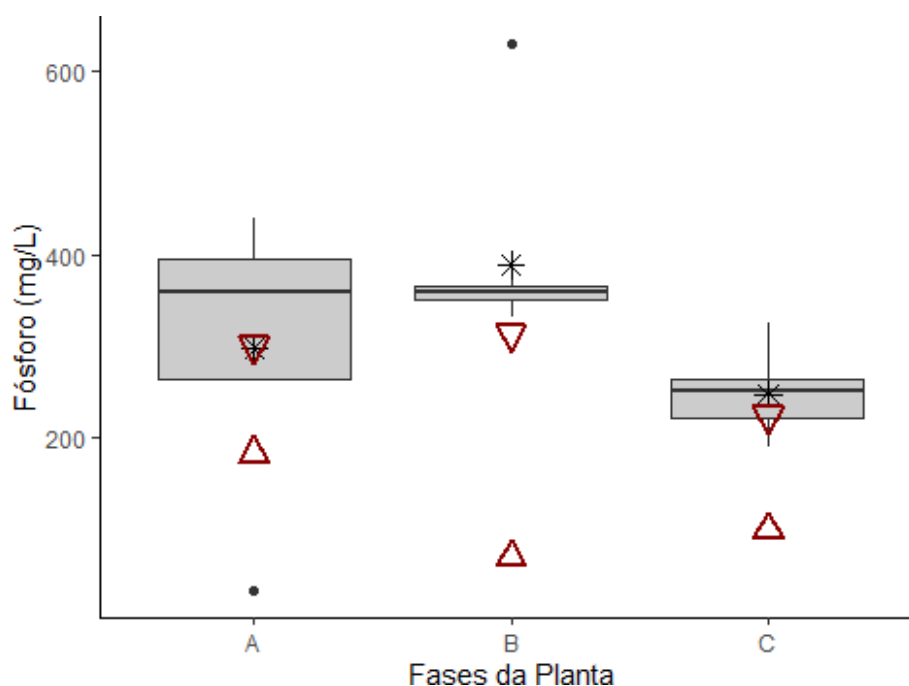
Para o N amoniacal, a comparação entre os dados coletados na solução percolada e a solução da fertirrigação praticada, para as fases de desenvolvimento da planta mostrou valores de médias e medianas inferiores aos limites mínimos para todas as fases (A, de 17,92 mg L⁻¹; B, de 7,84 mg L⁻¹; e C, de 15,25 mg L⁻¹) (Figura 14). Logo, caso a solução percolada fosse reutilizada no sistema, haveria a necessidade de complementação desse elemento para o desenvolvimento adequado da planta, visto que inclusive as recomendações indicadas pela literatura para esses elementos apresentam valores limites mínimos (A e B, de 30 mg L⁻¹; e C, de 19 mg L⁻¹) superiores aos encontrados na solução percolada.

Figura 14 - Boxplot da concentração de nitrogênio amoniacal na solução percolada em relação aos valores mínimos e máximos das variáveis da solução de fertirrigação praticada em cada fase fenológica do tomateiro.



Para o fósforo, a comparação entre os dados coletados na solução percolada e a solução da fertirrigação praticada, para as fases de desenvolvimento da planta mostrou, para a Fase A, média no limite máximo estabelecido ($300,1 \text{ mg L}^{-1}$); e para as Fases B e C valores de médias e medianas superiores aos limites máximos (respectivamente, de 313 mg L^{-1} ; e de 224 mg L^{-1}) (Figura 15). Logo, caso a solução percolada fosse reutilizada no sistema, haveria a necessidade de diluição desse elemento para o desenvolvimento adequado da planta, visto que inclusive as recomendações da literatura para o fósforo apresentam valores limites máximos (Fases A e B, de 60 mg L^{-1} ; e C, de 87 mg L^{-1}) inferiores aos encontrados na solução percolada.

Figura 15 - Boxplot da concentração de fósforo na solução percolada em relação aos valores mínimos e máximos das variáveis da solução de fertirrigação praticada em cada fase fenológica do tomateiro.



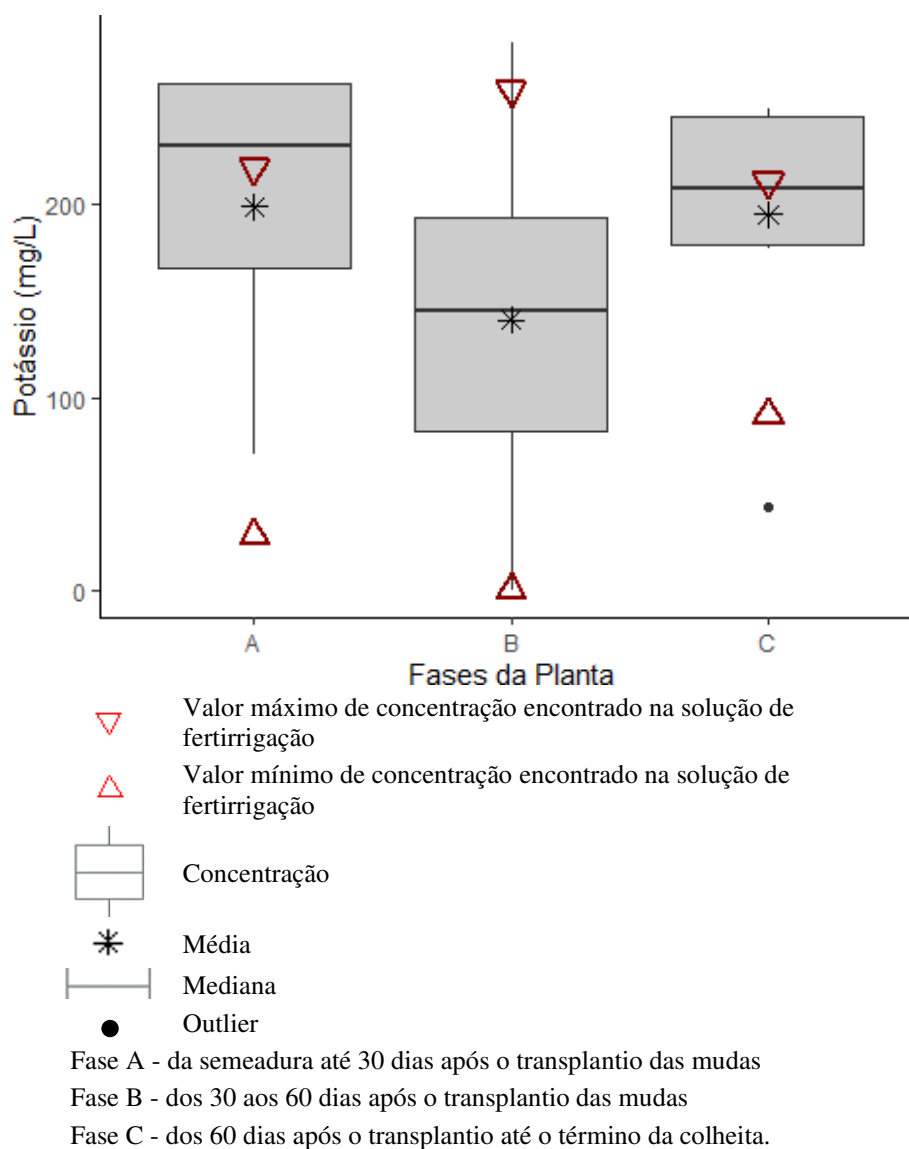
Fase A - da semeadura até 30 dias após o transplantio das mudas

Fase B - dos 30 aos 60 dias após o transplantio das mudas

Fase C - dos 60 dias após o transplantio até o término da colheita.

