

# Qualidade dos frutos de mamoeiro produzidos com esgoto doméstico tratado<sup>1</sup>

## Quality in papaya fruit produced with treated domestic sewage

Adriana Alves Batista<sup>2\*</sup>, Indalécio Dutra<sup>2</sup>, Francicleiton Freires do Carmo<sup>3</sup>, Naiara Sâmia de Caldas Izidio<sup>2</sup> e Rafael Oliveira Batista<sup>2</sup>

**RESUMO** - Objetivou-se, com a realização deste estudo, avaliar a qualidade físico-química e microbiológicas dos frutos do mamoeiro Tainung 1, produzidos mediante proporções de tempo de irrigação com água de abastecimento (AA) e esgoto doméstico tratado em tanque séptico seguido de filtros anaeróbios (AE). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro tratamentos e seis repetições. Os tratamentos foram compostos por T1 (100% de AA mais adubação recomendada), T2 (67% de AA mais 33% AE), T3 (33% AA mais 67% AE) e T4 (100% de AE). A qualidade físico-química e microbiológica dos frutos foi avaliada por meio dos seguintes parâmetros: espessura da polpa (EP), firmeza da polpa (FP), teor de sólidos solúveis totais (SS), pH, acidez titulável (AT), relação SS/AT e nível populacional de *Salmonella ssp.* e coliforme totais. Observou-se que as proporções de tempo de irrigação com AA e AE aplicadas não proporcionaram alterações, significativas, nas características físico-químicas dos frutos do mamoeiro, indicando que os valores encontrados atendem aos padrões exigidos para a comercialização e consumo *in natura*. A qualidade microbiológica dos frutos do mamoeiro produzidos com AE é aceitável para consumo humano, uma vez que, foi constatada a ausência de *Salmonella ssp.* e de coliformes totais.

**Palavras-chave:** *Carica papaya* L.. Irrigação. Reuso.

**ABSTRACT** - When carrying out this study, the aim was to evaluate physicochemical and microbiological quality in fruit of the papaya Tainung 1, produced under different irrigation time ratios with water from the supply (AA) and from domestic sewage which had been treated first in a septic tank and then with anaerobic filters (AE). The experimental design was of randomised blocks, with four treatments and six replications. The treatments consisted of T1 (100% AA plus a recommended fertiliser), T2 (67% AA plus 33% AE), T3 (33% AA plus 67% AE) and T4 (100% EA). The physicochemical and microbiological quality of the fruit was evaluated using the following parameters: pulp thickness (EP), pulp firmness (PF), total soluble solids (SS), pH, titratable acidity (TA), SS to AT ratio and the population levels of *Salmonella ssp.* and total coliforms. It was found that the applied irrigation time ratios with AA and AE resulted in no significant changes to the physicochemical characteristics of the papaya fruit, showing that the values obtained meet the standards required for marketing and *in natura* consumption. The microbiological quality of papaya fruit produced with AE is acceptable for human consumption, as there was an absence of *Salmonella sp.* and total coliforms.

**Key words:** *Carica papaya* L.. Irrigation. Reuse.

DOI: 10.5935/1806-6690.20170008

\*Autor para correspondência

<sup>1</sup>Recebido para publicação em 27/11/2013; aprovado em 07/04/2016

Parte de Dissertação de Mestrado da primeira autora apresentada na Universidade Federal Rural do Semi-Árido/UFERSA

<sup>2</sup>Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural do Semi-Árido/UFERSA, Rua, Francisco Mota, 572, Costa e Silva, Mossoró-RN, Brasil, 59.600-971, adriana\_tid@hotmail.com, idutra@ufersa.edu.br, naiaraizidio@hotmail.com, rafaelbatista@ufersa.edu.br

<sup>3</sup>Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia/UFRB, Cruz das Almas-BA, Brasil, cleitontid@hotmail.com

## INTRODUÇÃO

As precipitações pluviométricas irregulares e a elevada evapotranspiração são características da região semiárida do Nordeste Brasileiro, que fazem da água um fator limitante para várias atividades, dentre elas, a agricultura irrigada.

Para minimizar este problema, uma estratégia que vem sendo abordada em pesquisas com fontes alternativas de água é o aproveitamento agrícola de águas residuárias na produção de mudas, forragem, fruteiras e cafeeiro (BATISTA *et al.*, 2014; COSTA *et al.*, 2014; SILVA *et al.*, 2011; SOUZA *et al.*, 2011).

O esgoto doméstico após tratamento adequado, normalmente, apresenta baixa concentração da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e teores apreciáveis de macros e micronutrientes necessários ao desenvolvimento dos cultivos agrícolas e que se forem lançados em corpos hídricos potencializam o problema da eutrofização.

O aproveitamento agrícola controlado dos esgotos domésticos tratados proporciona aumento da produtividade e da qualidade do produto agrícola (BAUMGARTNER *et al.*, 2007; MEDEIROS *et al.*, 2008; OLIVEIRA *et al.*, 2013).

Oliveira *et al.* (2013) avaliaram a produção da moranga irrigada com esgoto doméstico e constaram aumento, significativo, na produção. O efeito fertilizante do esgoto doméstico tratado e melhorias da qualidade do produto agrícola também foi constatado por Azevedo, Aldo e Rodrigues (2007) em gramíneas, por Medeiros *et al.* (2008) no cafeeiro, por Baumgartner *et al.* (2007) na horticultura e por Cruz *et al.* (2008) na fruticultura.

Por outro lado, o manejo inadequado da aplicação dos esgotos domésticos tratados pode apresentar aspectos negativos que vão desde modificações nas características físico-químicas do solo até riscos de contaminação por agentes patogênicos, dependendo do tipo de tratamento e do sistema de aplicação do efluente (EMONGOR *et al.*, 2005).

