



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

EMANUELA ARAÚJO DOS SANTOS

**REUSO DE EFLUENTES DE FILTROS INTERMITENTES TRATANDO
ÁGUAS RESIDUÁRIAS PARA PRODUIR TOMATE CEREJA**

CAMPINA GRANDE – PB

2014

EMANUELA ARAÚJO DOS SANTOS

**REUSO DE EFLUENTES DE FILTROS INTERMITENTES
TRATANDO ÁGUAS RESIDUÁRIAS PARA PRODUZIR
TOMATE CEREJA**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado a Coordenação do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba como requisito parcial para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Howard William Pearson

CAMPINA GRANDE – PB
2014

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

S237r Santos, Emanuela Araújo dos.
Reuso de efluente de filtros intermitentes tratando água residual para produzir tomate cereja [manuscrito] / Emanuela Araújo dos Santos. - 2014.
54 p.

Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2014.
"Orientação: Prof. Dr. Howard William Pearson, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental".

1. Água residual. 2. Tomate cereja. 3. Agricultura. 4. Reator UASB. I. Título.

21. ed. CDD 333.91

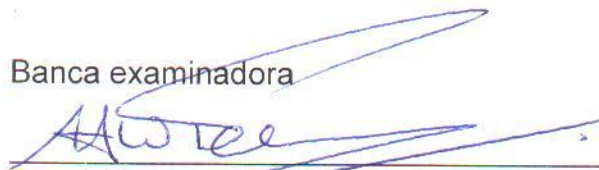
EMANUELA ARAÚJO DOS SANTOS

**REUSO DE EFLUENTES DE FILTROS INTERMITENTES
TRATANDO ÁGUAS RESIDUÁRIAS PARA PRODUIZIR
TOMATE CEREJA**

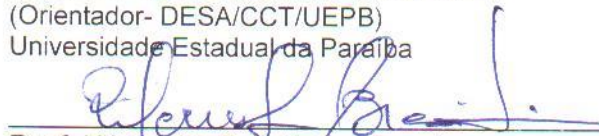
Trabalho de conclusão de curso (TCC) de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba como requisito parcial para a obtenção de título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Aprovado em 28 / 07 /2014


Banca examinadora



Prof. Dr. Howard William Pearson -
(Orientador- DESA/CCT/UEPB)
Universidade Estadual da Paraíba



Prof. Weruska Brasileiro Ferreira
(Banca examinadora - DESA/CCT/UEPB)
Universidade Estadual da Paraíba



Prof. Valder Duarte Leite
(Banca examinadora - DESA/CCT/UEPB)
Universidade Estadual da Paraíba

DEDICATÓRIA

Aos meus pais José Eduardo e Maria de Fátima pela paciência, apoio e incentivo na realização de mais um importante passo na minha vida, sendo os maiores responsáveis pela minha formação acadêmica.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por tudo.

Ao Professor, Howard William Pearson pela orientação e acompanhamento durante o desenvolvimento deste trabalho, por sua compreensão e paciência.

Aos meus irmãos: Eduardo Araújo dos Santos, Tatiane Araújo dos Santos, Rubelânia Araújo dos Santos, pelo apoio, pois sempre se fizeram presentes, apoiando e incentivando a nunca desistir.

À todos os professores, pois sem eles não haveria formação acadêmica, são os maiores responsáveis por tudo.

Aos professores Dra. Weruska Brasileiro Ferreira e Valderi Duarte Leite por aceitarem fazer parte da banca examinadora, contribuindo com suas sugestões e críticas ajudando a melhorar o mesmo.

Aos meus amigos que me apoiaram sempre que precisei Camila Oliveira, Tassio Leal, Manoel Bezerra e aos demais que se fizeram presente de forma indireta.

Ao meu namorado Leonardo Franca por estar sempre ao meu lado, pelo carinho e companheirismo, paciência e por se fazer presente em minha vida em todos os momentos.

Enfim, obrigada a todos que contribuíram de forma direta e indireta ao longo desta trajetória.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.

(Marthin Luther King)

RESUMO

A água é um recurso natural limitado e que por muito tempo o homem fez uso indiscriminado gerando graves problemas ambientais e de saúde pública, além de diminuir a oferta de água potável para o consumo humano. Nesse contexto surge a necessidade do reuso de águas residuais para diversos fins, inclusive para a agricultura, por ser uma atividade que consome uma grande quantidade água. O uso de efluentes tratados pode ser visto como uma forma de minimizar a escassez água potável, bem como o uso de fertilizantes químicos na agricultura, uma vez que esses podem ser substituídos pelos nutrientes contidos nos efluentes. O tomate é umas das culturas mais consumidas no mundo, por conter uma fonte importante de vitaminas. Apresenta um ciclo relativamente pequeno e de altos rendimentos, o que pode ser de grande proveito para pequenos e grandes agricultores, por gerar um bom retorno financeiro. Esse trabalho teve como objetivo avaliar o uso de efluentes domésticos tratados no cultivo de tomates cerejas como alternativa para substituir o uso de fertilizantes químicos. O sistema experimental é constituído por um reator UASB seguido de um tanque de equilíbrio e dois filtros intermitentes de areia em série. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e sessenta sementeiras no total, sendo três sementeiras por vaso. Os tratamentos foram compostos pelo uso de doses de efluente (100%,75%,50%, 25%) e com o uso de 100% de água potável. As regas foram aplicadas durante todo o ciclo da cultura que durou aproximadamente 90 dias. Foi possível verificar que a água residuária proporcionou diferenças nos diferentes níveis de efluente adicionados nas plantas. O efluente do filtro (3) intermitente de areia usado para a irrigação apresentou níveis de coliformes bem abaixo do recomendado pelas normas sanitárias brasileiras, bem como a quantidade de ovos de helmintos atendeu as diretrizes estabelecidas para esse fim.

