

## REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE ORIGEM DOMÉSTICA PARA CULTIVO DE TOMATE SANTA CRUZ

### WATER REUSE OF WASTEWATER ORIGIN DOMESTIC FOR SANTA CRUZ TOMATO CROP

**ANANDA HELENA NUNES CUNHA**

Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia / GO  
analena23@gmail.com

**ELIANA PAULA FERNANDES BRASIL**

Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia / GO  
elianafernandesufg@gmail.com

**JONAS ALVES VIEIRA**

UEG, Campus Anápolis de Ciências Exatas e Tecnológicas Henrique Santillo,  
Anápolis / GO  
jonas@ueg.br

**FERNANDA PEREIRA GOMES**

UEG, Campus Anápolis de Ciências Exatas e Tecnológicas Henrique Santillo,  
Anápolis / GO  
fernanda.engagricola@gmail.com

**THAYNÁ RODRIGUES DE MOURA**

UEG, Campus Anápolis de Ciências Exatas e Tecnológicas Henrique Santillo,  
Anápolis / GO  
thaynmoura@yahoo.com

**Resumo:** Como o efluente de esgoto tratado é rico em sais dissolvidos, este pode fornecer quantidade considerável destes para a produção de culturas agrícolas, podendo ser alternativa viável à economia de fertilizantes a serem utilizados, ao fornecer nutrientes em solução para o preparo de compostos orgânicos. Sendo Goiás o maior produtor de tomate, surge a necessidade de economizar nutrientes, que podem ser complementados com a irrigação de água residuária. Desta forma, o objetivo do trabalho foi avaliar a água residuária de origem doméstica qualitativamente e quantitativamente visando o cultivo de tomate Santa Cruz no município de Urutaí, Go. As amostras foram coletadas durante o período de cultivo do tomate Santa Cruz, originadas de lagoa de estabilização, presente próximo ao local de plantio. As análises qualitativas e quantitativas da água residuária doméstica utilizada foram realizadas no Laboratório de Química Inorgânica da Universidade Estadual de Goiás, Campus Anápolis de Ciências Exatas e Tecnológicas Henrique Santillo. As análises realizadas foram: pH, condutividade elétrica (CE), oxigênio dissolvido (OD), temperatura, turbidez, alcalinidade, Coliformes totais, *Escherichia coli* (*E. coli*), nitrato, amônia, potássio, manganês, fósforo, sódio, ferro, cálcio, magnésio, cloreto, sulfato, boro, cobre, molibdênio, demanda química de oxigênio (DQO) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>). A média da temperatura encontrada no experimento (25,54±1,11°C) demonstra um valor favorável para o cultivo de tomate. O valor médio da turbidez encontrada no experimento é de 139,33±43,85 NTU, indicando um valor aceitável em relação as águas superficiais, o que nos mostra que o feixe de luz ainda é capaz de atravessar água turva. O sódio é um dos parâmetros que mais interfere no teor de sais no solo, e a salinidade aumenta a incidência de podridão apical, tornando os frutos inutilizáveis tanto para o



consumo quanto para a indústria, o que não foi observado neste estudo. Os resultados demonstram que é viável a irrigação de tomate Santa Cruz utilizando a água residuária de origem doméstica avaliada.

**Palavras-chave:** Nutrientes. Irrigação com água residuária. Avaliação qualitativa. Parâmetros quantitativos.

**Abstract:** As the treated sewage effluent is high in dissolved salts, this can provide considerable amount of these to the production of agricultural crops, may be a viable alternative to the economy of fertilizers to be used, to provide nutrients in solution for the preparation of organic compounds. Goiás being the largest producer of tomatoes, comes the need to conserve nutrients, which can be supplemented with irrigation of wastewater. Thus, the aim of this study was to evaluate the wastewater from households qualitatively and quantitatively aimed at tomato cultivation Santa Cruz in the municipality of Urutaí, Go. The samples were collected during the growing season tomato Santa Cruz, originated from pond stabilization, this close to the planting site. Qualitative and quantitative analysis of domestic wastewater used were held in Inorganic Chemistry Laboratory of the State University of Goiás, Campus Anápolis Exact and Technological Sciences Henrique Santillo. The analyzes were: pH, electrical conductivity (EC), dissolved oxygen (DO), temperature, turbidity, alkalinity, total coliforms, *Escherichia coli* (*E. coli*), nitrate, ammonia, potassium, manganese, phosphorus, sodium, iron, calcium, magnesium, chloride, sulfate, boron, copper, molybdenum, chemical oxygen demand (DQO) and biochemical oxygen demand (DBO<sub>5</sub>). The average temperature found in the experiment ( $25.54 \pm 1,11^{\circ}\text{C}$ ) shows a favorable value for tomato cultivation. The average turbidity found in the experiment is  $139.33 \pm 43.85$  NTU, indicating an acceptable value against surface water, which shows us that the light beam is still able to cross muddy water. Sodium is one of the parameters that most affects the salt content of the soil, and salinity increases the incidence of blossom-end rot, fruit, either making them unusable for consumption and for industry, which was not observed in this study. The results demonstrate that it is feasible irrigation tomato Santa Cruz using wastewater assessed domestic origin.

**Keywords:** Nutrients. Irrigation with wastewater. Qualitative assessment. Quantitative parameters.

## 1. INTRODUÇÃO

A colheita nacional de tomate foi estimada em 3,769 milhões de toneladas no ano de 2013, 2,88% a mais do que em 2012, segundo o Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013). Os estados com maior participação na safra nacional são Goiás, São Paulo e Minas Gerais com 33,4, 16,0 e 11,4%, no ano de 2010 (FAOSTAT, 2011; IBGE, 2011).