Devido a importância econômica da cultura do mamoeiro, as características de colheitas a partir do início de produção demonstra que a planta necessita de suprimentos de água e nutrientes em intervalos frequentes, de modo a permitir o fluxo contínuo de produção de flores e frutos (OLIVEIRA *et al.*, 2004). Dessa forma torna-se essencial o uso da irrigação para o fornecimento de água para a cultura do mamoeiro.

Portanto, a irrigação controlada da cultura do mamoeiro com esgoto doméstico tratado torna-se uma alternativa viável nas regiões semiáridas, por se

tratar de uma fonte de água e nutrientes que reduz significativamente os custos de produção da cultura e minimiza os impactos ambientais do efluente em áreas rurais. Sob o aspecto ambiental, é importante destacar também, que as águas residuárias contêm nutrientes, comportando-se o solo e as plantas, como biofiltros naturais (DUARTE *et al.*, 2008).

Como não existem informações técnicas sobre a qualidade dos frutos do mamoeiro produzido com esgoto doméstico tratado; o presente estudo objetivou avaliar a qualidade físico-química e microbiológicas dos frutos do mamoeiro produzidos com proporções de água de abastecimento e de esgoto doméstico tratado, no assentamento rural Milagres em Apodi-RN.

## MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi conduzido, no período de agosto de 2012 a julho de 2013, em área experimental do assentamento Rural Milagres na Chapada do Apodi em Apodi-RN, sob as coordenadas geográficas 5°35'22" S e 37°54'09" W e altitude de 153 m (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo BSw'h', caracterizado por ser, tropical quente semiárido com temperatura média anual de 28,5 °C e precipitação média anual de 772 mm (ALVARES *et al.*, 2013).

O solo da área experimental ocupou uma área de 576 m<sup>2</sup> e foi classificado como CAMBISSOLO Ta Eutrófico Típico, conforme as diretrizes estabelecidas pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013), cujas características químicas são apresentadas na Tabela 1.

O assentamento Milagres possui 107 habitantes que ocupam 28 residências, produzindo diariamente um volume de 16 m<sup>3</sup> de água residuária doméstica (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

Ressalta-se que o assentamento dispõe de rede coletora de água residuária doméstica para todas as residências, tendo o ramal domiciliar com diâmetro nominal de 100 mm e as tubulações primária e secundária com diâmetro nominal de 150 mm.

Para o tratamento primário da água residuária doméstica canalizada foi instalado um decanto-digestor (tanque séptico mais dois filtros anaeróbios), sendo a disposição final da água residuária doméstica primária feita via sistema de irrigação localizada de baixa pressão (*Bubbler System Irrigation*), como apresentado na Figura 1.

**Tabela 1** - Características iniciais do CAMBISSOLO Ta Eutrófico Típico utilizado no plantio do mamoeiro Tainung 1

Camada de solo (m)	pH	CE	N	MO	P	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Cu	Mn	Fe	Zn
		dS m <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	mg dm <sup>-3</sup>							
0-0,20	7,03	0,06	0,46	9,54	13,21	85,57	8,29	0,41	76,33	1,55	3,78
0,20-0,40	6,41	0,08	0,42	7,63	31,74	171,04	11,04	0,67	80,86	4,89	1,13
Camada de solo (m)	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	(H+Al)	SB	T	CTC	V	m	PST	RAS
	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>							%		(mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> ) <sup>0,5</sup>	
0-0,20	2,50	0,88	0,00	1,73	3,63	3,63	5,19	71,24	0,00	0,71	6,40
0,20-0,40	3,37	1,03	0,00	2,04	4,88	4,88	6,92	70,15	0,00	0,70	7,49

**Nota:** CE - condutividade elétrica do extrato de saturação do solo; N - nitrogênio; MO - Matéria orgânica; P - fósforo; K<sup>+</sup> - Potássio; Cu - cobre; Mn - Manganês; Fe - Ferro; Zn - Zinco; Ca<sup>2+</sup> - Cálcio; Mg<sup>2+</sup> - Magnésio; Al<sup>3+</sup> - Alumínio trocável; H + Al - Acidez potencial; SB - soma de bases; T - Capacidade de troca de cátions efetiva; CTC - capacidade de troca de cátions; V - saturação por bases; m - saturação por alumínio, e PST - Porcentagem de sódio trocável; e RAS - Razão de adsorção de sódio

**Figura 1** - Mangueiras emissoras do sistema de irrigação localizada de baixa pressão, ancoradas a diferentes alturas

O sistema de irrigação localizada de baixa pressão foi composto por linha principal, linha secundária de polietileno flexível de 25 mm, linhas laterais, todas de polietileno flexível com diâmetro de 25 mm e mangueiras emissoras de polietileno flexível de 5 mm de diâmetro com vazão programada de 28 L h<sup>-1</sup>. Além disso, este sistema foi constituído de quatro unidades independentes para que fosse possível aplicar os tratamentos.

Ao redor das plantas foram construídas microbacias a fim de evitar o escoamento superficial. As mangueiras emissoras foram ancoradas em diferentes alturas, utilizando estacas de madeira tomando-se por base a declive do terreno. A rede de tubulação do sistema de irrigação foi enterrada no solo a aproximadamente 0,30 m de profundidade.

O esgoto doméstico tratado pelo decanto-digestor foi armazenado em reservatório de 10 m<sup>3</sup>, para posterior

aplicação pelo sistema de irrigação. Enquanto, a água de abastecimento utilizada no experimento foi proveniente de um poço com 150 m de profundidade dotado de bomba submersa multistágios com potência de 9,0 cv.

Como o esgoto doméstico foi submetido somente ao tratamento primário/secundário, ressalta-se que existe o risco microbiológico do efluente; nesse caso optou-se pela instalação de cerca ao redor dessa área experimental, tendo restrito acesso ao público e animais.