PALAVRAS CHAVE: Reuso. Águas Residuais. Tomate Cereja. Agricultura. Reator UASB. Filtro Intermitente de Areia.

ABSTRACT

Water is a limited natural resource that long man made indiscriminate use causing serious environmental and public health problems, and reduce the supply of potable water for human consumption. In this context the necessity of reusing waste water for various uses, including agriculture, for an activity that consumes a large amount water. The use of treated effluent can be viewed as a way to minimize the drinking water shortage as well as the use of chemical fertilizers in agriculture, since these can be replaced by nutrients from the wastewater. The tomato crops is one of the most consumed in the world, to contain a major source of vitamins. Presents a relatively small and high yields, which can be of great benefit to farmers and ranchers cycle for generating a good financial return. This study aimed to evaluate the use of domestic wastewater treated in the cultivation of cherry tomatoes as an alternative to replace the use of chemical fertilizers. The experimental system consists of a UASB reactor followed by a surge tank and two intermittent sand filters in series. The experimental design was completely randomized with five treatments and sowing sixty in total, three sowings per pot. The treatments were composed by the use of doses of effluent (100%, 75%, 50%, 25%) with the use of 100% of potable water. The irrigations were applied throughout the crop cycle which lasted approximately 90 days. We found that the differences in wastewater afforded different levels of effluent added plants. The effluent of the filter (3) Intermittent sand used for irrigation showed coliform levels well below recommended by Brazilian health standards, as well as the amount of helminthes eggs met the guidelines established for this purpose.

Keywords: Reuse. Wastewater. Cherry Tomato. Agriculture. UASB reactor. Intermittent Sand Filter.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de funcionamento do sistema de reator UASB seguido dos filtros intermitentes de areia.....	21
Figura 2: Disposição dos vasos em outubro de 2013.....	22
Figura 3: Análise do perfil dos tratamentos ao longo do ciclo para a variável altura das plantas.....	27
Figura 4: Análise do perfil dos tratamentos ao longo do ciclo para as variáveis da quantidade de folhas.....	29
Figura 5: Análise do perfil dos tratamentos ao longo do ciclo para a variável inflorescência das plantas.....	30
Figura 6: Análise do perfil dos tratamentos ao longo do ciclo para a variável quantidade dos frutos.....	31
Figura 7: Análise do perfil dos tratamentos ao longo do ciclo para o variável peso médio dos frutos.....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: diretrizes estabelecidas pela OMS (2006) para a utilização de esgotos tratados na irrigação.....	6
Tabela 2: Padrões de lançamento de efluentes de acordo com a Resolução CONAMA 430/11.....	10
Tabela 3: Classes de qualidade para águas utilizadas em irrigação de Hortaliças.....	11
Tabela 4: Resultados das análises químicas e microbiológicas referente ao sistema de reator UASB seguidos de filtros intermitentes expressos em mg.L ⁻¹	23
Tabela 5: Quantidades do macronutriente N aplicado em cada planta.....	24
Tabela 6: Quantidades de macronutriente P aplicado em cada planta.....	24
Tabela 7: Quantidades de macronutriente K aplicado em cada planta.....	25
Tabela 8: Resumo médio das análises de variância para altura de plantas do tomate cereja, aos 38 e 60 dias, após a germinação. Campina Grande PB, 2014.....	26
Tabela 9: Resumo médio das análises de variância para a quantidade de folhas das plantas do tomate cereja, aos 38 e 60 dias, após a germinação.....	28
Tabela 10: Resumo médio das análises de variância para a inflorescência do tomate cereja, aos 38 e 60 dias, após a germinação. Campina Grande PB, 2014.....	29
Tabela 11: Resumo médio das análises de variância para a quantidade de frutos do tomate cereja, dos 38 aos 60 dias, após a germinação. Campina Grande PB, 2014.....	31
Tabela 12: Resumo médio das análises de variância para o peso médio dos frutos do tomate cereja, aos 38 e 60 dias, após a germinação. Campina Grande PB, 2014.....	32

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2.OBJETIVOS	2
2.1 Objetivo Geral	2
2.2 Objetivos Específicos.....	2
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	3
3.1 Reuso da água no Brasil	4
3.2 Agricultura irrigada.....	5
3.3 Formas de reuso de água.....	7
3.4 A Legislação Sobre Reuso de Água no Brasil	8
3.5 A Cultura do tomate cereja(Lycopersicon esculentum) e sua importância	11
3.6 Importância nutricional do tomate cereja	13
3.7 Desenvolvimento da Cultura do Plantio do tomate cereja.....	14
3.8 Importância de nitrogênio (N) em relação das plantas	14
3.9 Importância de Fósforo (P) em relação das plantas.....	15
3.10 Importância de potássio (K) em relação a formação e maturação de tomates.....	16
3.11 Tratamento anaeróbio - Reator UASB	17
3.12 Filtros de areia de fluxo intermitente.....	18
4. METODOLOGIA.....	20
4.1 Localização e caracterização da área em estudo	20
4.2 Fluxograma do sistema e detalhes da operação	20
4.3 Tipo do solo e o tipo de vaso utilizado e o número das plantas em cada tratamento e a distribuição dentro dos vasos.	21
4.4 Quantidades e frequência de efluentes aplicados	22
4.5 Período de experimentos da plantação das sementes ate colheita de tomates.....	22
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	23
5.1 Parâmetros químicos e microbiológicos	23
5.2 Alturas das plantas (AP).....	25
5.3 Quantidade de folhas.....	27
5.4 Quantidade de inflorescência	29
5.5 Quantidade de frutos verdes.....	30
5.6 Peso total dos frutos colhidos (g)	32
6. CONCLUSÃO.....	34
REFERÊNCIAS	35
ANEXO A	41

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural limitado e indispensável à sobrevivência dos seres vivos, seja como habitat, na higiene pessoal ou na economia (produção de energia, nas indústrias). Devido ao uso indiscriminado do homem, os recursos hídricos superficiais e subterrâneos, a nível mundial, perdem-se rapidamente devido às diferentes atividades que se desenvolvem intensivamente nas bacias hidrográficas, alterando tanto a quantidade como a qualidade de água.