A fim de se obter boa produtividade, a disponibilidade hídrica adequada para a cultura de tomate deve ser mantida durante todo o ciclo (FILGUEIRA, 2003). A questão da disponibilidade dos recursos hídricos é uma preocupação mundial. Esta preocupação também é sentida no Brasil onde leis e regulamentações federais e estaduais têm determinado as políticas de uso e conservação desse recurso (MONTE, 2007).

Devido ao elevado consumo de água pela agricultura e em razão da sua escassez, muitos países têm optado pelo aproveitamento de águas residuárias na agricultura (disposição de água no solo), em particular as de origem urbana (METCALF; EDDY, 1991). Segundo Van Der Hoek et al. (2002), as maiores vantagens do aproveitamento da água residuária, são: conservação da água disponível, sua grande disponibilidade, possibilitar o aporte e a

reciclagem de nutrientes (reduzindo a necessidade de fertilizantes químicos) e concorrer para a preservação do meio ambiente.

Um resíduo que pode ser reaproveitado é a água residuária, que, conforme Cunha et al. (2014a), houve redução de 40% com custos de produção de tomate Sweet Grape, uma vez que se produzem frutos com mesma quantidade e qualidade quando comparados ao convencional. Ou seja, se apresenta como alternativa de fonte de nutrientes e que fornece este em solução (CUNHA et al., 2014b) e os gastos de produção podem ser menores quando comparados com a produção convencional.

Como o efluente de esgoto tratado é rico em sais dissolvidos (MELO et al., 2009), este pode fornecer quantidade considerável destes para a produção de culturas agrícolas, podendo ser alternativa viável à economia de fertilizantes a serem utilizados (CUNHA, 2012), ao fornecer nutrientes em solução para o preparo de compostos orgânicos.

Os parâmetros das qualidades das águas são regidos pela resolução nº 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, de 17 de março de 2005, (BRASIL, 2005). Esta resolução estabelece as classes de águas e os teores máximos permitidos de substâncias químicas potencialmente prejudiciais, além de valores relativos a parâmetros físico-químicos e biológicos.

Neste contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar a água residuária de origem doméstica qualitativamente e quantitativamente visando o cultivo de tomate Santa Cruz no município de Urutaí, GO.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras de água residuária foram coletadas no Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, GO, originada de lagoa de estabilização, e realizadas durante o cultivo de tomate Santa Cruz. Esta água foi utilizada para irrigação no cultivo de tomate, e observada como complementação da adubação feita.

De acordo com os procedimentos básicos, foram realizadas as seguintes etapas para coletar as amostras de água no experimento (AGROLAB, 2015): foram utilizadas garrafas plásticas de água mineral para a coleta da água nas diferentes datas de coleta; as garrafas foram etiquetadas e identificadas conforme as datas e acondicionadas logo em seguida em caixa de isopor com gelo até local de realização das análises.

As análises qualitativas e quantitativas da água residuária doméstica utilizada foram realizadas no Laboratório de Química Inorgânica da Universidade Estadual de Goiás, Campus

Anápolis de Ciências Exatas e Tecnológicas Henrique Santillo. As metodologias das análises seguiram as recomendações de American Public Health Association (2012) e descritas em Borges et al., (2015). As coletas foram feitas três vezes durante o período de cultivo do tomate, cujas metodologias se encontram na Tabela 1.

Os resultados encontrados foram discutidos acerca da legislação para reuso de água na agricultura, legislações internacionais para classificação de água de irrigação, cultivo hidropônico de tomate e comparações com outros resultados sobre a reutilização de água residuária de origem doméstica.

TABELA 1. Parâmetros analisados e seus respectivos métodos de análise. (Urutaí, GO, 2015).

Parâmetro Analisado	Unidade	Método de Análise
pH	-	pHmetro
CE	dS m <sup>-1</sup>	Condutivímetro
Oxigênio dissolvido	mg L <sup>-1</sup>	Oxímetro
Temperatura	°C	Termômetro
Turbidez	NTU	Turbidímetro
Alcalinidade	mg L <sup>-1</sup>	Titulação por Complexação*
Coliformes totais e <i>E. coli</i>	NMP 100mL <sup>-1</sup>	Substrato Cromogênico*
Nitrato	mg L <sup>-1</sup>	Método da Brucina*
Amônia	mg L <sup>-1</sup>	Método de Nessler*
Potássio	mg L <sup>-1</sup>	Fotometria de Chama *
Manganês	mg L <sup>-1</sup>	Método do Paraformaldeído*
Fosfato total	mg L <sup>-1</sup>	Método do Ácido Ascórbico*
Sódio	mg L <sup>-1</sup>	Fotometria de Chama*
Ferro total	mg L <sup>-1</sup>	Método do Tiocianato*
Cálcio	mg L <sup>-1</sup>	Titulação por Complexação*
Magnésio	mg L <sup>-1</sup>	Titulação por Complexação*
Cloreto	mg L <sup>-1</sup>	Titulação por Complexação*
Sulfato	mg L <sup>-1</sup>	Método de sulfato*
Boro	mg L <sup>-1</sup>	Método da Curcumina*
Cobre	mg L <sup>-1</sup>	Método do Ditiocarbamato de sódio (FRIES e GETROST, 1977)
Molibdênio	mg L <sup>-1</sup>	Método do Tiocianato de potássio*
DQO	mg L <sup>-1</sup>	Método do Dicromato*
DBO <sub>5</sub>	mg L <sup>-1</sup>	Método de Titulação Iodométrica*