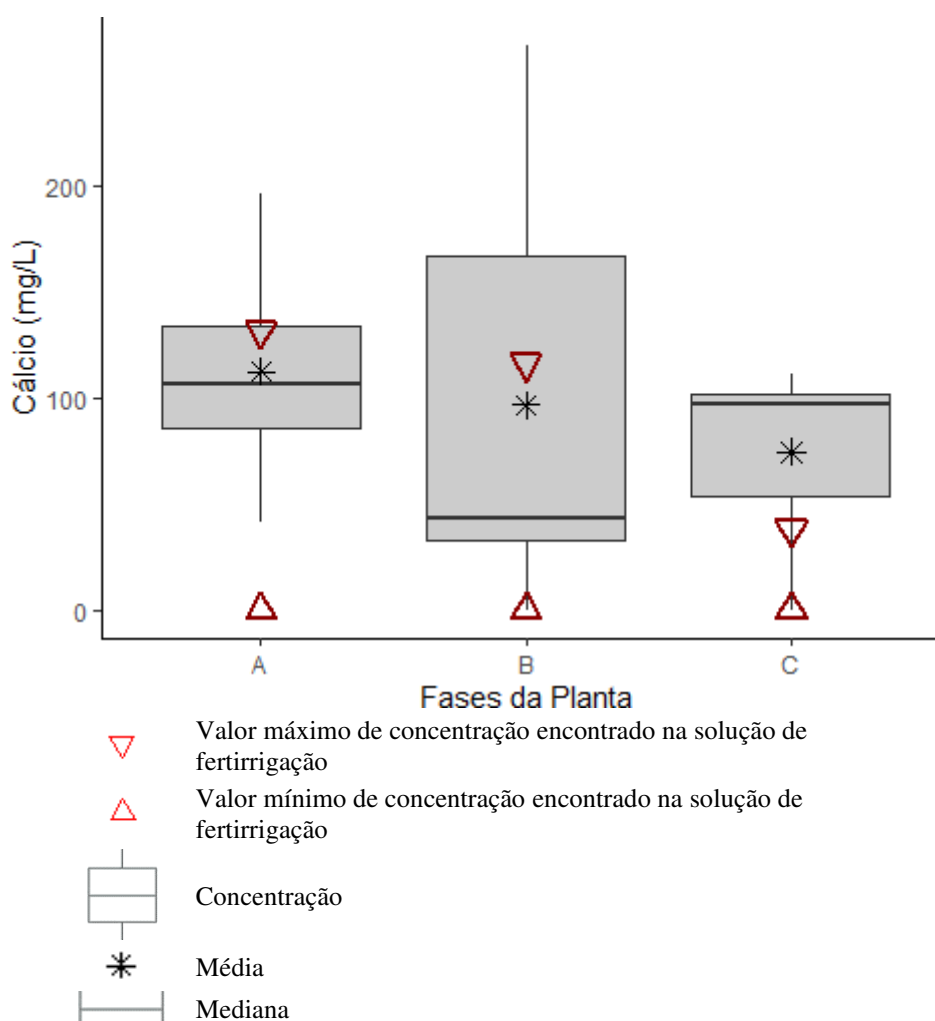
Para o potássio, a comparação entre os dados coletados na solução percolada e a solução da fertirrigação praticada, para as fases de desenvolvimento da planta mostrou valores de médias dentro dos limites mínimos e máximos estabelecidos para as fases A, B e C (respectivamente, de 28,5 a 219,1 mg L⁻¹; de 0 a 259,1 mg L⁻¹; e de 90,6 a 212,3 mg L⁻¹) (Figura 16). Logo, caso a solução percolada fosse reutilizado no sistema, não haveria a necessidade de complementação desse elemento.

Figura 16 - Boxplot da concentração de potássio na solução percolada em relação aos valores mínimos e máximos das variáveis da solução de fertirrigação praticada em cada fase fenológica do tomateiro.



Para o cálcio, a comparação entre os dados coletados na solução percolada e a solução da fertirrigação praticada, para as fases de desenvolvimento da planta mostrou valores de médias dentro dos limites mínimos e máximos estabelecidos para as fases A e B (respectivamente, de 0 a 131,47 mg L⁻¹; e de 0 a 116,05 mg L⁻¹) e, para a Fase C, acima do limite máximo (de 38,42 mg L⁻¹) (Figura 17). A indicação da diluição ou da suplementação desse elemento na solução da fertirrigação para o reúso depende da referência agrônômica: com base na solução de fertirrigação praticada, haveria a necessidade de diluição desse elemento; se com base na solução da fertirrigação recomendada pela literatura, cujo valor mínimo para esse elemento na fase C é de 143 mg L⁻¹, a suplementação seria mais indicada.

Figura 17 - Boxplot da concentração de cálcio na solução percolada em relação aos valores mínimos e máximos das variáveis da solução de fertirrigação praticada em cada fase fenológica do tomateiro.



