

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE CIÊNCIAS
EXATAS E TECNOLÓGICAS
MESTRADO *STRICTO SENSU* EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**CULTIVO DE TOMATE *SWEET GRAPE* EM HIDROPONIA COM
DIFERENTES SUBSTRATOS UTILIZANDO ÁGUA RESIDUÁRIA**

ANANDA HELENA NUNES CUNHA

ANÁPOLIS – GOIÁS
FEVEREIRO DE 2012

CULTIVO DE TOMATE *SWEET GRAPE* EM HIDROPONIA COM DIFERENTES SUBSTRATOS UTILIZANDO ÁGUA RESIDUÁRIA

ANANDA HELENA NUNES CUNHA
Engenheira Agrônoma

Orientador: Prof. Dr. DELVIO SANDRI
Co-Orientador: Prof. Dr. JONAS ALVES VIEIRA

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás – UEG, Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas de Anápolis como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, para obtenção do título de MESTRE.

Anápolis
Goiás
2012

**CULTIVO DE TOMATE *SWEET GRAPE* EM HIDROPONIA COM
DIFERENTES SUBSTRATOS UTILIZANDO ÁGUA RESIDUÁRIA**

POR

ANANDA HELENA NUNES CUNHA

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM
ENGENHARIA AGRÍCOLA

Aprovada em: ____/____/____

Prof. Dr. Delvio Sandri
Orientador
UEG / UnUCET

Prof. Dr. Jonas Alves Vieira
Co-orientador
UEG / UnUCET

Prof^a. Dr^a. Orlene Silva da Costa
UEG / UnUCET

Prof. Dr. José Alves Júnior
UFG / Escola de Agronomia e
Engenharia de Alimentos

DEDICATÓRIA:

Dedico este trabalho ao meu avô Raul Nunes da Silva
(*in memoriam*) pelo belo exemplo que deixou.

AGRADECIMENTOS

A Deus, primeiramente, que me concedeu a vida, inspiração e proporcionou determinação para realização deste trabalho.

A minha amada mãe, Lúcia Helena Oliveira Nunes, pelo apoio, força, dedicação e amor de grande relevância para que meus sonhos se concretizassem e conselhos que sempre foram importantes em minha vida.

Aos meus irmãos Itana, Iara e Rodolfo, pela compreensão e carinho dedicados; e aos meus sobrinhos Eduardo e Ana Júlia, que me ensinaram a cada dia.

A minha avó Ilda e minha tia Ilda Helena, pelo apoio dispensado.

A minha madrinha Ana Cláudia pelas belas e sábias palavras durante o desenvolvimento do projeto.

Aos meus estagiários Eugênio Viana, Lara Neiva, Thiago Bernardes, Thiago Henrique, Rafael Rabelo, Rafael Batista, Pedro Augusto e Bruno Ferlin pelo suporte na condução do trabalho.

A Universidade Estadual de Goiás pela oportunidade oferecida.

Ao Prof. Dr. Delvio Sandri pelo suporte técnico, paciência, discussões e ensinamentos essenciais na condução do trabalho.

Ao professor e amigo Dr. Jonas Alves, pela colaboração nas orientações, dedicação, meus sinceros agradecimentos de admiração.

A pesquisadora Maria Madalena Rinaldi (CPAC/Embrapa) pelo auxílio na realização das análises microbiológicas nos frutos de tomate.

Aos professores, pelos ensinamentos e aos funcionários da instituição pela disponibilidade e ajuda, em especial Eliete Feitosa, Sandra Máscimo e Elton F. Reis.

A Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior - CAPES e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola pela bolsa concedida e ao CNPq pelo financiamento da pesquisa.

A Empresa Sakata pelo fornecimento das sementes de tomate para o desenvolvimento do trabalho e ao seu técnico Fábio Takatsuka pelas informações durante o experimento.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

*“Tu te tornas eternamente responsável por aquilo que
cativas”*

Antoine de Saint-Exupéry

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	xii
RESUMO	xv
ABSTRACT	xvi
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo geral	3
2.2 Objetivos específicos	3
3 REVISÃO DE LITERATURA	4
3.1 Recursos hídricos.....	4
3.2 Reúso e qualidade da água na agricultura	6
3.3 Produção hidropônica com efluente	12
3.3.1 Composição e características da solução nutritiva	14
3.3.2 Aplicação da solução nutritiva	16
3.3.3 Uniformidade de distribuição de água de tubos gotejadores	17
3.3.4 Substratos para hidroponia	17
3.4 Tomate <i>Sweet Grape</i>	19
3.4.1 Origem e mercado	19
3.4.2 Características da cultura de tomate	20
3.4.3 Produção de tomate <i>Sweet Grape</i> em hidroponia.....	21
4 MATERIAL E MÉTODOS	23
4.1 Caracterização geral do projeto	23
4.2 Origem da água residuária e água do poço.....	25
4.3 Delineamento experimental.....	27
4.4 Implantação e condução do experimento	28
4.4.1 Semeio e transplantio das mudas nos vasos	29
4.4.2 Condução da cultura e controle fitossanitário	30
4.4.3 Adubações foliares	31
4.5 Preparo das soluções nutritivas	31

4.6	Aplicação das soluções nutritivas.....	33
4.7	Substratos utilizados.....	33
4.8	Monitoramento da tensão da água nos substratos.....	34
4.9	Sistema de irrigação.....	35
4.10	Análise da água de irrigação.....	37
4.11	Crescimento das plantas.....	39
4.12	Colheita dos frutos.....	39
4.12.1	Análise de parâmetros quantitativos.....	39
4.12.2	Análise de parâmetros qualitativos.....	40
4.13	Contaminação dos frutos.....	41
4.14	Avaliação do sistema de irrigação.....	41
4.15	Análise do lixiviado dos substratos.....	43
4.16	Análise dos resultados.....	43
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
5.1	Dados climatológicos.....	44
5.2	Qualidade da água residuária e água do poço profundo utilizadas no preparo das soluções nutritivas.....	46
5.3	Parâmetros quantitativos da água residuária e dos utilizados no ajuste da solução nutritiva.....	50
5.4	Crescimento das plantas.....	59
5.5	Análises de parâmetros quantitativos.....	60
5.5.1	Peso médio dos frutos.....	60
5.5.2	Relação diâmetro/comprimento dos frutos.....	61
5.5.3	Número total de frutos por planta.....	61
5.5.4	Número de frutos por cacho.....	62
5.5.5	Produção total por planta e produção total durante o ciclo.....	63
5.6	Análises qualitativas.....	65
5.6.1	Acidez titulável.....	65
5.6.2	Sólidos solúveis (°Brix).....	65
5.6.3	Relação sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT).....	66
5.6.4	Potencial hidrogeniônico.....	67
5.6.5	Contaminação dos frutos de tomate.....	67
5.7	Análise da uniformidade de distribuição de água do sistema de irrigação.....	68
5.8	Tensão de água nos substratos.....	69

5.9 Análise da solução lixiviada pelo substrato.....	70
6 CONCLUSÃO.....	73
7 REFERÊNCIAS	74
ANEXOS	83

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 01: Qualidade microbiológica de águas residuárias para uso na agricultura.....	8
TABELA 02: Risco do potencial de entupimento de emissores pela água de irrigação.....	9
TABELA 03: Concentrações máximas recomendáveis de alguns elementos químicos em água de irrigação.....	9
TABELA 04: Critérios adotados na interpretação da qualidade das águas de irrigação.....	10
TABELA 05: Classes de salinidade para águas de irrigação	11
TABELA 06: Solução nutritiva recomendada pela empresa Sakata para as duas fases do ciclo do tomate	32
TABELA 07: Concentração de cada nutriente recomendada para as duas fases do ciclo do tomate	32
TABELA 08: Características iniciais dos substratos utilizados no cultivo do tomate	33
TABELA 09: Parâmetros analisados e seus respectivos métodos de análise e frequência..	38
TABELA 10: Valores médios de parâmetros qualitativos da água residuária e água de poço profundo antes e após o preparo das soluções nutritivas	47
TABELA 11: Valores médios da análise quantitativa da água residuária antes do preparo da solução nutritiva, equação da reta e valores dos Coeficientes de correlação (R).....	51
TABELA 12: Quantidade total de nutrientes comerciais utilizados no preparo da solução convencional, nutrientes presentes na água residuária, complemento com sais na água residuária e redução de nutrientes comerciais no preparo da solução com água residuária durante o ciclo da cultura do tomate	52
TABELA 13: Altura média das plantas (m) de tomate <i>Sweet Grape</i> para os diferentes DAT, substrato e solução nutritiva.....	59
TABELA 14: Valores médios de peso dos frutos de tomate para os diferentes tipos de solução nutritiva e substrato.	60
TABELA 15: Valores da relação diâmetro/comprimento dos frutos de tomate para os diferentes tipos de solução nutritiva e substrato	61
TABELA 16: Valores do número total de frutos por planta no ciclo para os diferentes tipos de solução nutritiva e substrato.	62
TABELA 17: Valores médios do número de frutos/cacho para os diferentes tipos de solução nutritiva e substratos.....	62

TABELA 18: Valores da produção total por planta durante todo o ciclo da cultura do tomate para os diferentes tipos de solução nutritiva e substrato.....	63
TABELA 19: Valores médios da acidez titulável (%) para diferentes tipos de solução nutritiva e substrato	65
TABELA 20: Resultados médios de sólidos solúveis dos frutos de tomate para os diferentes tipos de solução nutritiva e substrato.....	66
TABELA 21: Resultados médios da relação SS/AT dos frutos de tomate para os diferentes tipos de solução nutritiva e substrato.....	66
TABELA 22: Valores médios de pH dos frutos de tomate para os diferentes tipos de solução nutritiva e substrato	67
TABELA 23: Valores médios das análises microbiológicas em frutos de tomate da cv. <i>Sweet Grape</i> irrigados com água residuária	67
TABELA 24: Índices de CUC, UE e CUE obtidos no início e no final do experimento para as diferentes soluções nutritivas	68
TABELA 25: Valores médios de tensão de água nos diferentes tipos de solução nutritiva e substrato.....	69
TABELA 26: Valores da média (\bar{x}), desvio padrão (σ) e coeficiente de variação (CV) de pH, CE, nitrato e potássio medidos na solução lixiviada para diferentes tratamentos	70
TABELA 27: Análise de variância da altura média das plantas	83
TABELA 28: Análise de variância do peso médio (g) dos frutos de tomate	85
TABELA 29: Análise de variância da relação diâmetro/comprimento dos frutos de tomate	85
TABELA 30: Análise de variância do número total de frutos	85
TABELA 31: Análise de variância do número de frutos/cacho.....	86
TABELA 32: Análise de variância da produção da cultura	86
TABELA 33: Análise de variância da acidez titulável.....	86
TABELA 34: Análise de variância dos sólidos solúveis.....	87
TABELA 35: Análise de variância da relação SS/AT.	87
TABELA 36: Análise de variância do pH dos frutos.....	87
TABELA 37: Análise de variância da tensão nos vasos.	88

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 01: Distribuição do consumo de água no Brasil em diversas áreas.....	05
FIGURA 02: Localização da ETE/UEG/UnUCET e da casa de vegetação onde realizou-se o experimento	24
FIGURA 03: Local de desenvolvimento do Projeto: vista externa (A) e vista interna (B)	25
FIGURA 04: Vista dos tanques sépticos modificados em série (A), leitos cultivados com taboa (B), entrada do efluente nos leitos com fluxo subsuperficial (C) e caixa de armazenamento da água residuária no interior da casa de vegetação (D)	27
FIGURA 05: Croqui do experimento com a distribuição dos tratamentos nos blocos	28
FIGURA 06: Vista das fileiras simples de vasos e dos tubos gotejadores sobre os vasos (A) AR e SnC (B).....	29
FIGURA 07: Desenvolvimento da cultura em diferentes estádios: 7 DAT (A), 35 DAT (B), 66 DAT (C) e planta aos 99 DAT (D).....	30
FIGURA 08: Croqui do sistema de irrigação e da automação para aplicação da solução nutritiva.....	34
FIGURA 09: Equipamentos do sistema de irrigação: registro de esfera (A), filtro de disco (B), tomada de pressão (C), válvulas de alívio (D), manômetro de agulha (E) e <i>timer</i> (F)..	35
FIGURA 10: Vista da balança analítica (A) e paquímetro digital (B) para medida dos frutos de tomate.....	36
FIGURA 11: Vista do tensiômetro instalado nos vasos cultivados com tomate (A) e tensímetro digital de punção (B).....	40
FIGURA 12: Valores de temperaturas mínimas e máximas do ar durante o ciclo do tomate	44
FIGURA 13: Valores de umidade relativa do ar durante o ciclo do tomate	46
FIGURA 14: Produção média do tomate entre 60 e 177 DAT para os diferentes tratamentos	64

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AL: Areia Lavada

ANA: Agência Nacional de Águas

APHA: American Public Health Association

AR: Água Residuária enriquecida com nutrientes comerciais

BR: Rodovia Federal

CAR: Complemento da Água Residuária

CE: Condutividade Elétrica

cm: Centímetros

CNRH: Conselho Nacional de Recursos Hídricos

CONAMA: Conselho Nacional de Meio Ambiente

CONERH: Conselho Estadual de Recursos Hídricos

CUC: Coeficiente de variação de Christiansen (%)

CUE: Coeficiente de uniformidade estatístico

CP: Casca de Pinus

CV: Cavalos Vapor

C.R.A. Capacidade de retenção de água

DAT: Dias após o transplante

DBO₅: Demanda Bioquímica de Oxigênio em 5 dias

DQO: Demanda Química de Oxigênio

dS m⁻¹: Decímens por metro

E. coli: Escherichia coli

ETE: Estação de Tratamento de Esgoto

EUA: Estados Unidos da América

FC: Fibra de Coco

FCN: Fibra de Coco Natural

SnC: Solução nutritiva convencional

g: Gramas

ISO: International Organization for Standardization

Kg m⁻³: Quilograma por metro cúbico

kPa: Quilopascal

L: Litros
L h⁻¹: Litros por hora
MAP: Mono Fosfato de Amônia
máx: máxima
min: mínima
MKP: Mono Fosfato de Potássio
m: Metro
mg L⁻¹: Miligramas por litro
mL: mililitro
mm: Milímetros
m³: Metros Cúbicos
mol L⁻¹: Mol por Litro
NFT: Nutrient Film Technique
NBR: Norma Brasileira de Regulamentação
OMS: Organização Mundial da Saúde
OD: Oxigênio dissolvido
Org: Organismos
O₂: oxigênio
pH: Potencial Hidrogeniônico
p/p: Peso por peso
PVC: Poli Cloreto de Vinila
RAS: Razão de adsorção de sódio
R: Coeficiente de correlação
S: Substrato
SDT: Sólidos Dissolvidos Totais
SST: Sólidos Solúveis Totais
T: Tratamento
Temp: temperatura
TSD: Total de sólidos dissolvidos
TSM: Tanques Sépticos Modificados
UE: Coeficiente de uniformidade de emissão (%)
ufc: Unidades formadoras de colônias
USEPA: United States Environmental Protection Agency
UV: Ultra Violeta

W: Oeste

WHO: World Health Organization

μm : Micrometro

$\frac{3}{4}$ " : Três quartos de polegada

3" : Três polegadas

%: Por cento

\emptyset : Média

σ : Desvio padrão

RESUMO

CUNHA, A. H. N. **Cultivo de Tomate *Sweet Grape* em hidroponia com diferentes Substratos utilizando Água Residuária.** 2012. 88 p. (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual de Goiás, Anápolis.

A produção de hortaliças de grande valor comercial como tomate *Sweet Grape*, sob ambiente protegido com substratos, proporciona maior eficiência dos fatores de produção que o cultivo em solo. O objetivo desse trabalho foi reusar água residuária enriquecida com nutrientes e solução nutritiva convencional, aplicadas por gotejamento no cultivo do tomate *Sweet Grape* em vasos com diferentes substratos. O experimento foi realizado na Universidade Estadual de Goiás - UnUCET entre os meses de junho a novembro de 2011 em Anápolis, Goiás. O experimento foi conduzido em esquema fatorial 2 x 3, em blocos casualizados, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas pelos tipos de água (AR e FrC) e os tipos de substrato (S1 = 60% de AL + 40% de: 20% de FC e 80% de CP; S2 = 20% de FC e 80% de CP e S3 = FCN). Os tratamentos foram: T1 = AR+S1; T2 = AR+S2; T3 = AR+S3; T4 = FrC+S1; T5 = FrC+S2 e T6 = FrC+S3. A água residuária e de poço foram analisadas quanto aos seguintes parâmetros: pH, condutividade elétrica, temperatura, oxigênio dissolvido, turbidez, alcalinidade, Coliformes totais e *E. coli*. Para as análises quantitativas da água residuária foram analisados ainda: nitrato, nitrito, amônia, potássio, manganês, fosfato total, sódio, ferro total, dureza total, cálcio, magnésio, cloreto, sulfato, boro, zinco, cobre, molibdênio, DQO, DBO₅ e sólidos dissolvidos totais. Analisou-se a quantidade de nutrientes necessários para elevar os sais presentes na água residuária em níveis similares aos utilizados na solução nutritiva convencional, bem como uma análise da redução dos custos com economia de nutrientes. Foi avaliada a produtividade, a relação diâmetro/comprimento, a quantificação dos coliformes totais e *E. coli* nos frutos de tomate. Determinou-se a acidez titulável (%), os sólidos solúveis (°Brix), a relação SS/AT e o pH. O sistema de irrigação foi avaliado quanto à eficiência de aplicação e distribuição da solução nutritiva. A tensão de água nos substratos foi determinada por um tensímetro digital de punção. A solução lixiviada dos vasos foi avaliada quanto ao pH, CE, nitrato e potássio. Os dados obtidos no presente trabalho foram submetidos à análise de variância através do teste F e teste de comparação de médias (Tukey) ao nível de significância de 5%. Os resultados mais significativos apontaram que a alta temperatura e UR do ar não interferiram na produtividade e qualidade dos frutos de tomate. A produção atingiu o correspondente a 75% da produção comercial do tomate. A elevada quantidade de Coliformes totais presente na AR não interferiu na qualidade dos frutos de tomate. O uso da água residuária resultou em economia de nutrientes comerciais. Os índices de uniformidade de distribuição da solução nutritiva pelos gotejadores no final do ciclo foram inaceitáveis em todos os tratamentos. A tensão de água nos substratos foi mantida dentro de intervalo aceitável para o cultivo de mini tomate. Os valores de condutividade elétrica, nitrato e potássio na solução lixiviada elevaram-se ao longo do ciclo do mini tomate. A água residuária complementada com nutrientes comerciais pode ser aplicada para cultivo em hidroponia com diferentes substratos para produção de tomate *Sweet Grape*.

Palavras – Chave: Efluente; Reúso; Solução Nutritiva; Ambiente Protegido.

ABSTRACT

CUNHA, A. H. N. **Growing Sweet Grape tomato in hydroponic using different substrates with wastewater.** 2012. 88 p. (Masters in Agricultural Engineering). Goiás State University, Anápolis.

The production of high value commercial vegetables such as tomatoes Sweet Grape, under protected substrates, provides greater efficiency of production factors than cultivation in soil. The aim of this study was to reuse wastewater enriched with nutrients and conventional nutrient solution, applied by drip irrigation in the cultivation of Sweet Grape tomatoes in pots with different substrates. The experiment was conducted at the State University of Goiás - UnUCET between the months June to November 2011 in Anápolis, Goiás. The experiment was conducted in a 3 x 2 factorial, randomized block design with four replications. The plots were made by the types of water (HA and FRC) and the types of substrate (S1 = 60% LA + 40%: 20% CF and 80% CP, S2 = 20% CF and 80% CP and S3 = FCN). The treatments were: T1 = S1 + AR, AR + S2 = T2, T3 = AR + S3, T4 = S1 + FRC, FRC + S2 = T5 and T6 = FRC + S3. The wastewater and well were analyzed for the following parameters: pH, electrical conductivity, temperature, dissolved oxygen, turbidity, alkalinity, total coliform and *E. coli*. For the quantitative analysis of residual water were also analyzed nitrate, nitrite, ammonium, potassium, manganese, total phosphate, sodium, total iron, total hardness, calcium, magnesium, chloride, sulfate, boron, zinc, copper, molybdenum, COD, BOD₅ and total dissolved solids. We analyzed the amount of nutrients required to raise the salts present in the wastewater at levels similar to those used in conventional nutrient solution, and analysis of lower costs with nutrient economy. We evaluated the productivity, the diameter / length, the quantification of total coliforms and *E. coli* in tomato fruits. Determined to be titratable acidity (%), soluble solids (° Brix), the SS/TA ratio and pH. The irrigation system has been evaluated for application efficiency and distribution of the nutrient solution. The tension of water on the substrate was determined by a digital tensiometer puncture. The leach solution vessel was evaluated for pH, EC, nitrate and potassium. The data obtained in this study were subjected to analysis of variance by F test and mean comparison test (Tukey) at a significance level of 5%. The most significant results indicated that high temperature and RH did not affect the productivity and quality of tomato fruits. The production reached corresponding to 75% of the commercial tomato. The high amount of total coliforms present in RA did not affect the quality of tomato fruits. The use of wastewater has resulted in savings of nutrient trading. The index of uniformity of distribution of the nutrient solution at the end of the drip cycle were unacceptable in all treatments. The tension of water on the substrate was maintained within acceptable range for the cultivation of tomato mini. The values of electrical conductivity, nitrate and potassium in the leach solution rose along the cycle of mini tomatoes. The wastewater supplemented with nutrients can be applied for commercial cultivation in hydroponics with different substrates for the production of Sweet Grape tomatoes.

Key Words: Effluent; Reuse; Nutrient Solution; Protected Environment.

1 INTRODUÇÃO

A água é essencial para o saneamento, agricultura, indústria, desenvolvimento urbano, geração de energia hidroelétrica, transporte, recreação e outras atividades. Para tanto, nos planos racionais de utilização da água para o desenvolvimento de fontes de suprimento de água subterrâneas ou de superfície e de outras fontes potenciais devem contar com o apoio de medidas de conservação e minimização do desperdício. Nesse âmbito o reúso agrícola surge como alternativa de conservação da água e solução para evitar o exagerado consumo de água na agricultura.

A desvalorização do reúso de água no Brasil parte do princípio de que a disponibilidade da mesma é suficiente para atender a demanda do país, embora o clima e a extensão territorial favoreçam tal prática. Somam-se a isto as novas tecnologias de tratamento e prolixidade que estão a favor da reutilização do efluente tratado na agricultura, onde grande parte da água é consumida.

Para a prática do reúso vários fatores devem ser levados em consideração como: forma de aplicação, cultura produzida, monitoramento quantitativo e qualitativo do efluente e tratamento do esgoto, sendo este um dos aspectos mais significativos de tal prática. Para que isso ocorra, várias providências devem ser tomadas como esforço sistematizado no sentido de controlar impactos negativos no ambiente e riscos à saúde.

Como a água residuária é rica em nutrientes, esta pode fornecer quantidade considerável destes para a produção de culturas agrícolas, o que pode ser alternativa viável à economia de fertilizantes a serem utilizados, inclusive no preparo de solução nutritiva na produção hidropônica.

Para aplicação da solução nutritiva em hidroponia, a irrigação por gotejamento é a que os agricultores utilizam para a produção de tomate, pois, evita a contaminação dos frutos, além de apresentar elevada uniformidade de aplicação, com reduzidas perdas de solução nutritiva por lixiviação.

No que se refere ao uso de água residuária como fonte de nutriente, esta pode ser utilizada tanto na irrigação convencional, como na produção hidropônica, visando redução na aquisição de nutrientes comerciais ao mesmo tempo que não haja prejuízo no desenvolvimento da cultura, seja do ponto de vista nutricional ou qualitativo. Para produção hidropônica de mini tomates em diferentes meios de cultivos, podem ser utilizados diferentes

substratos, sendo este um fator importante na disponibilização de água e sais para a planta.

O reúso pode ser praticado para produção de diversas culturas dentre elas o tomate que por ser uma cultura de maior porte, sua produção em sistema hidropônico é facilitado quando se utiliza substrato, o que permite maior sustentação e maior facilidade de manejo para aplicação da solução nutritiva. O manejo mais adequado da água, o fornecimento de nutrientes em doses e épocas apropriadas, a redução de riscos de salinização, redução de ocorrência de problemas fitossanitários e redução de risco de perdas de produção são algumas vantagens do cultivo em substratos frente aos sistemas de cultivo no solo.

O tomate *Sweet Grape* é produzido, principalmente, nas regiões Centro Oeste e Sudeste do Brasil. Neste contexto, os agricultores da região Goiânia e Anápolis, vêm procurando novas opções para plantio em relação às culturas tradicionais, visando à obtenção de maiores lucros em prazos reduzidos. As hortaliças, dentre elas o mini tomate produzido em hidroponia, situam-se entre as culturas que proporcionam rápido retorno econômico. Por isso, tal variedade tem despertado grande interesse dos agricultores devido aos valores compensadores e mercado promissor, sendo uma excelente alternativa de diversificação das atividades que, quando associado ao reúso de efluente tratado pode reduzir os custo de produção.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar o uso de água residuária tratada e enriquecida com nutrientes comerciais e solução nutritiva convencional, aplicadas por gotejamento no cultivo de tomate *Sweet Grape* em vaso com três diferentes substratos.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar a qualidade física, química e biológica da água residuária e da água de natural de poço profundo;
- Analisar o crescimento (comprimento das guias) das plantas de tomate ao longo de seu ciclo;
- Avaliar a produtividade do tomate *Sweet Grape* para os diferentes tratamentos;
- Determinar o peso médio individual e calcular a relação diâmetro/comprimento, pH e SS/ATT dos frutos;
- Analisar a contaminação dos frutos quanto a contagem total de microrganismo aeróbios mesófilos, coliformes totais e *E. coli*;
- Quantificar os nutrientes a serem adicionados na água residuária para elevar as concentrações de sais em níveis da solução nutritiva convencional;
- Estimar a redução no uso de nutrientes comerciais nos tratamentos com água residuária enriquecida com nutrientes;
- Estimar a uniformidade de distribuição de água do sistema de irrigação por gotejamento e
- Medir a tensão de água nos diferentes substratos e analisar o lixiviado dos mesmos.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Recursos hídricos

A carência dos recursos hídricos é cada vez mais comum em várias regiões, os motivos vão desde o crescimento e agrupamento da sociedade humana com suas atividades de produção até a degradação progressiva dos corpos hídricos, principal fator pelo qual eles se tornam impróprios para os mais distintos usos (RODRIGUES, 2005).

“O Brasil possui 12% das reservas de água doce do planeta, mas ainda enfrenta problemas crônicos por não ter, até hoje implantado uma política de uso racional e sustentável de seus recursos hídricos” (ANA, 2009, p. 3).

O Plano Nacional de Recursos Hídricos foi criado a partir da lei nº. 9.433 de 8 de janeiro de 1997 quando a bacia hidrográfica foi adotada como unidade de planejamento e estudo. Conforme esta lei, os Planos de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas serão elaborados pelas Agências de Água, supervisionados e aprovados pelos Comitês de Bacia, que deverão levar em consideração os estudos relacionados aos recursos hídricos existentes na área de abrangência das respectivas bacias. O valor econômico dos recursos hídricos, até então desconhecido passa a existir.

Art. 6º. Os Planos de Recursos Hídricos são planos diretores que visam a fundamentar e orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e o gerenciamento dos recursos hídricos.

Art. 19. A cobrança pelo uso de recursos hídricos objetiva:

- I - reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor;
- II - incentivar a racionalização do uso da água;
- III - obter recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos.

A escassez de água no planeta se deve aos múltiplos usos a que a mesma se destina, inclusive à dependência dos ecossistemas ante esse recurso natural. As causas são a falta do recurso, propriamente dito e conflitos de uso. Este fato desperta interesse da economia como ciência social e por este motivo é atribuído à água valor econômico inquestionável. Lanna (2008) afirma que o valor econômico da água não ocorreu em consequência da lei, mas porque ela é um recurso escasso e isso compromete as relações econômicas.