\*Metodologia segundo APHA (2012). Fonte: Autores, 2015

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para a análise de água residuária de origem doméstica demonstram que o oxigênio dissolvido tem sido utilizado como fonte de autodepuração em cursos d'água, sendo seu teor expresso em concentrações quantificáveis e passíveis de modelagem matemática (VON SPERLING, 2007). Segundo a Resolução CONAMA n° 357/2005, os valores de oxigênio dissolvido em águas residuárias não podem ser inferiores a 5 mg.L<sup>-1</sup>. O valor encontrado neste experimento (Tabela 2) demonstra uma baixa quantidade de oxigênio na água (2,14±1,20 mg L<sup>-1</sup>), devido ao consumo do mesmo na decomposição de compostos orgânicos. No entanto, este parâmetro não é muito influenciável no processo de irrigação, porém é um indicativo de poluição dos corpos d'água (MORAES, 2001).

TABELA 2. Valores da análise qualitativa, quantitativa e desvio padrão da água residuária de esgoto doméstico do Instituto Federal Goiano-Campus Urutaí, utilizada no experimento (Urutaí, GO, 2015).

Parâmetro analisado	Valores médios/Desvio padrão*
OD (mg L <sup>-1</sup> )	2,14±1,20
Temperatura (°C)	25,54±1,11
Turbidez (NTU)	139,33±43,85
CE (dS m <sup>-1</sup> )	0,62±135,95
pH	6,89±0,07
Alcalinidade (mg L <sup>-1</sup> de CaCO <sub>3</sub> <sup>+</sup> )	22,33±8,07
Coliformes totais (NMP 100mL <sup>-1</sup> )	142,36 x 10 <sup>4</sup> ±30,88
<i>E. coli</i> (NMP 100mL <sup>-1</sup> )	67,46 x 10 <sup>4</sup> ±91,27
Nitrato (mg L <sup>-1</sup> )	2,83±1,27
Amônia (mg L <sup>-1</sup> )	0,33±0,31
Sulfato (mg L <sup>-1</sup> )	48,86±12,48
Fosfato total (mg L <sup>-1</sup> )	17,69±41,39
Sódio (mg L <sup>-1</sup> )	5,40±0,52
Magnésio (mg L <sup>-1</sup> )	<LQ
Cálcio (mg L <sup>-1</sup> )	<LQ
Potássio (mg L <sup>-1</sup> )	6,7±41,25
Boro (mg L <sup>-1</sup> )	0,58±0,04
Cobre (mg L <sup>-1</sup> )	2,49±0,50
Ferro (mg L <sup>-1</sup> )	0,91±0,27
Manganês (mg L <sup>-1</sup> )	1,14±0,31
Molibdênio (mg L <sup>-1</sup> )	0,71±0,47
Cloreto (mg L <sup>-1</sup> )	1,12±0,52
DBO <sub>5</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	125,75±55,13
DQO (mg L <sup>-1</sup> )	233,86±99,94

\*Valores referentes à três repetições para cada parâmetro analisado. <LQ – Menor que o limite de quantificação da técnica utilizada (5mg L<sup>-1</sup>). Fonte: Autores, 2015.

A temperatura tem importante função no controle da velocidade das reações químicas celulares, as quais governam o crescimento e desenvolvimento da planta (COCKSHULL, 1992). Desse modo, o valor médio da temperatura no período de cultivo do tomate deve ser de 21° C, mas as plantas podem tolerar uma amplitude de 10 a 34°C. Quando submetidas a temperaturas inferiores a 12°C, a planta tem seu crescimento reduzido e a temperaturas superiores a 28°C, formam-se frutos com coloração amarelada (SILVA et al., 2006). Segundo os padrões de lançamento (existem apenas por uma questão prática, por ser difícil manter o controle efetivo das fontes poluidoras com base apenas na qualidade do corpo receptor) da Resolução CONAMA nº 20, 18/06/86 (BRASIL, 1986), a temperatura média da água encontra-se a 40° C. A média da temperatura encontrada neste experimento (25,54±1,11°C) demonstra um valor favorável para o cultivo de tomate, pois a temperatura mínima para germinação da semente de tomateiro é de 8 a 11 °C, sendo que a faixa de temperatura ótima para germinação situa-se entre 16 e 29 °C (SILVA et al., 2006).

De acordo com os padrões de qualidade da água da Resolução CONAMA nº 20, 18/06/1986, a turbidez para águas residuárias encontram-se em uma faixa de 100 NTU. Este parâmetro comporta-se como uma característica física da água, podendo contar com uma presença de matérias sólidas em suspensão, matéria orgânica e inorgânica finamente dividida. Segundo Libânio (2005), a turbidez natural de águas superficiais está, geralmente, compreendida entre 3 a 500 NTU, incluindo os períodos chuvosos e de estiagem. O valor médio da turbidez encontrada no experimento é de 139,33±43,85 NTU, indicando um valor aceitável em relação as águas superficiais, o que nos mostra que o feixe de luz ainda é capaz de atravessar água turva.