O experimento foi montado no delineamento em blocos casualizado com quatro tratamentos (T1 - 100% de água de abastecimento (AA) mais 0% de esgoto doméstico tratado (AE); T2 - 67% de AA mais 33% de AE; T3 - 33% de AA mais 67% de AE; e 0% de AA mais 100% de AE) e seis repetições. As proporções de tempo de irrigação com AA e AE adotadas foram adaptadas do trabalho desenvolvido por Oliveira *et al.* (2014) em CAMBISSOLO cultivado com pimenta malagueta e irrigado com esgoto doméstico tratado, mediante condições experimentais muito semelhantes às do presente estudo.

A adubação de fundação consistiu na aplicação de 8 kg de esterco bovino e 105g de MAP por cova. A adubação de cobertura foi feita no tratamento em que as plantas foram irrigadas com 100% de água de abastecimento (T1), utilizando 50 g de NPK, aplicados a cada 30 dias, onde o principal objetivo dessa adubação foi elevar os teores dos desse nutriente no solo para valores de concentrações consideradas adequadas para a cultura do mamoeiro.

A cultura utilizada no experimento foi o mamoeiro do grupo formosa, híbrido Tainung 1. Este híbrido foi escolhido por apresentar uma área de cultivo em crescimento na região, inexistência de informações técnicas, principalmente, quanto ao manejo de água residuária, além de possuir boa adaptação às

condições climáticas da região e algumas características agrônomicas, tais como, tolerância a algumas doenças e pragas.

As mudas foram adquiridas em viveiro comercial da região, transplantadas no dia 31 de agosto de 2012, sendo duas plantas por cova. O espaçamento entre plantas foi de 2 m e 3 m entre cada linha de plantas. No início da floração, cerca de 80 dias após o transplante, foi realizado a sexagem deixando apenas 1 planta por cova, sempre com flores hermafroditas.

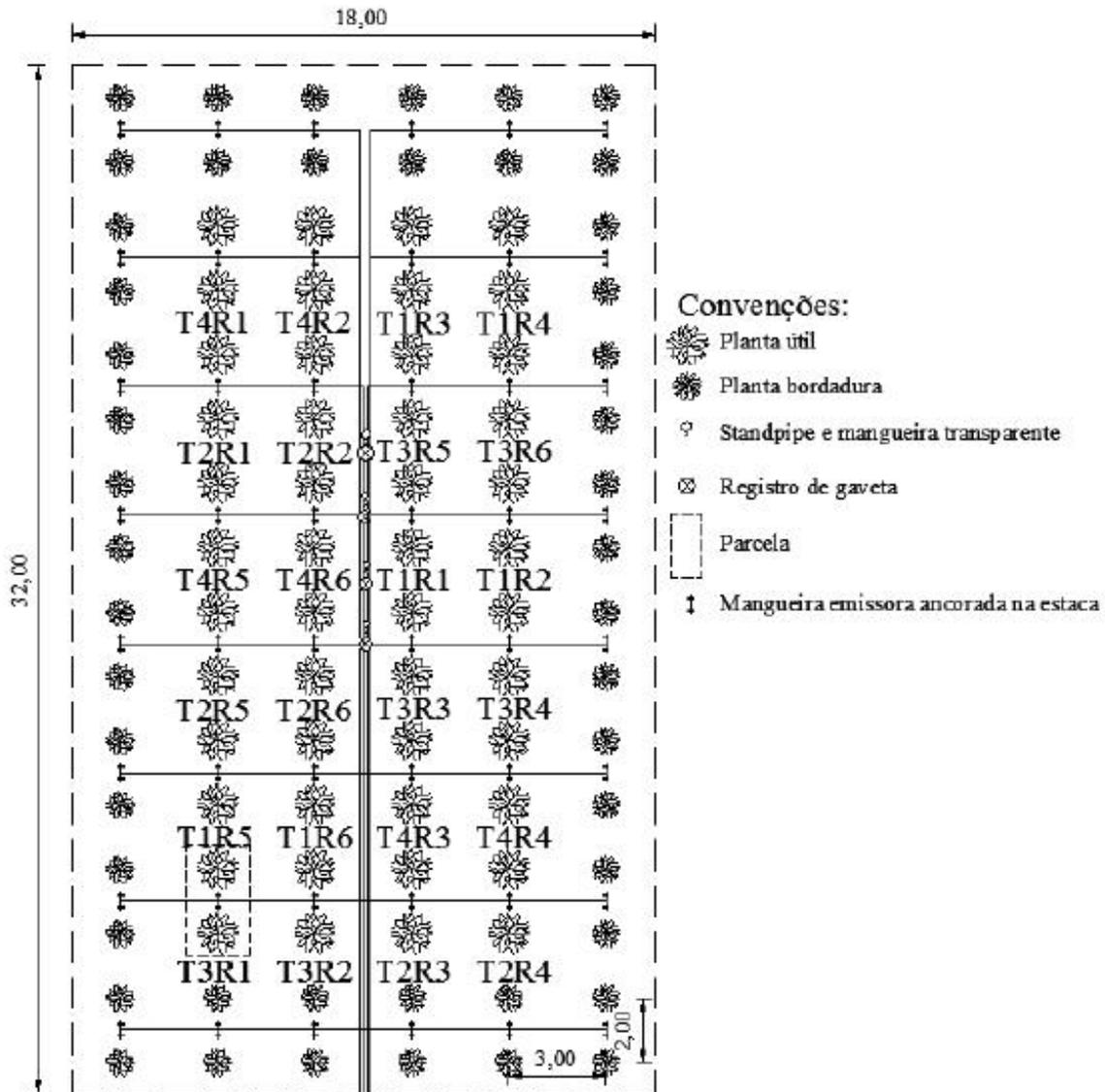
Na Figura 2 evidencia-se que cada unidade experimental constou de duas plantas, totalizando 24 unidades experimentais com área de 12 m<sup>2</sup> (4 m x 3 m).

As irrigações foram realizadas diariamente, sendo as lâminas de irrigação determinadas a partir de estimativas da evapotranspiração da cultura. No cálculo da evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>), foi utilizado o método de Penman-Monteith (ALLEN *et al.*, 2006), com dados obtidos de uma estação meteorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizada em Apodi-RN.