O financiamento de programas e intervenções dirigidos aos recursos hídricos deve considerar a valorização e preservação das várias formas de utilização da água. Neste sentido, é progressiva a conscientização em todo o mundo em torno da importância do uso racional da

água, da necessidade de controlar as perdas e desperdícios e, principalmente da significância do reúso de água para diversos fins como alívio da demanda e preservação da oferta de água para usos múltiplos; reciclagem de nutrientes, economia de insumos como fertilizantes; ampliação de áreas irrigadas e recuperação de áreas improdutivas e degradadas; redução de lançamento de esgotos em corpos receptores, contribuição para a diminuição de poluição, contaminação e eutrofização. Diante da acentuada escassez de recursos hídricos, o reúso de água torna-se uma necessidade de natureza econômica, social e ambiental (FLORÊNCIO *et al.*, 2006).

O maior consumo de água é destinado à agricultura, sendo 2% rural, 7% industrial, 10% urbano, 12% animal e 69% irrigação, consumidos no Brasil, conforme mostra a Figura 01 (ANA, 2009). Nota-se uma diferença bastante significativa a favor da irrigação na agricultura, podendo esta ser desenvolvida com a reutilização da água.

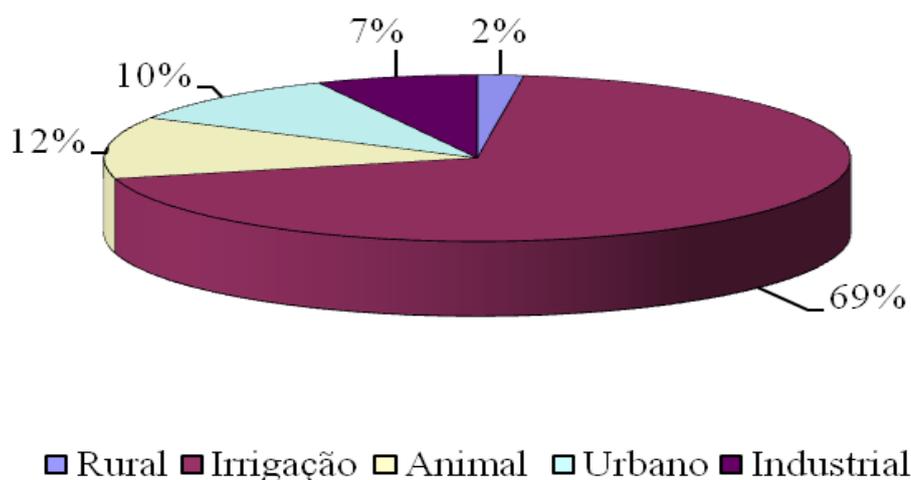


FIGURA 1. Distribuição do consumo de água no Brasil em diversas áreas.
Fonte: ANA (2009).

Ainda segundo a ANA (2009), a irrigação é elemento indispensável da modernidade e de novas técnicas das atividades agrícolas, processo conhecido como revolução verde, que viabilizou a muitos países em desenvolvimento, como o Brasil, produzir alimentos suficientes para toda a sua população. No entanto, isso não foi suficiente, sendo necessária mais água para produzir alimentos o bastante para os 3 bilhões de novos habitantes que o planeta terá nas próximas décadas. Futuramente, a produção de alimentos provavelmente ficará ameaçada pela progressiva concorrência pela água e práticas de irrigação (ANA, 2009). Neste sentido, é

de extrema importância desenvolver e aplicar novas formas de práticas de irrigação como o reúso de água na agricultura, uma vez que esta pode amenizar a competição pela água.

3.2 Reúso e qualidade da água na agricultura

De acordo com Hespanhol *et al.* (2006), no Brasil o CNRH publicou a Resolução n°. 54, em 28 de novembro de 2005, estabelecendo os critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água. Nessa resolução são definidas as cinco modalidades de reúso de água, a saber: para fins urbanos; para fins agrícolas e florestais; para fins ambientais; para fins industriais e na agricultura. A Resolução regulamenta e estabelece diretrizes de qualidade da água de reúso para cada uma das modalidades.

A Resolução n°. 357, de 17 de março de 2005 do Conama, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

Art.3º.

§ único: As águas de melhor qualidade podem ser aproveitadas em uso menos exigente, desde que este não prejudique a qualidade da água, atendidos outros requisitos pertinentes.

Ainda que o esgoto seja tratado, seu lançamento em corpos d'água pode poluí-los. A presença de nitrogênio e fósforo no esgoto bruto e nos efluentes de diversas atividades de tratamento pode resultar em eutrofização, processo responsável por danos nos corpos receptores como: problemas estéticos e recreacionais; condições anaeróbias no corpo d'água; eventuais mortandades de peixes; dificuldade e aumento nos custos de tratamento da água; problemas com o abastecimento de águas industrial; toxicidade das algas; modificações na qualidade e quantidade de peixes de valor comercial; redução na navegação e capacidade de transporte. A amônia também pode possibilitar problemas de toxidade para os peixes e levar ao consumo de oxigênio dissolvido. No que diz respeito às águas subterrâneas, a maior preocupação é com o nitrato, que pode contaminar águas utilizadas para abastecimento, podendo causar sérios danos à saúde pública (MOTA; VON SPERLING, 2009).

No Brasil, a prática de culturas agrícolas irrigadas é bastante comum, ação que demonstra lucro relevante em produtividade quando comparada às culturas não irrigadas. “A procura por culturas exigentes em nitrogênio parece ser também uma estratégia importante”. A ação de conjugar as atividades manuais com a tecnologia agrônômica avançada necessária à irrigação na agricultura com esgoto sanitário não é diferente do manejo convencional ou manejo adequado do sistema solo-água-planta. Assim, se a tecnologia agrícola progrediu a

ponto de facilitar a irrigação, não pode defrontar com empecilhos para lidar com a (ferti) irrigação com esgotos (FLORNÊCIO *et al.*, 2006, p. 12).

A Resolução n.º. 75, de 29 de julho de 2010, do estado da Bahia, visa estabelecer procedimentos para disciplinar a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e/ou florestal: aplicação de água de reúso para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas, prevista no artigo 3º, inciso II, da Resolução do CNRH n.º. 54/2005. Para efeito desta Resolução são adotadas algumas definições como *Coliformes termotolerantes*, *E. coli*, características físicas e químicas recomendadas para água em todos os tipos de reúso para fins agrícolas e/ou florestais. Segundo o Art. 5º, nas situações de utilização de reúso de esgotos sanitários para fins agrícolas e/ou florestais não há restrições de DQO, DBO e SST, sendo as recomendações dos efluentes uma consequência das técnicas de tratamento, que devem ser compatíveis com a qualidade microbiológica definida nesta Resolução. Demonstrando, assim, a importância das citações de literaturas internacionais.

A Resolução n.º. 430, de 13 de maio de 2011, dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n.º. 357 de 2005 do Conama. No Art. 4º são adotadas algumas definições em complementação às contidas no Art. 2º da Resolução n.º. 357 de 2005, algumas de maior interesse são: efluente; esgoto sanitário; fator de toxicidade; parâmetro de qualidade do efluente; teste de ecotoxicidade.

O setor de saneamento sofreu grandes alterações nas últimas décadas, com avanços tecnológicos e inserção de projetos voltados para o tratamento de águas residuárias. No entanto, a maioria destas iniciativas tem orientação de tratamento de grandes volumes de resíduos gerados em grandes centros urbanos, poucas têm como finalidade o desenvolvimento ou adaptação de tecnologias que atendem às verdadeiras condições de uma grande parte da população do país que vive fora dos grandes centros, em comunidades rurais, com recursos financeiros escassos e difícil acesso à informação (MAZZOLA *et al.*, 2003).

A escassez de água no Brasil é consequência da distribuição desordenada e do desperdício de água na irrigação agrícola. A quantidade de água potável que os consumidores desejam adquirir e os conflitos pelos usos múltiplos da água, especialmente na região Sudeste do país, vem pressionando a tomada de decisões sobre o tratamento de água, esgoto e resíduos, bem como o aproveitamento dos efluentes tratados (BERTONCINI, 2008).

Em 1978 o Departamento de Saúde Pública do Estado da Califórnia, EUA, publicou a norma “*Wastewater Reclamation Criteria*” e determinou que efluentes de estação de tratamento de esgotos que passassem a ser utilizados com fins de irrigação de culturas para serem consumidas por seres humanos contivessem número de coliformes fecais menor que

2,2 ufc 100 mL⁻¹ (STATE OF CALIFORNIA, 1978). Quanto às pastagens para animais leiteiros, a utilização de água residuária não deveria conter mais de 23 coliformes fecais por 100 mL.

Shuval *et al.* (1986) demonstraram que os protótipos microbiológicos adotados no Estado da Califórnia eram mais severos que o necessário para se prevenir riscos à saúde pública, provocando gastos dispensáveis no tratamento dos esgotos. Posteriormente foram desenvolvidos outros estudos com ênfase na transmissão de doenças por meio do uso de águas residuárias na agricultura.

Em 1989 a OMS, sustentados por estudos epidemiológicos, publicou as recomendações “*Health Guidelines for the Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture*” nas quais os modelos microbiológicos mostrados na Tabela 01 foram sugeridos (WHO, 1989).

TABELA 1. Qualidade microbiológica de águas residuárias para uso na agricultura.

Condição de reuso	Ovos de nematóides intestinais L ⁻¹	Coliformes fecais 100 mL ⁻¹	Tratamento de esgotos sugerido para se atingir tal padrão microbiológico
Irrigação de culturas que são ingeridas cruas, campos esportivos e parques públicos	≤ 1	≤ 1000	Uma série de lagoas de estabilização projetada para atingir o padrão desejado ou tratamento equivalente
Irrigação de culturas cerealíferas, a serem industrializadas, forrageiras, pastoris e arbóreas	≤ 1	---	Uma série de lagoas de estabilização com tempo total de 8-10 dias ou tratamento equivalente
Irrigação localizada de culturas da categoria anterior quando não ocorre exposição humana	---	---	Não menos que sedimentação primária

Fonte: WHO (1989).

Nakayama e Bucks (1986) expõem sobre as águas residuais, afirmando que são fundamentais quanto aos aspectos sanitários e no caso da irrigação localizada, um fator de qualidade de fundamental importância é o risco de obstruções. A qualidade da água no que diz respeito ao potencial de entupimento dos emissores é apresentada na Tabela 02.

TABELA 2. Risco do potencial de entupimento de emissores pela água de irrigação.

Tipo de problema	Reduzido	Médio	Alto
pH	< 7,0	7,0 - 8,0	> 8,0
Sólidos Dissolvidos (mg L ⁻¹)	< 500	500 – 2000	> 2000
Manganês (mg L ⁻¹)	< 0,1	0,1 - 1,5	> 1,5
Ferro total (mg L ⁻¹)	< 0,2	0,2 - 1,5	> 1,5
Dureza (mg L ⁻¹)	< 150	150 – 300	> 300

Fonte: Adaptado de Nakayama e Bucks (1986).

Conforme Metcalf e Eddy (1991), os elementos químicos podem ser tóxicos ou não. É importante a determinação dos elementos presentes na água de reúso, pois dependendo do tipo de reúso a ser feito a presença de alguns elementos podem ser prejudiciais. A Tabela 03 apresenta as concentrações recomendadas de alguns elementos químicos em água de irrigação.

TABELA 3. Concentrações máximas recomendáveis de alguns elementos químicos em água de irrigação.

Elemento Químico	Concentração (mg L ⁻¹)	Observações
Alumínio (Al)	5,00	Em solos ácidos (pH < 5,5) podem se tornar improdutivos; porem em solos com pH > 7,0, o alumínio precipita eliminando a fitotoxicidade.
Cobre (Cu)	0,2	Entre 0,1 e 1 mg L ⁻¹ , em soluções nutritivas, promove o aparecimento de sintomas de toxicidade.
Ferro (Fe)	5,00	Não é tóxico em solos bem aerados, embora contribua para tornar P e Mo não disponíveis as plantas.
Manganês (Mn)	0,20	De alguns décimos ate poucos mg L ⁻¹ pode ser tóxico em solos ácidos
Molibdênio (Mo)	0,01	Normalmente não é tóxico as plantas. Entretanto, pode causar toxicidade ao gado em casos de pastagens com alto teor de molibdênio.
Zinco (Zn)	2,00	Níveis tóxicos variam amplamente. Sua toxicidade é reduzida em pH > 6 em solos de textura fina.

Fonte: Adaptada de Metcalf e Eddy (1991).

Os processos biológicos da remoção da matéria orgânica biodegradável constituem uma alternativa mais interessante sob os pontos de vista técnico e econômico para efetiva redução da concentração dos compostos contaminantes presentes no esgoto (FLORÊNCIO *et al.*, 2006). Estes compostos sinalizam a qualidade de água residuária e deve ser monitorado para não contaminar o produto final, que pode ser uma hortaliça para consumo *in natura*.

Ayers e Westcost (1985) apresentam alguns critérios de salinidade, toxicidade de elementos químicos específicos e irrigação de plantas consumidas cruas e cozidas. Tais

critérios são usados para avaliação da qualidade da água utilizada ou reutilizada para irrigação e que permitem evitar possíveis problemas de entupimento do sistema de irrigação (Tabela 04). A salinidade é um fator limitante para a disponibilidade de água para a cultura.

TABELA 4. Critérios adotados na interpretação da qualidade das águas de irrigação.

Parâmetro	Unidade	Restrições de uso		
		Nenhuma	Moderada	Severa
Salinidade (fator limitante da disponibilidade de água para a cultura)				
CE	dS m ⁻¹	< 0,7	0,7 - 3,0	> 3,0
SDT	mg L ⁻¹	< 450	450 – 2000	> 2000
Infiltração (avaliada usando CE e RAS simultaneamente)				
RAS			CE	
0 – 3		> 0,7	7,0 - 2,0	< 2,0
3,0 – 6,0		>1,2	1,2 - 0,3	< 0,3
6,0 – 9,0		>1,9	1,9 - 0,5	< 0,5
9,0 – 12		>2,9	2,9 - 1,3	< 1;3
12 – 40		>0,5	5,0 - 2,9	< 2,9
Toxicidade de elementos químicos específicos (afeta culturas sensíveis)				
Sódio (Na ⁺)				
Irrigação superficial	RAS	< 4	4,0 – 10	> 10
Irrigação por aspersão	mg L ⁻¹	< 69	> 69	
Boro (B)	mg L ⁻¹	< 0,7	0,7 - 3,0	> 3,0
Nitrogênio (NO ₃)	mg L ⁻¹	< 5	5,0 - 2,9	< 2,9
pH		Faixa normal	6,5 - 8,4	
	DBO			mg L ⁻¹
Irrigação de plantas consumidas cruas				10
Irrigação de plantas consumidas cozidas				30

Fonte: Adaptada de Ayers e Westcost (1985) e USEPA (1992).

Em se tratando de água residuária, atenção especial deve ser dada para alguns parâmetros de monitoramento do reúso, como a salinidade. A salinidade da água de reúso pode ser medida pela CE, sendo diretamente relacionada com a concentração de sais solúveis. Os valores da CE são expressos em $\mu\text{S cm}^{-1}$ ou dS m^{-1} , os quais podem ser convertidos para miligramas por litro (mg L^{-1}) de sais dissolvidos totais (TSD) no líquido (PAGANINI, 2003).

A literatura australiana citada por Paganini (2003) recomenda a classificação das águas de irrigação conforme o total de sais dissolvidos (Tabela 05).

TABELA 5. Classes de salinidade para águas de irrigação.

Classe	Descrição	TSD (mg L ⁻¹)	CE (µS cm ⁻¹)	CE (dS m ⁻¹)
1	Salinidade baixa	0 – 175	0 – 270	0 – 0,3
2	Salinidade média	125 – 500	270 – 780	0,3 – 0,8
3	Salinidade alta	500 – 1500	780 – 2340	0,8 – 2,3
4	Salinidade muito alta	1500 – 3500	2340 – 5470	2,3 – 5,5
5	Salinidade extremamente alta	> 3500	> 5470	> 5,5

Fonte: Adaptado EPA – Austrália (1991 *apud* PAGANINI, 2003).

O Departamento de Saúde Pública do Estado da Califórnia, EUA, formulou em 1918 a primeira regulamentação oficial sobre a proibição do cultivo de vegetais consumidos crus. Em 1933, apenas na Califórnia, esses cultivos foram permitidos, mas as águas residuárias utilizadas deveriam se constituir de efluentes filtrados ou suficientemente oxidados e desinfetados. Na oportunidade foi introduzido pela primeira vez um padrão-limite para coliformes (CROOK, 1978).

Neste contexto, atualmente são três as abordagens possíveis para o estabelecimento de critérios de qualidade de efluentes para irrigação, que conforme Blumenthal *et al.* (2000) são a ausência de riscos potenciais, caracterizada pela ausência de organismos indicadores e/ou, patogênicos no efluente; a medida da ausência de riscos em excesso ou riscos atribuíveis à irrigação com esgotos dentre uma população exposta; a aplicação da metodologia de Avaliação de Risco e a definição de níveis de risco aceitáveis, ou seja, a estimativa da densidade de patógenos no efluente correspondente ao nível de risco aceitável. E no Brasil, quem padroniza a contaminação dos alimentos é a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), que determina limites microbiológicos para consumo de alimentos *in natura*.

O Ministério da Saúde, através da Resolução nº 12, de 2 de janeiro de 2001, da ANVISA adotou a determinação coliformes a 45 °C, considerando os padrões “coliformes de origem fecal” e “coliformes termotolerantes” como equivalentes a coliformes a 45 °C. Não é correta a relação direta da presença de coliformes termotolerantes em alimentos e água com contaminação de origem fecal, tornando indispensável mudar a legislação brasileira, denominando coliformes fecais para coliformes a 45 °C (SILVA *et al.*, 2006). Devido a isto é importante a determinação de coliformes a 45 °C em alimentos, principalmente irrigados com água residuária ou esgoto tratado, que deve ser caracterizado microbiologicamente, evitando, desta forma, a contaminação dos alimentos.

3.3 Produção hidropônica com efluente

A aplicação de efluentes surgiu como forma de tratamento de esgoto e despertou o interesse de agricultores para sua aplicação na agricultura. Durante anos, essa prática tornou-se desaconselhável devido à presença de patógenos e preocupação com a saúde pública; no entanto, os problemas de escassez de água e o aumento das pesquisas sobre técnicas de aplicação segura e controlada de águas residuárias na agricultura fizeram ressurgir o interesse pelo assunto (AZEVEDO; OLIVEIRA, 2005).

Os critérios qualitativos para utilização de esgoto tratado em hidroponia são determinados a partir da caracterização físico-química do efluente, levantamento dos efeitos do uso do esgoto tratado sobre a produção e produtividade das plantas e conhecimento dos riscos associados à saúde e ao meio ambiente. O conhecimento sobre esses critérios é de suma importância para a escolha da cultura e do tipo de sistema hidropônico empregado e manejo a ser dado, e ainda evitam o desperdício ou uso impróprio da água com nutrientes. Inicialmente, deve-se considerar a caracterização do efluente tratado, sendo possível estabelecer condições para a utilização de esgoto tratado em substituição as soluções nutritivas sintéticas convencionais como baixa concentração de sólidos suspensos, baixas concentrações de bicarbonatos, baixos teores de sódio e cloro, baixa dureza da água e ausência de íons tóxicos (MOTA; VON SPERLING, 2009).

O uso da técnica de cultivo em hidroponia com esgoto tratado é um instrumento poderoso na proteção e uso racional da água. Permite uma economia de área necessária de até dez vezes quando comparado a sistemas de cultivo em solo irrigado. Esta técnica se baseia no princípio de reaproveitamento da água, podendo ser utilizada ainda como unidade de pós-tratamento de efluentes domésticos. Desta forma, os sistemas hidropônicos que utilizam esgoto tratado atuam, sobretudo, na remoção biológica dos nutrientes eutrofizantes (nitrogênio e fósforo) além de remover teores remanescentes de matéria orgânica carbonácea e outros íons que servirão de sustento às plantas cultivadas. Para Melo *et al.* (2009) os esgotos tratados são ricos em sais dissolvidos que são essenciais para as plantas e, portanto, podem ser utilizados na hidroponia como solução de nutrientes.

Outras vantagens de caráter ambiental do uso do esgoto tratado em hidroponia são: redução acentuada do uso de agrotóxicos – não faz uso de herbicidas, diminui a aplicação de inseticidas e fungicidas por ser praticada em ambiente protegido (casa de vegetação ou viveiros); evita problemas de poluição de mananciais (poluição esta causada pelo carregamento de solo e fertilizante nos processos de erosão).

Melo *et al.* (2009) expõem importantes aspectos que devem ser considerados para uma adequada utilização do esgoto tratado em hidroponia, tais como: a presença excessiva de nitrogênio que podem comprometer culturas pouco tolerantes; a presença de íons específicos, que são tóxicos a algumas culturas; a ausência de nutrientes fundamentais na quantidade adequada, como macronutrientes fósforo e potássio, a determinadas culturas; o risco de saúde ao trabalhador e usuários dos produtos hidropônicos devido à contaminação de organismos patogênicos existentes no esgoto bruto; o alto teor de sais dissolvidos que pode comprometer a irrigação por gotejamento. Para estas dificuldades, contudo, já existem soluções inteligentes e seguras e que são comprovadas cientificamente.

O uso indevido de fertilizantes minerais, tanto em sistemas convencionais de cultivo quanto em sistemas hidropônicos, pode causar sérios prejuízos ao meio ambiente e provocar escassez precoce de reservas naturais de alguns elementos indispensáveis à agricultura. Observa-se que este fato deu origem a muitos estudos e aplicações práticas, com o intuito de diminuir os fertilizantes minerais, contendo os gastos com os mesmos (VILLELA JÚNIOR *et al.*, 2003).

Este aspecto se acentua quando se trata especificamente da produção de hortaliças visto que, na maioria das vezes, o olericultor é um pequeno produtor e necessita retirar o máximo de rendimento de sua pequena propriedade. Desta forma, surge a necessidade de técnicas da melhor produção possível de maneira obrigatória, fazendo com que o produtor busque novos modelos de produção, complementando o uso de métodos e insumos convencionais com práticas de cunho ecológico garantindo uma produção agrícola mais acessível e sustentável (FACTOR *et al.*, 2008).

O tratamento de esgoto e a posterior utilização do efluente tratado na agricultura são medidas que se apresentam como forma de combate à poluição e incentivo à produção agrícola. É fundamental para economia, principalmente, quando associado à irrigação com nutrientes advindos do próprio esgoto incentivando a agricultura. Dessa forma, o desenvolvimento de tecnologias que visem promover o aumento da produção agrícola sem graves danos ambientais, a curto e longo prazo, consiste em uma alternativa que favorece o desenvolvimento local sustentável (SANTOS *et al.*, 2006).

Factor *et al.* (2008) explicitam que uma das técnicas da agricultura moderna que vêm sendo utilizada frequentemente para promover o cultivo fora de época, diminuir custos e aumentar a produtividade, é o cultivo protegido que, juntamente com as novas tecnologias aplicadas à área de irrigação, como a aplicação localizada, fertirrigação e, mais recentemente, a hidroponia, tem propiciado bons resultados.

Os cultivos hidropônicos podem ser realizados em sistemas abertos (sem recirculação da água) ou em sistema fechado (em que a água é reaproveitada ao máximo até oferecer mais condições de uso em razão do acúmulo de substâncias e elementos tóxicos ou por questões de higienização). Em cultivos hidropônicos pela técnica do filme nutriente (em calhas) utilizando esgoto tratado, recomenda-se o emprego de sistemas fechados, aumentando assim a “vida útil” da solução nutriente e proporcionando um maior tratamento do esgoto – maior eficiência na remoção de nutrientes eutrofizantes (MELO *et al.*, 2009).

Os aumentos marcantes de produtividade têm sido acompanhados pela degradação ambiental (poluição por pesticidas, erosão e salinização dos solos), problemas sociais (concentração de terras, recursos e produção, mudança no padrão de migração rural/urbana) e pelo uso excessivo dos recursos naturais (FACTOR *et al.*, 2008). Para contornar esses problemas a solução da produção hidropônica utilizando-se esgotos é uma solução viável diante da moderna produção agrícola que se tornou altamente complexa, com ganhos de produção dependente de um manejo intensivo e de uma disponibilidade ininterrupta de energia e recursos suplementares.

Devido a esta modernização do setor agrícola houve necessidade de se produzir mais. Entretanto, Villela Júnior *et al.* (2003) afirmam que para se atingir este objetivo foi necessário melhorar as condições para o desenvolvimento das plantas por meio da adubação química, do uso de defensivos agrícolas, da melhoria genética das plantas, da irrigação, do manejo de solo e de tantos outros insumos e técnicas capazes de conduzir os cultivos a melhores produtividades, inclusive a melhor forma de aplicação da solução nutritiva.

Santos *et al.* (2006) explanam que a prática da utilização de águas residuárias, tratadas na agricultura, apresenta diversas vantagens, dentre elas a economia de água, de fertilizante mineral e ainda evita a contaminação orgânica e microbiológica do meio ambiente.

A OMS assegura que o tratamento primário de esgotos domésticos já é suficiente para torná-los adequados à irrigação de culturas de consumo indireto (OMS, 1989 *apud* SANTOS *et al.*, 2006).

3.3.1 Composição e características da solução nutritiva

O cultivo hidropônico necessita de manejo de fatores como temperatura (níveis ótimos em torno de $24 \pm 3^\circ\text{C}$), pH (valores adequados entre 5,5 a 6,5) e condutividade elétrica da solução nutritiva (faixa ótima entre 1,5 a 4,0 dS m^{-1}) e que devem ser monitorados e

controlados periodicamente (FURLANI *et al.*, 1999). Sendo assim, os nutrientes devem ser fornecidos em níveis da exigência da cultivar e para elevar a qualidade do produto.

Um bom programa nutricional é essencial para o crescimento de plantas de qualidade superior. O monitoramento no substrato do pH e condutividade elétrica (CE) com o método de extração *PourThru* permite verificar o seu balanço iônico (pH) e quantificar os nutrientes. Os valores fornecem indícios sobre o desempenho da cultura antes que os sintomas de deficiência ou toxicidade apareçam (CAVINS *et al.*, 2000). A mensuração da condutividade elétrica é importante no cultivo de plantas, uma vez que é um fator limitante da disponibilidade de água e efeitos sobre a absorção de nutrientes pelas plantas.

A situação de acúmulo de nutrientes na solução de nutrição, ou seja, a grande concentração de determinados nutrientes em relação aos outros cria condições para que vários tipos de interações se manifestem entre os nutrientes (MELO *et al.*, 2009). Os efluentes tratados apresentam em sua composição um elevado número de nutrientes em concentrações diversas e não balanceadas.

Um grande número de fertilizantes pode ser utilizado para aplicação via solução nutritiva, em que os mais apropriados ou recomendados são os que apresentam alta solubilidade. Além da solubilidade, outros fatores devem ser analisados na escolha do fertilizante mais adequado para utilização em fertirrigação, como: compatibilidade, pureza, poder corrosivo, poder acidificante, possibilidade de entupimento do sistema de irrigação, custo do produto e da aplicação (FERNANDES; TESTEZLAF, 2002).

As práticas de irrigação e nutrição das plantas via solução nutritiva são alguns fatores para o sucesso do cultivo do mini tomate como o *Sweet Grape*. O cultivo vem sendo desenvolvido em substrato sob ambiente protegido (SOARES *et al.*, 2005).

O aumento da produtividade e da qualidade dos frutos produzidos pode ser resultado do cultivo em substratos com a utilização da hidroponia, pois possibilita às plantas a quantidade de nutrientes adequada para cada estágio de desenvolvimento da cultura (CHARLO *et al.*, 2009).

Melo *et al.* (2009) descrevem os principais aspectos relacionados ao fornecimento do esgoto tratado que são: determinação da quantidade (vazão de alimentação), periodicidade (turnos de rega), estabelecimento de tempo de recirculação e, definição sobre correção de efluente (pH e adição de nutrientes). Para se fazer a adição correta na solução nutritiva é necessário quantificar os nutrientes presentes no efluente. A quantidade de nutrientes a serem adicionados na solução nutritiva deve ser feito para complementação da mesma.