Sendo assim, surge a necessidade de se fazer o reuso de águas residuais, buscando reduzir a poluição hídrica, bem como a demanda sobre os mananciais, pela possibilidade de substituição da água potável por outra de qualidade inferior, que seja compatível com o uso específico.

Atualmente, a prática do reuso é realidade em alguns países. No Brasil, o reuso tem sido incentivado como forma de minimizar a escassez de água potável e a degradação de mananciais causada pelo despejo direto de esgotos e resíduos.

Segundo Beekman (1996), como a demanda pela água continua a aumentar, o retorno das águas servidas e o seu reuso vem se tornando um componente importante no planejamento, desenvolvimento e utilização dos recursos hídricos, tanto em regiões áridas, como em regiões úmidas. A utilização das águas servidas para propósitos de uso não potável, como na agricultura, representa um potencial a ser explorado em substituição à utilização de água tratada e potável, podendo trazer vários benefícios, como por exemplo, a substituição parcial de fertilizantes químicos, diminuindo o impacto ambiental, em função da redução da contaminação dos cursos de água.

A agricultura demonstra ser uma prática bastante viável, porém questionável em algumas regiões onde a disponibilidade hídrica é baixa, como o Nordeste.

2.OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar o reúso de águas residuárias tratadas por um sistema composto por um reator UASB seguido de filtros intermitentes de areia em série e em paralelo, ambos voltados para o cultivo de tomates cerejas.

2.2 Objetivos Específicos

- Estudar o desenvolvimento da cultura do tomate cereja vermelho irrigado com efluente do UASB seguido de filtros de areia intermitente e água tratada.
- Comparar os resultados para verificar a eficácia do reúso de efluente no cultivo dos tomates.
- Avaliar a qualidade dos parâmetros químicos e biológicos do efluente utilizado para o cultivo de tomate cereja.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A água é o constituinte inorgânico mais abundante que compõe a matéria viva. Devido ao crescimento populacional, ocorrem também como consequência o aumento do consumo de água de abastecimento, e a geração de águas residuárias sem condições de reaproveitamento.

Águas residuais são definidas são aquelas que após o consumo humano (uso doméstico, industrial ou comercial) apresentam alterações nas características naturais.

Os esgotos domésticos são compostos de 99,9% de água. A fração restante inclui sólidos orgânicos e inorgânicos suspensos e dissolvidos, bem como microrganismos (SPERLING, 2005).

É importante tratar as águas residuais porque evita a proliferação de inúmeras doenças parasitárias e infecciosas além da degradação do corpo da água. A disposição adequada dos esgotos é essencial para a proteção da saúde pública. Outra importante razão para tratar os esgotos é a preservação do meio ambiente. As substâncias presentes nos esgotos exercem ação deletéria nos corpos de água: a matéria orgânica pode causar a diminuição da concentração de oxigênio dissolvido provocando a morte de peixes e outros organismos aquáticos, escurecimento da água e exalação de odores desagradáveis;

Os esgotos são classificados como: os esgotos sanitários e os industriais, e pluviais. O primeiro são os advindos dos esgotos domésticos, que são basicamente formados pela reunião de águas residuárias dos usos domésticos, comerciais e institucionais, geradas, portanto, nos domicílios, bares, restaurantes, aeroportos, rodoviárias, hotéis, ou qualquer dispositivo de utilização das águas para fins domésticos.

Esgoto industrial é aquele que provém de qualquer utilização da água para fins industriais e adquirem características próprias em função do processo industrial empregados gerando um esgoto com características inerentes ao tipo de atividade.

O esgoto pluvial tem a sua vazão gerada a partir da coleta de águas de escoamento superficial originada das chuvas e, em alguns casos, lavagem das ruas e de drenos subterrâneos ou de outro tipo de precipitação atmosférica.

Águas agrícolas são as águas resultantes da irrigação realizada em grandes extensões agrícolas.

3.1 Reuso da água no Brasil

Segundo a Agência Nacional das Águas (ANA, 2012) o Brasil possui uma conjuntura confortável a disponibilidade hídrica, 12% da disponibilidade do planeta, porém essa disponibilidade encontra-se mal distribuída no território brasileiro. A Região Hidrográfica Amazônica é a que apresenta a maior disponibilidade do país, e é inversamente proporcional ao contingente populacional, ou seja, 80% da disponibilidade hídrica estão concentrados onde está o menor número de pessoas.

A água é um recurso renovável, que pode reciclada mediante o tratamento por sistemas naturais e utilizada para fins benéficos, porém, a destinação a qual será dada esse reuso é que estabelecerá os níveis tratamento e os padrões que devem ser atendidos.

Diversos países já utilizam tecnologias de reutilização e possuem regulamentação específica na temática. Porém no Brasil, ainda não há normalização específica para os sistemas de reuso da água. O que se tem praticado é a adoção dos padrões internacionais ou mesmo a adoção de orientações técnicas produzidas por instituições privadas (CREA-PR, 2010).

O território brasileiro oferece condições favoráveis para o uso de esgotos tratados na irrigação, tanto pela disponibilidade de áreas em sua grande extensão territorial como pelas condições climáticas adequadas, entre outros fatores convenientes, entretanto para uma prática segura de reuso, os padrões a serem estabelecidos devem englobar parâmetros físicos, químicos e microbiológicos.