As características físico-químicas e microbiológicas das águas utilizadas na irrigação, durante o experimento são apresentadas na Tabela 2.

Para a análise qualitativa foram colhidos seis frutos do mamoeiro por tratamento no estágio de maturação 1

**Figura 2** - Esquema da área experimental no assentamento Milagres



**Tabela 2** - Características físico-químicas e microbiológicas das proporções de tempo de irrigação com água de abastecimento e esgoto doméstico tratado aplicadas no CAMBISSOLO Ta Eutrófico Típico cultivado com mamoeiro

Características	T1	T2	T3	T4
pH	6,65	7,32	7,62	7,70
Condutividade elétrica (dS m <sup>-1</sup> )	1,09	5,12	9,24	12,80
Turbidez (UNT)	0,10	26,90	49,00	69,50
Coliformes totais (NMP mL <sup>-1</sup> )	0,00	240,00	>1100,00	>1100,00
Coliformes termotolerantes (NMP mL <sup>-1</sup> )	0,00	>240,00	>1100,00	290,00
Sólidos totais (mg L <sup>-1</sup> )	88,00	234,00	346,00	450,00
Sólidos dissolvidos (mg L <sup>-1</sup> )	56,00	194,00	310,00	428,00
Sólidos suspensos (mg L <sup>-1</sup> )	32,00	40,00	36,00	22,00
Ortofosfato (mg L <sup>-1</sup> )	0,43	3,56	6,35	7,54
Nitrogênio total (mg L <sup>-1</sup> )	1,67	2,51	5,52	7,82
Nitrato (mg L <sup>-1</sup> )	1,57	1,54	1,43	1,31
Cálcio (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	3,00	4,00	6,00	7,00
Magnésio (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	4,00	6,00	9,00	9,00
Sódio (mg L <sup>-1</sup> )	3,85	30,13	53,86	72,84
Potássio (mg L <sup>-1</sup> )	6,38	10,75	18,83	22,04
Cloreto (mg L <sup>-1</sup> )	105,00	148,60	196,80	212,80
Bicarbonato (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,45	2,90	5,55	7,75

**Nota:** UNT - unidade nefelométrica de turbidez; NMP - número mais provável; T1 - 100% de água de abastecimento (AA) mais 0% de esgoto doméstico tratado (AE); T2 - 67% de AA mais 33% de AE; T3 - 33% de AA mais 67% de AE; e T4 - 0% de AA mais 100% de AE

(primeiros sinais de amarelecimento da casca), sendo cada um considerado uma unidade experimental. No entanto, as análises foram feitas em cada fruto separadamente, no estágio 5 de maturação (acima de 75% de casca alaranjada), sendo as seguintes:

a) A espessura da polpa (EP) foi obtida dividindo-se longitudinalmente em duas partes o fruto do mamoeiro, medindo a EP, desde a cavidade da semente até a casca;

b) A firmeza da polpa (FP) foi determinada com o auxílio de um penetrômetro analógico com ponteira de 8 mm de diâmetro e penetração de 5 mm, os resultados dessas leituras foram obtidas em libra sendo convertidos para Newton (N), 1 N = 4,45 libra;

c) O teor de sólidos solúveis totais (SST) em % foi medido no suco extraído da polpa, usando um refratômetro digital de mesa;

d) O potencial hidrogeniônico (pH) foi determinado, utilizando-se um potenciômetro digital previamente calibrado em solução tampão de pH 4,0 e 7,0;

e) A acidez titulável (AT) baseou-se na metodologia descrita pelo Instituto Adolf Lutz (1985); e

f) A Relação SS/AT foi determinada pela divisão das variáveis SS e AT.

Foram analisados nos frutos do mamoeiro de todos os tratamentos ensaiados, os níveis populacionais de *Salmonella* ssp e de coliformes totais. Para obter um parâmetro de qualidade microbiológica desse produto agrícola, também, foram efetuadas estas análises em frutos do mamoeiro de dois supermercados do Município de Mossoró-RN. Ressalta-se que os nomes dos estabelecimentos não serão divulgados por questões éticas.

Para isso, as amostras foram coletadas e acondicionadas em frascos esterilizados, sendo posteriormente preservados, em caixa isotérmica com gelo à temperatura de 4 °C até a entrada no laboratório.

Coletaram-se três amostras de 50 g de cada fruto (casca mais polpa) em todos os tratamentos, sendo que o tempo do final da coleta até o início da realização das análises não ultrapassou um período de 4 h.

Também foram coletadas três amostras dos frutos comercializáveis empregando-se os sacos oferecidos

pelos próprios estabelecimentos comerciais, sendo posteriormente armazenados em recipientes esterilizados, preservados à temperatura de 4 °C até a chegada no laboratório.

As análises foram realizadas segundo metodologias descritas no Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods (APHA, 2001).

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de Lilliefors a 1% de probabilidade, onde foi confirmada a normalidade das variáveis sólidos solúveis totais (SS), pH, acidez titulável (AT), relação SS/AT, firmeza de polpa (FP) e espessura de polpa (EP). Em seguida, realizou-se a análise de variância (ANOVA) pelo teste F a 5% de probabilidade. Por fim, as médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para as variáveis *Salmonella* ssp. e de coliformes totais utilizou-se a estatística descritiva por meio da determinação da média.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados obtidos (Tabela 3), é possível observar que as variáveis SS, pH, AT, SS/AT, FP e EP não apresentaram diferença estatística em relação aos tratamentos estudados, indicando que a qualidade dos frutos do mamoeiro produzidos com esgoto doméstico tratado equivale a alcançada pelo processo produtivo convencional (águas mais adubação mineral).

Notou-se que os incrementos nos tempos de irrigação com esgoto doméstico não afetaram as variáveis de qualidade dos frutos. Em condições experimentais diferentes, Feitosa *et al.* (2009) avaliaram a qualidade de frutos de melancia produzidos com esgoto doméstico tratado; e obtiveram resultados

contrários aos obtidos neste estudo, pois o uso de água residuária provocou alterações significativas na característica físico-químicas e sensoriais dos frutos produzidos.