Holcman (2009) afirmam que os nutrientes utilizados em uma solução nutritiva para o

período vegetativo devem ser nitrato de cálcio, nitrato de potássio, nitrato de magnésio, MAP (fosfato monoamônico), MKP (fosfato monopotássico) e micronutrientes. Na fase de frutificação podem ser utilizados sulfato de potássio, sulfato de magnésio, nitrato de cálcio e micronutrientes.

O ponto chave para a produção de plantas em sistema hidropônico é a adequação da solução nutritiva à cultura de interesse. Tem-se a necessidade de associar a concentração da solução e a razão entre os nutrientes com crescimento e desenvolvimento das plantas (FERNANDES *et al.*, 2002). Várias fórmulas são propostas na literatura especializada, porém não se sabe ao certo a forma, o horário e a quantidade corretos para aplicação da solução a fim de se obter a produção desejada.

Abrahão *et al.* (2011) explanam que no cultivo de mini tomate há falta de informações sobre as relações entre potássio, cálcio e magnésio em solução nutritiva, principalmente no cultivo em substratos, onde a carência de pesquisas é ainda maior.

3.3.2 Aplicação da solução nutritiva

Existem diferentes maneiras de se aplicar solução nutritiva em sistema hidropônico, sendo que no uso de substratos para cultivo a irrigação por gotejamento é o mais utilizado. Este sistema se caracteriza por aplicar pequenas vazões com alta frequência, diretamente sobre a zona radicular, mantendo a umidade do substrato/solo próxima à capacidade de campo. Mesmo assim, este sistema não é muito utilizado, principalmente por pequenos agricultores, devido ao alto custo de investimento inicial, especialmente em condições de campo (OLIVEIRA *et al.*, 2006).

No entanto, o gotejamento é o mais recomendado para aplicação de água residuária para produção de tomate em sistema hidropônico, pois diminui a contaminação de frutos, apresenta maior uniformidade de aplicação, diminuindo as perdas para o meio ambiente. De acordo com Carrijo e Marouelli (2002), devido ao reduzido volume de água disponível às plantas na produção hidropônica, as irrigações por gotejamento são realizadas em regime de alta frequência (até 15 vezes por dia) e baixo volume, assim como o fornecimento de nutrientes.

A aplicação da solução nutritiva apresenta inúmeras vantagens quando comparada à adubação convencional: aplicação dos nutrientes juntamente com a água, aumentando sua absorção, melhor distribuição e parcelamento, observando a aplicação via gotejo, permitindo rendimento satisfatório na utilização de nutrientes pelas plantas (RAGOZO *et al.*, 2009).

O manejo inadequado da irrigação pode levar as plantas a condições de deficiência

hídrica, comprometendo a produção. Por outro lado, a aplicação de quantidades de água acima dos limites aceitáveis de drenagem aumenta o custo de produção, além de gerar poluição ambiental devido à perda excessiva de nutrientes (MAROUELLI *et al.*, 2005).

Segundo Gomes *et al.* (2003), o grande interesse pelo método de irrigação por gotejamento foi despertado principalmente pelas expectativas de economia de água e aumento na produção e qualidade da cultura. Quando bem manejado, a umidade do solo é mantida sempre próxima da capacidade de campo, facilitando a absorção de água e nutrientes pelo sistema radicular da cultura. Com a água e nutrientes sendo mais facilmente absorvidos, ocorre um aumento na transpiração que acelera o metabolismo vegetal, podendo aumentar a produção.

3.3.3 Uniformidade de distribuição de água de tubos gotejadores

A suscetibilidade do gotejador ao entupimento depende, em grande parte, do diâmetro para passagem da água e do regime de fluxo. Maiores diâmetros e fluxo turbulento resultam em menor risco de entupimento. Os gotejadores com vazão de 1,0 e 2,0 L h⁻¹ são os mais utilizados. A vantagem de se utilizar gotejadores com alta vazão é que eles podem reduzir problemas de entupimento devido ao maior diâmetro de passagem de água e aumentar a largura da faixa de molhamento (MAROUELLI; SILVA, 2002). Entretanto, exigem a utilização de linhas laterais com menor comprimento que gotejadores de baixa vazão para se atingir uma desejada uniformidade de emissão, o que aumenta o custo do sistema de irrigação.

A irrigação por gotejamento deve promover do ponto de vista hidráulico uma distribuição de água em múltiplas saídas, o mais uniforme ao longo do comprimento da linha, o que nem sempre é possível (GOMES *et al.*, 2003). Por isto é desejável uma pequena variação de vazão nos emissores do sistema. Quanto menor a variação da vazão entre os emissores, maior será a uniformidade. A uniformidade de aplicação de água em um sistema de irrigação é influenciada pelos fatores construtivos que determina o coeficiente de variação de fabricação, pelos fatores hidráulicos, pelas obstruções dos emissores e até mesmo pela temperatura da água.

3.3.4 Substratos para hidroponia

Uma das alternativas atualmente existentes para contornar problemas de patógenos nos solos é o cultivo em substratos, sendo a fertirrigação o principal meio de fornecimento de

água e nutrientes para esse sistema de cultivo. A fertirrigação, bem manejada, favorece o aumento da produtividade e qualidade do tomate. Todavia, como em toda técnica, um manejo inadequado no fornecimento de fertilizantes pode ocasionar salinização do substrato e ocorrer uma absorção excessiva de nutrientes pelas plantas, causando toxicidade e diminuição na produtividade e qualidade dos frutos, além da perda desnecessária de nutrientes e possibilidade de contaminação do meio ambiente (KAWAKAMI *et al.*, 2007). Com a salinização também pode ocorrer inibição da absorção de nutrientes pela planta através da disponibilidade em excesso de outros nutrientes.

Gusmão *et al.* (2006) observaram quatro substratos (Rendimax-Estufa®, areia, solo coberto com filme de polietileno preto e solo descoberto) e quatro híbridos de tomateiro tipo cereja ('*Mascot*', '*Gisela*', '*Cheri*' e '*Sweet Million*'). Os cultivos em solo proporcionaram maior produção diária que no substrato comercial e em areia, para os híbridos '*Gisele*' e '*Mascot*'. O híbrido '*Gisela*' mostrou-se mais produtivo nos cultivos em solo, enquanto o híbrido '*Cheri*', embora tenha proporcionado menores produções em peso, produziu maior número de frutos por planta. O cultivo hidropônico feito em recipientes preenchidos com material de suporte às plantas depende de diversos fatores, dentre eles o correto manejo da irrigação, da aplicação da solução nutritiva e da capacidade de armazenamento de água e disponibilização dos sais às plantas pelo substrato utilizado. A produtividade dos tratamentos foi satisfatória, estando de acordo com os padrões de produção para a cultura no Brasil.

A crescente demanda por hortaliças de qualidade tem impulsionado alterações nas técnicas de produção. Verifica-se gradual substituição do cultivo de hortaliças em solo para o cultivo em substrato, principalmente quando a presença de patógenos no solo impossibilita o cultivo. Mais do que exercer a função de suporte às plantas, o substrato para cultivo deve proporcionar adequado suprimento de ar e água ao sistema radicular. Adicionalmente deve ser isento de fitopatógenos, de fácil manejo, baixo custo, alta disponibilidade e ter longa durabilidade (FERNANDES *et al.*, 2006).

O cultivo sem solo surgiu como técnica racional, que busca o ideal uso da água, do espaço, do tempo, dos nutrientes e da mão-de-obra. Algumas variantes do cultivo sem solo foram desenvolvidas, destacam-se a hidroponia tipo NFT (*Nutrient Film Technique*) e cultivo em substratos. A solução nutritiva em cultivo com substrato não retorna como a do tipo NFT e o material que serve de sustentação para a planta (substrato). Conforme Schulz (2009), a definição do recipiente para produção de qualquer cultura em hidroponia em substrato é um importante aspecto, pois influencia diversas características da planta e pode interferir na produtividade da cultura. Tanto para o pepino como para muitas outras oleráceas existem

poucas informações que facilitem a recomendação de um sistema de cultivo hidropônico que alie produtividade e facilidade de manejo.

Pesquisas foram desenvolvidas com vários substratos predominantes em diversas regiões como a casca de arroz (ANDRIOLO *et al.*, 1999), bagaço de cana-de-açúcar (FERNANDES *et al.*, 2002), composto de resíduos hortícolas (URRESTARAZU *et al.*, 2000), composto de resíduo de uva (REIS *et al.*, 2001), casca de amendoim (FERNANDES *et al.*, 2002) e fibra da casca de coco (CARRIJO *et al.*, 2004; ABRAHÃO, 2011). Entretanto, considerando-se a disponibilidade e o baixo custo, tem sido investigada a possibilidade de utilizar vários resíduos agrícolas, como substrato, produzidos em diferentes regiões (FERNANDES *et al.*, 2006).

O problema de uso intensivo de solos em ambientes protegidos pode contaminá-los por microorganismos fitopatogênicos além de causar salinização, em algumas regiões, têm limitado a produção nesse sistema e, os produtores nem sempre dominam técnicas para solucioná-los. Entretanto, uma alternativa para contornar esses problemas em cultivo protegido é a utilização de substratos removíveis associados com a irrigação por gotejamento (GUSMÃO *et al.*, 2006).

3.4 Tomate Sweet Grape

3.4.1 Origem e mercado

A marca do tomate *Sweet Grape* é registrada pela Sakata Seed Corporation, empresa reconhecida no mercado internacional, pela tecnologia de ponta empregada no melhoramento genético de sementes de hortaliças e flores, com suas atividades no Brasil desde 1998 em São Paulo (Bragança Paulista) (GRUPO NK, 2012).

Dentre as diversas cultivares de tomate, a demanda e a oferta pelo mini tomate têm aumentado nos últimos anos, pois além de ser muito saboroso, é bastante atrativo, sendo muito utilizado na ornamentação de pratos e no preparo de saladas. Para os produtores, o interesse em cultivar esse grupo de tomate se deve ao alto valor agregado no mercado (ABRAHÃO, 2011).

Os frutos de tomate *Sweet Grape* possuem garantia de boa procedência e comprovada qualidade do fruto que pode ser verificada pela rastreabilidade do produto, ou seja, mais um ingrediente oferecido ao consumidor (GRUPO NK, 2012). Isto significa que o consumidor final pode conferir sua origem, tratamento e distribuição através do código do produto

presente na embalagem.

O tomate *Sweet Grape* conquistou o paladar do consumidor brasileiro mais exigente, através de toda garantia de qualidade do produto e demais aparatos oferecidos (GRUPO NK, 2012). Cresce a cada dia o consumo do tomate *Sweet Grape* pela incorporação em cardápios da mesa do consumidor. Segundo Gusmão *et al.* (2000), a utilização de mini tomates como adorno, aperitivo e na confecção de pratos diversos é uma forma de consumo dessa hortaliça, que é bastante consumida em restaurantes por ser considerado uma hortaliça exótica de tamanho pequeno e delicado.

Para Caetano (2010), o produtor José Fernando de Almeida, da Fazenda Itapeva dos Três Moleques, em Jacareí, SP, foi um dos que não hesitaram em apostar no *Sweet Grape*. Há três anos, plantou 1,5 mil pés da variedade e comercializou toda a produção para uma distribuidora paulista. Pesquisas recentes como as de Holcman (2009) e Abrahão (2011) demonstram que o tomate *Sweet Grape* está sendo utilizado por ser um produto com valor agregado.

Para o agricultor, o investimento na variedade tem se mostrado interessante (CAETANO, 2010) e o custo de produção do *Sweet Grape* é de cerca de R\$ 2,60 por quilo – bem maior que o do tomate convencional, que fica entre R\$ 0,80 e R\$ 1 por quilo. O horticultor recebe, em média, R\$ 4,05 por quilo, ou R\$ 0,73 por 180 gramas de *Sweet Grape*, volume geralmente disposto em uma embalagem e esta quantidade é vendida às redes de varejo por entre R\$ 1,75 e R\$ 2,00 e ao consumidor no mínimo R\$ 3,00.

3.4.2 Características da cultura de tomate

O tomateiro é uma planta herbácea, de caule flexível e incapaz de suportar, na posição vertical, o peso combinado da parte vegetativa e dos frutos. Por essa razão a cultura destinada à produção de frutos para mesa é conduzida com tutoramento (FILGUEIRA, 2003). Outro fator que influencia a forma da planta é o crescimento indeterminado, que ocorre no tomate *Sweet Grape*. Ocorre dominância da gema apical sobre as gemas laterais, resultando em menor desenvolvimento destas.

O *Sweet Grape* é um tomate comercializado recentemente com muito sucesso. É conhecido como tomatinho uva pela sua semelhança com esta fruta, ser adocicada e baixa acidez (CAETANO, 2010). Um fruto com características híbridas, com formato oblongo como o tomate italiano.

No início da década de 1990 foi introduzido no Brasil um novo grupo de cultivares

para mesa, que antes era conhecido como “tomatinho selvagem” no meio rural. É caracterizado pelo minúsculo tamanho e pequeno peso dos frutos (10 a 30 g), biloculares, com atrativa coloração vermelha uniforme (FILGUEIRA, 2003).

De fato, a variedade é bastante interessante, pequena e alongada como uvas *thompson*, possui teor de açúcar elevado ($^{\circ}\text{Brix} > 6$) e é indicada para uso em saladas ou consumo sem acompanhamento, como uma fruta *in natura*. Segundo o Grupo NK (2012) os frutos do tomate *Sweet Grape* possuem peso médio de 10 a 20 g tem coloração vermelho intenso e é um fruto de excelente qualidade e sabor.

Tomate-salada, tomate-caqui, tomate-italiano, tomate-cereja. No mercado brasileiro, é comum encontrar uma grande diversidade da hortaliça, figura fácil em saladas, molhos, lanches e outras combinações culinárias. Entretanto, Caetano (2010) explica que uma representante miúda da espécie tem sobressaído em meio à concorrência: o *Sweet Grape* – ou tomate-uva, como vem sendo popularmente chamado.

O cultivo é conduzido em ambiente protegido realizado em estufas. Entretanto, é realizado acondicionado em vasos ou “bags”, nunca diretamente no solo. A irrigação é feita por gotejo e a solução nutritiva aplicada é padronizada pela Sakata. A planta rende seis meses de colheita, depois é preciso replantar. Segundo a Sakata, cada estufa de 1.260 metros quadrados tem capacidade para manter 2,5 mil plantas. A meta de produtividade é de 10 quilos por planta ao ano (SAKATA, 2012). O ciclo da do *Sweet Grape* leva 60 dias, da sementeira ao início da colheita.

De acordo com a Sakata (2012) o tomate *Sweet Grape* é uma cultivar do tipo uva de formato oblongo, coloração vermelho intenso. Possui frutos com excelente qualidade e sabor, com alto $^{\circ}\text{Brix}$ e peso médio dos frutos de 10 a 20 gramas. Apresenta alto nível de resistência a *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* raça 1 (Fol1), *Tomato mosaic virus* (ToMV) estirpe Tm1, *Stemphylium solani* (Ss) e *Cladosporium fulvum* (Cf).

Alguns autores como Alvarenga (2004) denominam o tomate *Sweet Grape* pertencente a um determinado grupo chamado de mini tomates, pois existem variedades que desviam do padrão chamado tomate cereja, seja pelo formato, que pode ser ovalado (*Sweet Grape*), periforme ou redondo (*Sweet Million*), ou pela coloração, podendo ser amarela (*Sweet Gold*), laranja ou vermelha.

3.4.3 Produção de tomate *Sweet Grape* em hidroponia

O Grupo NK (2012) explica que o sistema utilizado na produção do tomate *Sweet*

Grape é sistema chamado de “cultivo protegido”, ou seja, obrigatoriamente em estufas nas cidades de Itupeva, São Miguel Arcanjo, Pilar do Sul, Jacareí, Mogi das Cruzes, Biritiba Mirim, Guarulhos, Pouso Alegre-MG e Ibiúna, dentre outras.

A cultura do tomateiro expandiu-se na última década, colocando o Brasil em posição de destaque, junto aos maiores produtores mundiais (SOARES *et al.*, 2005). O cultivo dos híbridos de tomateiro dos grupos caqui e mini tomates, como o *Sweet Grape*, desperta maior interesse pelos produtores que utilizam o cultivo protegido, alcançando grande aceitação de mercado consumidor. O resultado do valor agregado do produto é adquirido pelas práticas de cultivo feitas pelos produtores.

Holcman (2009) testou duas cultivares de tomate tipo cereja: *Sweet Grape* e *Sweet Million* submetidas a dois ambientes com diferentes coberturas e soluções nutritivas. A solução nutritiva aplicada foi a relação K:N 2:1 e 3:1 na fertirrigação, o que demonstra o enfoque estudado atualmente voltado para a produção em ambientes protegidos, utilizando substrato e solução nutritiva.

Geralmente se aplicam condições mais especializadas de cultivo para os tomates diferenciados, como ambiente protegido, sob proteção de telados e com o uso de plantio em vasos ou bags, com fertirrigação, entre outros, voltados à obtenção de um produto final de alta qualidade (JUNQUEIRA, *et al.*, 2011). Podem, no entanto, ser cultivados em campo aberto, desde que em regiões com menor índice pluviométrico e menor incidência de pragas e doenças. Estas especialidades do tomate *Sweet Grape* são denominações de produtos desenvolvidos a partir dos conceitos de agregação de valor pela diferenciação no sabor, aparência, tamanho, formato, qualidade e pela inovação e criatividade na forma de embalagem e apresentação ao consumidor final.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização geral do projeto

O experimento foi conduzido no campo experimental da Universidade Estadual de Goiás - UEG, na Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas – UnUCET, na cidade de Anápolis, GO, situado no Campus Henrique Santillo, BR 153, nº 3.105. A área está localizada a 16°20'34"S e 48°52'51"W, a 997 m de altitude (MOURA et al., 2005).

Segundo a classificação de Köppen, o município de Anápolis- GO apresenta clima Aw, com características climáticas quentes, úmidas a semi-árido, sendo o clima tropical sazonal, com regime pluvial bem definido, ou seja, período chuvoso de outubro a março e período seco de abril a setembro. A temperatura média anual do ar é de 25,0 °C, e o mês de junho apresenta a menor média de temperatura mínima do ar (20,5 °C), enquanto o mês de setembro apresenta a maior média de temperatura máxima do ar (31,4 °C). A precipitação média anual é 1750 mm, e a umidade relativa do ar, média anual, é de 61% (SEPIN, 2009).

O desenvolvimento do experimento ocorreu entre os meses de junho a novembro de 2011, com o transplante das mudas para os vasos no dia 17 de junho, quando as mudas apresentavam seis folhas definitivas, sendo que o ciclo completo englobou parte do período seco, junho a setembro e do período chuvoso, outubro e novembro.

Foram observados por meio de termohigrômetro digital, modelo THG312 marca Oregon Scientific, os dados de umidade relativa do ar. As temperaturas foram coletadas com termômetro de mínima e máxima, que ficava dentro da casa de vegetação. Estes elementos meteorológicos foram coletados à altura das plantas, diariamente e durante todo o ciclo da cultura.

As análises qualitativas e quantitativas do tomateiro e as análises das águas de irrigação utilizadas foram realizadas nos Laboratórios de Engenharia Agrícola e Química Inorgânica da Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas – UnUCET, Campus Henrique Santillo, da Universidade Estadual de Goiás – UEG, enquanto que as análises de contaminação dos frutos foram realizados na Embrapa Cerrados.

A Figura 2 apresenta a localização da Estação de Tratamento de Esgoto – ETE da UEG/UnUCET, onde foi tratado esgoto gerado na unidade universitária e posteriormente utilizada no preparo da solução nutritiva enriquecida com nutrientes comerciais, sendo a ETE

localizada a 700 metros do local do experimento, de onde foi bombeada por uma motobomba de 3 CV para outro reservatório no interior da casa de vegetação.

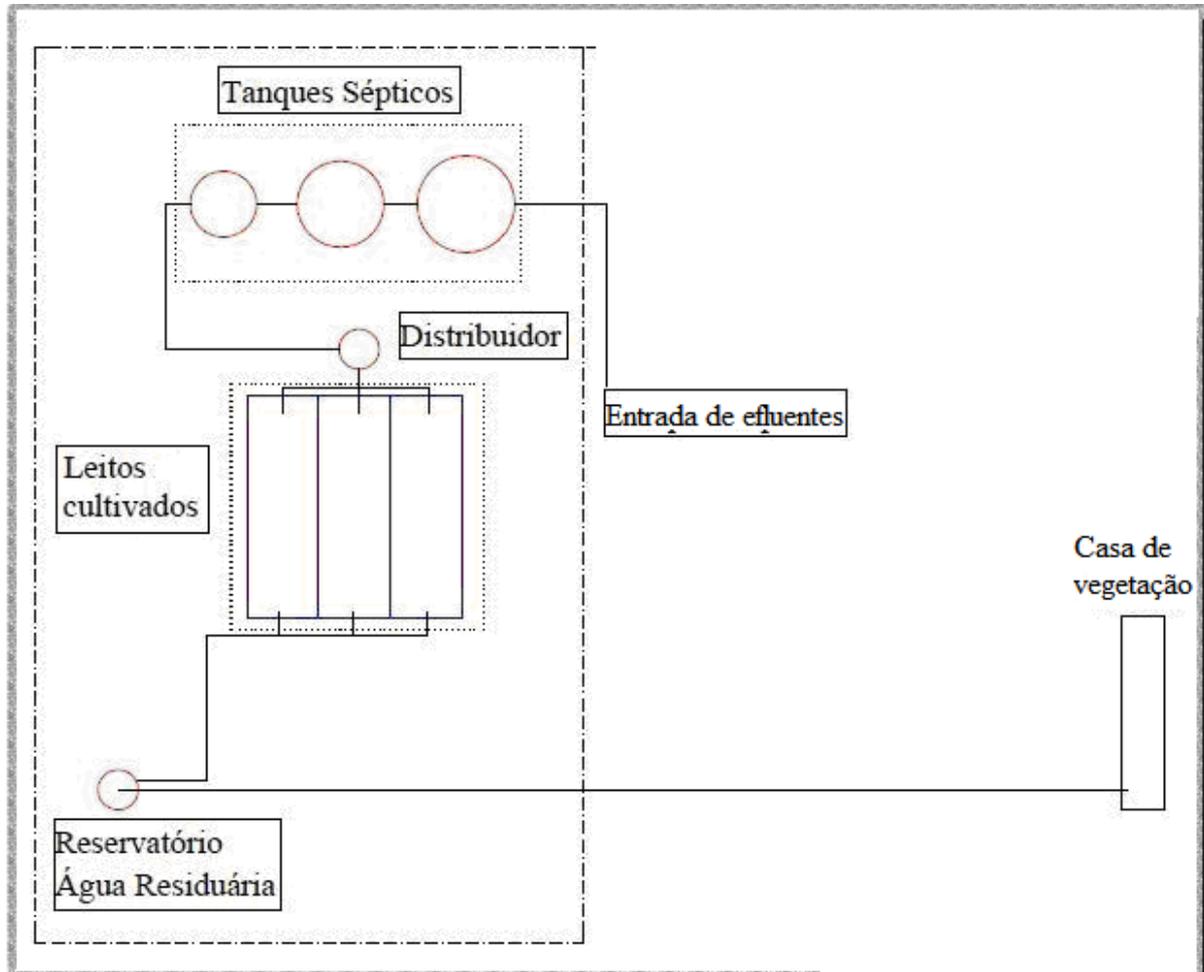


FIGURA 2. Localização da ETE/UEG/UnUCET e da casa de vegetação onde realizou-se o experimento.

O cultivo foi em casa de vegetação (Figura 03A e 3B) com formato em túnel alto em estrutura metálica com dimensões de 14,0 m de largura, 60,0 m de comprimento, pé direito de 3,5 m e altura central de 4,4 m. Lateral com tela de polietileno transparente, que permite a sua movimentação vertical para auxiliar no controle da temperatura no interior da casa de vegetação e quatro portões de 2,2 m x 3,35 m. Cobertura de poliagro de baixa densidade, contendo difusor de luz e antivírus, aditivado com anti ultra violeta (UV) e 150 micras de espessura, fixado com perfil de alumínio e mola e estrutura em aço galvanizado a fogo.



FIGURA 3. Local de desenvolvimento do projeto: vista externa (A) e vista interna (B).

A água do poço e do efluente foram conduzidas ao local do experimento por mangueira de polietileno de $\frac{3}{4}$ ", sendo uma tubulação para água de poço e outra para água residuária proveniente do tratamento de efluentes da UEG.

4.2 Origem da água residuária e água do poço

A água residuária da UnUCET/UEG é composta de dejetos domésticos e sanitários dos laboratórios, dos prédios das salas de aula, da cozinha do restaurante e da área administrativa. Estas instalações ocupam uma área construída de 12.296 m². No Campus existem 11 cursos de graduação e 2 de mestrado, e estima-se que no período das aulas a população média diária da Unidade Universitária é de aproximadamente de 3.200 pessoas, se concentrando no período diurno.

Os tanques sépticos modificados (TSM) foram montados acima do solo sendo usadas três caixas de polietileno de 15.000, 10.000 e 5.000 L de volume total, respectivamente, com entrada do efluente na superfície das mesmas. Devido a localização das entradas nos tanques sépticos, o volume útil do primeiro tanque com capacidade total de 15.000 litros, se reduziu para aproximadamente 12.500 L, para o segundo tanque séptico utilizou-se aproximadamente 8000 L e no terceiro 4.000 L, totalizando 24.500 L.

Em seguida aos tanques sépticos modificados o efluente foi derivado para uma caixa de passagem de cimento amianto de 100 L e um registro de gaveta de 25 mm, de onde saí um tubo de PVC de 40 mm, que se divide em 3 saídas, sendo, um para cada leito cultivado. Os três leitos são retangulares (12 m x 1 m x 1 m) construídos em alvenaria de tijolos comuns,

com base em concreto, além de revestimento interno com cimento impermeabilizante, com funcionamento em paralelo.

Em cada leito foi instalado um dreno com tubo de PVC de 100 mm, com furos de 10 mm de diâmetro espaçados entre si de 10 cm. Os mesmos foram instalados no fundo de cada leito de cultivo, ligado em outro tubo de 50 mm externamente ao tanque, tendo a mesma altura de até cerca de 10 cm abaixo da altura máxima dos leitos, de forma que serviu também, para manter o nível da água nos leitos. Foi desenvolvido um sistema de drenagem com registro de abertura tipo esfera, com tubos de PVC de 50 mm em cada leito, possibilitando a coleta do efluente tratado de onde foi conduzido a um reservatório com capacidade para 3.000 L.

Utilizou-se como meio de suporte em cada leito de cultivo de fluxo subsuperficial, brita #2, cascalho lavado e cascalho natural, com porosidade de 50%, 43% e 56%, e volume útil de 5.400 L, 4.644 L e 6.048 L, respectivamente, sendo cultivado em todos os leitos a macrófita da espécie *Typha sp* (Taboa) (Figura 4 A, 4B, 4C e 4D).



FIGURA 4. Vista dos tanques sépticos modificados em série (A), leitos cultivados com taboa (B), entrada do efluente nos leitos com fluxo subsuperficial (C) e caixa de armazenamento da água residuária no interior da casa de vegetação (D).

Foi utilizado como fonte da água natural, água de um poço semi-artesiano, localizado na Universidade Estadual de Goiás, que abastece a UnUCET. A água do poço foi armazenada na casa de vegetação, em caixa de água de 2000 litros de polietileno.

4.3 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados no esquema fatorial 2 x 3, resultando em seis tratamentos, com quatro repetições, totalizando vinte e quatro parcelas. Cada parcela foi constituída por duas linhas de plantas, com exceção das parcelas das extremidades que possuíam três linhas e uma planta a mais em todas as linhas, sendo a última linha e planta servindo como bordadura.

Os tratamentos foram constituídos por duas águas (AR = solução de água residuária e SnC = solução nutritiva convencional) e três substratos (S) (S1 = 60% de AL + 40% de S2; S2 = 20% de FC e 80% de CP e S3 = FCN). Os mesmos foram distribuídos dentro de cada bloco ao acaso e foram constituídos pela combinação da água com o substrato: T1 = AR+S1; T2 = AR+S2; T3 = AR+S3; T4 = SnC+S1; T5 = SnC+S2 e T6 = SnC+S3 (Figura 5).