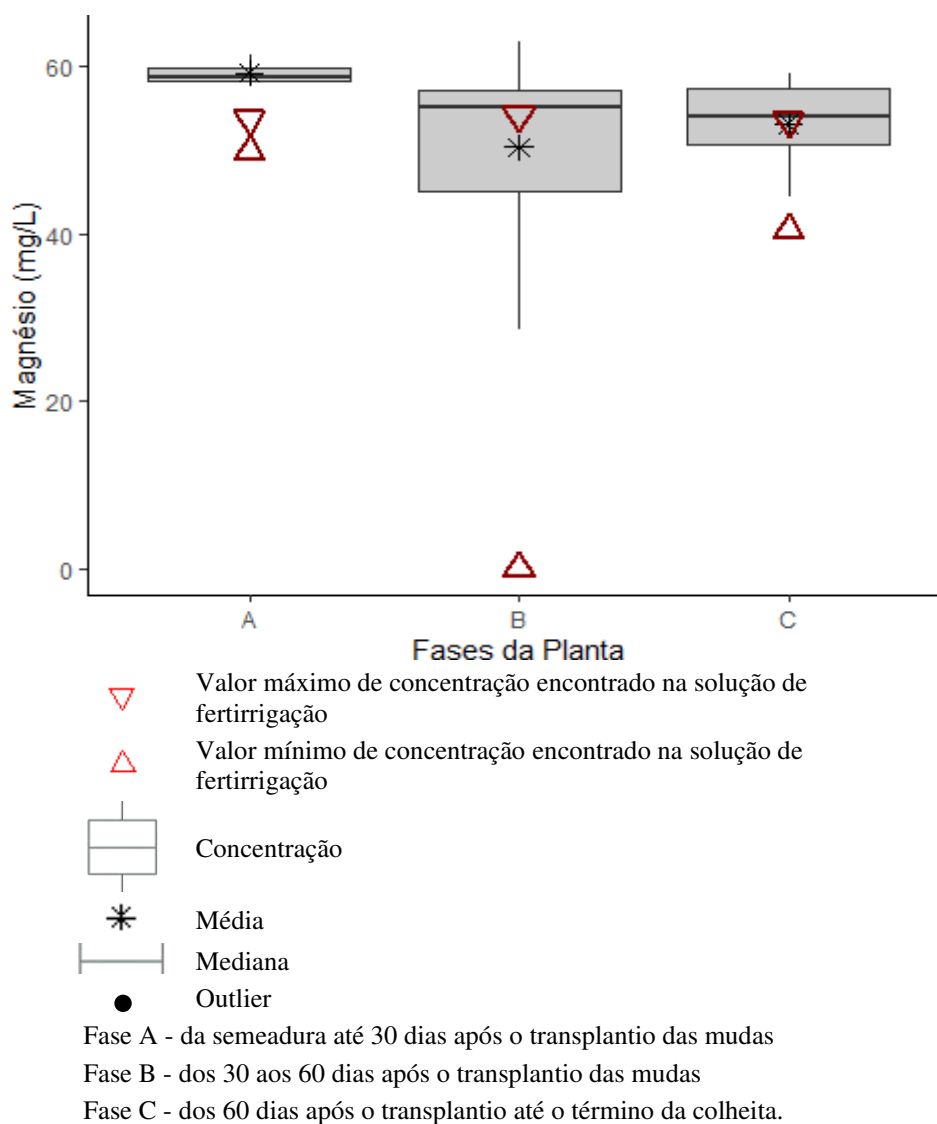
Fase A - da semeadura até 30 dias após o transplantio das mudas

Fase B - dos 30 aos 60 dias após o transplantio das mudas

Fase C - dos 60 dias após o transplantio até o término da colheita.

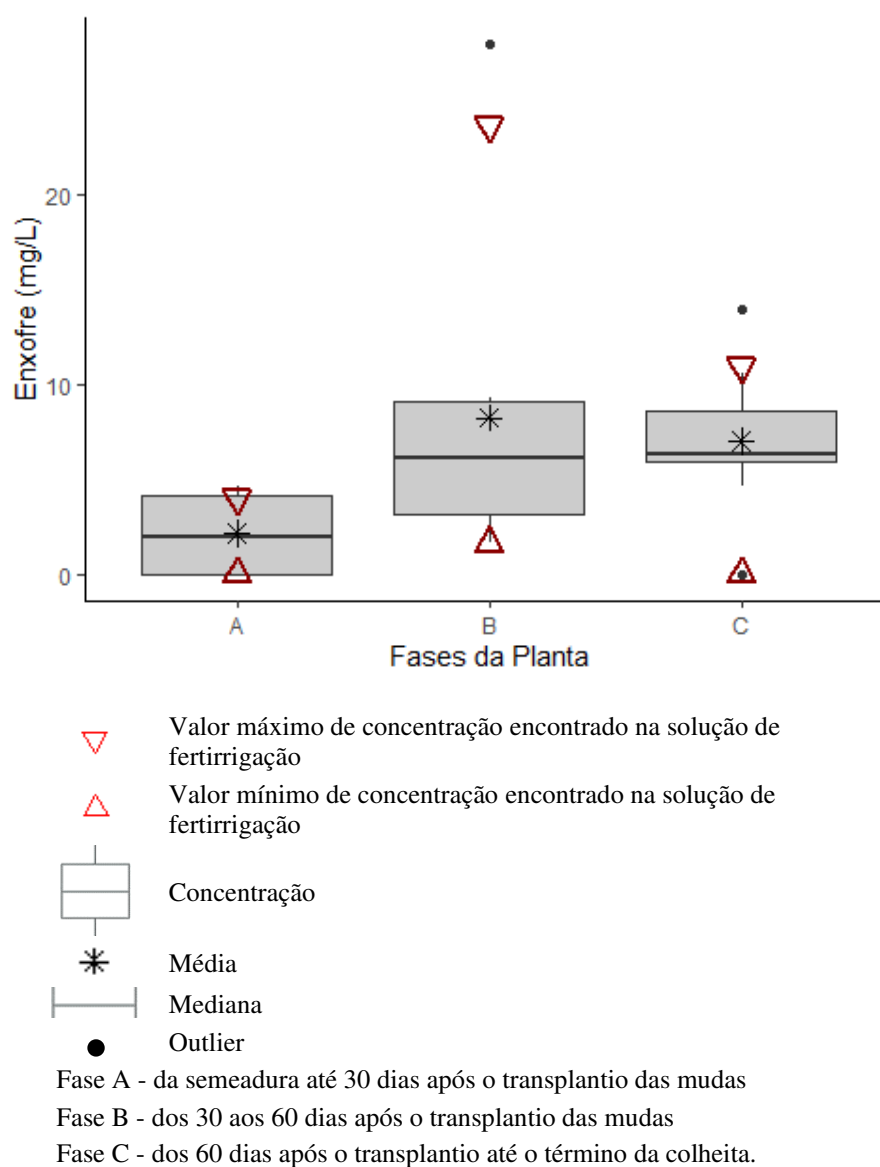
Para o magnésio, a comparação entre os dados coletados na solução percolada e a solução da fertirrigação praticada, para as fases de desenvolvimento da planta mostrou valores de médias, para a Fase A, acima do limite máximo (de $53,67 \text{ mg L}^{-1}$), e próximo aos limites máximos estabelecidos para as Fases B e C (respectivamente, de $54,1 \text{ mg L}^{-1}$; de $53,5 \text{ mg L}^{-1}$) (Figura 18). Logo, caso a solução percolada fosse reutilizada com base na concentração desse elemento na solução da fertirrigação praticada, haveria a necessidade de diluição desse elemento para o reaproveitamento da solução percolada, de forma que não promovesse o excesso de magnésio; o que não seria necessário caso fosse considerada a solução da fertirrigação recomendada pela literatura, cujo valor máximo para esse elemento na fase A é de 60 mg L^{-1} .