A prática do reuso é importante, pois diminui o consumo de água, permite a conservação dos recursos hídricos, diminui a poluição e o impacto dos efluentes despejados e a comunidade ainda se beneficia na preservação do meio ambiente. A economia de água potável possui um valor significativo a ponto de influenciar na redução de custos econômicos às indústrias e aos órgãos administrativos.

3.2 Agricultura irrigada

De acordo com Fernandez & Garrido (2002), considera-se água para a agricultura irrigada o volume de água que não é suprido naturalmente por meio de chuvas, necessário à aplicação artificial aos cultivos, de forma a aperfeiçoar o seu desenvolvimento biológico.

Para manter-se ambientalmente sustentável a agricultura irrigada precisa ser eficiente no uso da água usada na irrigação, bem como no uso dos agroquímicos que aplicados às plantas ou ao solo que podem causar contaminação as águas subterrâneas.

A irrigação é a maior consumidora de água e o seu consumo varia bastante bem como depende do método empregado, como por exemplo, a natureza do solo, o tipo de requerimentos das diferentes culturas e os índices de evaporação das regiões são elementos importantes para se definir o consumo de água para essa atividade, porém o planejamento é indispensável no sentido de compatibilizar os vários usos da água, viabilizando os diferentes setores produtivos, monitorando a quantidade e a qualidade dos recursos hídricos.

A importância do uso eficiente da água, varia de região para região e de época para época, por exemplo, em regiões áridas e semiáridas a necessidade de água é maior que em regiões úmidas, sendo assim os custos, os benefícios da água, devem ser considerados; além disso, os fatores de ordem econômica e social também são importantes e, em muitos casos, a educação tem levado à conservação e ao melhor uso da água disponível.

Nesse contexto, a agricultura irrigada apresenta-se como opção estratégica importante no processo de desenvolvimento setorial e regional, porém, essa atividade só vai gerar renda e lucros aos produtores, se realizada de forma adequada, através de técnicas que aumentem a eficiência do uso da terra e da água, promovendo assim, a redução de custos operacionais e impactos ambientais.

A água residuária se bem tratada e reciclada, é uma importante e valiosa alternativa como uma nova fonte hídrica, possibilitando a redução da procura por novas retiradas dos corpos d'água.

As águas residuárias domésticas, se utilizadas sem tratamento adequado podem contaminar o ambiente por concentrarem bactérias, parasitas e vírus que criam graves problemas de saúde pública, uma vez que propagam enfermidades de veiculação hídrica (METCALF & EDDY, 1991), que podem afetar não só os trabalhadores, mas também, os prováveis consumidores das culturas irrigadas incluindo-se, entre estes, os animais que se alimentam de pastagem irrigada com esgotos acarretando sérios riscos a saúde humana.

A organização Mundial de Saúde (OMS) estabeleceu em 2006 diretrizes sanitárias para o uso de efluentes em irrigação, tendo em vista a rápida expansão que essa atividade vem ocorrendo em diversos países.

A Tabela 1 apresenta as diretrizes estabelecidas pela OMS (2006) para a utilização de esgotos tratados na irrigação.

Tabela 1: apresenta as diretrizes estabelecidas pela OMS(2006) para a utilização de esgotos tratados na irrigação.

Categoria irrigação	Opção	Tratamento de esgotos e remoção de patógenos (log10)	Qualidade do efluente	
			E.coli 100ml ⁻¹	Ovos de helmintos L ⁻¹
Irrestrita	A	4	$\leq 10^3$	≤ 1
	B	3	$\leq 10^4$	
	C	2	$\leq 10^5$	
	D	4	$\leq 10^3$	
	E	6 ou 7	$\leq 10^1$ ou $\leq 10^0$	
Restrita	F	4	$\leq 10^4$	≤ 1
	G	3	$\leq 10^5$	
	H	<1	$\leq 10^5$	

*(A):Cultivo de raízes e tubérculos; (B)Cultivo de folhosas;(C) irrigação localizada de plantas que se desenvolvem distantes do nível do solo;(D) Irrigação das plantas que se desenvolvem rentes ao solo; (E): qualidade de efluentes alcançável com o emprego de técnicas de tratamento tais como tratamento secundário + coagulação + filtração + desinfecção; (F): agricultura de baixo nível tecnológico e mão de obra intensiva; (G): agricultura de alto nível tecnológico e, altamente mecanizada; (H): técnicas de tratamento com reduzida capacidade de remoção de patógeno (por exemplo: tanques sépticos ou reatores UASB) associada ao emprego de técnicas de irrigação.

Fonte: Adaptado (WHO, 2006).

As vantagens do reuso de águas residuais são imensas, dentre elas:

- Reciclagem da água;
- A reciclagem de nutrientes;

- Aumento da produção de alimentos;
- A preservação e proteção do meio ambiente.

Atualmente, existe um interesse muito grande no desenvolvimento de conhecimento científico que permita utilizar os esgotos sanitários em hidroponia, irrigação e piscicultura (BASTOS et al., 2006).

3.3 Formas de reuso de água

A Organização Mundial da Saúde, OMS (1973), estabelece que a reutilização de água pode ser direta ou indireta, decorrente de ações planejadas ou não e assim são classificados como:

Reuso indireto não planejado da água: quando a água é utilizada em atividades humanas e é lançada no meio ambiente para ser reutilizada, a jusante, de forma diluída, de maneira não intencional e não controlada, porém ao novo chegar ao usuário, a mesma está sujeita a diluição e depuração.

Reuso indireto planejado da água: quando após o consumo humano os efluentes, tratados, são descarregados de forma planejada nos corpos de águas superficiais ou subterrâneas, para ser utilizada a jusante, de maneira controlada, no atendimento de algum uso benéfico.