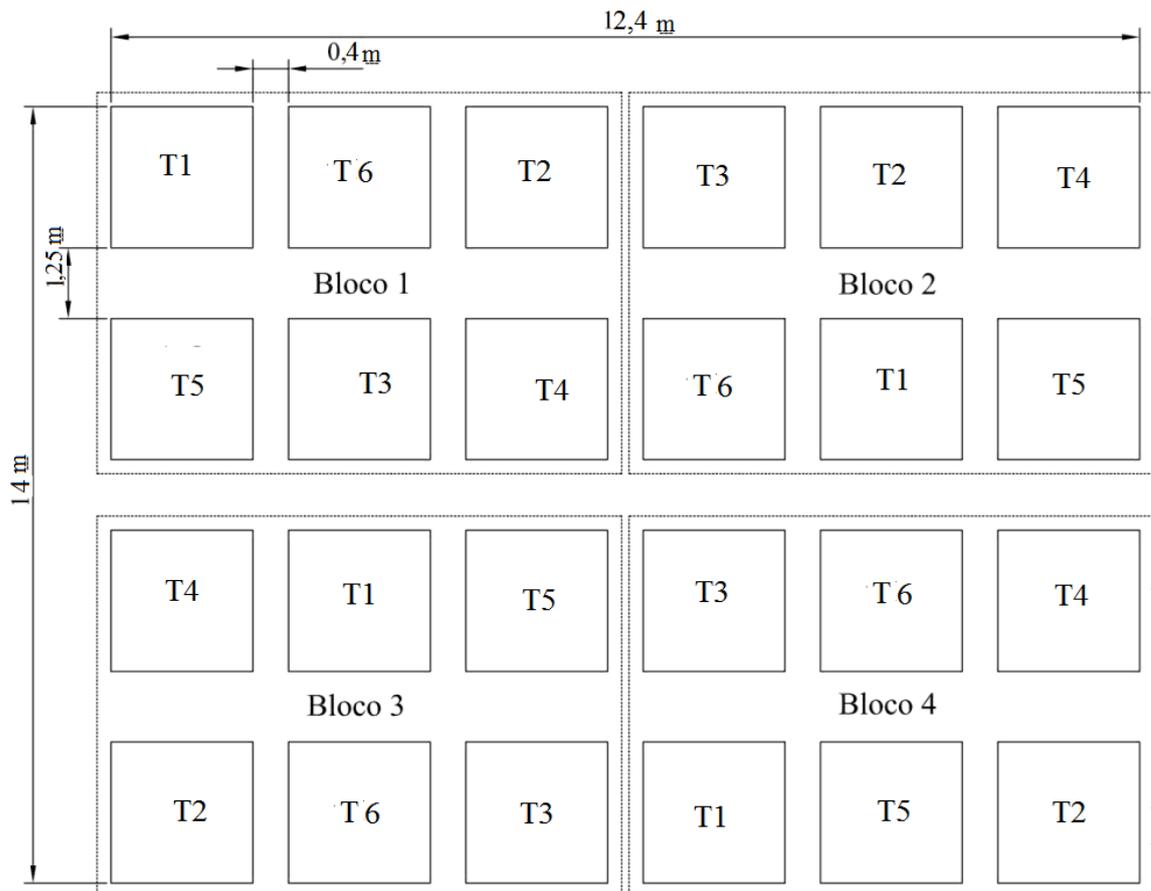


FIGURA 5. Croqui do experimento com a distribuição dos tratamentos nos blocos.

Cada tratamento dentro do bloco possuía dez plantas úteis, cinco em cada linha. O espaçamento entre cada vaso foi de 0,40 m tanto entre plantas quanto entre blocos. A bordadura foi montada apenas nas laterais dos blocos, ou seja, não havia bordadura dentro dos mesmos. A bordadura foi composta de uma linha de plantas em volta de todo o experimento.

4.4 Implantação e condução do experimento

No experimento foi conduzido o tomate Sweet Grape em vasos, em dez fileiras simples, com de dez plantas úteis em cada parcela, distantes 1,25 metros entre linhas e 0,40 m entre plantas, totalizando 320 plantas, com dois tubos de gotejadores por fileira de planta para

cada tipo de solução nutritiva, instaladas sobre os vasos. Foram dispostos dois tubos para AR e dois para SnC em todas as fileiras, aplicando a solução nutritiva de cada tratamento no tubo correspondente (Figura 6A e 6B). Para isso, os gotejadores que não correspondia a solução nutritiva desejada, ao passarem sobre os vasos, os emissores eram vedados com fita isolante, de forma que cada vaso recebia a vazão de dois gotejadores.

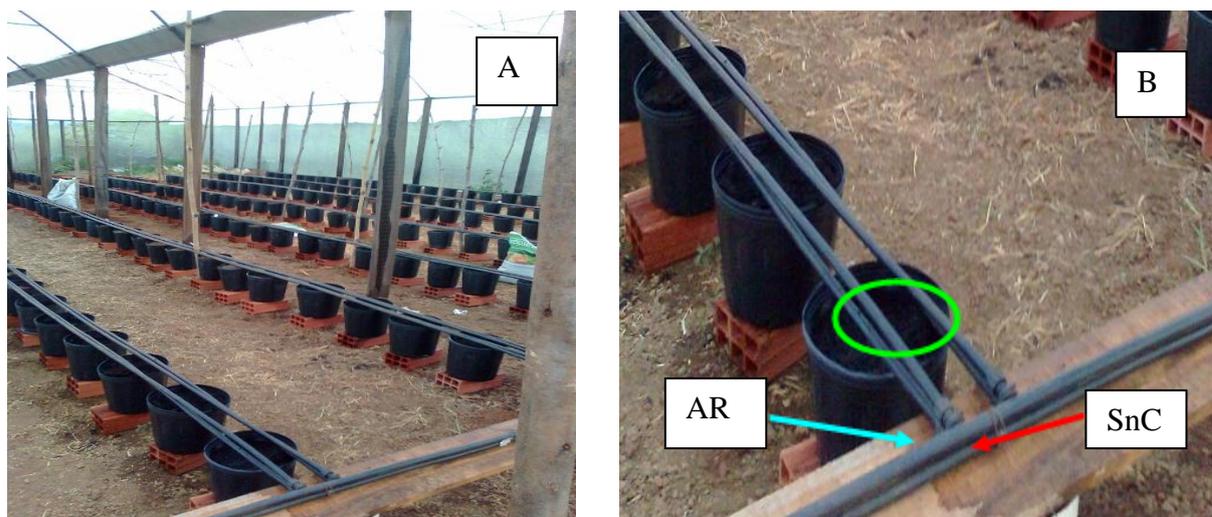


FIGURA 6. Vista das fileiras simples de vasos e dos tubos gotejadores sobre os vasos (A) AR e SnC (B).

4.4.1 Semeio e transplantio das mudas nos vasos

As sementes do tomate Sweet Grape procederam da Empresa Sakata Seed Sudamérica Ltda, que é afiliada do grupo Sakata com atuação no continente Sul americano. O híbrido Sweet Grape foi desenvolvido pela Sakata que criam novas variedades, produzem, comercializam sementes e mudas de hortaliças e plantas ornamentais.

A variedade de tomate cultivada possui grande expansão no mercado de consumo de produtos com valor agregado na região de Anápolis-GO, e apresenta resistência a alguns fungos e vírus.

As mudas foram obtidas em bandejas de PVC com 128 células com substrato de fibra de coco. As mesmas procederam de um viveirista especializado, localizado no município de Leopoldo de Bulhões-GO. O transplantio foi realizado cerca de 40 dias após a semeadura, ou seja, com mudas com seis folhas definitivas.

Foram utilizados vasos de polietileno, de cor preta, com diâmetro de 17,8 cm na parte superior e 13,0 cm na parte inferior e altura de 16 cm, onde o volume total é de 8 L e útil de 7

L. Os vasos foram acomodados sobre tijolos para evitar contato com o solo e reduzir a incidência de doenças e recebeu apenas uma muda, não havendo, portanto, necessidade de desbaste.

4.4.2 Condução da cultura e controle fitossanitário

O tutoramento das plantas foi feito verticalmente para cada guia de planta com fitilhos presos em fios de arame amarrados na parte superior horizontal e paralelos ao solo, conduzidos a estacas de eucalipto com 2,5 m de altura (Figura 7A, 7B, 7C e 7D).



FIGURA 7. Desenvolvimento da cultura em diferentes estádios: 7 DAT (A), 35 DAT (B), 66 DAT (C) e planta aos 99 DAT (D).

As podas para retirada de brotos auxiliares foram feitas semanalmente e duas hastes principais foram mantidas, ou seja, não houve poda apical.

Já no controle fitossanitário foram realizadas pulverizações preventivas semanais com defensivos agrícolas para controle de pragas e doenças do tomateiro. As recomendações agronômicas foram seguidas no projeto utilizando os seguintes produtos: sulfato de cobre, Decis 25 EC, Censor, Tairel, Daconil, Larvin, Connect, Certero, Pirate, Saurus, Mythos, Rovral, Danimen. As pulverizações iniciaram-se sete dias após o transplante (DAT) e ocorreram durante todo o ciclo que foi de 177 DAT. As plantas daninhas foram retiradas, semanalmente, através de capina manual.

4.4.3 Adubações foliares

O início das aplicações foi aos 15 DAT e aplicados com bomba costal no período da tarde, ou seja, horário mais fresco do dia. O Plantin II e o Aminonutri foram aplicados de 10 em 10 dias, intercalado com o MKP e sulfato de magnésio, aplicados até os 175 DAT.

As adubações foliares recomendadas pela Sakata foram aplicações a cada dez dias de micronutrientes, cálcio, boro, aminoácidos, MKP e sulfato de magnésio. Foram utilizados: Plantin II, composto por 6% de zinco, 0,05% de molibdênio, 3% de boro, 1% de magnésio, 0,5% de ferro, 1,5% de cálcio, 0,5% de manganês, 3,5% de sulfato, 0,5% de cobre e 10% de nitrogênio; Aminonutri composto por 9% de nitrogênio, 2% de fósforo, 1% de potássio e 8,5% de carbono orgânico; MKP composto por 52% de fósforo e 34% de potássio e sulfato de magnésio composto de 27% de magnésio e 22% de enxofre. O Plantin II e o Aminonutri foram aplicados na recomendação de 100 g para 100 L de água, segundo o fabricante e a Sakata, respectivamente. O MKP e o sulfato de magnésio foram aplicados segundo recomendação da Sakata de 300 gramas para 100 litros de água.

4.5 Preparo das soluções nutritivas

No interior da casa de vegetação foi instalado um reservatório com capacidade para 5500 L para armazenar água residuária e um 2000 L para água natural de poço, de onde, posteriormente, eram utilizadas no preparo das respectivas soluções nutritiva em caixas de polietileno com capacidade para 1000 L.

A aplicação de nutrientes tanto na AR quanto para SnC foram feitas a partir das recomendações da Sakata. A solução para AR foi preparada a partir das análises da água e

após realizou-se a complementação com nutrientes comerciais até atingir o recomendado na solução convencional.

A Sakata, através de pesquisas, recomendou as soluções de acordo com duas fases do ciclo da planta: fase 1 – do transplantio até os 45 DAT e a fase 2 – de 45 DAT até o final do ciclo, que foi de cerca 177 DAT. O preparo da mesma foi feito de acordo com a utilizada pelos agricultores que produzem o tomate Sweet Grape.

A quantidade de nutrientes de cada uma das formulações e dos nutrientes adicionados é apresentada nas Tabelas 6 e 7. A água utilizada para preparo da solução nutritiva convencional foi de um poço profundo localizado próximo à casa de vegetação, local do experimento.

TABELA 6. Solução nutritiva recomendada pela empresa Sakata para as duas fases do ciclo do tomate.

Fertilizantes	Fase 1 ¹	Fase 2 ²
	Quantidade (g 1000 L ⁻¹)	Quantidade (g 1000 L ⁻¹)
Nitrato de cálcio	500	650
Nitrato de potássio	150	150
Cloreto de potássio	0	150
Rexolin BRA	25	25
Yara ferro M48	10	10
Sulfato de potássio	200	300

¹ – Período do transplantio até os 45 DAT. ² – Período de 45 DAT até o final do ciclo.

TABELA 7. Concentração de cada nutriente recomendada para as duas fases do ciclo do tomate.

Nutrientes	Fase 1	Fase 2
	Concentração (g 1000 L ⁻¹)	Concentração (g 1000 L ⁻¹)
Nitrato	79,5	97,5
Cálcio	85,0	110,5
Cloreto	0	70,5
Potássio	213,8	332,8
Zinco*	1,05	1,05
Ferro	1,5	1,5
Manganês*	0,8	0,8
Boro*	0,375	0,375
Enxofre	79,88	58,87
Molibdênio*	0,0125	0,0125
Fósforo	114,4	114,4
Magnésio	35	45

Fase 1 – Período do transplantio até os 45 DAT. Fase 2 – Período de 45 DAT até o final do ciclo. *Rexolin BRA.

A sequência de preparo da solução nutritiva foi: pesar o sulfato de potássio, sulfato de magnésio, cloreto de potássio, MKP; diluir separadamente em um balde com água para cada constituinte e adicionar ao reservatório (caixa de polietileno de 1000 L); aplicar Rexolin BRA e usar a mesma sequência para o nitrato de cálcio e de potássio. O pH foi aferido com o auxílio de um pHmetro da marca Marte e ajustado pH para 5,5, adicionando ácido (ácido sulfúrico) para reduzir ou base (hidróxido de potássio) para elevar a acidez (JAIGOBIND *et al.*, 2007). Com o pH corrigido, adicionou-se a fonte de ferro. Após o término do preparo da solução nutritiva, a condutividade elétrica deve estar entre 2,0 a 4,0 dS m⁻¹.

4.6 Aplicação das soluções nutritivas

A aplicação das soluções nutritivas foi feita em oito diferentes horários: 6:00h, 9:00h, 11:00h, 12:00h, 13:00h, 14:00h, 15:00h e 18:00h, com tempo de aplicação determinada em ensaios preliminares em função da capacidade de armazenamento pelos substratos, sendo que o timer acionava as bombas através dos interruptores em horários pré determinados para aplicação da solução nutritiva. Nas duas primeiras aplicações do dia o tempo foi de quatro minutos, da terceira a sétima aplicação de cinco minutos e na oitava aplicação foi de oito minutos, totalizando 41 minutos diários sem retorno da solução nutritiva para o reservatório. O volume total de solução nutritiva aplicada por vaso durante todo o experimento foi de 327 L ou 600 mm/ciclo (3,4 mm/dia).

4.7 Substratos utilizados

Os substratos (S) utilizados foram: S1 = 60% de AL + 40% de S2; S2 = 20% de FC e 80% de CP e S3 = FCN, sendo suas características descritas na Tabela 8.

TABELA 8. Características iniciais dos substratos utilizados no cultivo no tomate

Características	Substratos		
	S1	S2 ¹	S3 ²
pH	5,8	5,7	6,0
C. E. (μS.cm-1)*	1,8	1,3	0,7
C.R.A. (peso/peso)**	150	140	400
Densidade (Kg m ⁻³)	480	1.041,70	90
Umidade máxima (p/p) %	60	50	55

* Condutividade Elétrica; ** Capacidade de Retenção de Água. ¹Tropstrato. ²Golden Mix.

As análises de pH, CE, CRA, densidade e umidade máxima para o substrato 1 foram feitas segundo as metodologias de Kämpf, *et al.*, 2006. Para os substratos 2 e 3 foram utilizados valores pré determinados pelo produtor e divulgados na embalagem.

4.8 Monitoramento da tensão da água nos substratos

Para o monitoramento da tensão, foram instalados tensiômetros de punção (Figura 8 A) após a manutenção dos mesmos, seguindo as etapas: colocados em baldes com água durante 2 dias, submergindo a cápsula; com o auxílio de uma bomba a vácuo acoplada ao tensiômetro foi succionada a água através da cápsula até cessada a subida de bolhas de ar; completado o tubo com água e vedado a tampa; quando o manômetro indicou 50 kPa indicou calibração do tensiômetro. A instalação foi feita a 15 cm de profundidade, ou seja, atingiu o fundo dos vasos e em 24 vasos aleatórios, 4 para cada tratamento, representando cada unidade experimental. O tensiômetro foi instalado próximo à parede do vaso e 10 cm distante do gotejador. A leitura da tensão foi feita com o uso de um tensímetro digital marca Cole Parmer (Figura 8 B) com precisão de 0,01 kPa e feita todos os dias durante o ciclo da cultura, no horário das 14:00 h, em todos os 24 tensiômetros instalados nos vasos.

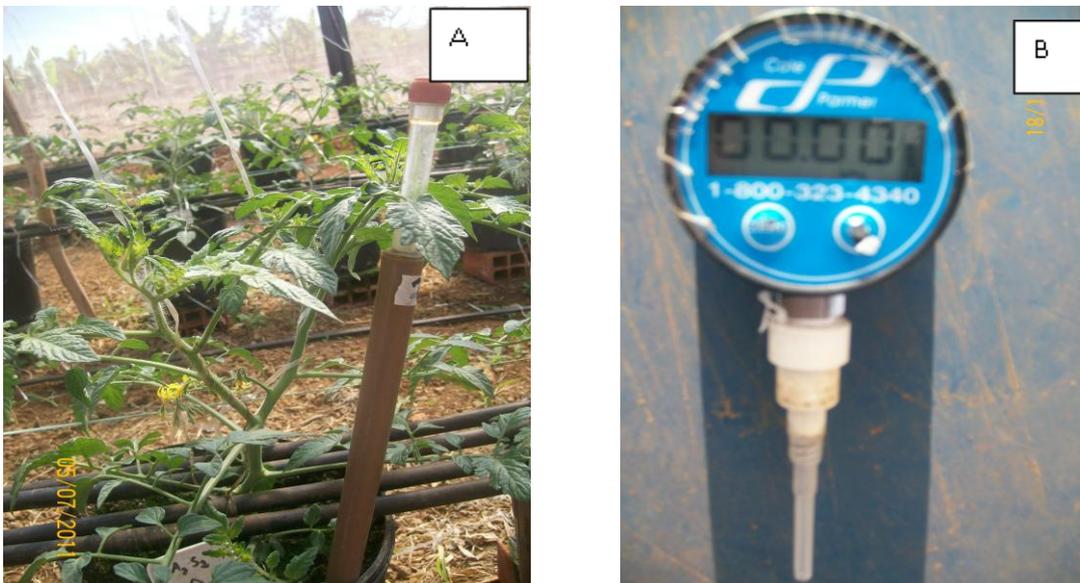


FIGURA 8. Vista do tensiômetro instalado nos vasos cultivados com tomate (A) e tensímetro digital de punção (B).

4.9 Sistema de irrigação

A solução nutritiva foi aplicada com um tubo gotejador de 16 mm de diâmetro, espessura da parede de 0,35 mm, e emissores tipo labirinto integrados a parede e espaçados em 0,4 m. A pressão dos gotejadores foi de 40 kPa e a vazão de cada gotejador de $1,76 \text{ L h}^{-1}$.

A tubulação da linha principal foi de tubo de polietileno de $\frac{3}{4}$ "', tanto para AR quanto para SnC, conectadas às duas linhas laterais por meio de inícios de linha próprios para a fita gotejadora. Foram instalados dois tubos gotejadores em cada fileira de planta, sendo acomodados sobre os vasos, portanto, cada vaso recebeu solução nutritiva de dois emissores.

Foram utilizadas duas motobombas QB 60 Kajima centrífuga de 1/3 CV, monofásica, uma para cada tipo de solução nutritiva. Cada motobomba captou a solução nutritiva de um dos reservatórios: um com água residuária enriquecida com nutrientes comerciais e outro com solução nutritiva convencional preparada com água de poço profundo. Ambos com capacidade de 1000 litros (Figura 9).

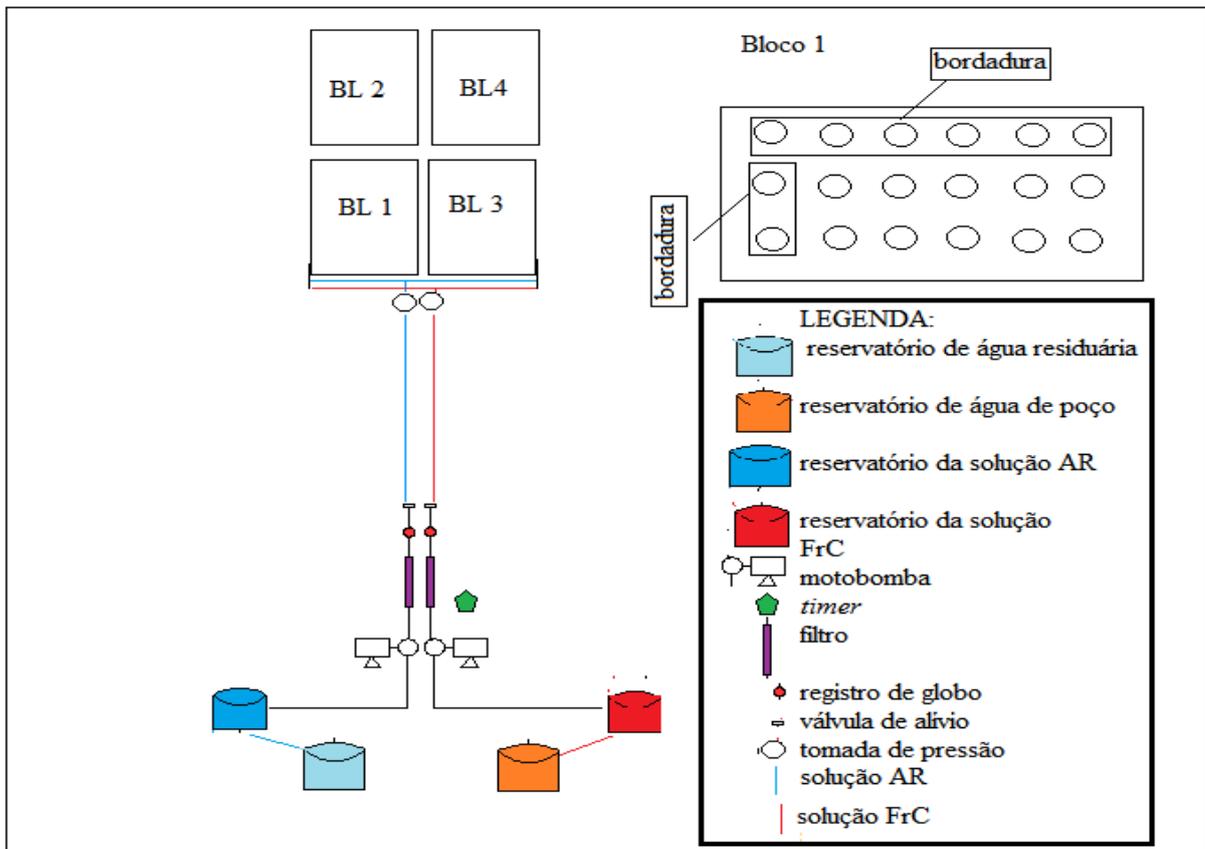


FIGURA 9. Croqui do sistema de irrigação e da automação para aplicação da solução nutritiva.

Na saída de cada motobomba instalou-se: um registro de esfera, um filtro de disco de 125 μm , uma tomada de pressão, uma válvula de alívio (Figura 10 A, 10 B, 10 C e 10 D), para aferição com manômetro de agulha (Figura 10 E) em cada tubulação sendo uma para cada tipo de solução nutritiva.



FIGURA 10. Equipamentos do sistema de irrigação: registro de esfera (A), filtro de disco (B), tomada de pressão (C), válvulas de alívio (D), manômetro de agulha (E) e timer (F).

Para automação instalou-se um timer marca SIEMENS com precisão de um minuto (Figura 10 F), que ao ser acionado fez com que as duas moto bombas fossem ligadas e também desligadas ao mesmo tempo, de forma que todos os potes receberam o mesmo volume de solução nutritiva.

4.10 Análise da água de irrigação

As coletas da água residuária foram realizadas a cada quinze dias, durante o todo o período do experimento, que foi de 177 dias. As coletas para análise qualitativa foram feitas tanto para a água residuária quanto para a água de poço e soluções nutritivas separadamente, e armazenadas em garrafas próprias para coleta de água. Desta forma, cada análise realizada na água residuária, serviu como referência para cálculo da necessidade de acréscimo de nutrientes comerciais.

Na água residuária e na água do poço profundo foram analisados os seguintes parâmetros: pH, condutividade elétrica, temperatura, oxigênio dissolvido, turbidez, alcalinidade, coliforme totais e E. coli. Para as análises quantitativas da água residuária foram analisados ainda: nitrato, nitrito, amônia, potássio, manganês, fosfato total, sódio, ferro total, dureza total, cálcio, magnésio, cloreto, sulfato, boro, zinco, cobre, molibdênio, DQO, DBO₅, sólidos dissolvidos totais.

As análises foram realizadas nos Laboratórios de Química Orgânica, Físico Química e Química Analítica da Universidade Estadual de Goiás, Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas. As metodologias das análises estão apresentadas na Tabela 9 seguindo as recomendações de APHA (1999) e Fries e Getrost (1977). Para as análises de nitrato, nitrito, amônia, potássio, fosfato total, sódio, sulfato, boro e DQO foram feitas as curvas de calibração com concentração conhecida através da equação da reta e determinado o valor do coeficiente de correlação (R).

TABELA 9. Parâmetros analisados e seus respectivos métodos de análise e frequência de análise.

Parâmetro Analisado	Unidade	Método de Análise	Frequência de análise
pH	-	pHmetro	Diariamente
CE	dS m ⁻¹	Condutivímetro	Diariamente
Oxigênio dissolvido	mg L ⁻¹	Oxímetro	Diariamente
Temperatura	°C	Termômetro	Diariamente
Turbidez	NTU	Turbidímetro	Quinzenalmente
Alcalinidade	mg L ⁻¹	Titulação por Complexação*	Quinzenalmente
Coliformes totais e E. coli	NMP 100mL-1	Substrato Cromogênico*	Quinzenalmente
Nitrato	mg L ⁻¹	Método da Brucina*	Quinzenalmente
Nitrito	mg L ⁻¹	Método da Naftilamina*	Quinzenalmente
Amônia	mg L ⁻¹	Método de Nessler*	Quinzenalmente
Potássio	mg L ⁻¹	Fotometria de Chama *	Quinzenalmente
Manganês	mg L ⁻¹	Método do Paraformaldeído*	Quinzenalmente
Fosfato total	mg L ⁻¹	Método do Ácido Ascórbico*	Quinzenalmente
Sódio	mg L ⁻¹	Fotometria de Chama*	Quinzenalmente
Ferro total	mg L ⁻¹	Método do Tiocianato*	Quinzenalmente
Dureza total	mg L ⁻¹	Titulação por Complexação*	Quinzenalmente
Cálcio	mg L ⁻¹	Titulação por Complexação*	Quinzenalmente
Magnésio	mg L ⁻¹	Titulação por Complexação*	Quinzenalmente
Cloreto	mg L ⁻¹	Titulação por Complexação*	Quinzenalmente
Sulfato	mg L ⁻¹	Método de sulfato*	Quinzenalmente
Boro	mg L ⁻¹	Método da Curcumina*	Quinzenalmente
Zinco	mg L ⁻¹	Método de Zinco*	Quinzenalmente
Cobre	mg L ⁻¹	Método do Ditiocarbamato de sódio (FRIES e GETROST, 1977)	Quinzenalmente
Molibdênio	mg L ⁻¹	Método do Tiocianato de potássio*	Quinzenalmente
DQO	mg L ⁻¹	Método do Dicromato*	Quinzenalmente
DBO	mg L ⁻¹	Método de Titulação Iodométrica*	Quinzenalmente
Sólidos Dissolvidos Totais	mg L ⁻¹	Método Gravimétrico	Quinzenalmente

*Metodologia segundo APHA (1999).