A condutividade elétrica da água, estabelece que a condição menor que 0,7 dS.m<sup>-1</sup> não apresenta restrição para uso; entre 0,7 e 3,0 dS.m<sup>-1</sup>, o grau de restrição é baixo a moderado e acima de 3,0 dS.m<sup>-1</sup>, é de severa restrição, apresentando riscos para o solo e a cultura (AYERS; WESTCOST, 1999). No caso deste experimento (0,62±135,95 dS m<sup>-1</sup>), a água residuária apresenta um teor considerável para a irrigação da cultura do tomate, pois a probabilidade de gerar problemas de salinidade é quase imperceptível (VASCONCELOS et al., 2009).

A disponibilidade dos nutrientes sofre influência do pH do solo. O nitrogênio (N) é melhor aproveitado pela planta em solo com pH acima de 5,5. A disponibilidade máxima verifica-se na faixa de pH do solo entre 6 e 6,5 para depois diminuir. O fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) tem melhor disponibilidade para as plantas em pH 6 a 6,5. O potássio (K<sub>2</sub>O) é melhor aproveitado em pH do solo maior que 5,5. A cultura do tomate requer uma faixa ideal de pH do solo que

está entre 5,5 a 6,8 (BRAGA, 2012). Segundo a Resolução do CONAMA nº 20, 18/06/86 (BRASIL, 1986), os padrões de qualidade para o pH da água (Tabela 2) encontram-se entre 6,0 a 9,0. Desse modo, considerando o pH do solo e o pH da água do experimento ( $6,89 \pm 0,07$ ), percebe-se que as relações existentes contribuem para uma melhor produção da cultura do tomate, já que o pH da água possui praticamente o mesmo valor que o pH ideal do solo.

Em relação à alcalinidade da água (Tabela 2), tem-se que os solos apresentam reação de neutra para alcalina não estão mais dominados pelos íons hidrogênio ou alumínio. Os locais permanentes de permuta de cargas encontram-se ocupados primordialmente por bases permutáveis, em que tanto os íons hidrogênio como os íons hidróxido de alumínio foram substituídos, na sua maioria. Os íons hidróxido de alumínio foram convertidos em gibsite ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ). Nessa condição de solos neutros e alcalinos, maior fração das cargas dependentes do pH tornou-se disponível para permuta catiônica, e o conseqüente hidrogênio liberado se desloca para a solução do solo e reage com íons  $\text{OH}^-$ , para formar água (MORAES NETO, 2009). Seu lugar no complexo permutável é ocupado por cálcio, magnésio e outras bases, formando  $\text{CaCO}_3^+$ , que são essências para a nutrição do tomate, e neste experimento foi de  $22,33 \pm 8,07 \text{ mg L}^{-1}$ .

De acordo com a Resolução CONAMA nº 20, 18/06/1986, os padrões de qualidade de água residuária para coliformes totais são de  $5000 \text{ org.}100 \text{ mL}^{-1}$ . Os Coliformes totais indicam presença de bactérias na água que não necessariamente representam problemas para a saúde. As bactérias do grupo coliforme são bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase negativos, capazes de desenvolver-se na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a  $35,0 \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$  em 24-48 horas e que podem apresentar atividade da enzima  $\beta$ -galactosidase (FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ, 2010).

A presença de Coliformes totais não é uma indicação útil de contaminação fecal, pois este grupo inclui diversos gêneros e espécies de bactérias não entéricas como Serratia e Aeromonas. No entanto, a sua presença e número são indicativas da qualidade higiênico-sanitária de um produto, como neste experimento, que foi de  $142,36 \times 10^4 \pm 30,88 \text{ NMP } 100 \text{ mL}^{-1}$ . Em condições normais, os coliformes não são por si só, patogênicos, porém algumas linhagens ou a proliferação destes microrganismos podem causar diarreias e infecções urinárias (JAWETZ, 2000; SILVA, 2001).

Os Coliformes termotolerantes diferenciam-se dos coliformes totais por fermentarem lactose com produção de gás a uma temperatura de  $44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$  em 24 horas. O principal

representante do grupo termotolerante e o indicador mais específico de contaminação fecal e de eventual presença de organismos patogênicos é a *Escherichia coli* ( $67,46 \times 10^4 \pm 91,27$  NMP  $100 \text{ mL}^{-1}$ ) (CONTE et al., 2004).

Segundo a Resolução CONAMA nº 20, 18/06/1986, os valores máximos de nitrato, amônia e sulfato, encontrados na água residuária devem ser, respectivamente:  $10 \text{ mg.L}^{-1}$ ,  $0,4 \text{ mg.L}^{-1}$  e  $250 \text{ mg.L}^{-1}$ . Como observado na Tabela 2, todos os valores exigidos pela norma estão abaixo do permitido ( $2,83 \pm 1,27$ ,  $0,33 \pm 0,31$  e  $48,86 \pm 12,48 \text{ mg L}^{-1}$ , respectivamente). A maioria das plantas absorvem nitrato, uma exceção é o arroz (*Oryza sativa*, L.) que devido ao seu sistema de produção sob lâmina de água se adaptou a absorver amônio (MEURER, 2004). Apesar da absorção de nitrato, as plantas não conseguem assimilar este composto e produzir biomassa a partir dele, para a assimilação de nitrogênio é necessário que este esteja reduzido à amônia, por isso as plantas desenvolveram um complexo metabólico enzimático que consegue reduzir nitrato a amônio (TAIZ; ZIEGER, 2009). O sulfato por sua vez é usado na parte de adubação, necessariamente quando o pH do solo encontra-se acima de 7.