Figura 18 - Boxplot da concentração de magnésio na solução percolada em relação aos valores mínimos e máximos das variáveis da solução de fertirrigação praticada em cada fase fenológica do tomateiro.



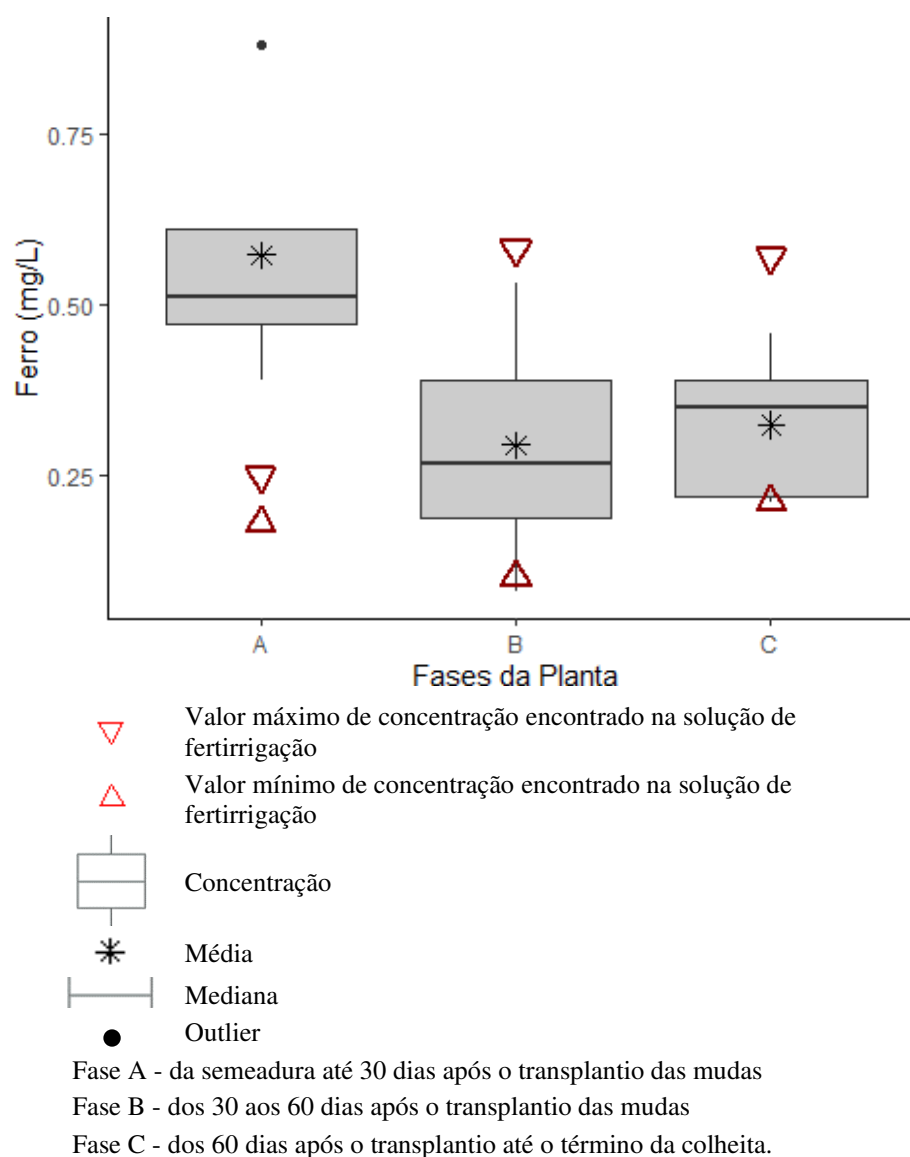
Para o enxofre, a comparação entre os dados coletados na solução percolada e a solução da fertirrigação praticada, para as fases de desenvolvimento da planta mostrou valores de médias dentro dos limites mínimos e máximos estabelecidos para as fases A, B e C (respectivamente, de 0 a 4 mg L⁻¹; de 1,66 a 23,66 mg L⁻¹; e de 0 a 11 mg L⁻¹) (Figura 19). Logo, caso a solução percolada fosse reutilizado no sistema, não haveria a necessidade de complementação desse elemento.

Figura 19 - Boxplot da concentração de enxofre na solução percolada em relação aos valores mínimos e máximos das variáveis da solução de fertirrigação praticada em cada fase fenológica do tomateiro.



Para o ferro, a comparação entre os dados coletados na solução percolada e a solução da fertirrigação praticada, para as fases de desenvolvimento da planta mostrou valores de médias, para a Fase A, acima do limite máximo (de $0,25 \text{ mg L}^{-1}$), e dentro dos limites mínimos e máximos estabelecidos para as Fases B e C (respectivamente, de $0,10$ a $0,58 \text{ mg L}^{-1}$; e de $0,21$ a $0,57 \text{ mg L}^{-1}$) (Figura 20). A indicação da diluição ou da suplementação desse elemento na solução da fertirrigação para o reúso depende da referência agrônômica: com base na solução de fertirrigação praticada, haveria a necessidade de diluição desse elemento; se com base na solução da fertirrigação recomendada pela literatura, cujo valor mínimo para esse elemento na fase A é de $1,80 \text{ mg L}^{-1}$, a suplementação seria mais indicada.

Figura 20 - Boxplot da concentração de ferro na solução percolada em relação aos valores mínimos e máximos das variáveis da solução de fertirrigação praticada em cada fase fenológica do tomateiro.



5 CONCLUSÕES

Há possibilidade de reúso do percolado proveniente da fertirrigação, retornando-o ao sistema de irrigação, considerando suas variáveis físico-químicas.

A solução percolada apresenta concentrações adequadas de nitrogênio total, nitrato e potássio para todas as fases de desenvolvimento do tomateiro, havendo necessidade de complementação apenas de nitrogênio amoniacal para todas as fases. Há excedente de magnésio e ferro na Fase A, de fósforo na Fase B e C e de cálcio na Fase C, indicando possível necessidade de diluição para não fornecer estes nutrientes em excesso na solução.

O monitoramento da qualidade da água (de abastecimento, da fertirrigação e percolada) utilizada em sistemas de irrigação em cultivo protegido, ao longo do ano, permite a detecção de pontos de controle necessários para gestão da produção sustentável do alimento.

O reúso da solução percolada mitiga os possíveis impactos ambientais, uma vez que evita o lançamento inadequado no solo, evitando sua salinização e percolação profunda.