Para a análise econômica pela redução do consumo de nutrientes em função do uso de água residuária no preparo da solução nutritiva, utilizou-se o seguinte procedimento:

- 1 – Análise química quantitativa individual de cada nutriente requeridos nas fases 1 e 2;
- 2 – Cálculo da quantidade total requerida nas fases 1 e 2 menos a quantidade identificada nas análises químicas quantitativas (Equação 1).

$$\text{SnC} - \text{AR} = \text{CAR} \quad (1)$$

3 – Análise da economia de nutrientes na água residuária durante o ciclo da cultura do tomate.

4.11 Crescimento das plantas

O crescimento das plantas foi medido a partir da altura de três plantas úteis por parcela experimental em cada um dos blocos, aos 0 DAT, 20 DAT, 40 DAT, 60 DAT, 80 DAT e 100 DAT, utilizando uma fita métrica com precisão de 1 mm devido a altura das plantas ser maior que a 1 metro, medidas da raiz até a ponta principal. Foram medidas até 100 DAT devido ao tutoramento feito que não permitiu a medição após esta data, pois o mesmo foi feito enrolando os galhos em cima um do outro.

4.12 Colheita dos frutos

Os frutos foram colhidos no ponto de maturação fisiológica, considerando a coloração observada visualmente a partir de um padrão de colheita recomendado por Junqueira *et al.* (2011) e transportados em sacos plásticos para os Laboratórios de Engenharia Agrícola e Química Inorgânica da Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas (UnUCET) da Universidade Estadual de Goiás (UEG) para avaliação quantitativa e qualitativa e para a Embrapa CPAC para análise da contaminação por microorganismos.

Todos os frutos foram pesados inclusive os frutos que apresentavam rachaduras ou outros danos como ataques de pragas ou sintomas de doenças, sendo estes descartados comercialmente.

A partir do transplântio o ciclo do mini tomate Sweet Grape foi de 177 dias, sendo que a colheita ocorreu a partir de 60 DAT, totalizando 16 dias de colheitas, sempre realizadas semanalmente.

4.12.1 Análise de parâmetros quantitativos

Foram colhidos 10 frutos por parcela experimental das plantas úteis a cada quinze dias, totalizando quarenta frutos por tratamento e por amostragem e pesados em balança analítica com precisão de 0,01 g. Os mesmos frutos utilizados para determinação do peso médio individual foram também medidos quanto ao diâmetro e comprimento com paquímetro digital com precisão de 0,01cm e calculada a relação diâmetro/comprimento (Figura 11 A e 11 B).

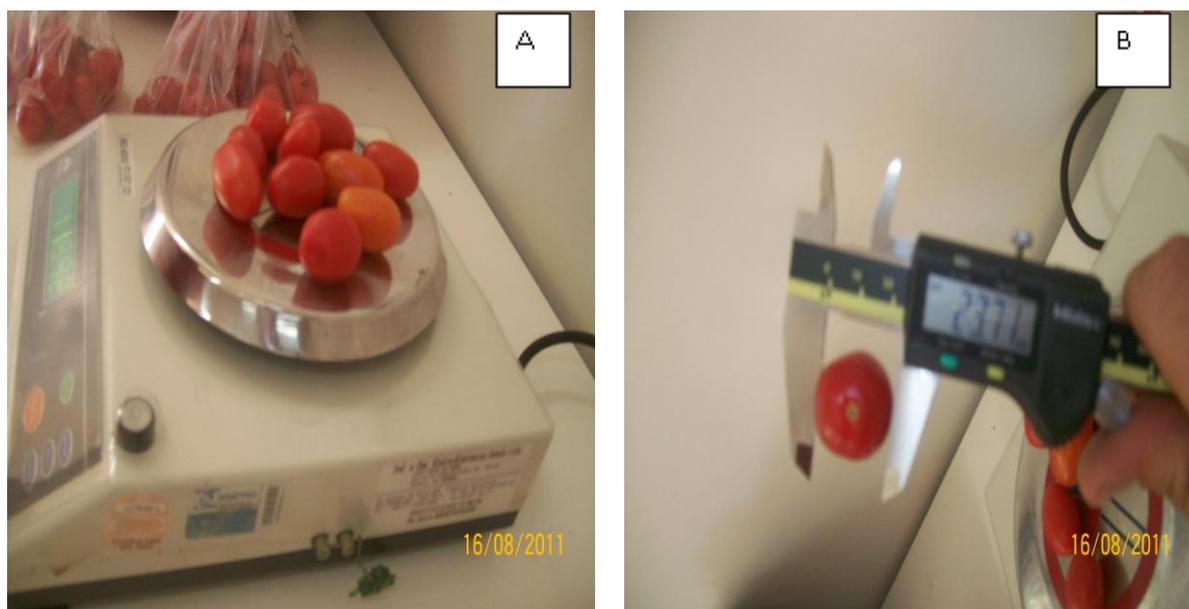


FIGURA 11. Vista da balança analítica (A) e paquímetro digital (B) para medida dos frutos de tomate.

Avaliou-se ainda o número de frutos por cacho quantificados em três cachos contados em plantas úteis dentro de cada tratamento a cada vinte dias ao longo do ciclo. Todos os frutos das plantas úteis foram colhidos e pesados, sendo obtida a produtividade em kg por planta.

4.12.2 Análise de parâmetros qualitativos

Utilizou-se de 3 frutos por tratamento a cada quinze dias durante as colheitas para a determinação da acidez titulável (%), sólidos solúveis (°Brix), relação SS/AT e pH.

A acidez titulável foi expressa em gramas de ácido cítrico por 100 g de polpa, obtida por meio da titulação de 5 g de polpa homogeneizada e diluída para 100 ml de água destilada, com solução padronizada de hidróxido de sódio a $0,1 \text{ mol L}^{-1}$, tendo como indicador a fenolftaleína, conforme recomendação do Instituto Adolfo Lutz (2008).

A avaliação para sólidos solúveis foi determinada por refratometria, em refratômetro digital marca Ceti, NV-Quartz LCD 9701-EDM97, com precisão de $0,01 \text{ }^\circ\text{Brix}$. Os resultados foram expressos em °Brix.

A relação entre teor de sólidos solúveis e acidez titulável foi determinado dividindo o valor de sólidos solúveis pelo valor de acidez titulável.

O pH foi determinado por leitura direta em soluções de polpa homogeneizada utilizando-se um potenciômetro MB-10, marca MARTE, segundo a técnica do Instituto Adolfo Lutz (2008).

4.13 Contaminação dos frutos

Os frutos utilizados na análise de contaminação foram coletados aleatoriamente, juntamente com as colheitas semanais das plantas úteis, sendo encaminhados a EMBRAPA Cerrados (CPAC), Planaltina – DF, para as análises microbiológicas realizadas segundo metodologia de Silva *et al.* (2007), na qual a contagem total de microrganismo aeróbios mesófilos foi feita em plaqueamento em profundidade, e a contagem total de bolores e leveduras em plaqueamento em superfície. A contagem foi realizada em aparelho contador de colônias digital e os resultados expressos em Unidades Formadoras de Colônias por grama de amostra (UFC g⁻¹). Os coliformes totais e *E. coli* foram determinados pela técnica dos tubos múltiplos e o resultado expresso um Número Mais Provável (NMP g⁻¹).

4.14 Avaliação do sistema de irrigação

Foram coletadas as vazões de 2 gotejadores de AR e 2 na SnC em cada uma das linhas laterais, totalizando 20 gotejadores para cada tipo de solução nutritiva. Assim, todas as linhas de tubos gotejadores foram consideradas, tendo-se assim, um valor médio de vazão que represente todo o sistema de irrigação. O tempo de coleta da vazão correspondeu a 3 minutos, determinado pelo método volumétrico com auxílio de um cronômetro e de uma proveta graduada, com precisão de $\pm 1,0$ mL. As vazões foram coletadas removendo os vasos lateralmente e colocando o coletor sob o gotejador. O coletor foi retirado manualmente após decorrido o tempo da análise. Foram feitas 3 repetições para cada vazão coletada. A análise foi feita antes da implantação da cultura (início) e depois de 120 horas (final) de funcionamento dos gotejadores.

O cálculo dos índices de uniformidade de distribuição de água dos tubos gotejadores foram determinados para cada tipo de solução nutritiva.

O coeficiente de uniformidade de Christiansen (1942) foi estimado pela Equação 2.

$$CUC = 100 \times \left[1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^n |q_i - q_{med}|}{n \times q_{med}} \right) \right] \quad (2)$$

Onde:

CUC - coeficiente de variação de Christiansen (%);

n - número de observações;

q_i - lâmina coletada em cada observação i ($L \cdot h^{-1}$);

q_{med} - lâmina média coletada ($L \cdot h^{-1}$).

O coeficiente de uniformidade de emissão (UE) foi determinado pela Equação 3, Karmeli e Keller (1974).

$$UE = 100 \times \left[1 - \left(\frac{q_{25\%}}{q_{med}} \right) \right] \quad (3)$$

Onde:

UE – coeficiente de uniformidade de emissão (%);

$q_{25\%}$ - média de 25% de total de emissores com as menores vazões ($L \cdot h^{-1}$);

q_{med} - média das vazões coletadas de todos os emissores ($L \cdot h^{-1}$).

O coeficiente de uniformidade estatístico (CUE), proposto por Bralts e Kesner (1983) foi obtido pela Equação 4.

$$US = 100 \times [1 - CVT] \quad (4)$$

Onde:

US – coeficiente de uniformidade estatístico (%);

CVT – coeficiente de variação total de vazão.

Para a determinação do CVT, usou-se a Equação 5.

$$CVT = \frac{S_q}{q_{med}} \quad (5)$$

Onde:

S_q – desvio padrão da vazão dos emissores ($L \cdot h^{-1}$);

q_{med} - vazão média dos emissores ($L \cdot h^{-1}$).

4.15 Análise do lixiviado dos substratos

As coletas da solução lixiviada dos substratos foram feitas semanalmente, entre 60 e 177 DAT, às 9:00 h, em potes de polietileno próprio para a análise. O lixiviado dos substratos foi obtido após 10 minutos de aplicação das soluções de cada tratamento. Para a aferição do pH, CE, nitrato e potássio, foi utilizada a amostragem de seis vasos de cada tratamento, coletando-se a solução percolada pelos furos dos vasos com os substratos.

A metodologia para medir o pH e condutividade elétrica foi descrita por Kämpf *et al.* (2006). O pH foi medido com pHmetro portátil microprocessado Marte com compensação automática de temperatura, com faixa de leitura de 0,0 a 14,0, resolução de 0,1 e precisão de $\pm 0,1$. A condutividade elétrica foi obtida com condutivímetro digital portátil tipo caneta INSTRUTHERM com compensação automática de temperatura e escala de medição entre 0,00 e 19,99 dS m^{-1} , resolução de 0,01 dS m^{-1} e precisão $\pm 2\%$.

A concentração de nitrato da solução foi obtida seguindo o método da Brucina (APHA, 1999). Os reagentes utilizados foram a base de veículo e indicador brucina e a base de ácido sulfúrico. A concentração em mg L^{-1} foi obtida em um espectrofotômetro com inserção da curva de calibração.

O potássio na solução foi determinado seguindo o procedimento descrito por APHA (1999). A concentração em mg L^{-1} foi obtida a partir de leitura em fotômetro de chama modelo FC 280. A curva de calibração foi obtida utilizando soluções com concentração de 10, 20, 40 e 60 mg L^{-1} de potássio.

4.16 Análise dos resultados

Os resultados obtidos da qualidade e quantidade das águas foram analisados utilizando os padrões de lançamento recomendados pela OMS (1989), USEPA (1992), Ayers e Westcost (1985), recomendações do estado da Califórnia para reúso em irrigação de parques e jardins, descritos em BRASIL (2005a; 2005b e 2011) e CONERH (2010).

Os dados quantitativos e qualitativos obtidos dos frutos e da tensão foram submetidos à análise de variância por meio do teste F e teste de comparação de médias (Tukey) ao nível de significância de 1% e 5%, utilizando o software Sisvar.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Dados climatológicos

Temperatura

Observou-se médias de 14,57°C e 31,41°C nas temperaturas mínima e máxima, respectivamente. Nos registros houve dois picos, 20°C (2 DAT) na temperatura máxima e 25°C (28 DAT) na temperatura mínima e as temperaturas entre junho e julho se apresentaram entre 11°C e 15°C (mínima) e 25°C e 35°C (máxima). Posteriormente houve mudança de 15°C a 20°C (mínima) e 33°C a 37°C (máxima), com valores de temperatura média máxima de 37°C e de 15°C média mínima (Figura 12), sendo a temperatura máxima bem mais alta, estando em desacordo com o ideal recomendado pela literatura para o cultivo do tomate que é entre 18°C e 24°C.

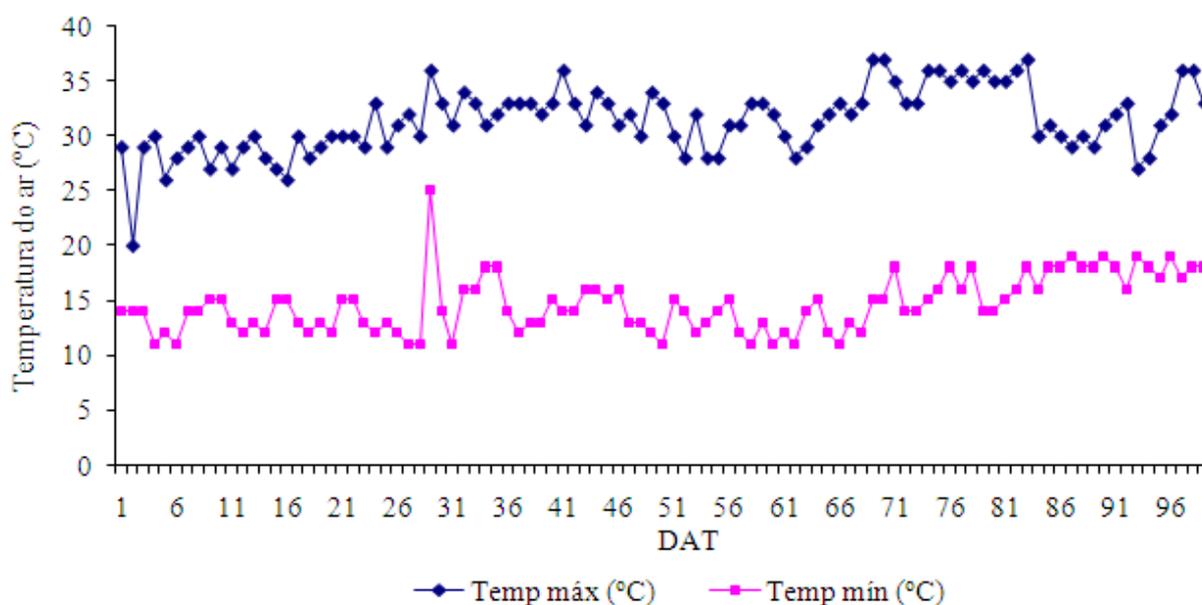


FIGURA 12. Valores de temperaturas mínimas e máximas do ar durante o ciclo do tomate.

Embora a temperatura no interior da casa de vegetação tenha apresentado grandes variações, (Figura 12), acredita-se que não interferiu na produtividade e qualidade do fruto de tomate, visto que uma das consequências de alta temperatura pode ser o abortamento de flores, o que não foi observado e ao mesmo tempo a temperatura da solução nutritiva

manteve-se dentro de níveis aceitáveis. Neste sentido, é interessante analisar o trabalho de Holcman (2009), desenvolvido em Piracicaba, SP, quando foi avaliada a influência de diferentes coberturas plásticas em ambientes protegidos no seu microclima e na produtividade e qualidade do tomateiro tipo cereja. A temperatura apresentou valores ideais para o cultivo de tomate (13°C a 27°C) e juntamente com a cobertura adequada promoveram aumento da produtividade do tomateiro Sweet Grape para duas épocas distintas do ano, em detrimento do comportamento térmico. Os estudos apontam que a produtividade pode sofrer interferência não apenas dos dados de temperatura, mas também pelo estágio, ciclo e manejo da cultura.

Cabe salientar que os valores máximo (37°C) e mínimo (18°C) obtidos neste estudo são próximos aos valores de temperatura máxima (35°C) e mínima (15°C) encontrados por Abrahão (2011) para os meses de julho a novembro, onde a produção não alterou significativamente. Neste trabalho a autora avaliou seis relações entre K, Ca e Mg da solução nutritiva, na produção e na qualidade de duas cultivares de mini tomate Sweet Grape e Sweet Million cultivadas em substrato, sob ambiente protegido, em duas épocas de cultivo, desenvolvido em Botucatu, SP.

Umidade Relativa

No que diz respeito à umidade relativa (UR) do ar que foram medidas durante o ciclo da cultura, observa-se que entre os meses de junho e julho não passou de 50%. A média no período seco (1 a 61 DAT) foi de 28% e no período chuvoso (61 a 99 DAT) de 64% e houve mudança na umidade relativa no período final de cultivo, chegando a 88% (Figura 13). O período de seca é propício para uma produção saudável e rentável. Em oposição, a umidade relativa alta acarreta maior incidência de doenças, mesmo em ambiente protegido.

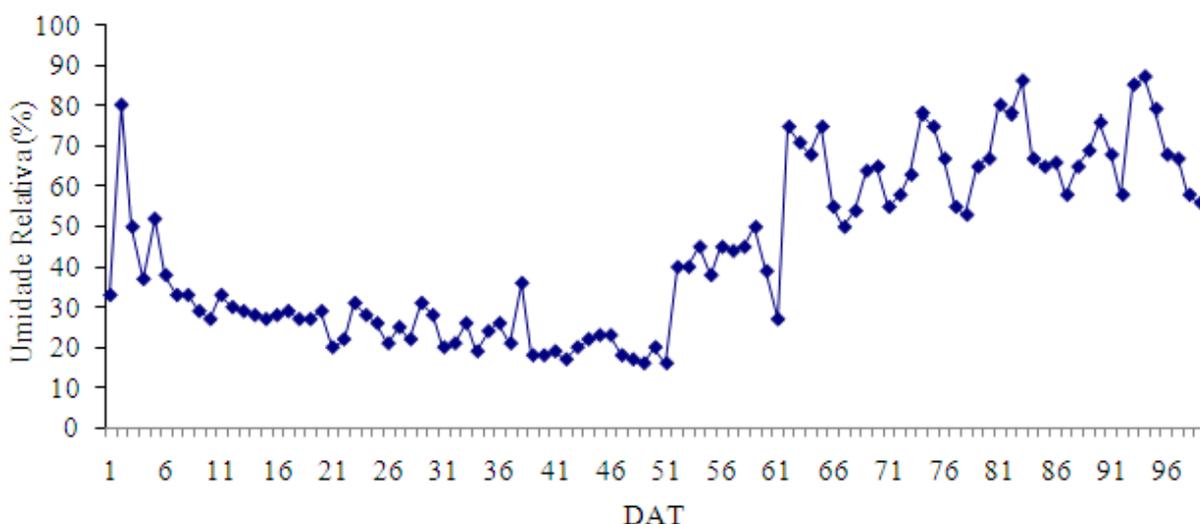


FIGURA 13. Valores de umidade relativa do ar durante o ciclo do tomate.

O presente trabalho registrou médias máxima e mínima (Figura 13) para o período chuvoso e período seco, ocorrendo altas UR (máximo de 88%) não sendo observado alteração na produção. Neste âmbito, Abrahão (2011) observou UR máxima de 88% e mínima de 10% entre julho e novembro e verificou que não houve diferenças da produção de Sweet Grape, sob ambiente protegido, relacionadas à alta umidade relativa do ar, o que pode favorecer o desenvolvimento de doenças que afetam a produtividade.

Os valores de UR apresentados na Figura 13 se assemelham aos registrados por Holcman (2009), que encontrou valores de UR mínima de 30 % e máxima de 70 % entre junho e setembro. A autora verificou que a UR não interferiu na produtividade nem na qualidade do tomateiro Sweet Grape, o que coincide com o resultado constatado nesta pesquisa.

É fundamental que a umidade relativa do ambiente de cultivo seja monitorada, pois a mesma pode ser controlada, especialmente em ambiente protegido, assim como a temperatura, o vento e a radiação solar incidente. Pois, os mesmos podem influenciar na incidência de doenças e comprometer a produção.

5.2 Qualidade da água residuária e água do poço profundo utilizadas no preparo das soluções nutritivas

Observa-se que tanto para água residuária quanto para água do poço profundo, os valores de pH diminuíram após o preparo das soluções nutritivas (AR e SnC). Já a

temperatura foi praticamente constante, enquanto que a CE aumentou, devido aos sais adicionados (Tabela 10).

TABELA 10. Valores médios de parâmetros qualitativos da água residuária e água de poço profundo antes e após o preparo das soluções nutritivas.

Parâmetro Analisado	Unidade	Água residuária	AR	Água poço	SnC
pH	-	7,52	6,22	6,19	5,62
Condutividade elétrica	dS m ⁻¹	2,12	2,73	0,02	2,38
Temperatura	°C	27,28	27,42	27,75	26,87
Oxigênio dissolvido	mg L ⁻¹	2,76	4,26	6,53	6,10
Turbidez	NTU	55	Nr	2	Nr
Alcalinidade (CaCO ₃)	mg L ⁻¹	411,23	Nr	4,66	Nr
Coliformes totais	NMP 100 mL ⁻¹	Nr	3,76 x 10 ⁵	Nr	1,5 x 10 ²
<i>E. coli</i>	NMP 100 mL ⁻¹	Nr	0	Nr	0

AR: Solução de água residuária mais nutrientes comerciais. SnC: Solução nutritiva convencional. NR – não realizado.

Potencial hidrogeniônico - pH

Os valores observados do pH para água residuária e água de poço profundo são considerados elevados quando comparados aos valores sugeridos para preparo da solução nutritiva. Devido a este fato, o pH foi monitorado diariamente, pois o mesmo interfere na absorção dos nutrientes pelas plantas e também pode causar a precipitação de sais insolúveis como o ferro.

Desta forma, Fagan *et al.* (2006) argumentaram que o controle do pH foi realizado a cada dois dias, mantendo-o próximo de 6,0 ($\pm 0,2$), por se tratar de cultivo hidropônico e a solução nutritiva ser o fator mais relevante desta técnica. Entretanto, os valores para pH registrados na Tabela 10 para AR e SnC são semelhantes aos descritos na literatura para a técnica de hidroponia e como também registrado por Martinez (2002), que ajustou o pH das soluções nutritivas à faixa de 5,5 a 6,5 utilizando-se HCl ou NaOH.

Os resultados do presente trabalho para pH concordam com os trabalhos de Haber *et al.* (2004) e Furlani *et al.*, (1999), pois todos monitoraram o pH mantendo-os entre 5,5 a 6,5 em cultivo hidropônico. Furlani *et al.* (1999) argumentam que, assim como a condutividade elétrica, o pH deve ser monitorado periodicamente.

A Empresa Sakata, fornecedora das sementes do tomate Sweet Grape, recomenda pH para solução nutritiva de 5,5, para cultivo em substrato e sob ambiente protegido. Segundo a mesma, este valor de pH melhor disponibiliza os nutrientes para a planta, confirmado a partir de pesquisas com diferentes manejos da solução nutritiva.

Condutividade elétrica - CE

Os valores de CE (Tabela 10) na água residuária são similares aos observados por Furlani *et al.* (1999). Isso mostra que a água residuária enriquecida com sais comerciais usada no presente estudo contém elevada concentração de sais, sendo compatível à solução nutritiva convencional. Neste contexto, Haber *et al.* (2004) desenvolveram um estudo em Uberlândia, MG com o objetivo de avaliar o desenvolvimento vegetativo de manjerona em função de diferentes concentrações da solução nutritiva proposta por Furlani *et al.* (1999), onde os resultados apontaram que a CE variou entre 0,9 e 2,0 dS m⁻¹, ou seja, os valores obtidos indicam que quanto maior a concentração de sais dissolvidos na água, maior é a CE.

Os valores de CE para AR e SnC não foram próximos aos obtidos por Genúncio *et al.* (2006) que objetivaram avaliar respostas de crescimento e produtividade de três cultivares de tomateiro em sistema de cultivo hidropônico sob diferentes concentrações da solução nutritiva. Os resultados dos autores registraram valores de CE de 2,16 dS m⁻¹ e de 2,88dS m⁻¹, enquanto que no presente estudo os valores foram de 2,73 dS m⁻¹ para AR e 2,38 dS m⁻¹ para SnC.

Mesmo com CE da água residuária elevada, houve a necessidade da adição de nutrientes comerciais para se elevar em níveis similares a solução de SnC em praticamente todos os sais, com exceção do cobre e molibdênio que apresentavam concentração maior que o necessário.

Temperatura da água

Melo *et al.* (2009) afirmam que temperaturas abaixo de 18 °C e acima de 24 °C podem afetar a absorção de nutrientes, principalmente no caso de culturas mais sensíveis ao frio como é o caso do tomate Sweet Grape, que é considerada sensível a baixas temperaturas. Os autores apontam ainda que a temperatura máxima da solução nutritiva não deve ultrapassar aos 30°C, sendo, portanto, aceitáveis as temperaturas observadas neste estudo, que foram no máximo de 27°C.

Temperaturas muito acima ou abaixo desses limites causam danos à planta, seja pela diminuição na absorção dos nutrientes, seja pela alta transpiração, ou pelo excesso de perda de água por evaporação. Qualquer um desses processos induz a redução da produção, com perda no valor do produto final. De acordo com Furlani *et al.* (1999), o nível ótimo para o manejo da solução nutritiva são temperaturas em torno de $24\pm 3^{\circ}\text{C}$, devendo ser monitorada e controlada periodicamente.

Oxigênio dissolvido

Observa-se que o oxigênio dissolvido para água residuária ($2,76 \text{ mg L}^{-1}$ de O_2) e AR ($4,26 \text{ mg L}^{-1}$ de O_2) (Tabela 10) são próximos aos padronizados para emissão de efluentes em águas de classe 2 (Brasil, 2005b). A importância de se monitorar o oxigênio dissolvido, segundo Martinez *et al.* (1997) consiste de que os processos vitais que ocorrem no sistema radicular, tais como absorção da água e de nutrientes, envolvem gasto de energia, que é produzida a partir da respiração radicular, a qual depende do OD nas soluções nutritivas aplicadas.

O teor de OD na solução depende da temperatura do ar na casa de vegetação, que depende da radiação incidente, sendo que aumentando a temperatura da solução nutritiva, o OD diminui. Desta forma, o monitoramento do OD e da temperatura da solução nutritiva é fundamental para o melhor desenvolvimento das plantas em hidroponia.

Turbidez e alcalinidade

Os valores de turbidez da água residuária (55 NTU) e água de poço profundo (2 NTU) (Tabela 10) estão dentro dos padrões propostos por Brasil (2005b), que indicam turbidez de até 40 NTU para água classe 2 e 100 NTU para emissão de efluentes.

É fundamental relacionar a qualidade da água com a determinação da turbidez, uma vez que este parâmetro indica que há materiais em suspensão. A alta turbidez pode ser prejudicial, pois dificultam a penetração da luz na água e a realização da fotossíntese pelos seres autotróficos presentes no ambiente. Quanto mais turva é a água, maior é a turbidez e menor é a temperatura da água, o que interfere diretamente na absorção dos nutrientes pela planta no caso de aplicação da solução nutritiva com água residuária.

As legislações que padronizam a qualidade para águas residuárias (BRASIL, 2005b; CONERH, 2010 e BRASIL, 2011) não determinaram padrões para alcalinidade. Segundo

Oliveira (2007), a alcalinidade de uma água é a capacidade quantitativa de neutralizar um ácido forte até determinado pH e é devida à presença de bicarbonato, carbonato e hidróxidos. As impurezas presentes na água conferem características de alcalinidade, pois são capazes de reagir com ácidos neutralizando reagentes. A determinação da alcalinidade se justifica pela presença destas impurezas nas águas residuárias. Na maioria das vezes estas impurezas têm origem nos esgotos (industrial, doméstico) e depende do tipo do tratamento (primário, secundário), influenciando no comportamento da irrigação por gotejamento (entupimento), na solução hidropônica (formação de precipitados) e no comportamento dos substratos (permeabilidade).