Este fato está relacionado ao aporte de nutrientes fornecido pelo esgoto doméstico tratado, onde os teores de macro e micronutrientes são equilibrados e se equiparam aos fornecido pela adubação de fundação e de cobertura, porém os esgotos domésticos tratados sobressaem no sentido de fornecer, ainda, teores apreciáveis de matéria orgânica que auxiliar na melhoria da qualidade física, química e microbiológica do solo.

Segundo Pimentel Gomes (2009), o coeficiente de variação foi classificado como baixo (< 10%) para as variáveis SS, pH e EP, médio (10 a 20%) para as variáveis AT e SS/AT e muito alto (< 30%) para a FP, indicando boa precisão na coleta dos dados para a maioria das variáveis estudadas.

Constam, na Figura 3, os valores médios das variáveis sólidos solúveis totais (SS), pH, acidez titulável (AT), relação SS/AT, firmeza de polpa (FP) e espessura de polpa (EP), de frutos de mamoeiro irrigados com diferentes proporções de água de abastecimento e de esgoto doméstico tratado. Como o resultado da análise de variância foi conclusivo, logo não existe diferença estatística para a comparação das médias das variáveis estudadas.

O teor de sólidos solúveis dos frutos (Figura 3A) mostrou-se igual ou superior a 13% em todos os tratamentos. Verificou-se que não houve variação nos teores de açúcares no fruto do mamoeiro, evidenciando que esta variável não foi afetada pelas diferentes proporções de tempo de irrigação com esgoto doméstico tratado e água de abastecimento. Deve-se ressaltar que as altas temperaturas e os elevados níveis de radiação solar na Chapada do Apodi em Apodi-RN são fatores

**Tabela 3** - Resumo da análise de variância das variáveis sólidos solúveis totais (SS), pH, acidez titulável (AT), relação SS/AT, firmeza de polpa (FP) e espessura de polpa (EP), de frutos de mamoeiro irrigados com diferentes proporções de água de abastecimento e de esgoto doméstico tratado

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio					
		SS	pH	AT	SS/AT	FP	EP
Tratamentos	3	0,013 <sup>ns</sup>	0,141 <sup>ns</sup>	0,00064 <sup>ns</sup>	401,44 <sup>ns</sup>	20,29 <sup>ns</sup>	0,054 <sup>ns</sup>
Resíduo	20	0,156	0,016	0,00032	149,90	115,18	0,003
Total	23						
CV(%)		3,02	2,45	13,40	12,36	34,38	6,75

Nota: <sup>ns</sup> - não significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F. CV- Coeficiente de variação

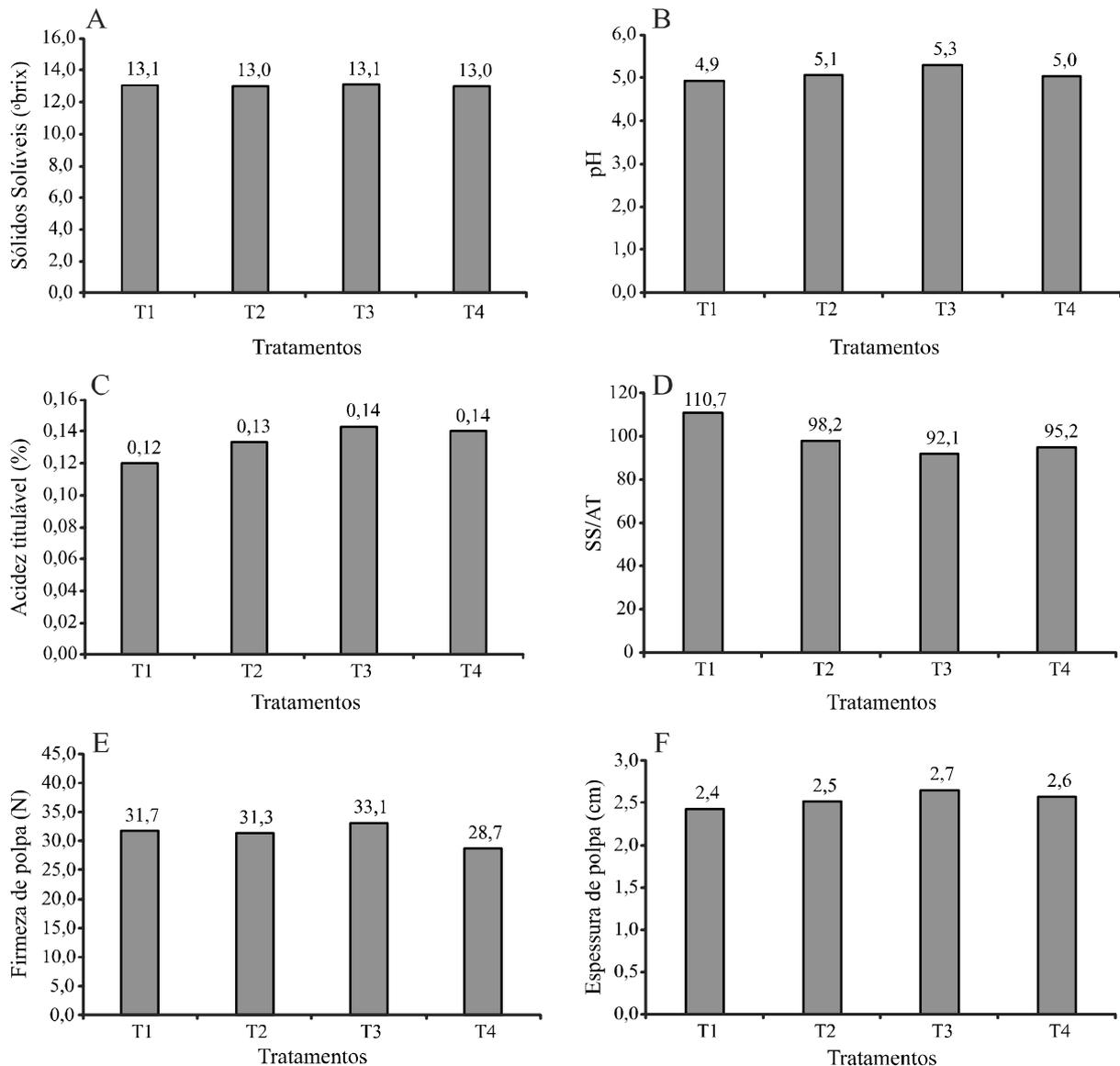
climáticos que contribuem para a elevação do teor de sólidos solúveis dos frutos do mamoeiro e de qualquer outra espécie de planta frutífera.