A adequação da solução percolada no suprimento às necessidades nutricionais da cultura permite reduzir o uso de insumos e água na preparação da solução de fertirrigação.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com as variáveis de comparação adotadas neste trabalho, constatou-se que a solução percolada tem alto potencial para ser reutilizada na fertirrigação, com base em suas características físico-químicas. Estudos das características microbiológicas e demais parâmetros da qualidade da água são necessários para viabilizar sua aplicação, seja com a adição de etapas de tratamento e/ou adequação antes do retorno ao sistema de irrigação do tomateiro, seja no seu reúso destinado para outras culturas que apresentam características similares às demandas nutricionais do tomateiro. Recomenda-se a avaliação do reúso *in loco* para verificação do comportamento dos índices de produção e fitossanidade da cultura e viabilidade das características operacionais do projeto.

Por fim, é importante ressaltar que, uma vez descartada a possibilidade de reúso no sistema de fertirrigação pelos mais variados motivos, é imprescindível considerar o tratamento do efluente para destinação e lançamento correto, evitando os significativos impactos ambientais que o descarte incorreto ocasiona.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA. **ANA conclui mapeamento da área com uso de água para cana-de-açúcar no Brasil. Agência Nacional de Águas.**2019. Disponível em: < <https://www.ana.gov.br/noticias/ana-conclui-mapeamento-da-area-com-uso-de-agua-para-cana-de-acucar-no-brasil>>. Acesso em 25 jan. 2020.

ANTILEO, C.; WERNER, A.; CIUDAD, G.; MUÑOZ, C.; BORNHARDT, C.; JEISON, D.; URRUTIA, D. J. H. (2006) Novel operational strategy for partial nitrification to nitrite in a sequencing batch rotating disk reactor. **Biochemical Engineering Journal**, v. 32, n. 2, p.69-78.

APHA. **Standard Methods for the examination of water and wastewater.** American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, Washington. 2005.

ARRUDA, N. O. Controle do aporte de fósforo no reservatório de Itaparica localizado no semiárido nordestino. 2015. 186f. **Tese (Doutorado)** – Programa de Pós-graduação Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

AZEVEDO, H.M. Irrigação localizada. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, p.40-53, 1986.

BASTOS,R. P. **Anfíbios do Cerrado.** 2007. Disponível em: <<http://sbherpetologia.org.br/wp-content/uploads/2016/10/3-Anf%C3%ADbios-do-Cerrado.pdf>>. Acesso em: 13 set. 2018.

BORTOLUZZI, A. C.; RHEINHEIMER, D. S.; GONÇALVES, C. S.; PELLEGRINI, J. B. R.; ZANELLA, R.; COPETTI, A. C. C. Contaminação de águas superficiais por agrotóxicos em função do uso do solo numa microbacia hidrográfica de Agudo, RS. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.10, n.4, p.881-887, 2006.

BRASIL. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano.** Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde – Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 213p.

BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E. L. G. **Limnologia fluvial: um estudo no rio Mogi-Guaçu**. São Carlos/SP: Editora RiMa, 2003. 255p.

CATALDO, D. A.; HAROON, M.; SCHRADER, L. E.; YOUNGS, V. L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. **Commun. Soil Science and Plant Analysis**, v. 6, n. 1, p. 71-80, 1975.

CARVALHO, C. R. F.; PONCIANO, N. J.; SOUZA, P. M.; SOUZA, C. L. M.; SOUSA, E. F. Viabilidade econômica e de risco da produção de tomate no município de Cambuci/RJ, Brasil. **Ciência Rural**, [s.l.], v. 44, n. 12, p. 2293-2299, dez. 2014. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20131570>.

CETESB. **Qualidade das Águas Doces no Estado de São Paulo**. Apêndice E - Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade, 2016. Disponível em: < <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Apêndice-E-Significado-Ambiental-e-Sanitário-das-Variáveis-de-Qualidade-2016.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2018.

CETESB. **Série de Nitrogênio** (nitrogênio orgânico, amônia, nitrato e nitrito), 2009. Disponível em: < http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/aguas-znteriores/variaveis/aguas/variaveis_quimicas/serie_de_nitrogenio.pdf> Acesso em: 20 fev. 2018.

CETESB e ANA. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos** / Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; Organizadores: Carlos Jesus Brandao ... [et al.]. -- São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011.

CLEMENTE, F. M. V. T.; ALVARENGA, M. A. **Tomate: danos fisiológicos**. Embrapa. 2013. Disponível em: < <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/tomate/arvore/CONT000fa2qor2s02wx5eo01xezls0ceq72i.html>>. Acesso em 5 jan. 2020.

CONNOLLY, N. M.; CROSSLAND, M. R.; PEARSON, R. G. Effect of low dissolved oxygen on survival, emergence, and drift of tropical stream macroinvertebrates; **Journal of the North American Benthological Society**, 2004

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. 2005. **Resolução**

Conama **nº357.** Disponível em:
<<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>> Acesso em: 15 de mar de 2018.

COWELL, L. **Potassium for the prairies.** Agronomist, Saskatchewan Wheat Pool: Saskatchewan, 2000. 3-4p.

CUNHA, G. de P. Q. **Caracterização ambiental da região de montante do rio Mogi- Guaçu (Bom Repouso - MG): estratégias para replicabilidade e diretrizes para elaboração do plano de adequação ambiental.** 2009. 233 f. Tese (Doutorado) - Curso deDoutoremCiênciasdaEngenhariaAmbiental,Universidade deSãoPaulo,SãoCarlos, 2009. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-13112009-133602/pt-br.php>>. Acesso em: 15 mar. 2018.

DOLNICAR, S.; HURLIMANN, A.; GRÜN, B. **Branding water.** Water Research, [s.l.], v. 57, p. 325-338, jun. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2014.03.056>.

DUTRA, J.; SMIDERLE, J. J.; CAPODEFERRO, M. **Mercado de água: uma solução possível par ao Brasil lidar com a escassez hídrica?.** Macroeconomia. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rce/article/viewFile/80391/76736>>. Acesso em 10 jan. 2020.

EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (Petrópolis, PE). **Recomendações técnicas para o cultivo do tomate industrial em condições irrigadas.** Petrópolis: Embrapa-CPATSA / FUNDESTONE, 1994. 52p.

ESPINOZA, W. **Manual de produção de tomate industrial do Vale do São Francisco.** Brasília: IICA, CODEVASF. 1991. 301p.

FAO. **Preço do tomate dispara no mercado e preocupa agricultores, comerciantes e consumidores.** 2019. Disponível em: <fao.org/sao-tome-e-principe/noticias/detail-events/pt/c/1202933/>. Acesso em: 25 jan.2020.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas.** 2005. 186 f. Monografia (Especialização) - Curso de Curso de Pós-graduação “Iato Sensu” (especialização) A Distância: Solos e Meio Ambiente, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

FERNANDES, C.; ARAÚJO, J. A. C.; CORÁ, J. E. Impacto de quatro substratos e parcelamento da fertirrigação na produção de tomate sob cultivo protegido. *Horticultura Brasileira*, v. 20, n. 4, p.559-563, dez. 2002. **FapUNIFESP** (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-05362002000400010>.