Coliformes totais e *E. coli*

Na análise de Coliformes totais, observada na Tabela 10, o valor de AR ultrapassa os valores permitidos segundo WHO (1989), Brasil (2005) e CONERH (2010). No que se refere a coliformes totais, o CONERH (2010) indica valores $10.000 \text{ NMP } 100 \text{ mL}^{-1}$ para irrigação localizada, por gotejamento, de cultivos que se desenvolvem distantes do nível do solo ou técnicas hidropônicas em que o contato com a parte comestível da planta seja minimizado, como é o caso do presente estudo.

Os valores de coliformes totais ($3,76 \times 10^5 \text{ NMP } 100 \text{ mL}^{-1}$) são próximos aos obtidos por Henrique (2006) para efluente tratado com reator UASB, que foi de $4,0 \times 10^5 \text{ NMP } 100 \text{ mL}^{-1}$.

Os valores de *E. coli* na solução nutritiva não foram observados (Tabela 10) que como visto foi realizado na solução nutritiva da água residuária, fato este que pode ter eliminado os microorganismos patogênicos. Isto indica baixa possibilidade de contaminantes dos frutos de tomate. Uma vez que a contaminação pode ser favorecida, em até 10 dias após a última irrigação (PAGANINI, 2003). Então a sobrevivência de bactérias entéricas na solução depende também da atividade antagonica de fungos que produzem antibióticos que as eliminam, mas por outro lado pode ser prolongada em soluções com nutrientes disponíveis.

5.3 Parâmetros quantitativos da água residuária e dos utilizados no ajuste da solução nutritiva

A Tabela 11 apresenta os valores médios da análise quantitativa da água residuária antes do preparo da solução nutritiva, os resultados da equação da reta e coeficiente de

correlação obtidos a partir da curva de calibração (empregando espectroscopia de absorção molecular e fotometria de chama) dos valores obtidos na análise da água residuária e utilizados para preparo da solução nutritiva com água residuária enriquecida com sais comerciais.

TABELA 11. Valores médios da análise quantitativa da água residuária antes do preparo da solução nutritiva, equação de calibração da reta e valores dos Coeficientes de correlação (R).

Parâmetro analisado	Resultado (mg L ⁻¹)	Equação da reta*	R**
Nitrato	6,95	A = - 0,001 + 0,002C	0,9992
Nitrito	7,44	A = - 0,001+ 0,002C	0,9995
Amônia	0,41	A = -0,029 + 0,035C	0,9822
Potássio	16,30	A = 1,404 + 0,417C	0,9962
Manganês	0,60	---	---
Fosfato total	18,81	A = 0,015 + 0,139C	0,9964
Sódio	495,83	A = 2,917 + 0,406C	0,9923
Ferro total	0,17	A = - 0,035 + 4,977C	0,9973
Dureza total	43,09	---	---
Cálcio	92,46	---	---
Magnésio	25,43	---	---
Cloreto	141,19	---	---
Sulfato	56,71	A = 0,074 + 0,005C	0,9489
Boro	0,10	A = 0,392 + 0,056C	0,9918
Zinco	0,40	---	---
Cobre	0,55	---	---
Molibdênio	2,12	---	---
DQO	39,83	A = 0,001 + 0,0008C	0,9842
DBO5	18,72	---	---
Sólidos Dissolvidos	650,00	---	---
Totais			

* A = Absorbância e C = concentração do nutriente em mg L⁻¹. ** Coeficiente de correlação.

A Tabela 12 apresenta os dados da quantidade total de nutrientes requerida para preparo da solução nutritiva convencional (SnC), quantidade presente na água residuária, quantidade requerida (CAR) para elevar a concentração dos sais na água residuária aos níveis similares da solução nutritiva convencional e o percentual de economia de nutrientes devido ao uso de nutrientes durante todo o ciclo da cultura de tomate.

TABELA 12. Quantidade total de nutrientes comerciais utilizados no preparo da solução convencional, nutrientes presentes na água residuária, complemento com sais na água residuária e redução de nutrientes comerciais no preparo da solução com água residuária durante o ciclo da cultura do tomate.

Nutriente	SnC (Kg) ¹	Água residuária (Kg)	CAR (Kg) ²	Redução de nutrientes comerciais (%)
Nitrato	4,42	0,39	4,02	8,98
Cálcio	3,90	2,55	1,35	65,38
Potássio	13,18	0,91	12,26	6,93
Cloreto	2,82	2,23	0,59	79,08
Sulfato	4,38	3,01	1,37	68,72
Manganês	0,03	0,005	0,02	16,67
Boro	0,02	0,010	0,01	50,00
Zinco	0,004	0,0018	0,0022	45,00
Ferro	0,06	0,001	0,05	1,67
Cobre*	0,00144	0,004	0,00	100,00
Molibdênio*	0,00076	0,001	0,00	100,00
Magnésio	1,80	0,45	1,34	25,06
Fósforo	4,57	0,84	3,73	18,38

¹SnC: Solução nutritiva convencional. ²CAR: Complemento com sais comerciais na água residuária. *Não necessitam de complemento.

O cálcio, cloreto e sulfato foram economizados em 65,38%, 79,08% e 68,73%, respectivamente, enquanto que o cobre e o molibdênio economizaram-se 100% de sais comerciais necessários no preparo da solução nutritiva (Tabela 12). O nitrato, fósforo e potássio são requeridos em grande quantidade pela planta por serem macronutrientes essenciais (MALAVOLTA, 2006), sendo que foi economizada uma quantidade menor que a maioria dos demais sais, por apresentarem baixa concentração na água residuária, porém, são os que mais interferem nos custos com aquisição de nutrientes comerciais. Desta forma, a redução em gastos totais com fertilizantes foi de 40%.

Nitrato, nitrito e amônia

O valor de amônia observado na Tabela 11 está abaixo do permitido (BRASIL, 2005b) para lançamento em corpos hídricos de classe 2; entretanto, por ser o efluente proveniente de tratamento de esgoto, pode ser considerada baixa a concentração de amônia ($0,41 \text{ mg L}^{-1}$) e nitrogênio ($6,95 \text{ mg L}^{-1}$), devido ao tratamento secundário com macrófitas que pode ter retirado grande quantidade deste nutriente no efluente tratado. Diante deste contexto, Melo *et al.* (2009) relataram que no esgoto doméstico tratado, as concentrações de nitrogênio, embora sejam consideradas altas para descarte no meio ambiente, quando comparadas com as

soluções nutritivas sintéticas, são consideradas baixas, como observado na redução de nutrientes (Tabela 12) para nitrato que foi de 8,98%. Neste contexto é importante ressaltar que o efluente estudado nesta pesquisa foi esgoto de unidade universitária que trata parte do mesmo com leitos cultivados com macrófitas.

Segundo Ayers e Westcost (1985) e USEPA (1992) o valor de nitrato deve ser, para qualidade de água de irrigação sem nenhuma restrição de uso, em torno de 5 mg L^{-1} , próximo ao obtido neste trabalho (Tabela 11).

Amorim *et al.* (2008) esboçam parâmetros que devem ser analisados para avaliar a qualidade da água de irrigação. Os valores de nitrogênio e amônia no estudo atual concordam com os valores citados para os referidos parâmetros deduzidos por Amorim *et al.* (2008).

Potássio

A concentração de potássio foi considerada baixa (0,91kg) em relação a uma solução nutritiva para o tomate em estudo (13,18 kg), pois a planta requer grande quantidade deste nutriente. Para tanto, foi adicionado a quantidade aproximada para equivaler a solução nutritiva convencional (12,26kg).

Os valores encontrados para água residuária por Henrique (2006) diferem do encontrado no presente estudo ($16,30 \text{ mg L}^{-1}$) fundamentando que o valor de potássio para efluente tratado (40 mg L^{-1}) citado pelo autor, que objetivou tratar esgoto sanitário para irrigação em Campina Grande, PB, foi próximo ao valor verificado, discordando da grande quantidade que este nutriente deveria apresentar, por se tratar também de efluente tratado. Este fato é explicado, em parte, pela origem do efluente tratado, já que se refere ao efluente de uma unidade universitária, que difere do esgoto de uma área urbanizada, que provavelmente, possui maior carga orgânica e, por conseguinte maior quantidade de potássio, dependendo do sistema de tratamento utilizado.

O potássio é um macronutriente essencial para a planta (MALAVOLTA, 2006), sendo responsável pela manutenção da quantidade de água nas plantas, onde a absorção da mesma pela célula e pelos tecidos é consequência da absorção do potássio, e isto, influencia na ativação dos sistemas enzimáticos.

Manganês

O valor de manganês (Tabela 11) foi acima do proposto por Gilbert e Ford (1986), que é de 0,1 a 1,5 mg L⁻¹ para risco médio de entupimento de gotejadores. Já Brasil (2011) define como sendo de até 1,0 mg L⁻¹ para emissão de efluentes do manganês em águas classe 2, enquanto que para CONERH (2010), que sugere características físicas e químicas para a água em todos os tipos de reuso para fins agrícolas e/ou florestais, foi acima do recomendado (0,20 mg L⁻¹).

Segundo explicado por Metcalf e Eddy (1991) alguns décimos até poucos mg L⁻¹ de manganês pode ser tóxico em solos ácidos. Isto demonstra que a concentração máxima recomendada para o manganês no presente estudo está acima do permitido para água de irrigação. Entretanto, o presente estudo foi desenvolvido com substratos que apresentam pH baixo sendo caracterizados como ácidos.

Como apresentado (Tabela 12) a redução de nutrientes na solução nutritiva para manganês foi de 16,67% demonstrando que é importante para a economia com sais comerciais, mesmo que se apresente em quantidades consideradas tóxicas (METCALF; EDDY, 1991) ou mesmo impróprias para reuso agrícola (CONERH, 2010).

Fosfato total

O valor de fosfato total (Tabela 11) apresenta grande quantidade deste nutriente no efluente presente, mas quando comparado com a redução na solução foi de apenas 18,38%. Os resultados observados por Bastos *et al.* (2003) e Henrique (2006) apresentaram valores menores ao presente estudo (4 a 7 mg L⁻¹). Confrontando, Melo *et al.* (2009) sugerem que as concentrações de fósforo presentes no esgoto doméstico tratado sejam baixas quando comparadas com a quantidade requerida pela planta (4,57 kg), sendo necessário adicionar sais nutrientes para a produção em hidroponia (3,73 kg).

Martinez (2002) explica a importância do fósforo para a planta através da integridade das membranas das mesmas e que sua precipitação deve ser evitada através do manejo. Também cabe destacar que o fósforo é requerido em grande quantidade pela planta (MELO *et al.*, 2009) e que, se o efluente possui elevado teor em fósforo, pode-se economizar os sais comerciais utilizados para a produção hidropônica.

Sódio

O valor de sódio foi maior que o máximo recomendado por alguns autores como Ayers e Westcost (1985); USEPA (1992); Henrique, (2006); Rocha (2010) e CONERH, (2010) para uso na irrigação, especialmente no que se refere a obstrução dos emissores e indisponibilização de nutrientes para a planta como o cálcio.

O valor de sódio para reúso agrícola apresentado por CONERH (2010) deve ser de até 70 mg L⁻¹. Entretanto, Henrique (2006) registrou valores de 140 a 152 mg L⁻¹ para esgoto bruto e efluente doméstico tratado. Enquanto Rocha (2010) encontrou valor de 241,50 mg L⁻¹ quando estudou efluente de abatedouro de bovinos tratado, inferiores aos obtidos neste estudo (495,83 mg L⁻¹).

Ferro total

Segundo descrito por Nakayama e Bucks (1986) o risco de entupimento de gotejadores conforme a qualidade de água de irrigação para o ferro encontrado no presente trabalho é pequeno.

Metcalf e Eddy (1991) observaram que o ferro, até 5 mg L⁻¹ não é tóxico em substratos bem aerados, embora contribua para tornar fósforo e molibdênio não disponíveis as plantas. Isto é constatado na Tabela 11, que apresenta a concentração de ferro abaixo da recomendada para este elemento químico em água de irrigação. Conforme Brasil (2011), que classifica padrões de emissão de efluentes e demonstra que o valor encontrado no presente trabalho observado (0,17 mg L⁻¹) é menor que o apresentado na legislação, o que não favoreceu a redução de nutrientes para a solução nutritiva.

Dureza total e sólidos dissolvidos totais - SDT

A concentração de dureza total (Tabela 11) foi abaixo do observado por Rocha (2010), demonstrando que o efluente do presente estudo possui menos cátions precipitados na água do que o apresentado pelo autor. Contudo, Nakayama e Bucks (1986) relatam que o risco de entupimento de emissores pela água de irrigação é reduzido quando o valor da dureza da água é menor que 150 mg L⁻¹.

Segundo Oliveira (2007) a dureza da água é entendida como a capacidade da água de precipitar íons cálcio e magnésio. Outros cátions, como por exemplo, ferro, manganês e zinco,

podem ser precipitados; porém, geralmente estão presentes na água na forma de complexos, frequentemente com constituintes orgânicos, e sua participação na dureza da água é mínima. É a soma das concentrações de cálcio e magnésio, expressas em termos de carbonato de cálcio, em miligramas por litro. O cálcio e magnésio estão presentes na água, principalmente nas seguintes formas de bicarbonatos de cálcio e de magnésio; sulfatos de cálcio e de magnésio.

O valor de SDT do presente estudo (650 mg L^{-1}) é classificado pela EPA (1991) apud Paganini (2003), como de salinidade média para a água de irrigação. Concordando com esta classificação, Ayers e Westcott (1985) e USEPA (1992) também caracterizam o efluente do presente estudo como restrição moderada do uso em função dos SDT. Assim, Nakayama e Bucks (1986) também classificam como risco médio de entupimento de emissores.

Cálcio e magnésio

A concentração de cálcio ($92,46 \text{ mg L}^{-1}$) é caracterizado por Gilbert e Ford (1986) como risco médio de entupimento de gotejadores conforme a qualidade da água de irrigação. Entretanto, Henrique (2006) observou valores de 42 a 44 mg L^{-1} para esgoto bruto e efluente tratado com lagoa de polimento e reator UASB.

Martinez *et al.* (1997) esclarecem que as hortícolas que comercializam os frutos como o tomate exigem maiores quantidades de fósforo, potássio e cálcio. Esta necessidade de cálcio é grande devido a sua alta absorção pela planta. A exigência da planta pode ser corroborada com a alta concentração de cálcio no efluente estudado, economizando assim, com nutrientes comerciais para a solução nutritiva a ser aplicada (65,38%).

A concentração de magnésio observada por Henrique (2006) é semelhante a deste trabalho (Tabela 11), gerando redução de nutriente de 25%.

É importante salientar que a planta requer grande quantidade de magnésio, sendo necessário adicionar o nutriente na solução nutritiva, pois o mesmo é fundamental em vários processos como fotossíntese, respiração, sínteses de compostos orgânicos. O magnésio pode ser redistribuído das folhas mais velhas para as mais novas apresentando grande mobilidade no floema (MALAVOLTA, 2006).

Cloreto

A concentração de cloreto (Tabela 11) é próxima a obtida por Henrique (2006) para esgoto bruto e efluente tratado, que foram de 169 a 218 mg L⁻¹, respectivamente.

Neste contexto, as características físicas e químicas recomendadas para a água em todos os tipos de reúso para fins agrícolas e/ou florestais descrito em CONERH (2010) sugerem valores de cloreto entre 100 e 300 mg L⁻¹. A redução de cloreto foi de 79,08% no preparo da solução nutritiva hidropônica com água residuária para produção de Sweet Grape.

Martinez *et al.* (1997) relataram que a absorção de nitrato sofreu redução com a presença de cloreto, pois o mesmo indisponibiliza o nitrato à planta. Isto pode ser evitado fazendo-se o balanço correto entre os nutrientes presentes no efluente e a quantidade requerida pela planta em cada estágio de desenvolvimento.

Sulfato

Henrique (2006) registrou valores de sulfato (31 a 42 mg L⁻¹) próximos ao valor para o mesmo na Tabela 11, reduzindo em 68% a aplicação deste na solução nutritiva. Este fato representa alta carga de sulfato no efluente estudado que pode prejudicar a qualidade da mesma, uma vez que há restrição de concentração de sulfato para água de irrigação (Von Sperling *et al.*, 2009), e que deve-se atentar para a concentração do mesmo na irrigação com esgotos, uma vez que a salinização é favorecida com a presença dos íons cloreto e sulfato associados ao sódio.

Martinez *et al.* (1997) discutiram que o sulfato pode causar toxidez no tomateiro quando em altas concentrações (105 mg L⁻¹) e carência quando em baixas concentrações (10 mg L⁻¹), abortando as flores no caso de deficiência e reduzindo o tamanho e o peso dos frutos na toxidez. Em função da alta pressão osmótica do meio pode restringir a absorção de água e de cálcio, causando podridão estilar. O tomateiro, além de requerer grande quantidade de sulfato (SO₄²⁻) é capaz de acumular grandes quantidades deste nas folhas e nos tecidos vasculares sem alterar a produção, ou seja, águas ricas em enxofre podem ser utilizadas sem comprometer a produtividade.

Boro e zinco

Os valores de boro e zinco se enquadram nos níveis adequados (AYERS; WESTCOST, 1985; METCALF; EDDY, 1991; USEPA, 1992; AMORIM *et al.*, 2008; ROCHA, 2010; CONERH, 2010; ABRAHÃO, 2011; BRASIL, 2011), para uso na irrigação. É relevante discutir que para evitar a precipitação de micronutrientes como o boro, o pH deve ser controlado, conforme descrito por Martinez (2002). Isto é essencial para a utilização da solução nutritiva em hidroponia.

A redução de boro para solução nutritiva foi de 50%, enquanto que a de zinco foi de 45%, sendo elevada a economia com os mesmos, porém, em hidroponia exige a adição dos dois micronutrientes em quantidades pequenas, o que resulta em pequenos efeitos na redução dos custos de produção.

Cobre e molibdênio

Conforme padronizado por Brasil (2011), quanto à concentração de cobre (Tabela 11), o mesmo atende a referida legislação, que padroniza emissão de efluentes.

Metcalf e Eddy (1991) e CONERH (2010) recomendam valores para cobre e molibdênio, para aplicação na irrigação com água residuária (0,2 mg L⁻¹ para cobre e 0,01 mg L⁻¹ para molibdênio). Diferindo dos obtidos, o que pode ser explicado pela alta concentração destes no efluente. Assim, a redução na necessidade de adicionar a solução nutritiva com água residuária foi de 100% para ambos (Tabela 12). Porém, a quantidade exigida pelas plantas é pequena, o que resulta em pequeno efeito na redução dos custos de produção.

Demanda bioquímica de oxigênio e demanda química de oxigênio

Os valores de DBO₅ (Tabela 11) foram abaixo do recomendado por Brasil (2011), que pode ser de até 120 mg L⁻¹ para lançamento em corpos de água de classe 2.

Para Ayers e Westcost (1985) e USEPA (1992) a DBO deve ser de 10 a 30 mg L⁻¹ para irrigação de plantas consumidas cruas e cozidas, concordando com o valor encontrado neste trabalho (Tabela 11). Enquanto que o valor obtido por Mazzola *et al.* (2003) para DQO foi de 42,8 mg L⁻¹ quando verificaram o tratamento de esgoto doméstico com reator UASB seguido de leitos cultivados com macrófitas. O valor obtido por eles é próximo ao deste trabalho (39,83 mg L⁻¹), que apresenta tratamento similar do efluente, ou seja, leitos

cultivados com macrófitas como tratamento secundário. As plantas podem ter absorvido grande parte da carga orgânica do efluente tratado no presente estudo.

Entretanto, nas situações de utilização do reúso de esgotos sanitários para fins agrícolas não há restrição de DBO e DQO. Para CONERH (2010) as concentrações dos efluentes é uma consequência das técnicas de tratamento e devem ser compatíveis com a qualidade microbiológica definida nesta Resolução.

5.4 Crescimento das plantas

Observa-se que não houve diferença significativa na altura média das plantas, com exceção aos 100 DAT, sendo maior tratamento SnC para o S3 (Tabela 13).

TABELA 13. Altura média das plantas (m) de tomate Sweet Grape para os diferentes DAT, substratos e solução nutritiva.

Tipo de solução nutritiva	Tipo de substrato		
	S 1	S 2	S 3
		0 DAT	
AR	0,107 Aa	0,112 Aa	0,110 Aa
SnC	0,105 Aa	0,107 Aa	0,110 Aa
		20 DAT	
AR	0,355 Aa	0,347 Aa	0,362 Aa
SnC	0,390 Aa	0,342 Aa	0,342 Aa
		40 DAT	
AR	0,805 Aa	0,757 Aa	0,792 Aa
SnC	0,817 Aa	0,740 Aa	0,795 Aa
		60 DAT	
AR	1,455 Aa	1,457 Aa	1,452 Aa
SnC	1,470 Aa	1,365 Aa	1,440 Aa
		80 DAT	
AR	1,947 Aa	1,935 Aa	2,012 Aa
SnC	1,942 Aa	1,895 Aa	1,940 Aa
		100 DAT	
AR	2,810 Aa	2,592 Aa	2,587 Ab
SnC	2,740 Aa	2,815 Aa	2,922 Aa

Médias seguidas das letras maiúsculas distintas na linha e minúscula na coluna diferem entre si ao nível de 5% indicado pelo teste Tukey.

As informações sobre o crescimento das plantas do tomate Sweet Grape produzido com substrato em hidroponia utilizando água residuária, são inexistentes. Segundo Holcman (2009) existem fatores que favorecem o crescimento das plantas do tomateiro e outros que prejudicam como temperatura muito abaixo ou muito acima do aceitável e radiação solar, acredita-se que estas variáveis climáticas não afetaram as variáveis de crescimento das plantas

bem como rendimento da produção. Contudo, a diferença verificada no S3 aos 100 DAT pode ter sido consequência da aplicação da solução de AR nos vasos para água residuária, justificando um crescimento reduzido em relação às plantas que foram irrigadas com fertirrigação convencional. Em parte, também pode ser explicado pela maior incidência de doenças neste tratamento no final do ciclo da cultura, como pinta preta e mofo branco.

A aplicação da solução nutritiva convencional e água residuária enriquecida com nutriente não interferiu no comprimento das ramas das plantas (Tabela 13), que de acordo com Abrahão (2011) afirmam que a fertirrigação permite manter a disponibilidade de água e nutrientes (solução) para a planta, influenciando a positivamente (COSTA *et al.*, 2009) na altura das mesmas se irrigada com água residuária em todo o seu ciclo.

Neste contexto, cabe salientar que o comprimento das guias para o ciclo de 180 a 240 dias podem medir de seis a oito metros segundo a Sakata, o que possivelmente não seria atingido caso o experimento fosse conduzido até este período.

5.5 Análises de parâmetros quantitativos

5.5.1 Peso médio dos frutos

Os pesos médios dos frutos não apresentaram diferenças significativas entre os diferentes tipos de solução nutritiva e substrato (Tabela 14).

TABELA 14. Valores médios de peso dos frutos de tomate para os diferentes tipos de solução nutritiva e substrato.

Tipo de solução nutritiva	Tipo de substrato		
	S 1	S 2	S 3
		(g por fruto)	
AR	8,81 Aa	8,79 Aa	9,42 Aa
SnC	9,55 Aa	9,52 Aa	8,91 Aa

Médias seguidas das letras maiúsculas distintas na linha e minúscula na coluna diferem entre si ao nível de 5% indicado pelo teste Tukey

Os dados obtidos neste experimento são maiores quando comparados com os apresentados por Holcman (2009) e Abrahão (2011) (7,9 a 8,7 g por fruto), onde objetivaram avaliar a influência de diferentes coberturas em ambientes protegidos na produtividade e a qualidade do tomateiro Sweet Grape eis relações entre K, Ca, Mg na produção e na qualidade de mini tomate cultivado em substrato, respectivamente.

A Sakata (2012) indica que o peso médio dos frutos de tomate é de 10 g a 20 g. Embora os valores médios dos frutos tenham sido pouco menores, isso não interfere na sua comercialização, pois o °Brix e o número de frutos por embalagem podem ser maiores.

5.5.2 Relação diâmetro/comprimento dos frutos

No experimento foram verificados os valores médios nos mini tomates de 2,16 cm de diâmetro e 3,20 cm de comprimento e média de relação D/C de 0,67. Desta forma, considerado o tipo de substrato, observa-se que a relação diâmetro/comprimento dos frutos de mini tomate foi maior no S1 já que o S2 se assemelha ao S1 e ao S3 para a água residuária enriquecida com nutrientes comerciais; já para o tipo de solução nutritiva, os valores foram maiores na SnC nos substratos S1 e S2 (Tabela 15)

TABELA 15. Valores da relação diâmetro/comprimento dos frutos de tomate para os diferentes tipos de solução nutritiva e substrato.

Tipo de solução nutritiva	Tipo de substrato		
	S 1	S 2	S 3
		D/C	
AR	0,655 Aa	0,637 Aba	0,627 Bb
SnC	0,650 Aa	0,652 Aa	0,662 Aa

Médias seguidas das letras maiúsculas distintas na linha e minúscula na coluna diferem entre si ao nível de 5% indicado pelo teste Tukey.

De acordo com a Sakata (2012), o formato do fruto do tomate Sweet Grape é oblongo, o que pode ser visualizado na Tabela 15. Esta configuração denomina o fruto em questão como mini tomate, pois nota-se um desvio do padrão chamado tomate cereja, como registra Alvarenga (2004). Neste âmbito, comprova-se mais uma vez que a qualidade do fruto coincide com as características da cultivar e persiste independente do tipo de tratamento.

5.5.3 Número total de frutos por planta

O número de frutos por planta em todo o ciclo da cultura, foi maior em S1 em relação ao S2 e S3 na AR, já para a SnC os valores de S1 e S2 foram maiores ao S3. Considerando o tipo de solução nutritiva houve diferença apenas no S2, sendo maior para SnC.

TABELA 16. Valores do número total de frutos por planta no ciclo para os diferentes tipos de solução nutritiva e substrato.

Tipo de solução nutritiva	Tipo de substrato		
	S 1	S 2	S 3
	Número total de frutos por planta		
AR	462 Aa	305 Bb	310 Ba
SnC	429 Aa	329 Aa	306 Ba

Médias seguidas das letras maiúsculas distintas na linha e minúscula na coluna diferem entre si ao nível de 5% indicado pelo teste Tukey.

Como observado por Abrahão (2011), o número de frutos/planta coincide com os valores da Tabela 16, os quais demonstram diferenças significativas do substrato 3 em relação aos outros. Acredita-se que o fato tenha sido influenciado pela ocorrência de doenças no final do ciclo da cultura.

Holcman (2009) constatou número total de frutos de tomate Sweet Grape entre 346 e 447, o que também equivale ao mesmo resultado (329 a 429).

5.5.4 Número de frutos por cacho

Observa-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos para os valores médios de número de frutos por cacho (Tabela 17).

TABELA 17. Valores médios do número de frutos/cacho para os diferentes tipos de solução nutritiva e substrato.

Tipo de solução nutritiva	Tipo de substrato		
	S 1	S 2	S 3
	Número de frutos/cacho		
AR	36 Aa	34 Aa	34 Aa
SnC	34 Aa	33 Aa	31 Aa

Médias seguidas das letras maiúsculas distintas na linha e minúscula na coluna diferem entre si ao nível de 5% indicado pelo teste Tukey.

Segundo Filgueira (2003) as cultivares atualmente plantadas são híbridas, a exemplo do *Sweet Grape* e *Sweet Million*, altamente produtivas, obtendo-se 20 a 40 frutinhas nos cachos. Este resultado também é comparável com o número de frutos por cacho obtidos (31 a 36).

A partir da Tabela 17 é conveniente citar ainda o estudo de Abrahão (2011), que embora tenha pesquisado a altura dos cachos na planta notou diferenças de poucos centímetros entre as relações da solução nutritiva, a cultivar *Sweet Grape* apresenta um porte menor em relação *Sweet Million*, o que pode ser observado para verificar a resposta de manejo da cultura. Sendo assim, tanto a altura dos cachos quanto o número de frutos/cacho

são indicativos de condução ideal da cultura, que podem ser monitorados visando maiores lucros para o produtor. De qualquer forma é interessante para o produtor: se ele produz menos frutos no cacho pode obter frutos mais doces ($^{\circ}$ Brix maior que 6), mas se produz mais frutos os mesmos não terão $^{\circ}$ Brix elevado mas terão número de frutos mais elevado.