O fosfato é formado através da reação do fósforo com o oxigênio. O fósforo é um dos elementos que influenciam no crescimento da planta do tomate. Com a sua ausência há mudança na coloração das folhas, podendo evoluir para estágio de necrose (SILVA et al., 2006). A cultura do tomate necessita em média de  $62 \text{ mg.L}^{-1}$  de fósforo indicados por Castelhan e Araújo (1995) para preparo de soluções nutritivas aplicadas via hidroponia. As plantas requerem um suprimento constante de fosfato durante toda sua vida. No início do desenvolvimento as quantidades exigidas são pequenas, ou seja, poderia ser suprida a exigência de fosfato ( $17,69 \pm 41,39 \text{ mg L}^{-1}$ ). Mas com o tempo esta exigência aumenta. Na época de frutificação as necessidades atendidas, em parte, pelas mobilizações das reservas. As plantas absorvem o fósforo da solução do solo nas formas de íons  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  e  $\text{HPO}_4^-$ . Após a absorção, o fósforo permanece na forma de fosfato (MACHADO, 2001).

O sódio é um dos parâmetros que mais interfere no teor de sais no solo, como observado por Cerqueira et al. (2008). A salinidade máxima no extrato de saturação do solo tolerada pelo tomateiro é de  $2,5 \text{ dS.m}^{-1}$  (MAAS; HOFFMAN, 1977). Porém, cada espécie, e mesmo cultivares, toleram variavelmente à salinidade (GORHAM, 1995). Segundo Cuartero e Muñoz (1999), sob salinidade moderada a redução no rendimento do tomateiro deve-se, principalmente, à redução no peso médio de frutos, enquanto que em condições de alta salinidade a redução na produtividade é resultado do menor número de frutos por planta; o número de cachos por planta diminui apenas quando a água de irrigação apresenta elevada concentração de sais e sob longos períodos de exposição, sendo esta uma característica pouco

sensível à salinidade. Além disso, a salinidade aumenta a incidência de podridão apical (MARTINEZ et al., 1987), tornando os frutos inutilizáveis tanto para o consumo quanto para a indústria, o que não foi observado neste estudo.

O magnésio ( $Mg^{2+}$ ) para o ambiente se deve a sua participação na formação da molécula de clorofila das plantas (ESTEVES, 1998). O magnésio associado ao cálcio determina a dureza da água e a origem natural desses dois elementos ocorre através da dissolução de minerais, solos e rochas (ALLAN, 1995; ESTEVES, 1998). A cultura do tomate necessita em média de  $43 \text{ mg.L}^{-1}$  de magnésio (CASTELHANE; ARAÚJO, 1995). A deficiência deste parâmetro é bastante comum em plantações de tomate e caracteriza-se por uma descoloração das margens dos folíolos mais velhos, que progride em direção à área internerval, permanecendo verdes as nervuras (SILVA et al., 2006). Solos ácidos, arenosos, com alto índice de lixiviação e altos níveis de cálcio, potássio e amônio afetam a disponibilidade de magnésio. Previne-se a deficiência com a aplicação adequada de calcário dolomítico ou de sulfato de magnésio ( $30 \text{ kg/ha}$ ) no solo, antes do plantio. A correção pode ser feita com pulverização foliar de sulfato de magnésio a 1,5%. A aplicação foliar conjunta de ureia favorece a absorção de magnésio (SILVA et al., 2006).

Segundo Castelhane e Araújo (1995), o cultivo do tomate necessita de  $153 \text{ mg.L}^{-1}$  de cálcio. A ausência deste parâmetro causa uma flacidez dos tecidos da extremidade dos frutos, que evolui para uma necrose deprimida, seca e negra (SILVA et al., 2006). O sintoma é conhecido como podridão estilar ou "fundo-preto". Em condições em que ocorrem períodos curtos de deficiência – principalmente quando ocorrem mudanças bruscas de condições climáticas, observam-se tecidos necrosados no interior dos frutos, cujo sintoma é conhecido como coração preto (SILVA et al., 2006).

O potássio é o nutriente mais extraído pelo tomateiro. A deficiência de potássio torna lento o crescimento das plantas; as folhas novas afilam e as velhas apresentam amarelecimento das bordas, tornando-se amarronzadas e necrosadas (SILVA et al., 2006). O amarelecimento geralmente progride das bordas para o centro das folhas. Ocasionalmente verifica-se o aparecimento de áreas alaranjadas e brilhantes. A falta de firmeza dos frutos, em muitos casos, é também devida à deficiência de potássio (SILVA et al., 2006). O valor nutricional do potássio que o tomateiro necessita é de  $311 \text{ mg.L}^{-1}$  (CASTELHANE; ARAÚJO, 1995), ou seja, bem acima do encontrado ( $6,7 \pm 41,25 \text{ mg L}^{-1}$ ). Como neste estudo não foi observado deficiência de potássio, provavelmente pela fonte deste nutriente ter sido apenas da adubação fornecida.

Segundo a Resolução CONAMA nº 20, 18/06/1986, o valor máximo de boro é de  $0,75 \text{ mg.L}^{-1}$ , ou seja, o valor encontrado neste experimento se aproximou do valor máximo ( $0,58 \pm 0,04 \text{ mg.L}^{-1}$ ). O valor ideal para a produção de tomate é de  $0,2 \text{ mg.L}^{-1}$  de Boro segundo Castelhane e Araújo (1995). Na deficiência de boro, as folhas novas do tomateiro tornam-se bronzeadas, ocorrendo, em seguida, morte das gemas e das folhas. O pecíolo torna-se quebradiço e a planta murcha nas horas mais quentes do dia, em razão dos danos provocados ao sistema radicular (SILVA et al., 2006).