Reuso direto planejado da água: Após serem tratados os efluente são descartados diretamente no local de reuso e ao longo do seu percurso sofrem, tratamentos adicionais e armazenamentos necessários. Estes não são jogados no meio ambiente, também é o que ocorre em maior frequência, sendo usado em indústria ou irrigação.

Como caso particular do reuso direto planejado da água tem-se a reciclagem da água que é o caso mais comum de reuso interno da água, antes mesmo de sua descarga em um sistema geral de tratamento ou outro local de disposição.

Segundo Lavrador Filho (1987), os termos “planejado” e “não planejado” referem-se ao fato do reuso ser resultante de uma ação consciente, subsequente à descarga do efluente, ou do reuso ser apenas um subproduto não intencional dessa descarga.

A Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES (1992) classificou o reuso de água em duas grandes categorias: potável e não potável. Em seguida serão mostradas algumas classificações de interesse do presente trabalho, para fins do melhor entendimento do mesmo:

Reuso potável direto: São águas residuárias recuperadas diretamente em um sistema de abastecimento público de água, frequentemente possibilitando a mistura de águas residuárias recuperadas com a água de abastecimento normal do sistema. Não é uma forma recomendada de reuso na maioria dos países, pois existe ainda pouca experiência com esse tipo de reuso.

Reuso potável indireto: Após tratamento o esgoto é lançado nas águas superficiais ou subterrâneas para diluição, purificação natural e em seguida captado, tratado e finalmente utilizado como água potável.

Reuso não potável para fins agrícolas: São as águas recuperadas são para serem usadas na irrigação para a agricultura de sustento ou produção de forrageira e/ou para a dessedentação de animais.

No Brasil o assunto ainda é muito novo, porém, em muitos outros países, desde os anos sessenta, a prática do reuso de água já é feita com bastante frequência. A utilização de águas residuárias tratadas na irrigação representa uma alternativa promissora na produção de hortaliças de boa qualidade, tanto para suprir a falta de água em épocas onde há pouca frequência de chuvas quanto pelo fornecimento de nutrientes às culturas, acarretando uma economia em fertilizantes.

O reuso de água para fins agrícolas tem crescido consideravelmente nos últimos anos, proporcionando diversos benefícios, entre eles:

- Contribuição efetiva de nutrientes no solo provenientes de esgoto;
- Redução do uso de fertilizantes;
- Baixo custo para disposição final de efluentes;
- Minimização de descargas de esgotos em rios;

3.4 A Legislação Sobre Reuso de Água no Brasil

No Brasil, a prática do reuso das águas - principalmente para a irrigação de hortaliças e de algumas culturas forrageiras é de certa forma dividida uma

vez que constitui-se em um procedimento não institucionalizado e tem se desenvolvido até agora sem nenhuma forma de planejamento, porém o governo federal já iniciou processos de gestão para estabelecer bases políticas, legais e institucionais para o reuso.

A Lei nº 9.433/97 estabelece entre os objetivos da Política dos Recursos Hídricos, assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos.

A ANA (Agência Nacional das Águas) criou um projeto de reuso em parceria com entidades do estado da Paraíba com objetivos de:

1) Demonstrar a viabilidade técnica e econômica do tratamento de esgoto municipal e seu reuso como água de utilidades na indústria ou como água de irrigação na agricultura;

2) Fornecer subsídios para a regulamentação do uso de águas residuárias no país e

3) Apoiar o desenvolvimento de pesquisas em sistemas-piloto na cidade de Campina Grande (ANA, 2012).

Essa iniciativa elucida os primeiros passos para a normatização do reuso de água uma vez que a pesquisa provém de uma empresa reguladora do país.

O Brasil não tem uma legislação específica regulando a utilização de esgotos na agricultura. Recentemente o Conselho Nacional de Recursos Hídricos, através da Resolução N°54, estabeleceu critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água, e essa resolução abrange o reuso para diversas atividades como: urbanos, agrícolas, ambientais, aquicultura, entre outros determinando os parâmetros específicos para cada modalidade e estabelecendo órgão específicos para os mesmos.

O descarte de efluentes em corpos d'água deve estar de acordo com a Resolução da CONAMA nº 430/11, a qual Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.

De acordo com a Resolução, as águas servidas que atingirem os níveis determinados pelo órgão regulamentador para atender a Classe 2, poderão ser aproveitadas para irrigação de hortaliças e plantas frutíferas, sendo possível chegar a recomendações para o uso planejado dos efluentes e para isso é

necessários e adequar as características aos padrões de qualidade compatíveis com os usos pretendidos, o que é feito por meio da utilização de operações e processos unitários de tratamento, que sejam capazes de remover os contaminantes existentes. A Tabela a seguir mostra os padrões para os lançamentos de efluentes, de acordo com a Resolução CONAMA 430/11.

Tabela 2: Padrões de lançamento de efluentes

Parâmetros	Valor máximo
Arsênio total	0,5 mg/L As
Bário total	5,0 mg/L Ba
Boro total (Não se aplica para o lançamento em águas salinas)	5,0 mg/L B
Cádmio total	0,2 mg/L Cd
Chumbo total	0,5 mg/L Pb
Cianeto total 1,0 mg/L CN	1,0 mg/L CN
Cianeto livre (destilável por ácidos fracos)	0,2 mg/L CN
Cobre dissolvido	1,0 mg/L Cu
Cromo hexavalente	0,1 mg/L Cr+6
Cromo trivalente	1,0 mg/L Cr+3
Estanho total	4,0 mg/L Sn
Ferro dissolvido	15,0 mg/L Fe
Fluoreto total	10,0 mg/L F
Manganês dissolvido	1,0 mg/L Mn
Mercurio total	0,01 mg/L Hg
Níquel total	2,0 mg/L Ni
Nitrogênio amoniacal total	20,0 mg/L N
Prata total	0,1 mg/L Ag
Selênio total	0,30 mg/L Se
Sulfeto	1,0 mg/L S
Zinco total	5,0 mg/L Zn
Parâmetros Orgânicos	Valores máximos
Benzeno	1,2 mg/L
Clorofórmio	1,0 mg/L
Dicloroetano (somatório de 1,1 + 1,2cis + 1,2 trans)	1,0 mg/L
Estireno	0,07 mg/L
Etilbenzeno	0,84 mg/L
fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,5 mg/L C ₆ H ₅ OH
Tetracloroeto de carbono	1,0 mg/L
Tricloroetano	1,0 mg/L
Tolueno	1,2 mg/L
Xileno	1,6 mg/L