5.5.5 Produção total por planta e produção total durante o ciclo

Observa-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos para os valores médios de produtividade total por planta (Tabela 18).

TABELA 18. Valores da produção total por planta durante todo o ciclo da cultura do tomate para os diferentes tipos de solução nutritiva e substrato.

Tipo de solução nutritiva	Tipo de substrato		
	S 1	S 2	S 3
		(kg)	
AR	3,80 Aa	3,54 Aa	3,74 Aa
SnC	3,78 Aa	4,23 Aa	3,63 Aa

Médias seguidas das letras maiúsculas distintas na linha e minúscula na coluna diferem entre si ao nível de 5% indicado pelo teste Tukey.

A produtividade total para o ciclo de 177 DAT do mini tomate Sweet Grape foi de 32 t ha⁻¹, que é considerada adequada para a cultura, pois se aproximou das recomendações da Sakata (2012), que expõem que a produção comercial de tomate Sweet Grape geralmente é de 5 kg por planta para um ciclo de seis a oito meses (180 a 240 DAT). A produção obtida neste trabalho foi em média 75% do obtido pelos agricultores que utilizam estrutura hidropônica recomendada pela empresa detentora dos direitos sobre a comercialização desta cultivar de mini tomate. A produção obtida por Holcman (2009) foi semelhante a desta pesquisa, aproximadamente 3,5 kg, para a mesma cultivar.

Observa-se na Figura 14, onde é apresentada a produção mensal durante o ciclo da cultura de tomate, o que indica que as colheitas entre 119 e 149 DAT foi o pico da produção em todos os tratamentos como observados nas produções comerciais deste tomate.

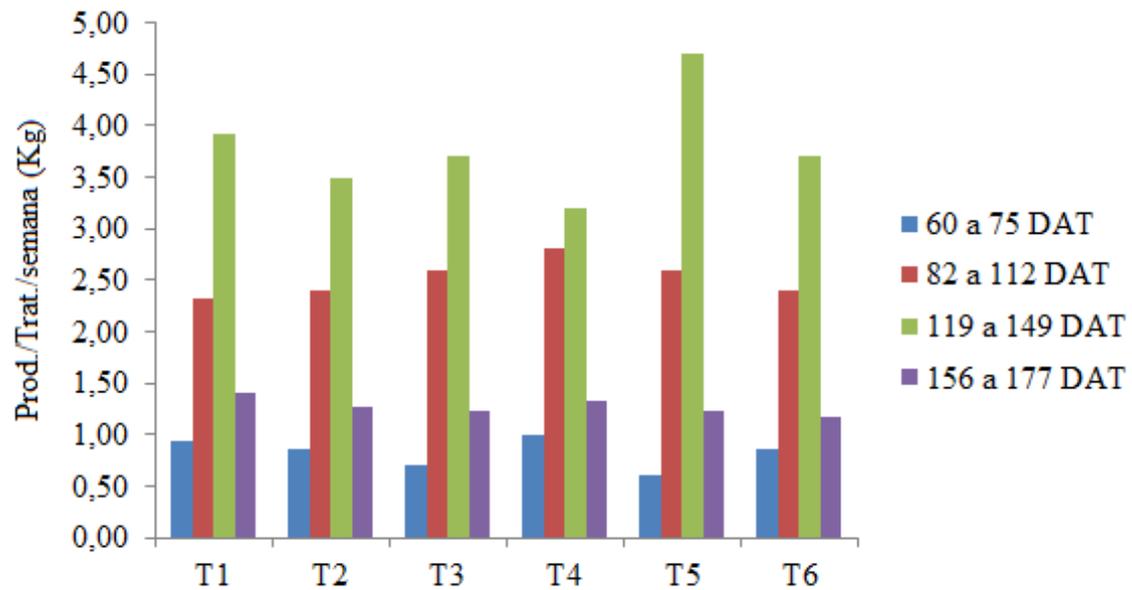


FIGURA 14. Produção média do tomate entre 60 e 177 DAT para os diferentes tratamentos.

O ciclo do mini tomate Sweet Grape leva 60 dias da sementeira ao início da colheita (SAKATA, 2012) o que pode ser observado na Figura 14, que iniciou a colheita nos 60 DAT. Nas primeiras colheitas a produção foi em média de 2,5 a 3 kg, referente a três colheitas (agosto), para todos os tratamentos o que também pode ser verificado no período final (156 a 177 DAT - outubro).

Após os 82 DAT até 112 DAT (setembro) a produção foi de 2,5kg em todos os tratamentos, correspondente a cinco colheitas demonstrando valores maiores que as colheitas iniciais que podem ter sido favorecidas pelas condições ambientais.

A diferença entre os tratamentos não foi significativa, apresentando maior produção para o tratamento 5 em relação aos demais no período de 119 a 149 DAT. O contrário ocorreu com o tratamento 4, apresentando menor produção no mesmo período. Este fato pode ter sido influenciado pelo fator substrato (S1 e S2) que nos dois tratamentos (T4 e T5) são diferentes. Sugere-se para se produzir mais o tratamento 5, que em todos os períodos observa-se maior produção em relação aos demais tratamentos, ressaltando ainda que há vantagens, como a produção maior quando comparada com a aplicação da água residuária, e desvantagens, alto custo com sais comerciais, deste tipo de produção (solução nutritiva convencional).

5.6 Análises qualitativas dos frutos

5.6.1 Acidez titulável

Na Tabela 19 notam-se os valores médios da acidez titulável (%) para os diferentes tipos de solução nutritiva e substrato e, para AR o valor de S1 foi menor de S2 e S3, e para SnC o valor de S3 foi menor ao S1 e S2.

TABELA 19. Valores médios da acidez titulável (%) para diferentes tipos de solução nutritiva e substrato.

Tipo de solução nutritiva	Tipo de substrato		
	S 1	S 2	S 3
	Acidez titulável (%)		
AR	0,320 Ba	0,402 Aa	0,380 Aa
SnC	0,342 Aa	0,355 Aa	0,320 Bb

Médias seguidas das letras maiúsculas distintas na linha e minúscula na coluna diferem entre si ao nível de 5% indicado pelo teste Tukey.

Holcman (2009) e Abrahão (2011) encontraram valores de acidez titulável (0,48 e 0,45%, respectivamente) próximos aos obtidos neste estudo. Como o S1 apresenta pH baixo (5,8) (Tabela 8) e alta concentração de sais dissolvidos (Tabela 11), isso pode ter influenciado tanto na qualidade do fruto quanto na acidez.

Os valores apresentados no presente estudo apresentaram variação de 20% entre os maiores valores (0,40) e o menor (0,32). Os mesmos são próximos aos observados por Cunha *et al.* (2011) que produziram geleias de tomates longa vida e cereja visando à padronização. A acidez titulável (%) média considerando todos os tratamentos foi de 0,36%.

5.6.2 Sólidos solúveis (°Brix)

Os resultados médios de sólidos solúveis apresentados na Tabela 20 mostram que para AR o S3 se assemelha ao S1 e S2. Sendo assim, o S1 foi menor do que o S2 e S3 para AR o que pode ser justificado pelo baixo pH do substrato e altas concentrações de sais na solução nutritiva. Isso pode ter reduzido os sólidos absorvidos pelos frutos.

TABELA 20. Resultados médios de sólidos solúveis dos frutos de tomate para os diferentes tipos de solução nutritiva e substrato.

Tipo de solução nutritiva	Tipo de substrato		
	S 1	S 2	S 3
		(°Brix)	
AR	5,700 Ba	7,280 Aa	6,410 Aba
SnC	6,290 Aa	6,695 Aa	6,627 Aa

Médias seguidas das letras maiúsculas distintas na linha e minúscula na coluna diferem entre si ao nível de 5% indicado pelo teste Tukey.

Os dados obtidos são similares aos verificados por Abrahão (2011) (7,1 e 6,6), já Holcman (2009) encontrou valores médios de sólidos solúveis de 9,4 °Brix, afirmando ainda que a dose de potássio sobre o teor de sólidos solúveis não influenciou no °Brix.

Segundo Cunha *et al.* (2011) o °Brix para o tomate cereja foi de 7,1, próximo ao obtido no presente trabalho, confirmando que o tomate *Sweet Grape* possui alto °Brix quando comparado com o tomate de mesa cultivar Dominador, que foi estudado por Rinaldi *et al.* (2011) e encontrado o valor de 3,9 a 5,5 °Brix.

Segundo recomendação da Sakata (2012) e pelo Grupo NK (2012), o valor do °Brix deve ser alto (maior que 6), como visto na Tabela 20, para ser comercializado.

5.6.3 Relação sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT)

Observa-se que o valor da relação SS/AT foi maior para a SnC em relação a AR no S3 (Tabela 21), fato este afetado pela baixa acidez titulável (%) no mesmo tratamento.

TABELA 21. Valores médios da relação SS/AT dos frutos de tomate para os diferentes tipos de solução nutritiva e substrato.

Tipo de solução nutritiva	Tipo de substrato		
	S 1	S 2	S 3
		SS/AT	
AR	17,877 Aa	18,297 Aa	16,942 Ab
SnC	18,890 Aa	19,522 Aa	20,887 Aa

Médias seguidas das letras maiúsculas distintas na linha e minúscula na coluna diferem entre si ao nível de 5% indicado pelo teste Tukey.

Os valores da relação SS/AT obtidos foram superiores aos apresentados por Holcman (2009) e Abrahão (2011), que ficaram entre 14,03 e 17,8, respectivamente. Essa relação diz respeito ao sabor e qualidade dos frutos, sendo que para o S3 o valor foi superior, o que sugere que o sabor e a qualidade dos frutos foram melhores em comparação com os das autoras acima citadas.

Neste contexto, Rocha (2010) encontrou valores de 9,3 a 10,2 quando estudou relação SS/AT em tomate de mesa cultivar Dominador produzido com efluente tratado de abatedouro de bovinos, demonstrando assim, excelente sabor e qualidade dos frutos de tomate *Sweet Grape* quando comparados com outros tomates de mesa.

5.6.4 Potencial hidrogeniônico

Os valores de pH não apresentaram diferença entre os tratamentos (Tabela 22).

TABELA 22. Valores médios de pH dos frutos de tomate para os diferentes tipos de solução nutritiva e substrato.

Tipo de solução nutritiva	Tipo de substrato		
	S 1	S 2	S 3
AR	4,28 Aa	4,34 Aa	4,35 Aa
SnC	4,28 Aa	4,26 Aa	4,29 Aa

Médias seguidas das letras maiúsculas distintas na linha e minúscula na coluna diferem entre si ao nível de 5% indicado pelo teste Tukey.

Os valores de pH obtidos são próximos aos apresentados por Abrahão (2011) e Cunha *et al.* (2011) que obtiveram valores de 4,05 e 4,25, respectivamente.

Para Rinaldi *et al.*, (2011) os valores de pH encontrados (4,19 a 4,29) para o tomate cultivar Dominador também são similares, demonstrando que o pH não tem grande variação entre as diferentes cultivares. O pH representa o quanto o produto é ácido e tem importância como indicador de qualidade dos frutos.

5.6.5 Contaminação dos frutos de tomate

As análises microbiológicas para avaliar as condições higiênicas dos tomates da cultivar *Sweet Grape* estão apresentadas na Tabela 23.

TABELA 23. Valores médios das análises microbiológicas em frutos de tomate da cv. *Sweet Grape* irrigados com água residuária.

Contagem total de aeróbios mesófilos	Contagem de bolores e leveduras	Coliformes totais	Coliformes termotolerantes
(UFC g ⁻¹)	(UFC g ⁻¹)	(NMP g ⁻¹)	(NMP g ⁻¹)
3,4 x 10 ²	4,5 x 10 ¹	0,36 x 10 ¹	0

No Brasil, a Resolução nº12/01 estabelece padrões microbiológicos sanitários para alimentos e, no caso das hortaliças, prevê até 10^2g^{-1} para coliformes termotolerantes após a incubação da amostra a 45°C. Por não haver um padrão específico para tomate de mesa *in natura*, devido a sua natureza, pode-se adotar o padrão de hortaliças (BRASIL, 2001).

Na matéria prima houve ausência de coliformes termotolerantes, estando aptos para o consumo de acordo com a legislação, porém, houve a presença de coliformes totais na matéria-prima.

Rodrigues *et al.* (2008) avaliando a presença de *E. coli* em saladas de alface e tomate em restaurantes do tipo “self-service” em Brasília-DF observou 100% de contaminação em todas as amostras analisadas.

A contagem total de microrganismos aeróbios mesófilos pode ser utilizada para determinar o número de esporos de bactérias na matéria-prima, o crescimento de bactérias nos pontos críticos dos processos, o efeito do tratamento térmico aplicado, o crescimento de bactérias durante o armazenamento e distribuição inadequados, e, em geral, a adesão das Boas Práticas de Fabricação - BPF (ICMFS, 1986).

A contagem total de aeróbios mesófilos foi $3,4 \times 10^2 \text{ UFC g}^{-1}$, enquanto que a contagem de bolores e leveduras observadas foi menor ($4,5 \times 10^1 \text{ UFC g}^{-1}$). Pinho (2008) estudando a qualidade sanitária de tomate cereja obteve os valores de $2,6 \times 10^4 \text{ UFC g}^{-1}$ para as amostras cultivadas no sistema orgânico e $1,5 \times 10^2 \text{ UFC g}^{-1}$ para as amostras cultivadas no sistema convencional.

5.7 Análise da uniformidade de distribuição de água do sistema de irrigação

Os índices de CUC, UE e CUE apresentaram elevada redução do início para o final do ciclo da cultura do tomate que foi de 120 horas de funcionamento.

TABELA 24. Índices de CUC, UE e CUE obtidos no início e no final do experimento para as diferentes soluções nutritivas.

	CUC (%)		UE (%)		CUE	
	AR	SnC	AR	SnC	AR	SnC
Início	99,00	99,00	95,48	96,70	95,14	95,18
Final	80,80	78,00	60,17	55,68	32,56	29,21
Variação (%)	-18,20	-21,00	-35,31	-41,02	-62,58	-65,97

Os valores de CUC, CUD e CUE obtidos no início do experimento apresentam-se excelentes segundo a recomendação de Merriam e Keller (1978), que é acima de 90%, como

também observado por Rocha (2010) que aplicou por gotejamento o efluente de bovino tratado. Já no final do experimento houve redução de 18% a 65%, fato que pode ser explicado pela obstrução dos gotejadores. De maneira geral as maiores reduções nos índices avaliados foram verificadas nos tratamentos com solução nutritiva convencional, que pode ter ocorrido em decorrência de formação de precipitados pela grande quantidade de sais dissolvidos na água, obstruindo os gotejadores. Como na solução preparada com água residuária foi feito um ajuste para atingir os níveis da solução convencional, esta pode ter apresentado maior concentração de sais quando comparada a solução da água residuária.

Segundo recomendação de Merriam e Keller (1978) valores com uniformidade abaixo de 60% são inaceitáveis para irrigação por gotejamento, como ocorreu na distribuição da solução nutritiva convencional (55,68%).

Como demonstrado por Sandri *et al.* (2003) o volume de água aplicado pode ser relacionado ao entupimento dos gotejadores, isto é, quanto maior o volume de água aplicado, maiores são as chances de ocorrer entupimento dos emissores, e maior é a redução de vazão nos gotejadores, como no presente estudo que apresentou redução da vazão aplicada ($1,6 \text{ L h}^{-1}$ no início para $0,6 \text{ L h}^{-1}$ no final).

Conforme descrito por Batista *et al.* (2006) após 120 horas de funcionamento a distribuição reduziu para 84% aproximando-se dos valores encontrados para distribuição final após o mesmo tempo de funcionamento (Tabela 24).

5.8 Tensão de água nos substratos

Observa-se que não houve diferença entre as medidas de tensão de água nos diferentes substratos que receberam diferentes soluções nutritivas (Tabela 25).

TABELA 25. Valores médios de tensão de água nos diferentes tipos de solução nutritiva e substrato.

Tipo de solução nutritiva	Tipo de substrato		
	S 1	S 2	S 3
	(kPa)		
AR	7,09 Aa	6,35 Aa	6,47 Aa
SnC	5,37 Aa	5,90 Aa	6,58 Aa

Médias seguidas das letras maiúsculas distintas na linha e minúscula na coluna diferem entre si ao nível de 5% indicado pelo teste Tukey.

Os valores médios de tensão são semelhantes aos valores obtidos por Corá e Fernandes (2008) que objetivaram determinar curvas características de retenção de água de

diferentes substratos de uso agrícola. Para todos os substratos estudados pelos autores, o volume de água se manteve constante em 50% a partir da tensão de 30 hPa. Este aspecto é similar com o presente experimento, já que os valores de tensão obtidos estão entre 5,37 a 7,09 kPa, demonstrando que não houve variação devido a aplicação da solução nutritiva nos vasos para os diferentes substratos.

Marouelli *et al.* (2003) avaliaram a distribuição de raízes do tomateiro e a variabilidade da tensão de água em substratos acondicionados em contentores e encontraram leituras de 4 kPa, indicando boa distribuição de água. Isto também foi constatado no presente trabalho, uma vez que o manejo inadequado da irrigação pode levar as plantas a condições de deficiência hídrica, comprometendo a produção. Por outro lado, a aplicação de quantidades de água acima dos limites aceitáveis de drenagem aumentam os custos de produção além de poluir o meio ambiente com a perda de nutrientes.

5.9 Análise da solução lixiviada pelo substrato

Os valores médios de pH para os diferentes tratamentos variaram entre 5,4 e 6,0, a CE entre 3,3 e 4,7 dS m⁻¹, os valores de nitrato obtidos variaram de 30,8 a 43,8 mg L⁻¹ e o potássio apresentou valores de 98,0 a 310,5 mg L⁻¹ (Tabela 26).

TABELA 26. Valores da média (\bar{x}), desvio padrão (σ) e coeficiente de variação (CV) de pH, CE, nitrato e potássio medidos na solução lixiviada para diferentes tratamentos.

	T1		T2		T3		T4		T5		T6	
	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ
pH	5,7 ± 0,6		5,4 ± 0,5		5,8 ± 0,8		6,0 ± 0,6		5,5 ± 0,5		5,6 ± 0,2	
CV (%)	10,3		10,2		14,4		10,8		10,4		3,8	
CE ¹	4,7 ± 3,5		3,8 ± 2,8		3,8 ± 3,2		3,9 ± 3,0		3,3 ± 1,9		4,6 ± 4,2	
CV (%)	74,6		73,7		83,4		75,7		60,4		90,4	
Nitrato ²	43,8 ± 21,6		29,8 ± 10,0		35,0 ± 15,5		30,8 ± 24,6		31,9 ± 10,2		37,3 ± 25,8	
CV (%)	49,3		33,7		44,3		80,0		31,9		69,1	
Potássio ²	127,2 ± 63,3		110,3 ± 78,8		114,4 ± 122,8		98,0 ± 21,0		150,7 ± 65,7		310,5 ± 107,5	
CV (%)	49,8		71,4		87,4		21,4		43,6		34,6	

¹Condutividade Elétrica (dS m⁻¹). ²Concentração dos nutrientes em mg L⁻¹.

pH

Os valores de pH nas soluções lixiviadas variaram entre 5,4 a 6,0, similares aos da solução nutritiva (5,6 a 6,2) e do substrato que variaram entre 5,7 a 6,0. Estes resultados

corroboram com os resultados apresentados por Fernandes *et al.* (2006) que objetivaram avaliar o desempenho de diferentes substratos no cultivo do tomateiro e concluíram que substratos com valores de pH de 5,4 são comumente utilizados e estão dentro da faixa recomendada para uma produção satisfatória.

Neste sentido vale ressaltar que a variação foi de 10% em média, não sendo observada grande dispersão das leituras de pH entre os valores do início da coleta de lixiviado (60 DAT) até o final da coleta (177 DAT).

CE

Schulz (2009) observou que o valor da CE das soluções nutritivas preparadas situou-se na entre 1,100 a 1,237 dS m⁻¹ para cultivo de tomate, enquanto que os valores médios medidos no lixiviado foram de 0,771 dS m⁻¹, o que demonstra uma redução entre a solução aplicada e a solução drenada. Ao contrário, neste estudo observou-se aumento nos valores de CE na solução lixiviada, sendo que a solução nutritiva aplicada possuía CE de 2,38 a 2,73 dS m⁻¹ para água de poço e água residuária, respectivamente.

Observou-se que os valores de condutividade elétrica do lixiviado nas primeiras medidas (60 DAT) foi em torno de 2,6 dS m⁻¹ aumentando ao longo do tempo de aplicação (até 100 ou 177 DAT), devido ao aumento de concentração de sais no substrato, fato possivelmente atribuído a aplicação de solução nutritiva maior que a capacidade de retenção do substrato e também a não absorção pelas plantas na mesma proporção do que foi aplicada. Sendo este fato mais evidente nos T1 e T6. No caso do T1 acredita-se que a presença de areia (60%) favoreceu a lixiviação dos sais. Já no T6 as fibras são mais porosas retendo os sais na sua composição e após um tempo, ao atingir a saturação por sais, esses começam a ser liberados. Isto explica o fato da solução nutritiva, tanto para AR quanto para SnC apresentarem valores menores, depois de algum tempo de aplicação, apresentando desta forma, elevado coeficiente de variação entre as amostras.

Para reduzir as perdas por lixiviação e sais, sugere-se que a solução nutritiva seja aplicada em número maior de vezes em relação ao utilizado, ou seja, aplicar menor quantidade de solução, de forma que não haja superação de capacidade de armazenamento do substrato. Sugere-se também rever o plano de manejo, buscando uma indicação mais precisa do momento adequado para aplicar a solução nutritiva, conforme a necessidade fisiológica da cultura.

Nitrato

Os resultados da concentração de nitrato na solução lixiviada são apresentados na Tabela 26, onde observa-se que os tratamentos T4 e T6 apresentaram maiores variações ao longo do ciclo da cultura, 80% e 69%, respectivamente.

Devido à importância do monitoramento do substrato, através da determinação de nutrientes na solução nutritiva lixiviada do mesmo, pode-se obter resultados de quanto foi aplicado na solução nutritiva e a quantidade absorvida pela planta. O substrato pode ter acumulado sais no substrato, especialmente no início do ciclo da cultura, pois, a demanda da cultura foi aumentando até alcançar o máximo a cerca de 80 DAT, porém, manteve-se constante a frequência e quantidade de solução nutritiva aplicada.

Como constatado para o parâmetro CE, o T1 pode ter retido grande quantidade de nitrato favorecido pela presença de areia no substrato (60%), como também comprovado pela alta concentração do nutriente no T6 ($37,3 \text{ mg L}^{-1}$) favorecido pela granulometria da fibra de coco.

Potássio

A variação foi de 87% para o tratamento T3 enquanto que o tratamento T2 a variação foi de 71%, e para os T4 e T5 os valores da concentração foram maiores que os outros tratamentos (Tabela 26).

Os tratamentos T4 e T5 se diferiram apenas pelo substrato, e devido a este fato, reteram grande quantidade de potássio quando comparado com os demais tratamentos, o que justifica grande perda deste nutriente e baixa absorção do mesmo pela planta. Deficiência de potássio pode ser causada pela baixa absorção pela planta, o que pode ser evitado monitorando o que foi aplicado com o que a planta absorveu.

6 CONCLUSÕES

Nas condições em que este estudo foi realizado, conclui-se:

- O tomate *Sweet Grape* pode ser cultivado na região de Anápolis-GO, em sistema de hidroponia empregando diferentes substratos em vaso e gotejamento, utilizando efluente de esgoto tratado e enriquecido com fertilizantes convencionais, sem prejuízo da qualidade e a quantidade de frutos colhidos.
- O uso da água residuária para produção de mini tomate em hidroponia gerou redução na quantidade de nutrientes comerciais para preparo da solução nutritiva, sendo variáveis para os diferentes nutrientes, com valores de 8,98% para o nitrato, 6,93% para o potássio, 18,38% para o fósforo e 40% em gastos totais com fertilizantes.
- A redução nos índices de uniformidade de distribuição de solução nutritiva devido ao entupimento dos gotejadores foi elevada em todos os tratamentos, sendo mais acentuado na solução nutritiva convencional.
- A tensão de água nos substratos foi mantida dentro de intervalo aceitável (5 a 10 kPa) para o cultivo de mini tomate.
- Os valores de condutividade elétrica, nitrato e potássio na solução lixiviada elevaram-se ao longo do ciclo do mini tomate, chegando a valores maiores do que as soluções preparadas.

7 REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, C.; VILLAS BÔAS, R. L.; KOYANAGUI, M. T.; TREMOCOLDI, M. A.; EVANGELISTA, R. M. Efeito de diferentes relações K:Ca:Mg na qualidade de frutos de mini tomate cultivados em substrato. **Revista Horticultura Brasileira**. Brasília, n. 29, jul. 2011. (Suplemento - CD ROM). 5226-5231 p.

ABRAHÃO, C. **Relação K:Ca:Mg na solução nutritiva para cultivo de mini tomate em substrato**. Dissertação de Mestrado em Agronomia. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agronômicas. Botucatu, 2011. 86 p.

ALVARENGA, M. A. R. **Tomate, produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia**. Lavras: UFLA, 2004. 393 p.

AMORIM, J. R. A.; RESENDE, R. S.; HOLANDA, J. S.; FERNANDES, P. D. Qualidade da água na agricultura irrigada. In: ALBUQUERQUE, P. E. P.; DURÃES, F. O. M. **Uso e manejo de irrigação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 255-316 p.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Água: fatos e tendências. Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS)**. 2º Ed., Brasília: ANA, 2009. 29 p.

ANDRIOLO, J. L.; DUARTE, T. S.; LUDKE, L.; SKREBSKY, E. C. Caracterização e avaliação de substratos para o cultivo do tomateiro fora do solo. **Revista Horticultura Brasileira**. Brasília, v. 17, 1999. 215-219 p.

APHA; AWWA; WPCF. **Standard methods for examination of water and wastewater**. 20 ed. Washington D.C. USA, American Public Health Association, 1999.

AYERS, R. S.; WESTCOST, D. W. **Water quality for agriculture** (Revised). Rome. FAO: Irrigation and Drainage Paper n° 29. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1985. 174 p.

AZEVEDO, L. P.; OLIVEIRA, E. L. Efeitos da aplicação de efluente de tratamento de esgoto na fertilidade do solo e produtividade de pepino sob irrigação subsuperficial. **Revista Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v. 25, n. 1, jan./abr. 2005. 253-263 p.

BASTOS, R. K. X. (coord.) **Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura**. Rio de Janeiro: ABES, RiMa. Projeto PROSAB. 2003, 264 p.

BATISTA, R. O.; SOARES, A. A.; MATOS, A. T.; MANTOVANI, E. C. Influência da aplicação de esgoto sanitário tratado no desempenho de um sistema de irrigação por gotejamento montado em campo. **Acta Sci. Technol.** Maringá, v. 28, n. 2, July/Dec. 2006. 213-217 p.

BERTONCINI, E. I. Tratamento de efluentes e reúso da água no meio agrícola. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**. São Paulo, jun. 2008. 153-169 p.

BLUMENTHAL, U. J.; PEASEY, A.; RUIZ-PALACIOS, G.; MARA, D. D. **Diretrizes para a reutilização de águas residuais na agricultura e aquicultura: revisões recomendadas com base em provas novas pesquisas.** London: WELL, 2000. (*WELL Study*, Task No 68).

BRALTS, V. F., KESNER, C. D. Drip irrigation field uniformity estimation. **Trans (Am. Soc. Agric. Eng.)**. USA, v.26, n.5, 1983. 1369-1374 p.

BRASIL. Lei Federal nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997 - Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União**. Brasília – DF, janeiro de 1997.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001. **Propõe o Regulamento Técnico sobre Padrões microbiológicos para alimentos.** Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, jan. 2001. Seção 1, p.6.

BRASIL. Resolução Conselho Nacional de Recursos Hídricos nº 54, de 28 de novembro de 2005 – Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília – DF, novembro de 2005a.

BRASIL. Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 - Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília – DF, março de 2005b.