FRANCO, A. L. C. **Biodiesel de microalgas: avanços e desafios.** 2012.f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Exatas e Tecnológicas, Departamento de Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual de SantaCruz, Bahia, 2012.

FUNARI, P. P.; PELEGRINI, S. C. A. **Patrimônio Histórico e Cultural.** Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2006. Col. Ciências Sociais Passo a Passo.

GASPAROTTO, F. A. **Avaliação Ecotoxicológica e Microbiológica da água de nascentes urbanas no município de Piracicaba-SP.** Universidade de São Paulo. Piracicaba, p. 90. 2011.

GOULART, M. D.; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, v.2, n.1, p.153-164, 2003.

GRANT, C. A.; PLATEN, D. N.; TOMAZIEWICZ, D. J.; SHEPPARD, S. C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n. 95, 2001.

GUIMARÃES, R. **Crise da água e o buraco do avestruz.** 2014. Disponível em: https://www.huffpostbrasil.com/renato-guimaraes/crise-da-agua-e-o-buraco-do-avestruz-v-deo_b_5640046.html. Acesso em: 10 dez. 2019.

IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. 2019. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>>. Acesso em 10 jan. 2019.

KINDLEIN, C. P. **Determinação do teor de nitratos e nitritos na água de abastecimento do município de Nova Santa Rita**. 2010. 68 f. TCC (Graduação) - Curso de Química, Centro Universitário La Salle, Canoas, 2010.

KUBITZA, F. **Qualidade da água na produção de peixes - Parte I. Panorama da aquicultura**, v.8, n.45, p.36-41, 1998. Disponível em: <http://www.acquaimagem.com.br/docs/Pan45_Kubitza.pdf>. Acesso em: 22 set. 2018.

LIMA, E. B. N. R. **Modelagem integrada para gestão da qualidade da água na Bacia do rio Cuiabá**. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos). Programa de Engenharia Civil–COPPE/UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, 2001. Disponível em: <http://www.portaldokonhecimento.gov.br/bitstream/10961/3310/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_MESTRADO.pdf>. Acesso em: 01 maio 2018.

MACHADO, T. M.; SANTOS, G.; AMORIM, G. V. P.; SANTOS, L. M. S.; SANTOS NETO, J. S. Volume de substrato na produção de mudas influencia desempenho de tomateiro no campo. **Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa**, [S.l.], v. 34, n. esp., p. 373-386, set. 2018. ISSN 2596-2809. Disponível em: <<http://periodicos.unifil.br/index.php/Revistateste/article/view/512>>. Acesso em: 25 jan. 2020.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.nd ed. London: Academic, Embrapa Hortaliças. Brasília, 1995. 889p.

MEDEIROS, M. B. C. L.; JESUS, H. I.; SANTOS, N. F. A.; MELO, M. R. S.; SOUZA, V. Q.; BORGES, L. S.; GUERREIRO, A. C.; FREITAS, L. S. Índice de qualidade de dickson e característica morfológica de mudas de pepino, produzidas em diferentes substratos alternativos. **Revista Agroecossistemas**, [s.l.], v. 10, n. 1, p. 159-173, 11 nov. 2018. Universidade Federal do Para. <http://dx.doi.org/10.18542/ragros.v10i1.5124>.

MESSIAS, T. G. **Influência da toxicidade da água e do sedimento dos rios São Joaquim e Ribeirão Claro na bacia do Corumbataí**. Piracicaba, 2008. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Ciências – Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo.

MIERZWA, J.C.; HESPANHOL, I. **Água na Indústria: uso Racional e Reuso**. Oficina de Textos, 2005.

MOHANTY, A.; RAY, S.; YADAV, S.K.; CHAUDHURY, G.R. Optimization Study: biological removal of inorganic nitrogen along with chemical oxygen demand from wastewater using response surface methodology. **Clean - Soil, Air, Water**, [s.l.], v. 42, n. 11, p. 1583-1592, 16 abr. 2014. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/clen.201300235>.

MORAES, C.A.G. **Hidroponia – Como cultivar tomates em sistema NFT (Técnica do fluxo laminar de nutrientes)**. Jundiaí: DISQ Editora, 1997. 141p.

ONU. **Human Rights Council. UN Resolution 15/9**. Human rights and access to safe drinking water and sanitation Washington: UN; 2010

ONU. **1 em cada 3 pessoas no mundo não tem acesso a água potável**. 2019. Disponível em: <nacoesunidas.org/onu-1-em-cada-3-pessoas-no-mundo-nao-tem-acesso-a-agua-potavel/>. Acesso em: 25 jan. 2020.

PARISE, A.L.J. **Qualidades físico-químicas da água do Rio Mogi-Guaçu em diferentes pontos de coleta**. Monografia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais-Câmpus Inconfidentes, 2010.

PIRES, R. C.; FURLANI, P. R.; SAKAI, E.; LOURENÇÃO, E. L.; SILVA, E. A.; TORRE NETO, A.; MELO, A. M. Desenvolvimento e produtividade do tomateiro sob diferentes frequências de irrigação em estufa. **Horticultura Brasileira**, [s.l.], v. 27, n. 2, p. 228-234, jun. 2009. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-05362009000200019>.

PROBST, J. L.; SUCHET, P. Amiotte. Fluvial suspended sediment transport and mechanical erosion in the Maghreb (NorthAfrica). **Hydrological Sciences Journal**, v.37, n.6, p.621- 637, dez. 1992. Informa UK Limited.<http://dx.doi.org/10.1080/02626669209492628>.

ROBARGE, W. P.; EDWARDS, A.; JOHNSON, B. Water and waste water analysis for nitrate via nitration of salicylic acid. **Commun. in soil sci. plant anal.**, v. 14, n. 12, p. 1207-1215, 1983.

SANTOS, A. N.; SILVA, E. F. F.; SILVA, G. F.; BEZERRA, R. R.; PEDROSA, E. M. R. Nutrient concentrations in the cherry tomato under application management of the nutrient solution with brackish water. **Revista Ciência Agronômica**, [s.l.], v. 48, n. 4, p. 621-637, 2017. GN1 Genesis Network. <http://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20170067>.

SANTOS, G. A. **Formas de adição de micronutrientes a um formulado NPK e seu efeito sobre o desenvolvimento do milho**. 2013. 79 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013.

SAPKOTA, A. R. Water reuse, food production and public health: adopting transdisciplinary, systems-based approaches to achieve water and food security in a changing climate. **Environmental Research**, [s.l.], v. 171, p. 576-580, abr. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2018.11.003>.