No trabalho apresentado por Lima *et al.* (2009), constatou-se que o teor de sólidos solúveis de mamões Formosa cv. Tainung 01, comercializados no município de Mossoró-RN variaram de 12,64 a 13,42% em condições de produção convencional (água e adubação mineral); valores estes próximos aos encontrados

no presente estudo e que são elevados em função da condição climática da região. Estes resultados também estão dentro da faixa citada por Santana, Matsuura e Cardoso (2004) em avaliação sensorial, físico-química e industrial de frutos de genótipos melhorados de mamão (grupo Formosa), encontraram valores de médios de sólidos solúveis na faixa de 9,0 a 14%.

Entretanto, em condições experimentais diferentes Martins *et al.* (2006) e Grizotto *et al.*

**Figura 3** - Valores médios das variáveis sólidos solúveis totais - SS (A), pH (B), acidez titulável - AT (C), relação SS/AT (D), firmeza de polpa - FP (E) e espessura de polpa - EP (F), de frutos de mamoeiro irrigados com diferentes proporções de água de abastecimento e de esgoto doméstico tratado



Nota: T1 - 100% de água de abastecimento (AA) mais 0% de esgoto doméstico tratado (AE); T2 - 67% de AA mais 33% de AE; T3 - 33% de AA mais 67% de AE; e T4 - 0% de AA mais 100% de AE

(2006) encontram valores de sólidos solúveis na polpa do mamão de 11,5 a 11,6%, sendo este inferior aos encontrados no presente estudo em função da diferença entre os valores de temperatura e radiação solar de Apodi-RN e outros municípios que produzem mamão. Em outro estudo em condições experimentais diferentes das encontradas no presente estudo Souza *et al.* (2010) obteve para o tomate irrigação com efluente da suinocultura teores de sólidos solúveis superiores a 5%, inferiores aos encontrados no presente trabalho pois os valores médios de temperatura do ar e de radiação solar de Viçosa-MG são menores do que os encontrados em Apodi-RN.

Esses resultados expressam que os frutos produzidos nesse experimento foram superiores aos valores considerados ideais para a comercialização, apontando o elevado potencial de uso do tratamento T4 (0% de água de abastecimento mais 100% de esgoto doméstico tratado) para a produção do mamão.

Na Figura 3B são apresentados os valores de pH dos frutos do mamoeiro em função das proporções de tempo de irrigação com esgoto doméstico tratado e água de abastecimento.

De acordo com os resultados, observa-se que o pH da polpa dos frutos não foi alterado pelas proporções de tempo de irrigação com água de abastecimento e esgoto doméstico tratado, porém o maiores de valores de pH de 5,1 e 5,3 ocorreram nos tratamentos T2 (T2 - 67% de água de abastecimento mais 33% de esgoto doméstico tratado) e T3 (T2 - 33% de água de abastecimento mais 67% de esgoto doméstico tratado), respectivamente.

Segundo Figueiredo Neto *et al.* (2013), os valores de pH encontrado no presente estudo encontram-se dentro da faixa de 4,5 a 6,0, atendendo ao padrão de consumo *in natura*.

Em condições experimentais distintas da obtidas neste trabalho, Souza *et al.* (2010) notaram que incrementos na taxa de aplicação do efluente da suinocultura não alterou significativamente o pH dos frutos do tomateiro.

Nas condições climáticas de Mossoró-RN, Lima *et al.* (2009) encontram valores de pH da polpa do mamão, produzido com adubação convencional, oscilando de 5,0 a 5,1; valores estes semelhantes ao encontrados no presente trabalho.

Em geral, o mamão apresenta baixa acidez quando comparado a outras frutas tropicais, sendo uma vantagem nutricional, pois permite seu consumo por pessoas sensíveis a frutos ácidos, porém esta baixa acidez é um problema enfrentado pelos processadores, pois seu alto

pH favorece a atividade das enzimas e o crescimento de microrganismos (LIMA *et al.*, 2009).

Para a acidez titulável (Figura 3C), os maiores valores médios observados foram nos tratamentos T3 (0,14%) e T4 (0,14%), os quais receberam as maiores proporções de esgoto doméstico tratado, enquanto o tratamento T1 (0,12%) foi o que apresentou o menor valor de acidez.

Estes valores foram inferiores a faixa de 0,15 a 0,16% apresentada por Matsuura e Folegatti (2003) e superiores a faixa de 0,074 a 0,090% encontrada por Lima *et al.* (2009) para o mamão produzido com água e adubação mineral.

De acordo com Alves, Balbino e Barreto (2003), a acidez do mamão é baixa quando comparada com outras frutas tropicais, em torno de 0,1%; dessa forma, os frutos produzidos nesse estudo estão dentro da faixa ideal para a comercialização.

Observou-se, na Figura 3D, que os maiores valores médios da relação SS/AT ocorreram nos tratamentos com as menores proporções de tempo de irrigação com esgoto doméstico tratado em relação ao tempo de irrigação com água de abastecimento, correspondentes a T1 (110,7) e T2 (98,2).