Fonte: CONAMA 430/11

O Conselho Nacional do Meio Ambiente, por outro lado, através da Resolução Nº357/2005, estabeleceu graus de qualidade a serem atendidos por águas de mananciais utilizadas para diversos fins (Brasil, 2005), Tabela 3. A resolução fixa concentrações limites dos diversos contaminantes para que a água possa ser utilizada na irrigação.

Tabela 3: Classes de qualidade para águas utilizadas em irrigação de Hortaliças

Uso	Classe de qualidade	Exemplos de limites de concentração estabelecidos
Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas sem remoção de película.	Classe 1	Coliformes fecais: $\leq 200/100$ mL Turbidez: ≤ 40 UNT DBO (5 dias, 20°C): $\leq 3,0$ mg/L. Sólidos dissolvidos totais: ≤ 500 mg/L. Fósforo total: $\leq 0,1$ mg/L P, Mercúrio: $\leq 0,0002$ mg/L Hg 2,4-D: $\leq 4,0$ $\mu\text{g/L}$
Irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato	Classe 2	Coliformes fecais: $\leq 1000/100$ mL Turbidez: ≤ 100 UNT DBO (5 dias, 20°C): $\leq 5,0$ mg/L Sólidos dissolvidos totais: ≤ 500 mg/L Fósforo total: $\leq 0,1$ mg/L P 1 Mercúrio: $\leq 0,0002$ mg/L Hg 2,4-D: $\leq 4,0$ $\mu\text{g/L}$
Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras.	Classe 3	Coliformes fecais: $\leq 2.500/100$ mL Turbidez: ≤ 100 UNT DBO (5 dias, 20°C): $\leq 10,0$ mg/L Sólidos dissolvidos totais: ≤ 500 mg/L Fósforo total: $\leq 0,15$ mg/L P Mercúrio: $\leq 0,002$ mg/L Hg 2,4-D: $\leq 30,0$ $\mu\text{g/L}$

Fonte: Adaptado de Brasil, 2005

3.5 A Cultura do tomate cereja(*Lycopersicon esculentum*) e sua importância

O tomate variedade cereja é uma planta de crescimento indeterminado e seu fruto destina-se ao consumo “in natura”, como por exemplo, em saladas. Possui uma grande exigência em cuidados, principalmente pela susceptibilidade a inúmeras pragas e doenças e sua grande exigência nutricional, fazendo com

que produtores utilizem de uma grande quantidade de fertilizantes químicos com o objetivo de obter um rápido retorno econômico e que podem acarretar em danos ao meio ambiente e a saúde do homem.

A garantia de uma cultura saudável e com boa produtividade está relacionada com a forma de como se cultiva e desde que evite que a planta seja submetida a qualquer tipo de estresse. Para isso é necessário que a planta seja adubada com as quantidades corretas, exigidas em todo ciclo de vida do cultivo. Na sementeira um espaçamento entre plantas para que isso possibilite a distribuição de luz sem que ocorra sombreamento e nem competição por alimento, bem como uma irrigação eficiente e com quantidades necessárias a fisiologia da planta.

Nas últimas décadas tem aumentado a procura por hortaliças, contribuindo para o investimento em novos sistemas de cultivo, permitindo uma adaptação para a produção das mesmas.

Os hábitos alimentares da população brasileira vêm passando por profundas modificações nos últimos anos. Os alimentos de alto valor energético estão sendo cada vez menos consumidos e substituídos por frutas e hortaliças. Para que estas passem a ser consumidas cotidianamente pela população, fazendo parte do hábito alimentar, é fundamental que estejam sempre disponíveis no mercado (ANDRIOLO,2003).

A cultura do tomate apresenta uma importância significativa para o setor hortigranjeiro no interior de Campina Grande PB, e apresenta-se como sendo umas das melhores opções para os pequenos agricultores, uma vez que utiliza pequenas áreas, absorve mão de obra, atingindo altas produtividades, e com um bom retorno financeiro, uma vez que o quilo do tomate custa em torno de quatro reais, e o tomate cereja custa aproximadamente dezoito reais nos supermercados locais, tornando-se uma ótima opção para os pequenos produtores.

No Brasil, o cultivo de tomate tem alto valor comercial, com uma área plantada de 60.292 ha e produção anual de 3,7 milhões de toneladas (Agrianual, 2009). Em termos de produção e consumo ocupa a segunda posição dentre as hortaliças, sendo que a maior parte da colheita se destina ao consumo in natura e o restante à agroindústria (FILGUEIRA, 2008).

Em alguns municípios brasileiros, sobretudo naqueles localizados em regiões com menor disponibilidade hídrica, a utilização de efluentes industriais na agricultura pode ser uma alternativa viável visando minimizar os problemas da escassez hídrica, além de ser fonte de nutrientes e de matéria orgânica, possibilitando o uso em diversas culturas agrícolas, aumento de produtividade e diminuição do impacto ambiental, uma vez que os lançamentos de efluentes nos corpos hídricos podem ser minimizados (SOUZA et al., 2010).