SILVA, J. B. C. *et al.* **Cultivo de tomate para industrialização**. Embrapa Hortaliças. Sistemas de Produção, 1-2ª Edição. Dez.2006.

SILVA, J. F. A.; PEREIRA, R. G. Panorama global da distribuição e uso de água doce. **Revista Ibero-americana de Ciências Ambientais**, [s.l.], v. 10, n. 3, p.263-280, 31 jul. 2019. Escola Superior de Sustentabilidade. <http://dx.doi.org/10.6008/cbpc2179-6858.2019.003.0023>.

SOUSA, V. F. et al (Ed.). Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças. Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica**, 2011. 771 p.

SOUZA, E. R.; Melo, H. F.; ALMEIDA, B. G.; MELO, D. V. M. Comparação de métodos de extração da solução do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17,n.14.2013.

STANGHELLINI, C. Horticultural production in greenhouses: efficient use of water. **Acta Horticulturae**, 1034, p. 25-31, 2014.

TAKAHASHI, H. W.; BARZAN, R. R.; BERTONCELLI, D. J.; SUZUKI, A. B. P.; FREGONEZI, G. A. F.; SAMPAIO, M. L.; FIRMANO, R. F.; SILVA, J. B. Manejo da solução nutritiva sobre a qualidade pós- colheita de tomate salada fertirrigado em areia. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 21, n. 2, p.1-6, 2018.

TAL, A. Rethinking the sustainability of Israel's irrigation practices in the Drylands. **Water Research**, [s.l.], v. 90, p. 387-394, mar. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2015.12.016>.

TRENTIN, P.R.; BOSTELMANN, E. Programa Interlaboratorial para sólidos totais, dissolvidos e em suspensão em amostras de água. **Banas Qualidade**, São Paulo, dez./2010, nº 223, p. 64-70.

VIEIRA, D. F. A.; CLEMENTE, F. M. V. T. Harvest-Expedition on Protected Cultivation: characterization and prospective study of the challenges and solutions associated with the protected cultivation of vegetable crops. **Horticultura Brasileira**, [s.l.], v. 36, n. 4, p. 431-438, dez. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-053620180402>.

VIVANCOS, A. **Fertirrigacion**. Madrid: Mundi-Prensa, 1993. 217 p.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. 125 p. Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/18571958/introducao-a-qualidades-da-aguas-e-tratamento-de-esgoto---2ed-von-sperling>>. Acesso em: 22 set. 2018.

ZAREI, Z.; KARAMI, E.; KESHAVARZ, M. Co-production of knowledge and adaptation to water scarcity in developing countries. **Journal of Environmental Management**, [s.l.], v. 262, 110283, maio 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110283>.

ANEXOS

ANEXO 1. Limites máximos permitidos pela legislação segundo o CONAMA, Resolução nº 357, de 17/3/2005.

CLASSE 1 – ÁGUAS DOÇES	
PARÂMETROS	VALOR MÁXIMO
Clorofila α	10
Densidade de cianobactérias	20.000 cel/mL ou 2 mm ³ /L
Sólidos dissolvidos totais	500 mg/L
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Alumínio dissolvido	0,1 mg/L Al
Antimônio	0,005 mg/L Sb
Arsênio total	0,01 mg/L As
Bário total	0,7 mg/L Ba
Berílio total	0,04 mg/L Be
Boro total	0,5 mg/L B
Cádmio total	0,001 mg/L Cd
Chumbo total	0,01 mg/L Pb
Cianeto livre	0,005 mg/L CN
Cloreto total	250 mg/L Cl
Cloro residual total (combinado + livre)	0,01 mg/L Cl
Cobalto total	0,05 mg/L Cl
Cobre dissolvido	0,009 mg/L Cu
Cromo total	0,05 mg/L Cr
Ferro dissolvido	0,3 mg/L Fe
Fluoreto total	1,4 mg/L F
Fósforo total (ambiente lântico)	0,020 mg/L P
Lítio total	2,5 mg/L Li
Manganês total	0,1 mg/L Mn
Mercurio total	0,0002 mg /L Hg
Níquel total	0,025 mg/L Ni
Nitrato	10,0 mg/L N
Nitrito	1,0 mg/L N
Nitrogênio Amoniacal	3,7 mg/L N, para pH $\leq$ 7,5
	2,0 mg/L N, para 7,5 < pH $\leq$ 8,0
	1,0 mg/L N, para 8,0 < pH $\leq$ 8,5
	0,5 mg/L N, para pH > 8,5
Prata total	0,01 mg/L Ag
Selênio total	0,01 mg/L Se
Sulfato total	250 mg/L SO ₄
Sulfeto (H ₂ S não dissolvido)	0,002 mg/L S
Urânio total	0,02 mg/L U
Vanádio total	0,1 mg/L V
Zinco total	0,18 mg/L Zn

ANEXO 2. Limites máximos permitidos pela legislação segundo o CONAMA, Resolução nº 396, de 3/4/2008.

Parâmetros	Nº CAS	Usos Preponderantes da Água				LQP Praticável - LQP
		Consumo Humano	Dessedentação de animais	Irrigação	Recreação	
Inorgânicos		µg.L-1				
Alumínio	7429-90-5	200 (1)	5.000	5.000	200	50
Antimônio	7440-36-0	5				5
Arsênio	7440-38-2	10	200		50	8
Bário	7440-39-3	700			1.000	20
Berílio	7440-41-7	4	100	100		4
Boro	7440-42-8	500 (2)	5.000	500 (4)	1.000	200
Cádmio	7440-43-9	5	50	10	5	5
Chumbo	7439-92-1	10	100	5.000	50	10
Cianeto	57-12-5	70			100	50
Cloreto	16887-00-6	250.000 (1)		100.000 - 700.000	400.000	2000
Cobalto	7440-48-4		1.000	50		10
Cobre	7440-50-8	2.000	500	200	1.000	50
Crômio (Cr III + Cr VI)	Cr III (16065831) Cr VI (18540299)	50	1.000	100	50	10
Ferro	7439-89-6	300 (1)		5.000	300	100
Fluoreto	7782-41-4	1.500	2.000	1.000		500
Lítio	7439-93-2			2.500		100
Manganês	7439-96-5	100 (1)	50	200	100	25
Mercurio	7439-97-6	1	10	2	1	1
Molibdênio	7439-98-7	70	150	10		10
Níquel	7440-02-0	20 (3)	1.000	200	100	10
Nitrato (expresso em N)	14797-55-8	10.000	90.000		10.000	300
Nitrito (expresso em N)	14797-65-0	1.000	10.000	1.000	1.000	20
Prata	7440-22-4	100			50	10
Selênio	7782-49-2	10	50	20	10	10
Sódio	7440-23-5	200.000 (1)			300.000	1000
Sólidos Totais Dissolvidos (STD)		1.000.000 (1)				2000
Sulfato		250.000 (1)	1.000.000		400.000	5.000
Urânio	7440-61-1	15 (2,3)	200	10 (4)		
100 (5)		50				
Vanádio	7440-62-2	50	100	100		20
Zinco	7440-66-6	5.000 (1)	24.000	2.000	5.000	100
Orgânicos		µg.L-1				
Acrilamida	79-06-1	0,5				0,15
Benzeno	71-43-2	5			10	2
Benzo antraceno	56-55-3	0,05				0,15