De acordo com a Resolução CONAMA nº 20, 18/06/1986, os valores máximos encontrados para o cobre e o ferro são, respectivamente:  $0,02 \text{ mg.L}^{-1}$  e  $0,3 \text{ mg.L}^{-1}$ . Estes parâmetros também possuem um valor tabelado em relação à nutrição do tomate, são eles:  $0,03 \text{ mg.L}^{-1}$  para o cobre e  $4,5 \text{ mg.L}^{-1}$  para o ferro (CASTELHANE; ARAÚJO, 1995), diferente dos obtidos neste estudo ( $2,49 \pm 0,50$  e  $0,91 \pm 0,27 \text{ mg L}^{-1}$ , respectivamente). O cobre e o ferro são micronutrientes, são utilizados pelas plantas em pequenas quantidades. Sua falta, no entanto, pode acarretar grandes perdas na produtividade. O cobre ocorre associado ao enxofre na forma de sulfetos. A forma iônica absorvida pelas plantas é  $\text{Cu}^{2+}$ . Tem papel importante na fotossíntese, respiração, redução e fixação de nitrogênio que ocorre no interior dos nódulos nas raízes de leguminosas. Os sintomas de deficiência ocorrem nas folhas novas, que permanecem alongadas, deformadas e com as margens cloróticas voltadas para baixo (GIRACCA; NUNES, 2009). O ferro ocorre nos solos na forma de óxidos primários como a hematita e magnetita. Com o intemperismo, os óxidos e hidróxidos de ferro aumentam nos solos. A deficiência pode ocorrer mesmo em solos com elevados conteúdos de Fe, pois pequena proporção permanece solúvel. A forma iônica absorvida pelas plantas é  $\text{Fe}^{2+}$ . Essencial ao metabolismo energético atua na fixação do nitrogênio e desenvolvimento do tronco e raízes. Sintomas de deficiência são presença do verde muito claro nas folhas, com estreita faixa verde ao redor das nervuras, inicialmente nas folhas mais novas. Folhas com aparência de vidro, transparentes e retorcidas (GIRACCA; NUNES, 2009).

O manganês faz parte de diversos minerais, ligado principalmente ao oxigênio e silício. Os óxidos e sulfetos de manganês são as formas mais comuns nos solos. A disponibilidade do nutriente pode ser bastante variável, implicando em deficiência ou toxicidade às plantas, dependendo da solubilidade dos compostos de manganês presentes no solo (GIRACCA; NUNES; 2009). Segundo Castelhane e Araújo (1995), o valor nutricional de manganês para a cultura de tomate encontra-se em torno de  $1,1 \text{ mg.L}^{-1}$  (valor próximo ao encontrado neste experimento,  $1,14 \pm 0,31 \text{ mg L}^{-1}$ ) e segundo a Resolução CONAMA nº 20, 18/06/1986, o valor máximo de manganês encontrado na água deve ser  $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$ .

O molibdênio ocorre como sulfeto ou na forma de óxidos. A maior parte do molibdênio presente no solo está em formas oclusas, no interior de minerais primários e secundários. O intemperismo desses minerais libera íons molibdato, cuja solubilidade aumenta em condições alcalinas, contrariamente ao que se observa com os outros micronutrientes metálicos (Cu, Fe, Mn e Zn). Tem um papel significativo para a fixação do nitrogênio pelas bactérias, no caso das leguminosas (GIRACCA; NUNES; 2009). Atua, também, no metabolismo do nitrogênio na planta. O excesso de molibdênio pode ser tóxico para os animais e para as sementes em germinação prejudicando a absorção e translocação de ferro pela planta. Sintomas de deficiência são amarelecimento das folhas mais velhas e possíveis necroses marginais (GIRACCA; NUNES; 2009). O valor nutricional do molibdênio na cultura do tomate deve ser em média  $0,05 \text{ mg.L}^{-1}$  (CASTELHANE; ARAÚJO, 1995), valor este bem menor ao encontrado no experimento ( $0,71 \pm 0,47 \text{ mg L}^{-1}$ ).

Segundo a Resolução CONAMA nº 20, 18/06/1986, o valor máximo de cloreto contido na água deve ser  $250 \text{ mg.L}^{-1}$ , valor este acima do encontrado neste estudo ( $1,12 \pm 0,52 \text{ mg L}^{-1}$ ). O cloreto é bastante utilizado como fonte de correção na ausência de algum nutriente na produção de cultura do tomate. Assim, segundo Silva et al. (2006), em casos que ocorre deficiência de cálcio na planta do tomateiro, é feita uma pulverização foliar de cloreto de cálcio a 0,6%, dirigida às inflorescências. No caso da deficiência de potássio, Silva et al. (2006), indica que a correção pode ser feita com adubação em cobertura de sulfato ou cloreto de potássio, seguida de irrigação.

Um dos principais parâmetros utilizados para avaliar o efeito do impacto de despejos industriais e domésticos sobre corpos receptores é a Demanda Bioquímica de Oxigênio ( $\text{DBO}_5$ ) (METCALF; EDDY, 2004). A análise é definida como a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica biodegradável em condições aeróbicas à temperatura de  $20^\circ\text{C}$  durante cinco dias. Esse tempo de análise é aceito como adequado, pois nos cinco primeiros dias há decomposição de 60.0 a 70.0% de todas as substâncias orgânicas da amostra (SIWIEC et al., 2011).