3.6 Importância nutricional do tomate cereja

A cultura do tomate representa um dos maiores mercados agrícolas brasileiros, ocupando área plantada de 58.000 hectares, dos quais 40.000 hectares são de tomate fresco e 18.000 hectares de tomate destinado ao processamento. A produção alcança aproximadamente três milhões de toneladas por ano, sendo um milhão e 800 mil toneladas de tomate de mesa. A maior parte da produção de tomate concentra-se nos Estados de Goiás, São Paulo e Minas Gerais, totalizando cerca de 65% da produção nacional (RIBEIRO *et al.*, 2009).

O valor nutricional do tomate não é muito elevado (GRUBBEN, 1977). Embora o valor nutritivo do fruto seja altamente variável, dependendo da cultura utilizada e das condições de cultivo, o fruto do tomateiro é caracterizado por seu alto teor de vitamina C e baixo valor calórico, devido ao elevado teor de água (NUEZ *et al.*, 1996).

O fruto do tomateiro possui em sua composição de 93% a 95% de água. Nos 5% a 7% restantes, encontram-se compostos inorgânicos, ácidos orgânicos, açúcares, sólidos insolúveis em álcool e outros compostos (SILVA & GIORDANO, 2006).

Com um crescimento acima da média mundial, o Brasil é, atualmente, o nono maior produtor de tomate do mundo, com uma safra de 3,3 milhões de toneladas em 2006. Segundo dados da FAO (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura) enquanto na Europa e nos Estados Unidos o crescimento médio foi de 30% e 45%, respectivamente, a produção brasileira de tomate quase duplicou em 20 anos.

Devido ao alto valor agregado que o Tomate cereja oferece o mercado do produto tem crescido em alguns países da Europa, tendência que começa a ser seguida também no Brasil.

Os tomates contribuem para a saúde dos ossos e ajudam a manter os vasos sanguíneos flexíveis por conterem vitamina K, essa vitamina é armazenada no tecido adiposo do organismo e ajuda a fixar o cálcio nos ossos, além disso, é também um agente de coagulação.

De acordo com Porto & Oliveira, 2006, o fruto do tomate possui o licopeno, um caroteno responsável pela cor avermelhada, é um antioxidante e protege as células e outras estruturas, como o DNA, das agressões provocadas pelos radicais livres, ajudando na prevenção de doenças cardiovasculares e de alguns tipos de câncer, como o coloretal e da próstata.

3.7 Desenvolvimento da Cultura do Plantio do tomate cereja

A cultura do tomate cereja exige teores de nutrientes no solo, fato que faz com que a fertilidade natural do solo e/ou a aplicação de adubos, seja insuficiente para manter esta necessidade por muito tempo.

Os experimentos e as avaliações do plantio do tomate cereja foram realizados em uma época em que apesar de ser em um período de déficit hídrico, ocorreram chuvas.

Na cultura do Tomate cereja foram avaliadas as seguintes variáveis fitomorfológicas: Altura das plantas; Quantidade de folhas; Quantidade de inflorescência; Quantidade de frutos; Peso médio dos frutos maduros.

Os resultados médios estão apresentados nas Tabelas e nos gráficos em subtópicos (individuais para todas as avaliações), podendo-se avaliar possíveis diferenças no desempenho da planta em estudo.

3.8 Importância de nitrogênio (N) em relação das plantas

As plantas requerem nitrogênio em grandes quantidades, mas ao mesmo tempo, é o nutriente mais universalmente deficiente e limitante para o seu crescimento (Malavolta, 2006). Esse nutriente serve como constituinte de

muitos componentes da célula vegetal, incluindo aminoácidos (aparece em todos), proteínas (é o mais abundante), coenzimas, vitaminas, pigmentos, bases nitrogenadas, ácidos nucleicos, clorofilas, membranas, hormônios vegetais e produtos do metabolismo secundários das plantas (SODEK, 2008).

A carência de nitrogênio faz com que as plantas fiquem com as folhas amareladas (clorose) e tenham o crescimento inibido ou cresçam com lentidão. (BONILLA, 1992). A clorose se desenvolve primeiro nas folhas mais velhas, com as mais novas permanecendo verdes (GLIESSMAN, 2001). Em casos de deficiências severas, as folhas tornam-se completamente amarelas, progredindo para uma coloração marrom e em seguida se desprendem das plantas (TAIZ & ZEIGER, 2009).

Se o nitrogênio for absorvido em excesso, provoca crescimento exagerado da parte aérea em detrimento das raízes, tornando as plantas fracas, com tecidos mais moles e pouco resistentes às doenças e ao frio, pode ocasionar anomalias, como frutos ocos e com podridão apical (BONILLA, 1992). O excesso de nitrogênio contribui ainda, com o aumento do teor de aminoácidos livres na planta, o que pode também ser causado pela deficiência de outros elementos como K, S, e Zn, que dificultam a síntese proteica. (FILGUEIRA, 2007).

3.9 Importância de Fósforo (P) em relação das plantas

O fósforo é um dos macronutrientes mais nobres do solo. Nas plantas, são parte integrante do metabolismo. Ele Exerce uma função fundamental na divisão e crescimento celular e na formação das membranas intercelulares, de proteínas nos órgãos. Ele estimula a formação de vitaminas e participa da assimilação dos hidratos de carbono e lipídios por parte da planta (BONILLA, 1992).

Pode ainda, influir no desenvolvimento e ativação das raízes, o que se reflete diretamente na produtividade das culturas, sendo vital à formação da semente, bem como está envolvido na transferência de características hereditárias (TIBAU, 1984). Outro papel importante do fósforo é a capacidade de contrabalançar os maus efeitos do desequilíbrio provocado pelo excesso de

nitrogênio absorvido pela planta, evitando-se, com isso, o acúmulo de compostos de baixo peso molecular, como açúcares redutores, aminoácidos e aminas (DECHEN & NACHTIGALL, 2007,).