Rodolfo Junior *et al.* (2007) realizaram a caracterização físico-química de frutos de mamoeiro comercializados, obtiveram valores da relação SST/AT para cultivar Formosa em média de 100,10 e para cultivar *S. Solo* ficou em torno de 125,90; estando próximo aos valores médios obtidos no presente estudo.

Segundo Lima *et al.* (2009), a razão SS/AT é utilizada como critério de avaliação do sabor do produto, uma vez que o balanço entre as duas variáveis é que confere ao fruto o sabor característico e mais ou menos atrativo.

A firmeza média da polpa (Figura 3E) dos frutos do mamoeiro mostrou-se mais resistente nos tratamentos T1 (31,7 N) e T3 (33,1 N), enquanto o tratamento T4 (28,7 N) apresentou valor médio inferior ao dos demais tratamentos. Em geral, todos os tratamentos configuraram boa resistência de polpa do mamão.

No trabalho apresentado por Rodolfo Júnior *et al.* (2007), a firmeza média da polpa do mamão formosa foi de 8,24 N, sendo esses valores inferiores aos alcançados nesse estudo.

Frutos com baixa firmeza são propensos aos danos físicos reduzindo, assim, a vida útil em termos de comercialização.

De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), a firmeza do fruto está estreitamente relacionada com a solubilização de substâncias pécicas que, durante a maturação, converte de pectina insolúvel em pectina solúvel, amolecendo e diminuindo, dessa forma, a resistência dos frutos.

Em relação à espessura de polpa (Figura 3F), constatou-se que os maiores valores médios obtidos foram nos tratamentos T3 (2,66 cm) e T4 (2,58 cm) e o menor valor médio ocorreu no tratamento T1 (2,43 cm).

Kist e Manica (1995), em estudo de densidades de plantio e características dos frutos do mamoeiro Formosa, observaram valores de espessura de polpa entre 2,38 e 2,58 cm. Segundo os referidos autores, a espessura pode variar conforme as cultivares utilizadas.

O valor de espessura de polpa de 2,0 cm é considerado ideal para a comercialização do mamão formosa (MARTINS *et al.*, 2006). Os valores de espessura de polpa do mamoeiro produzido com proporções de tempo de irrigação com água de abastecimento e esgoto doméstico tratado mostrou-se dentro dos padrões recomendados pela literatura para a comercialização.

Na Tabela 4 constam os resultados obtidos nas análises microbiológicas dos frutos do mamoeiro irrigado com proporções de tempo de irrigação com água de abastecimento e esgoto doméstico tratado.

De acordo com os resultados, observou-se que os frutos do mamoeiro produzidos no experimento não apresentou nenhuma contaminação por coliformes totais em nenhum dos tratamentos, bem como ausência de *Salmonella sp* não apresentando nenhum risco para consumo *in natura*.

Este fato é atribuído a maior distância vertical entre os frutos do mamoeiro e a superfície do solo,

onde é feita de forma localizada a aplicação do esgoto doméstico tratado. Como os frutos do mamoeiro estão afastados da superfície do solo, tem-se a minimização do efeito de transporte de patógenos pelo vento e por insetos. Segundo Melloul, Hassani e Rafouk (2001), plantas desenvolvidas rente ao solo estão mais expostas à contaminação de microrganismos presentes no efluente.

Rego *et al.* (2005) usando esgoto doméstico tratado na irrigação da cultura da melancia registraram a presença de coliformes em níveis abaixo dos limites mínimos estabelecidos para essa cultura. Baumgartner *et al.* (2007) avaliando o uso de águas residuárias na irrigação da cultura da alface não obteve o mesmo êxito ao utilizar água residuária de suinocultura, via gotejamento, na produção de alface.

Com relação aos frutos comercializados em Supermercados da cidade de Mossoró, ainda na Tabela 4, verificou-se que a qualidade microbiológica dos frutos do estabelecimento X foi inferior a qualidade dos frutos produzidos no experimento em relação aos coliformes totais (CT), pois o mesmo apresentou valores de 3 UFC/g, no entanto esse valor é aceitável para o consumo, por não apresentar riscos a saúde humana. Constatou-se ausência de *Salmonella sp.* nas amostras de ambos estabelecimentos. Segundo a Portaria nº 1 da Secretaria Nacional de Vigilância Sanitária, a *Salmonella sp.* deve estar ausente em 25 g de qualquer produto alimentício.

Resultados semelhantes ao obtidos nesse estudo foram encontrados por Duarte (2006), estudando o uso de água residuária tratada na irrigação do pimentão, onde não detectou a presença de *Salmonella sp.* em nenhum dos tratamentos, sendo que os frutos comercializados apresentaram qualidade microbiológica inferior aos frutos produzidos no experimento, principalmente, em relação aos coliformes totais.

**Tabela 4** - Qualidade microbiológica dos frutos produzidos no experimento com as distintas proporções de esgoto doméstico tratado e água de abastecimento e dos frutos comercializados na cidade de Mossoró

Características	Frutos produzidos por tratamento				Frutos comercializados	
	T1	T2	T3	T4	X	Y
<i>Salmonella sp.</i> (UFC/g)	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
CT a 45 °C (UFC/g)	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	3	Ausência

Nota: CT - Coliformes totais; UFC - unidades formadoras de colônias; T1 - 100% de água de abastecimento (AA) mais 0% de esgoto doméstico tratado (AE); T2 - 67% de AA mais 33% de AE; T3 - 33% de AA mais 67% de AE; e T4 - 0% de AA mais 100% de AE; X - Supermercado 1; e Y - Supermercado 2

## CONCLUSÕES

1. Os tratamentos T3 e T4 foram os mais recomendados para a produção do mamão na Chapada do Apodi em Apodi-RN, com base na avaliação das características qualitativas estudadas;
2. As diferentes proporções de esgoto doméstico tratado não provocaram alterações significativas nas características físico-químicas (sólidos solúveis, pH, acidez titulável, relação sólidos solúveis/acidez titulável, firmeza e espessura de polpa) estando dentro dos padrões exigidos para a comercialização e consumo *in natura*;
3. A qualidade microbiológica dos frutos produzidos durante o experimento é aceitável para consumo, uma vez que, foi constatada a ausência de *Salmonella sp.* e Coliformes Totais.

## REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G. *et al.* **Evapotranspiration del cultivo**: guias para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma: FAO, 2006. 298 p.
- ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ALVES, F. L.; BALBINO, J. M. S.; BARRETO, F. C. **A cultura do mamoeiro**: tecnologias de produção. Vitória, BA: Incaper, 2003. 497 p.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4. ed. Washington: APHA, 2001. 676 p.
- AZEVEDO, M. R. Q. A.; ALDO, C. F.; RODRIGUES, A. T. Efeito da irrigação com água residuária tratada sobre a produção de milho forrageiro. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 2, n. 1, p. 63-68, 2007.
- BATISTA, R. O. *et al.* O efeito da água residuária da suinocultura no desenvolvimento e qualidade de mudas de *Eucalyptus urophylla*. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 1, p. 127-135, 2014.
- BAUMGARTNER, D. *et al.* Reúso de águas residuárias da piscicultura e da suinocultura na irrigação da cultura da alface. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 27, n. 1, p. 152-163, 2007.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças**: fisiologia e manuseio. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.
- COSTA, F. G. B. *et al.* Desenvolvimento inicial de cultivares de melão fertirrigadas com distintas proporções de esgoto doméstico em Mossoró-RN. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 2, p. 116-123, 2014.
- CRUZ, M. C. M. *et al.* Utilização de água residuária de suinocultura na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo cv redondo amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 4, p. 1107-1112, 2008.
- DUARTE, A. S. **Reúso de água residuária tratada na irrigação da cultura do pimentão (*Capsicum annuum* L.)**. 2006. 187 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2006.
- DUARTE, S. A. *et al.* Efeitos da aplicação de efluente tratado no solo: pH, matéria orgânica, fósforo e potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 3, p. 302-310, 2008.
- EMONGOR, V. *et al.* Pollution indicators in Gaberone effluent. **Journal of Applied Sciences**, v. 5, n. 1, p. 147-150, 2005.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa Solos, 2013. 353 p.
- FEITOSA, T. *et al.* Qualidade de frutos de melancia produzidos com reúso de água de esgoto doméstico tratado. **Revista Tecnológica**, v. 30, n. 1, p. 53-60, 2009.
- FIGUEIREDO NETO, A. *et al.* Avaliação pós-colheita de mamão variedade Formosa' submetido a danos mecânicos e ensaios de compressão durante o armazenamento. **Revista Ciências Técnicas Agropecuárias**, v. 22, n. 2 p. 05-10, 2013.
- GRIZOTTO, R. K. *et al.* Estudo da vida-de-prateleira de fruta estruturada e desidratada obtida de polpa concentrada de mamão. **Food Science and Technology**, v. 26, n. 3, p. 709-714, 2006.
- KIST, H.; MANICA, I. Densidades de plantio e características dos frutos do mamoeiro formosa em clima subtropical. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n. 7, p. 931-937, 1995.
- LIMA, L. M. *et al.* Qualidade pós-colheita do mamão formosa 'Tainung 01' comercializados em diferentes estabelecimentos no Município de Mossoró-RN. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 3, p. 902-906, 2009.
- MARTINS, V. A. *et al.* Comportamento do mamoeiro Sekati nas condições do oeste da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 1, p. 79-82, 2006.
- MATSUURA, F. C. A. U.; FOLEGATTI, M. L. S. Processamento de mamão. In: MARTINS, D. S.; COSTA, A. F. S. **A cultura do mamoeiro**: tecnologias de produção. Vitória: Incaper, 2003. cap. 15, p. 465-492.
- MEDEIROS, S. S. *et al.* Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: estudo do estado nutricional do cafeeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 2, p. 109-115, 2008.
- MELLOUL, A. A.; HASSANI, L.; RAFOUK, L. Salmonella contamination of vegetables irrigated with untreated wastewater. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 17, n. 2, p. 207-209, 2001.
- OLIVEIRA, A. F. M. *et al.* Teores de metais pesados em cambissolo irrigado com água residuária doméstica e água

- de poço. **Revista Ambiente & Água**, v. 9, n. 2, p. 302-312, 2014.
- OLIVEIRA, A. M. G. *et al.* **Nutrição, calagem e adubação do mamoeiro irrigado**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 10 p. (Circular Técnica, 69).
- OLIVEIRA, P. C. P. *et al.* Produção de moranga irrigada com esgoto doméstico tratado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 8, p. 861-867, 2013.
- PIMENTELGOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: FEALQ, 2009. 451 p.
- REGO, J. L. *et al.* Uso de esgoto doméstico tratado na irrigação da cultura da melancia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p. 155-159, 2005. Suplemento.
- RODOLFO JÚNIOR, F. *et al.* Caracterização físico-química de frutos de mamoeiro comercializados na EMPASA de Campina Grande-PB. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 9, n. 1, p. 53-58, 2007.
- SANTANA, L. R. R.; MATSUURA, F. C. A. U.; CARDOSO, R. L. Genótipos melhorados de mamão (*Carica papaya* L.): avaliação sensorial e físico-química dos frutos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 2, p. 217-222, 2004.
- SILVA, D. F. *et al.* Alteração química de solo cultivado com capim Tifton 85 (*Cynodon spp.*) e fertirrigado com percolado de resíduo sólido urbano. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 33, n. 3, p. 243-251, 2011.
- SOUZA, J. A. A. *et al.* Contaminação microbiológica do perfil do solo com esgoto sanitário. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 33, n. 1, p. 5-8, 2011.
- SOUZA, J. A. R. *et al.* Avaliação de frutos de tomate de mesa produzidos com efluente do tratamento primário da água residuária da suinocultura. **Engenharia na Agricultura**, v. 18, n. 3, p. 198-207, 2010.