A análise da Demanda Química de Oxigênio (DQO) consiste na medida da quantidade de oxidante químico energético necessário para oxidar a matéria orgânica de uma amostra expressa em unidades equivalentes a mg de  $\text{O}_2$  por litro. (NBR 9896/1993). De acordo com Jordão e Pessoa (2011) a DQO engloba não somente a demanda de oxigênio satisfeita biologicamente (DBO), mas tudo o que é suscetível às demandas de oxigênio, em particular os sais minerais oxidáveis.

Devido ao longo período de obtenção do resultado da análise de  $DBO_5$  o cálculo das alíquotas de amostras a serem incubadas pode ser estimado em função do valor da DQO (LIMA et al., 2006). Para águas residuais típicas existem algumas relações entre  $DBO_5$  e DQO determinadas pela literatura e que variam de 0,3 a 0,8. Águas residuárias que apresentam uma relação 0,5 ou superior são consideradas de fácil tratabilidade por meio biológico, se a relação apresentar-se abaixo de 0,3 pode apresentar componentes tóxicos (METCALF; EDDY, 2004).

#### 4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados e de acordo com as condições experimentais pode-se concluir que a qualidade da água da água residuária avaliada no período pode ser utilizada para complementação da adubação no cultivo de tomate Santa Cruz. Para todos os parâmetros avaliados, a maioria permaneceu dentro dos limites estabelecidos para fins de irrigação, reutilização ou hidroponia. Alguns parâmetros demonstraram valores acima do permitido, sem contudo, afetarem a produção de tomate Santa Cruz, como contaminação dos frutos. Valores de sódio estão dentro dos padrões não ocorrendo problemas de salinidade no solo. Os resultados demonstram que é viável a irrigação de tomate Santa Cruz utilizando a água residuária de origem doméstica avaliada.

#### 5. REFERÊNCIAS

AGROLAB. **Como coletar amostras de efluentes e águas não potáveis (rios, lagos, mar, poços, etc.)**. Disponível em: <<http://www.laboratorioagrolab.com.br/downloads/top-it-003%20-%20como%20coletar%20amostras%20de%20efluentes.pdf>>. Acesso em: 20/05/2015.

ALLAN, D. J., CASTILLO, M. M. **Streams ecology: structure and function of running waters**. Disponível em: <[http://www.agr.feis.unesp.br/pdf/dissertacao\\_corrego\\_coqueiro\\_renato\\_franco.pdf](http://www.agr.feis.unesp.br/pdf/dissertacao_corrego_coqueiro_renato_franco.pdf)>. Acesso em: 20/05/2012.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for examination of water and wastewater**. Washington (EUA): American Public Health Association, 2012.

AYERS, R.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: 1999.

BRAGA, G. N. M. **O pH do solo e a disponibilidade de nutrientes**. 2012. Disponível em <<http://agronomiacomgismonti.blogspot.com.br/2012/01/o-ph-do-solo-e-disponibilidade-de.html>>. Acesso em: 02/09/2015.

BRASIL. **Resolução CONAMA n° 20 de 16 de junho de 1986**. Brasília: MMA – CONAMA, 1986.

BRASIL (2005). **Resolução CONAMA n° 357 de 17 de março de 2005**. Brasília: MMA – CONAMA, 2005

CASTELHANE, P. D.; ARAÚJO, J. A. C. **Cultivo sem solo** - hidroponia. Jaboticabal: FUNEP, 1995.

CERQUEIRA, L. L.; FADIGAS, F. S.; PEREIRA, F. A.; GLOAGUEN, T. V.; COSTA, J. A. Desenvolvimento de *Heliconia psittacorum* e *Gladiolus hortulanus* irrigados com águas residuárias tratadas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 6, p. 606-613, 2008.

COCKSHULL, K.E. Crop environment. **Acta Horticulturae**, Korbek-Lo (Bélgica), n. 312, p. 77-85, 1992.

CONTE, V. D.; COLOMBO, M.; ZANROSSO, A. V.; SALVADOR, M. Qualidade microbiológica de águas tratadas e não tratadas na região nordeste do Rio Grande do Sul. **Infarma**, Araraquara, v. 16, n. 09/10, 2004.

CUARTERO, J.; MUÑOZ, R. F. Tomato and salinity. **Scientia Horticulturae**, v. 78, n. 1, p. 83-125, 1999.

CUNHA, A. H. N. **Cultivo de tomate sweet grape em hidroponia com diferentes substratos utilizando água residuária**. 2012. 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2012.

CUNHA, A. H. N.; SANDRI, D.; VIEIRA, J. A.; ALVES, J. A. A.; CUNHA, I. N. Uso de efluente para complementação de nutrientes no cultivo de Sweet Grape. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA – CONBEA, 43, 2014. **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2014a. CD-ROM.

CUNHA, A. H. N.; COSTA, L. F. dos S.; FERREIRA, E. P. de B.; FERNANDES, E. P. B. Nutritional potential of rock dust ash cane and treated effluent. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM AGROENVIRON, 9, 2014. **Anais...** Goiânia: Centro Cultural Oscar Niemeyer, Universidade Federal de Goiás, 2014b. CD-ROM.

ESTEVEZ, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. 2 Ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

FAOSTAT-FAO. 2011. **Statistics Division**. Disponível em <<http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>>. Acesso em: 25/03/2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento sistemático da produção agrícola de 2011**. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa\\_201010.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201010.pdf)>. Acesso em: 11/03/2015.