Benzo fluoranteno	205-99-2	0,05				0,15
Benzo(k)fluoranteno	207-08-9	0,05				0,15
Benzo pireno	50-32-8	0,05			0,01	0,15
Cloreto de vinila	75-01-4	5				2
Clorofórmio	67-66-3	200	100			5
Criseno	218-01-9	0,05				0,15
1,2-Diclorobenzeno	95-50-1	1.000 (1)				5
1,4-Diclorobenzeno	106-46-7	300 (1)				5
1,2-Dicloroetano	107-06-2	10	5		10	5
Orgânicos		µg.L-1				
1,1-Dicloroeteno	75-35-4	30			0,3	5
1,2-Dicloroeteno						
(cis + trans)	cis (156-59-2)					
trans (156-60-5)	50				5 para cada	
Dibenzo antraceno	53-70-3	0,05				0,15
Diclorometano	75-09-2	20	50			10
Estireno	100-42-5	20				5
Etilbenzeno	100-41-4	200 (1)				5
Fenóis (10)		3	2		2	10
Indeno(1,2,3)pireno	193-39-005	0,05				0,15
PCBs (somatória de 7) (9)	(9)	0,5			0,1	0,01 para cada
Tetracloroeto de carbono	56-23-5	2	5		3	2
Triclorobenzenos (1,2,4-TCB + 1,3,5-TCB + 1,2,3)	1,2,4-TCB(120-82-1); 1,3,5-TCB(108-70-3) 1,2,3-TCB(87-61-6)	20				5 para cada
Tetracloroeteno	127-18-4	40			10	5
1,1,2Tricloroeteno	79-01-6	70	50		30	5
Tolueno	108-88-3	170 (*)	24			5
Xileno Total (o+m+p)	m (108-38-3); o (95-47-6); p (106-42-3)	300 (*)				5 para cada
Agrotóxicos		µg.L-1				
Alaclor	15972-60-8	20			3	0,1
Aldicarb + ald. sulfona + ald. sulfóxido	Aldicarb (116-06-3), ald. sulfona (1646-88-4) e ald. sulfóxido (1646-87-3)	10	11	54,9		3 para cada
Aldrin + Dieldrin	Aldrin (309-00-2) Dieldrin (60-57-1)	0,03			1	0,005 para cada
Atrazina	1912-24-9	2	5	10		0,5
Bentazona	25057-89-0	300			400	30
Carbofuran	1563-66-2	7	45		30	5
Clordano (cis + trans)	cis (5103-71-9) e trans (5103-74-2)	0,2			6	0,01 para cada
Clorotalonil	1897-45-6	30	170	5,8		0,1
Clorpirifós	2921-88-2	30	24		2	2
2,4-D	94-75-7	30			100	2

DDT (p,p'- DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD)	p,p'-DDT (50-29-3) p,p'-DDE (72-55-9) p,p'-DDD (72-54-8)	2			3	0,01 para cada
Endosulfan (I + II + sulfato)	I (959-98-8)					
II (33213-65-9) sulfato (1031-07-8)	20			40	0,02 para cada	
Endrin	72-20-8	0,6			1	0,01
Glifosato + Ampa	1071-83-6	500	280	0,13 (6); 0,06 (7); 0,04 (8)	200	30
Heptacloro + heptacloro epóxido	Heptacloro (76-44-8);					
Heptacloro epóxido (1024-57-3)	0,03			3	0,01 para cada	
Hexaclorobenzeno	118-74-1	1	0,52			0,01
Lindano (gama-BHC)	58-89-9	2	4		10	0,01
Agrotóxicos		µg.L-1				
Malation	121-75-5	190				2
Metolacloro	51218-45-2	10	50	28	800	0,1
Metoxicloro	72-43-5	20				0,1
Molinato	2212-67-1	6			1	5
Pendimetalina	40487-42-1	20			600	0,1
Pentaclorofenol	87-86-5	9			10	2
Permetrina	52645-53-1	20			300	10
Propanil	709-98-8	20			1.000	10
Simazina	122-34-9	2	10	0,5		1
Trifuralina	1582-09-8	20	45		500	0,1
Microorganismos						
E. coli	-	Ausentes em 100ml	200/100 ml		800/100mL	--
Enterococos	-	-	-	-	100/100mL	--
Coliformes termotolerantes	-	Ausentes em 100ml	200/100 ml		1000/100mL	--

Legendas

1. Efeito organoléptico.
2. Máxima concentração de substância na água de irrigação em 100 anos de irrigação (proteção de plantas e outros organismos).
3. Máxima concentração de substância na água de irrigação em 20 anos de irrigação (proteção de plantas e outros organismos).
4. Taxa de irrigação ≤ 3500 m³/ha
5. $3500 < \text{Taxa de irrigação} \leq 7000$ m³/ha
6. $7000 < \text{Taxa de irrigação} \leq 12000$ m³/ha
7. PCBs = somatória de PCB 28 (2,4,4'-triclorobifenila - nºCAS 7012-37-5), PCB 52 (2,2',5,5'-tetraclorobifenila - nº CAS 35693-99-3), PCB 101 (2,2',4,5,5'-Pentaclorobifenila - nºCAS 37680-73-2), PCB 118 (2,3',4,4',5-pentaclorobifenila - nºCAS 31508-00-6), PCB 138 (2,2',3,4,4',5'-hexaclorobifenila - nº CAS 35056-28-2), PCB 153 (2,2',4,4',5,5'- hexaclorobifenila - nºCAS 3505-27-1) e PCB 180 (2,2',3,4,4',5,5'- heptaclorobifenila - nºCAS 35065-29-3).
8. Fenóis que reagem com aminoantipirina, válido somente quando ocorre cloração. Os valores máximos permitidos para fenóis previnem a formação de gosto e odor indesejável na água quando da sua cloração. Para o caso de Limites de Quantificação (LQP ou LQA) maior que o valor de interesse análises de perfil de sabor deverão ser realizadas de acordo com métodos analíticos padronizados antes e após a cloração da água. Resultado não objetável indicará atendimento ao padrão de qualidade requerido.