BRASIL. Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011 – Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Diário Oficial da União**. Brasília – DF, maio de 2011.

CAETANO, M. **Jeito de uva, gosto de tomate.** Globo Rural, set. 2010. Disponível em: <<http://revistagloborural.globo.com/Revista/Common/0,,EMI168657-18287,00-JEITO+DE+UVA+GOSTO+DE+TOMATE.html>>. Acesso em: 12 dez. 2011.

CAVINS, T. J.; WHIPKER, B. E.; FONTENO, W. C.; HARDEN, B.; McCALL, I.; GIBSON, J. L. Monitoring and managing pH and EC using the PourThru extraction method. **Horticulture Information Leaflet**. n. 590. New 7. 2000.

CARRIJO, O. A.; MAROUELLI, W. A. Manejo da irrigação na produção de hortaliças em cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**. Brasília, v. 20, n. 2, 2002. Suplemento. CD-Rom. Trabalho apresentado no 42º Congresso Brasileiro de Olericultura, 2002, Uberlândia.

CARRIJO O. A.; VIDAL M. C.; REIS, N. V. B.; SOUZA, R. B; MAKISHIMA, N. Produtividade do tomateiro em diferentes substratos e modelos de casas de vegetação. **Horticultura Brasileira**. Brasília, v. 22, 2004. 05-09 p.

CHARLO, H. C. O.; CASTOLDI, R.; FERNANDES, C.; VARGAS, P. F.; BRAZ L, T. Cultivo de híbridos de pimentão amarelo em fibra da casca de coco. **Horticultura Brasileira** Brasília, DF, v. 27, n. 2, abr./jun. 2009. 155-159 p.

CHRISTIANSEN, J. E. **Irrigation by sprinkler**. Berkeley: California Agricultural Station. (Bulletin 670), 1942. 212 p.

CONERH. Resolução Conselho Estadual de Recursos Hídricos nº 75, de 29 de julho de 2010 – Estabelece procedimentos para disciplinar a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e/ou florestal. **Diário Oficial**. Salvador – BA, Sábado e Domingo 31 de julho e 1º de agosto de 2010. Ano · XCIV · N^{os} 20.331 e 20.332

CORÁ, J. E.; FERNANDES, C. **Curva característica de retenção de água para substrato**. In: VI Encontro Nacional sobre substratos para plantas. Materiais regionais como substrato. Fortaleza, 9 a 12 de setembro de 2008.

COSTA, F. X.; LIMA, V. L. A.; BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, C. A. V.; SOARES, F. A. L.; ALVA, L. D. M. Efeitos residuais da aplicação de biossólidos e da irrigação com água residuária no crescimento do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB, v. 13, n. 6, 2009. 687-693 p.

CROOK, J. Health aspects of water reuse in California. **J. Environ. Eng. Div. ASCE**, v. 104 (EE4), 1978, 601-610 p.

CUNHA, A. H. N.; SIQUEIRA, L. N.; CORTEZ, T. B.; VIANA, E. S.; SILVA, S. M. C. Avaliação química e análise sensorial de geleias de tomate. **Revista Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer** - Goiânia, vol.7, N.13; 2011. 1399-1404 p.

DANTAS, D. L.; SALES, A. W. C. Aspectos ambientais, sociais e jurídicos do reúso de água. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 3, n. 3, set./ dez. 2009. 4-19 p. Disponível em: <www.gestaosocioambiental.net> Acesso em: 25 maio 2011.

FACTOR, T. L.; ARAÚJO, J. A. C.; VILLELA JÚNIOR, L. V. E. Produção de pimentão em substratos e fertirrigação com efluente de biodigestor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, n.2, p.143–149, 2008.

FAGAN, E. B.; GIEHL, R. F. H.; EISERMANN, A. C.; MEDEIROS, S. L. P.; BRACKMANN, A.; SIMO, J.; JASNIEWICZ, L. R.; SANTOS, O. S. Expansão de frutos de meloeiro hidropônico e dois intervalos entre irrigações. **Revista Brasileira Agrociências**. Pelotas, v. 12, n. 3, jul./set. 2006. 287-293 p.

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, 2002. 559-563 p.

FERNANDES, A. L. T.; TESTEZLAF, R. Fertirrigação na cultura do melão em ambiente protegido, utilizando-se fertilizantes organominerais e químicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB, v.6, n. 1, 2002. 45-50 p.

FERNANDES, C.; CORÁ, J. E.; BRAZ, L. T. Desempenho de substratos no cultivo do tomateiro do grupo cereja. **Horticultura Brasileira**, v. 24, 2006. 42-46 p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Solanáceas**: agrotecnologia moderna na produção de tomate, batata, pimentão, pimenta, berinjela e jiló. Lavras: UFLA, 2003. 333 p.

FLORÊNCIO, L.; AISSE, M. M.; BASTOS, R. K. X.; PIVELI, R. P. Utilização de esgotos sanitários – Marcos conceituais e regulatórios. In: FLORENCIO, L.; BASTOS, R. K. X.; AISSE, M. M. **Tratamento e utilização de esgotos sanitários**. Rio de Janeiro: ABES, 2006. 427 p.

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

FRIES, J.; GETROST, H. **Organic Reagents for Trace Analysis**. MERCK, 1977, 236 p.

GENÚNCIO, G. C.; MAJEROWICZ, N.; ZONTA, E.; SANTOS, A. M.; GRACIA, D.; AHMED, C. R. M.; SILVA, M. G. 2006. Crescimento e produtividade do tomateiro em cultivo hidropônico NFT em fungos da concentração iônica da solução nutritiva. **Horticultura Brasileira**, v. 24, 2006. 175-179 p.

GILBERT, R. G.; FORD, H. W. Emitter clogging. In: NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A. (Ed.). **Trickle irrigation for crop production: design, operation and management**. Amsterdam: Elsevier, 1986. 142-163 p.

GOMES, E. P.; MARQUES, S. R.; CAMPOS, M. A.; BERTOLUCCI, A. C. F.; MATSURA, E. E. **Avaliação da uniformidade de irrigação por gotejamento na cultura do tomate de mesa**. In: Workshop Tomate na Unicamp: perspectivas e pesquisas. Campinas, 28 de maio de 2003.

GRUPO NK. **Tomate Sweet Grape**. Disponível em: <<http://www.gruponk.com.br/TomateSweetGrape.aspx>>. Acesso em: 12 jan.2012.

GUSMÃO, S. A. L.; PÁDUA, J. G.; GUSMÃO, M. T. A.; BRAZ, L. T. Efeito da densidade de plantio e forma de tutoramento na produção de tomateiro tipo “cereja” em Jaboticabal-SP. **Horticultura Brasileira**. Brasília, DF, v. 18, 2000. 572-573 p.

GUSMÃO, M. T. A.; GUSMÃO, S. A. L.; ARAÚJO, J. A. C. Produtividade de tomate tipo cereja cultivado em ambiente protegido e em diferentes substratos. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 4, 2006, 431-436 p.

HARBER, L. L.; LUZ, J. M. Q.; DÓRO, L. F. A.; DUARTE, L. C.; SANTOS, J. E. Cultivo hidropônico de manjerona em diferentes concentrações de solução nutritiva. **Biosci J**. Uberlândia, v. 20, n. 2, may/aug. 2004. 77-81 p.

HESPANHOL, I.; MIERZWA, J. C.; RODRIGUES, L. di B.; SILVA, M. C. C da. **Manual de Conservação e Reúso de Água na Indústria**. Rio de Janeiro. Federação das Indústrias do Estado do Rio De Janeiro: FIRJAN, 2006. 32 p.

HENRIQUE, I. N. **Tratamento de água residuária doméstica e sua utilização na agricultura**. Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e meio ambiente – Universidade Federal da Paraíba, Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, 2006, 123 p.

HOLCMAN, E. **Microclima e produção de tomate tipo cereja em ambientes protegidos com diferentes coberturas plásticas**. Dissertação de Mestrado em Ciências – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2009, 128 p.

ICMFS – International Commission on Microbiological Specifications for Foods. **Microorganisms in Foods 2: Sampling for microbiological analysis: principles and specific applications is the only comprehensive publication on statistically based sampling plans for foods**. 2nd ed. (1986). Toronto: University of Toronto Press. Disponível em: <<http://www.icmsf.org/pdf/icmsf2.pdf>>, acesso em 1º de dezembro de 2011.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (São Paulo). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos** /coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.

JAIGOBIND, A. G.; AMARAL, L. do; JAISINGH, S. **Hidroponia – dossiê técnico**. Instituto de tecnologia do Paraná, abr. 2007. 73 p. Disponível em: <www.hidroponia.com.br>. Acesso em: 20 maio 2010.

JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. S.; ONODA, S. M. **SWEET GRAPE: Um modelo de inovação na gestão da cadeia de produção e distribuição de hortaliças diferenciadas no Brasil**. Abril, 2011. 19p. Disponível em: <<http://www.espm.br/Publicacoes/CentralDeCases/Documents/SWEET%20GRAPE.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2012.

KARMELI, D.; KELLER, J. Evaluation of a trickle irrigation system. In: Congresso Internacional de Irrigação por Gotejamento, 2, 1974, Riverside. **Proceedings...** Riverside, 1974. 287-292 p.

KÄMPF, A. N.; TAKANE, R. J.; SIQUEIRA, P. T. V. **Floricultura: técnicas de preparo de substratos**. Brasília: LK Editora e comunicações, 2006. 132 p.

KAWAKAMI, F. P. C.; ARAÚJO, J. A. C.; LUNCK, V.; FACTOR, T. L.; CORTEZ, G. E. P. Manejo da fertirrigação em função da condutividade elétrica da solução nutritiva drenada no cultivo de tomate cereja sob ambiente protegido. **Revista Horticultura**, 2007. Disponível em: <http://www.abhorticultura.com.br/eventosx/trabalhos/ev_1/a116_t1201_comp.pdf>. Acesso em: 22 dez. 2011.

LANNA, A. E. A economia dos recursos hídricos: os desafios da alocação eficiente de um recurso (cada vez mais) escasso. **Revista Estudos Avançados**. São Paulo, v. 22, n. 63, 2008.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 630 p.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. **Tomateiro para processamento industrial: irrigação e fertirrigação por gotejamento**. Circular técnica nº 30. Brasília-DF, dez. 2002. 31 p.

MAROUELLI, W. A.; CARRIJO, O. A.; WASHINGTON, L. C. SILVA. **Variabilidade do sistema radicular do tomateiro e da tensão de água em contentores de substrato**. In: Workshop Tomate na Unicamp: perspectivas e pesquisas. Campinas, 28 de maio de 2003.

MAROUELLI, W. A.; CARRIJO, O. A.; ZOLNIER, S. Variabilidade espacial do sistema radicular do tomateiro e implicações no manejo da irrigação em cultivo sem solo com substratos. **Horticultura Brasileira**. Brasília, v. 23, n.1, jan./mar. 2005. 57-60 p.

MARTINEZ, H. E. P.; BRACCINI, M. C. L.; LUCCA e BRACCINI, A.. Cultivo hidropônico do tomateiro (*Lycopersicon esculentum Mill.*). **Revista UNIMAR**. Marília, SP, v. 19, n. 3, 1997. 721-740 p.

MARTINEZ, H. E. P. **O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa**. 3 ed. (Cadernos Didáticos, 1). Viçosa: Imprensa Universitária, 2002. 61 p.

MAZZOLA, M.; ROSTON, D. M.; VALENTIM, M. A. A. **Leito cultivado ("constructed wetland") de fluxo vertical por batelada no tratamento de efluente de reator anaeróbio compartimentado**. In: 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Joinville, Santa Catarina, set. 2003.

MELO, H. N. S.; PIFER, R. C.; ANDRADE NETO, C. O.; MARQUES JÚNIOR, J. Utilização de nutrientes de esgoto tratado em hidroponia. In: MOTA, F. S.; VON SPERLING, M. **Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária - ABES, 2009. 428 p.

MERRIAM, J. L., KELLER, J. **Avaliação do sistema agrícola de irrigação: um guia para a gestão**. Logan: Utah State University, 1978. 271p.

METCALF, L.; EDDY, H. **Wastewater engineering: Treatment and reuse**. 2 ed. Metcalf e Eddy Inc. New York: McGraw – Hill Inc., 1991. 1334 p.

MOURA, N. G.; LARANJEIRAS, T. O.; CARVALHO, A. R.; SANTÁNA, C. E. R. Composição e diversidade da avifauna em duas áreas de cerrado dentro do campus da Universidade Estadual de Goiás - Anápolis. **Revista Saúde e Ambiente**, v. 6, n. 1, 2005. 34-40 p.

MOTA, F. S.; VON SPERLING, M. **Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 428 p.

NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A. **Trickles irrigation for crop production** U. S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, U.S. Water Conservation Laboratory, Phoenix, Arizona - U. S. A., 1986. 383 p.

OLIVEIRA, H. F. E.; SANDRI, D.; BORGES, G. R. **Avaliação da uniformidade de distribuição de água e nutrientes na superfície e no perfil dos leitos de substrato cultivado com melão em ambiente protegido utilizando irrigação por gotejamento**. In: IV Seminário de Iniciação Científica da Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 5 de outubro de 2006.

OLIVEIRA, A. M. P. **Alcalinidade e dureza das águas**. Dezembro de 2007. Disponível em: <http://www.kurita.com.br/adm/download/Alcalinidade_e_Dureza.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2012.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. **Directrices sanitarias sobre el uso de aguas residuales en agricultura y acuicultura**. (Serie Informes Tecnicos, 78). Ginebra: OMS, 1989. 90 p.

PAGANINI, W. S. Reúso de água na agricultura. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reúso de água**. Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, Núcleo de Informações em Saúde Ambiental. São Paulo: Manole, 2003, 339-401 p.

PINHO, L. de. **Qualidade físico-química e sanitária de tomate cereja e milho verde cultivados em sistemas de produção orgânico e convencional**. 2008. 159f. Tese (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, 2008.

RAGOZO, C. R. A.; BULL, L. T.; VILLAS BÔAS, R. L.; DUENHAS, L. H. Avaliação dos teores nutricionais em laranja 'Valência', sob fertirrigação. **Revista Irriga**. Botucatu, SP., v. 14, n. 1, jan./mar. 2009. 23-31 p.

REIS, M.; INÁCIO, H.; ROSA, A.; CAÇO, J.; MONTEIRO, A. 2001. Grape marc compost as an alternative growing media for greenhouse tomato. **Acta Horticulturae**, v. 554. 75-81 p.

RINALDI, M. M.; SANDRI, D.; OLIVEIRA, B. N.; SALES, R. N.; AMARAL, R. D. A. Avaliação da vida útil e de embalagens para tomate de mesa em diferentes condições de armazenamento. **Revista B. CEPPA**, Curitiba, v. 29, N. 2, jul./dez. 2011. 305-316 p.

ROCHA, M. S. **Irrigação por gotejamento de tomate de mesa com efluente de abatedouro de bovinos**. Dissertação Mestrado em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2010. 110p.

RODRIGUES, R. dos S. **As Dimensões Legais e Institucionais de Reuso de Água no Brasil**: Proposta de Regulamentação do Reuso no Brasil. Dissertação de Mestrado em Engenharia – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – USP, 2005. 192 p.

RODRIGUES C. S.; JUNQUEIRA A. A.; GRAVINA C.S. 2008. Presença de coliformes fecais em saladas de alface e tomate em restaurantes do tipo "self-service" em Brasília-DF. **Horticultura Brasileira** 26: S1452-S1455.

SAKATA. **Seed Sudamerica Ltda.** Disponível em: <<http://www.sakata.com.br/institucional/>>. Acesso em: 12 jan. 2012.

SANDRI, D.; MATSURA E. E.; TESTEZLAF, R. Entupimento de gotejadores usando água residuária tratada com leitos cultivados com macrófita. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, vol. 23, N. 2; 2003.

SANDRI, D.; RINALDI, M. M.; SOUZA, M. R. de ; OLIVEIRA, H. F. E. de; TELES, L. M. Desenvolvimento e qualidade do melão cultivado no sistema hidropônico sob diferentes substratos e formato do leito de cultivo. **Revista Irriga**. Botucatu, v. 12, n. 2, abr./jun. 2007. 156-167 p.

SANTOS, K. D.; HENRIQUE, I. N.; SOUSA, J. T.; LEITE, V. D. Utilização de esgoto tratado na fertirrigação agrícola. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. Suplemento Especial, n. 1, 2º Semestre 2006, 7 p.

SCHULZ, A. **Produção hidropônica de pepino japonês em função de recipientes e densidades de plantio**. In: Encontro Brasileiro de Hidroponia, 2, 2009. Disponível em: <<http://www.portalthidroponia.com.br>> Acesso em: 16 nov. 2010.

SEPIN – **Superintendência de Estatística, Pesquisa e Informação**, 2009. Disponível em: <<http://www.seplan.gov.br/sepin/pub/anuario/2009/SITUACAOFISICA/tabela11.htm>>. Acesso em: 17 nov. 2011.

SHUVAL, H. I., ADIN, A., FATTAL, B., RAWITZ, E., YEKUTIEL, P. **Wastewater Irrigation in Developing Countries: Health Effects and Technological Solutions**. World Bank Technical Paper Number 51. The World Bank, Washington, DC. 1986.

SILVA, M. P.; CAVALLI, D. R.; OLIVEIRA, T. C. R. M. Avaliação do padrão coliformes a 45°C e comparação da eficiência das técnicas dos tubos múltiplos e Petrifilm EC na detecção de coliformes totais e *Escherichia coli* em alimentos. **Ciênc. Tecnol. Aliment.** Campinas, v. 26, n. 2, abr./jun. 2006. 352-359 p.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A.; TANIWAKI, M. H.; DANTOS, R. F. S.; GOMES, R. A. R. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. 3ed. São Paulo: Livraria Varela, 2007. 552p.

SOARES, I.; SOUZA, V. S.; CRISÓSTOMO, L. A.; SILVA, L. A. Efeito do volume de solução nutritiva na produção e nutrição do tomateiro tipo cereja cultivado em substrato. **Revista Ciência Agronômica**. Fortaleza, v. 36, n. 2, maio/ago. 2005. 152-157 p.

STATE OF CALIFORNIA. **Water Reclamation Criteria, An Excerpt from the California Code of Regulations, Title 22, Div. 4**. Environmental Health, Department of Health Services, Sacramento, CA, USA. 1978.

URRESTARAZU, M.; SALAS, M. C.; RODRÍGUEZ, R.; ELORRIETA, M. A.; MORENO, J. Evaluación agronómica del uso del compost de residuos hortícolas como sustrato alternativo en cultivo sin suelo en tomate. **Acta de Horticultura**, v. 32, 2000. 327-332 p.

USEPA. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Guidelines for water reuse**. Technical Report N° EPA/625/R-92/004. Washington, DC: USEPA, 1992.

VILLELA JÚNIOR, L. V. E.; ARAÚJO, J. A. C.; FACTOR, T. L. Estudo da utilização de efluente de biodigestor no cultivo hidropônico do meloeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB, v. 7, n. 1, 2003. 72-79 p.

VON SPERLING M.; ANDRADE NETO, C. O.; VOLSCHAN JÚNIOR, I. FLORÊNCIO, L. Impacto dos nutrientes do esgoto lançado em corpos de água. In: MOTA, F. S. B.; VON SPERLING, M. **Esgoto – Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 430 p.

WHO (1989). **Health Guidelines for the Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture.** World Health Organisation Technical Report Series, No 778. World Health Organization, Geneva.

ANEXOS

TABELA 27. Análise de variância da altura média das plantas.

0 DAT				
Causas de variação	GL	SQ	QM	F
Tipo de água	1	0,000038	0,000038	2,015NS
Substrato	2	0,000075	0,000038	2,015NS
Tipo de água x Substrato	2	0,000025	0,000013	0,672NS
Blocos	3	0,000046	0,000015	0,821NS
Resíduos	15	0,000279	0,000019	
Total corrigido	23	0,000463		
Média geral (m)				0,1087
Desvio padrão (m)				0,0045
Coefficiente de variação (%)				3,97
20 DAT				
Tipo de água	1	0,000067	0,000067	0,052NS
Substrato	2	0,003233	0,001617	1,263NS
Tipo de água x Substrato	2	0,003233	0,001617	1,263NS
Blocos	3	0,0028	0,000933	0,729NS
Resíduos	15	0,0192	0,00128	
Total corrigido	23	0,028533		
Média geral (m)				0,3566
Desvio padrão (m)				0,0352
Coefficiente de variação (%)				10,03
40 DAT				
Tipo de água	1	0,000004	0,000004	0,001NS
Substrato	2	0,01663	0,00831	1,388NS
Tipo de água x Substrato	2	0,00093	0,00046	0,078NS
Blocos	3	0,03337	0,01112	1,858NS
Resíduos	15	0,08984	0,00599	
Total corrigido	23	0,14079		
Média geral (m)				0,7845
Desvio padrão (m)				0,0782
Coefficiente de variação (%)				9,86

60 DAT				
Tipo de água	1	0,0054	0,0054	0,933NS
Substrato	2	0,0109	0,0054	0,948NS
Tipo de água x Substrato	2	0,0124	0,0062	1,078NS
Blocos	3	0,0987	0,0329	5,686**
Resíduos	15	0,0868	0,0057	
Total corrigido	23	0,2144		
Média geral (m)				1,4444
Desvio padrão (m)				0,0965
Coeficiente de variação (%)				5,28
80 DAT				
Causas de variação	GL	SQ	QM	F
Tipo de água	1	0,0092	0,0092	0,523NS
Substrato	2	0,015	0,0075	0,427NS
Tipo de água x Substrato	2	0,0045	0,0022	0,13NS
Blocos	3	0,2671	0,089	5,061*
Resíduos	15	0,2639	0,0175	
Total corrigido	23	0,5597		
Média geral (m)				1,9454
Desvio padrão (m)				0,156
Coeficiente de variação (%)				6,82
100 DAT				
Tipo de água	1	0,1584	0,1584	3,603NS
Substrato	2	0,0216	0,0108	0,246NS
Tipo de água x Substrato	2	0,1748	0,0874	1,988NS
Blocos	3	0,096	0,032	0,728NS
Resíduos	15	0,6596	0,0439	
Total corrigido	23	1,1105		
Média geral (m)				2,7445
Desvio padrão (m)				0,2197
Coeficiente de variação (%)				7,64

NS – não significativo, ** significativo a 1% e * significativo a 5%.

TABELA 28. Análise de variância do peso médio (g) dos frutos de tomate.

Causas de variação	GL	SQ	QM	F
Tipo de água	1	0,624	0,624	0,438NS
Substrato	2	0,002	0,001	0,001NS
Tipo de água x Substrato	2	2,0667	1,0333	0,725NS
Blocos	3	2,2289	0,7429	0,521NS
Resíduos	15	21,3933	1,4262	
Total corrigido	23	26,315		
Média geral				9,1695
Desvio padrão				1,0696
Coeficiente de variação (%)				13,02

NS – não significativo, ** significativo a 1% e * significativo a 5%.

TABELA 29. Análise de variância da relação diâmetro/comprimento dos frutos de tomate.

Causas de variação	GL	SQ	QM	F
Tipo de água	1	0,00135	0,00135	9,878**
Substrato	2	0,0003	0,00015	1,098NS
Tipo de água x Substrato	2	0,0016	0,0008	5,854NS
Blocos	3	0,00135	0,00045	3,293NS
Resíduos	15	0,00205	0,00013	
Total corrigido	23	0,00665		
Média geral				0,6475
Desvio padrão				0,017
Coeficiente de variação (%)				1,81

NS – não significativo, ** significativo a 1% e * significativo a 5%.

TABELA 30. Análise de variância do número total de frutos.

Causas de variação	GL	SQ	QM	F
Tipo de água	1	9361,5	9361,5	0,022NS
Substrato	2	9468065	4734032	10,905**
Tipo de água x Substrato	2	312300,75	156150	0,36NS
Blocos	3	1114303	371434,5	0,856NS
Resíduos	15	6511693	434112,9	
Total corrigido	23	17415724		
Média geral				3572,25
Desvio padrão				870,175
Coeficiente de variação (%)				18,44

NS – não significativo, ** significativo a 1% e * significativo a 5%.

TABELA 31. Análise de variância do número de frutos/cacho.

Causas de variação	GL	SQ	QM	F
Tipo de água	1	24	24	3,14NS
Substrato	2	16,333	8,1666	1,068NS
Tipo de água x Substrato	2	4	2	0,262NS
Blocos	3	96,333	32,111	4,201*
Resíduos	15	114,666	7,6444	
Total corrigido	23	255,333		
Média geral				34,1666
Desvio padrão				3,3318
Coeficiente de variação (%)				8,09

NS – não significativo, ** significativo a 1% e * significativo a 5%.

TABELA 32. Análise de variância da produção da cultura.

Causas de variação	GL	SQ	QM	F
Tipo de água	1	20,535	20,535	0,802NS
Substrato	2	17,0175	8,5087	0,332NS
Tipo de água x Substrato	2	77,3175	38,6587	1,510NS
Blocos	3	53,91	17,97	0,702NS
Resíduos	15	384,12	25,608	
Total corrigido	23	552,9		
Média geral				37,9
Desvio padrão				4,9029
Coeficiente de variação (%)				13,35

NS – não significativo, ** significativo a 1% e * significativo a 5%.

TABELA 33. Análise de variância da acidez titulável.

Causas de variação	GL	SQ	QM	F
Tipo de água	1	0,0048	0,0048	3,74NS
Substrato	2	0,0091	0,0045	3,556NS
Tipo de água x Substrato	2	0,0079	0,0039	3,071NS
Blocos	3	0,0233	0,0077	6,04**
Resíduos	15	0,0193	0,0012	
Total corrigido	23	0,0645		
Média geral				0,3533
Desvio padrão				0,05297
Coeficiente de variação (%)				10,16

NS – não significativo, ** significativo a 1% e * significativo a 5%.

TABELA 34. Análise de variância dos sólidos solúveis.

Causas de variação	GL	SQ	QM	F
Tipo de água	1	0,033	0,033	0,114NS
Substrato	2	3,9442	1,9721	6,799**
Tipo de água x Substrato	2	1,4422	0,7211	2,486NS
Blocos	3	0,8121	0,2707	0,933NS
Resíduos	15	4,3506	0,29	
Total corrigido	23	10,5822		
Média geral				6,5004
Desvio padrão				0,6783
Coeficiente de variação (%)				8,28

NS – não significativo, ** significativo a 1% e * significativo a 5%.

TABELA 35. Análise de variância da relação SS/AT.

Causas de variação	GL	SQ	QM	F
Tipo de água	1	25,4822	25,4822	3,89NS
Substrato	2	1,4911	0,7455	0,114NS
Tipo de água x Substrato	2	10,6954	5,3477	0,816NS
Blocos	3	63,9038	21,3012	3,252NS
Resíduos	15	98,2486	6,5499	
Total corrigido	23	199,8213		
Média geral				18,7363
Desvio padrão				2,9475
Coeficiente de variação (%)				13,66

NS – não significativo, ** significativo a 1% e * significativo a 5%.

TABELA 36. Análise de variância do pH dos frutos.

Causas de variação	GL	SQ	QM	F
Tipo de água	1	0,0126	0,0126	4,143NS
Substrato	2	0,0061	0,003	1,004NS
Tipo de água x Substrato	2	0,0068	0,0034	1,119NS
Blocos	3	0,0315	0,0105	3,457*
Resíduos	15	0,0456	0,003	
Total corrigido	23	0,1026		
Média geral				4,3
Desvio padrão				0,0668
Coeficiente de variação (%)				1,28

NS – não significativo, ** significativo a 1% e * significativo a 5%.

TABELA37. Análise de variância da tensão nos vasos.

Causas de variação	GL	SQ	QM	F
Tipo de água	1	2,8359	2,8359	0,905NS
Substrato	2	0,6856	0,3428	0,109NS
Tipo de água x Substrato	2	3,4963	1,7481	0,558NS
Blocos	3	20,3752	6,7917	2,167NS
Resíduos	15	47,0112	3,134	
Total corrigido	23	74,4043		
Média geral				6,2954
Desvio padrão				1,7986
Coefficiente de variação (%)				28,12

NS – não significativo, ** significativo a 1% e * significativo a 5%.