FILGUEIRA, J.A. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2003.

GIRACCA, E. M. N.; NUNES, J. L. da S. Micronutrientes. 2009. Disponível em: <[http://www.agrolink.com.br/fertilizantes/nutrientes\\_micronutrientes.aspx](http://www.agrolink.com.br/fertilizantes/nutrientes_micronutrientes.aspx)>. Acesso em: 02/09/2015.

GORHAM, J. Sodium content of agricultural crops. In: PHILLIPS, C. J. C.; CHIY, P. C. (Eds.). **Sodium in agriculture**. Canterbury (Inglaterra): Chalcombe, 1995. p. 17-32.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Anuário brasileiro de hortaliças. 2013. Disponível em: <[http://www.icna.org.br/sites/default/files/artigo/Anuario\\_hortaliças\\_2013\\_0.pdf](http://www.icna.org.br/sites/default/files/artigo/Anuario_hortaliças_2013_0.pdf)>. Acesso em: 10/05/2015.

JAWETZ, E.; MELNICK, J. A., ADELBERG, E. A. **Microbiologia médica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

JORDÃO, E. P.; PÊSSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 6 Ed. Rio de Janeiro: ABES, 2011.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas: Átomo, 2005.

LIMA, L. S.; IZARIO, H. J. F.; CHAVES, F. J. M. Determinação de demanda bioquímica de oxigênio para teores  $\leq 5 \text{ mg L}^{-1} \text{ O}_2$ . **Revista Analytica**, n. 25, p. 53-57, out/nov 2006.

MAAS, E. V.; HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance – Current assessment. **Journal of Irrigation and Drainage Division**, v. 103, p.115-134, 1977.

MACHADO, L. de O. **Adubação fosfatada**. 2001. Disponível em: <<http://www.dpv24.iciag.ufu.br/new/dpv24/Apostilas/Monitor%20Leonardo%20-%20Apostila%20Adub.%20Fosfatada%2001.pdf>>. Acesso em: 02/09/2015.

MARTINEZ, V.; CERDA, A.; FERNANDEZ, F. G. Salt tolerance of four tomato hybrids. **Plant and Soil**, v. 97, n. 2, p. 233-242, 1987.

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: ABES, 2009.

TCHOBANOGLIOUS, G., BURTON, F. L., STENSEL, H. D. **Wastewater engineering**: treatment, disposal, and reuse. New York: McGraw - Hill, 1991.

TCHOBANOGLIOUS, G., BURTON, F. L., STENSEL, H. D. **Wastewater engineering treatment disposal reuse**. New York: McGraw Hill Book, 2004.

MEURER, E. J. **Fundamentos de química do solo**. Porto Alegre: EdUFRGS. 2004.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ. 2010. **Água Brasil**. Disponível em: <<http://www.aguabrasil.icict.fiocruz.br/index.php?pag=sane>>. Acesso em: 02/09/2015.

MONTE, J. A. **Manejo de irrigação na cultura do tomateiro em campo na região de Seropédica - RJ**. 2007. 43 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Instituto de Agronomia - Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2007.

MORAES, A. J. **Manual para a avaliação da qualidade da água**. São Carlos: RiMa, 2001.

MORAES NETO, S. P. **ADM<sub>5</sub> – acidez, alcalinidade e efeitos de calagem no solo**. 2009. Disponível em: <<http://www.cpac.embrapa.br/noticias/artigosmidia/publicados/112/>>. Acesso em: 02/09/2015.

SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. de B.; FURUMOTO, O.; BOITEUX, L. da S.; FRANÇA, F. H.; BÔAS, G. L. V.; BRANCO, M. C.; MEDEIROS, M. A.; MAROUELLI, W.; SILVA, W. L. C.; LOPES, C. A.; ÁVILA, A. C.; NASCIMENTO, W. M.; PEREIRA, W. **Cultivo de tomate para industrialização**. 2006. Disponível em: <[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial\\_2ed/autores.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial_2ed/autores.htm)>. Acesso em: 02/09/2015.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A. **Manual de métodos de análises microbiológicas de alimentos**. São Paulo: Varela, 2001.

SIWIEC, T.; KIEDRYŃSKA, L.; ABRAMOWICZ, K.; REWICKA, A.; NOWAK, P. **BOD measuring and modelling methods – review**. *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW Land Reclamation*, v. 2, n. 43, p. 143–153, 2011.

TAIZ, L. R.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

VAN DER HOEK, W.; HASSAN, U. M.; ENSINK, J. H. J.; FEENSTRA, S.; RASCHID-SALLY, L.; MUNIR, S.; ASLAM, R.; ALIM, N.; HUSSAIN, R.; MATSUNO, Y. **Urban Wastewater: a valuable resource for agriculture - a case study from Horoonabad, Pakistan**. Colombo (EUA): International Water Management Institute. 2002.

VASCONCELOS, R. S., LEITE, K. N., CARVALHO, C. M., ELOI, W. M.; SILVA, L. M. F., FEITOSA, H. O. (2009). Qualidade da água utilizada para irrigação na extensão da microbacia do baixo Acaraú. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 3, n. 1, p. 30-38, 2009.

VON SPERLING, M. Estudo e modelagem da qualidade da água de rios. *Revista de Engenharia Sanitária Ambiental*, v. 13, n. 3, p. 329-339, 2007.