Como o fósforo é um nutriente que se move nas plantas e os sintomas de deficiência surgem nas folhas mais velhas. À medida que as plantas se tornam mais velhas, a maior parte do fósforo move-se para as sementes ou para os frutos. O primeiro sinal de deficiência de fósforo manifesta-se na acentuada redução no crescimento da planta como um todo. As folhas se apresentam torcidas (DECHEN & NACHTIGALL,2007).

3.10 Importância de potássio (K) em relação a formação e maturação de tomates

O Potássio atua na regulação da abertura estomática, a qual se relaciona diretamente com a fotossíntese e em consequência com a síntese de fotoassimilados, além de atuar como ativador enzimático (Taiz & Zeiger, 2004). A deficiência de K limita a fotossíntese nas folhas e o transporte de fotoassimilados para os frutos de tomate, causando redução no número e tamanho de frutos através de uma limitação na atividade do dreno.

Uma adubação potássica adequada proporciona tomates com coloração vermelha mais acentuada e o interior mais bem formado, sem a presença de espaços vazios. Os frutos são mais firmemente presos nas plantas, reduzindo as perdas por queda. A importância crucial do potássio na formação da qualidade baseia-se na sua função de promotor da síntese de fotossintatos e seu transporte para frutos, grãos, tubérculos e órgãos de armazenamento da planta, aumentando a conversão daqueles em amido, proteína, vitaminas, entre outros.

Nas plantas deficientes em potássio os caules e os ramos tornam-se delgados e fracos, com regiões interno das anormalmente curtas (Bonilla, 1992, sobretudo na parte inferior da planta, sendo comum o acamamento das plantas(FAÇANHA *et al.*, 2008). As sementes e os frutos são pequenos e desuniformes. Pode ocorrer ainda a murcha das folhas e inibição da formação e crescimento das gemas (Taiz & Zeiger, 2009). A deficiência em potássio não permite que os estômatos se abram totalmente e que sejam rápidos ao fechar-

se, causando limitado controle sobre a perda de água pelas plantas (DECHEN & NACHTIGALL, 2007).

3.11 Tratamento anaeróbio - Reator UASB

Os UASB são reatores de manta de lodo no qual o esgoto afluyente entra no fundo do reator e em seu movimento ascendente, atravessa uma camada de lodo biológico que se encontra em sua parte inferior, e passa por um separador de fases enquanto escoar em direção à superfície, promovendo a quebra dos sólidos orgânicos suspensos e a biodegradação dos mesmos através da transformação anaeróbia, resultando na produção de biogás e no crescimento da biomassa bacteriana.

Segundo Von Sperling (2005), os reatores UASB constituem-se na principal tendência atual de tratamento de esgotos no Brasil, como unidades únicas, ou seguidas de alguma forma de pós-tratamento. Nesse sistema de tratamento a biomassa cresce dispersa no meio, e não aderida a um meio suporte especialmente incluído, como no caso dos filtros biológicos percoladores ou filtros anaeróbios. Por ser constituído de separador trifásico, observa-se eficiente separação sólida – líquida que resulta em um efluente clarificado e a permanência da biomassa no reator que tende a aumentar sua concentração e o biogás é liberado. No entanto, os reatores do tipo UASB devido a sua configuração interna têm gerado alguns problemas devido a gordura que fica presente no esgoto sanitário. O lançamento deve ser devidamente avaliado, uma vez que além de areia a quantidade de gorduras presente neles é bem superior àquela encontrada nos esgotos sanitários, o que pode agravar os problemas operacionais.

O tratamento de esgotos utilizando reator UASB constitui um método eficiente e relativamente de baixo custo para se removerem matéria orgânica e sólida em suspensão, diminuindo consideravelmente o potencial poluidor dos esgotos após o tratamento (BEZERRA *et al.*, 1998).

Para um mesmo tempo de detenção a razão área/profundidade não influi marcadamente sobre a eficiência de remoção do material orgânico e a massa de sólidos voláteis varia muito pouco com o tempo de detenção e a configuração dos reatores (SOUSA *et al.*, 1998).

É importante que o reator UASB apresente uma repartição uniforme e adequada do esgoto afluente junto ao fundo do reator, obtendo assim maior contato entre biomassa e esgoto, e diminuindo desta forma o possível surgimento de zonas mortas, curtos-circuitos hidráulicos e caminhos preferenciais no interior do reator. O fluxo do líquido é ascendente e como resultados da atividade anaeróbia são formados gases, principalmente CO_2 e CH_4 (SPERLING, 2006).

O reator UASB usado no experimento apresenta baixa demanda de área, simplicidade construtiva e operacional e segundo JORDÃO e PESSOA (2005), estes reatores têm sido projetados para operar com tempo de detenção hidráulica de 6 a 9 horas, com eficiências de remoção da DBO de 65% e para a DQO, uma remoção de 70%.

A grande vantagem de um UASB, relacionando com a sua eficiência de remoção de DBO e de sólidos, é o seu curto tempo de detenção hidráulica, em torno de 6 horas para remoção de cerca de 80 por cento da DBO e 75 por cento dos sólidos em suspensão. O UASB não causa transtornos para a população beneficiada: O não espalha odores e não causa proliferação de insetos, a produção de lodo biológico é pequena e o lodo de excesso já sai estabilizado e com concentração elevada, podendo ser secado diretamente em leitos de secagem. Operação e manutenção são extremamente simples podendo ser feito por pessoal não especializado.

A construção do UASB é simples podendo ser usados materiais e mão de obra locais. Porém, é de conhecimento geral que uma significativa desvantagem do UASB seria sua baixa eficiência quanto à remoção de patógenos e nutrientes, sendo isto bastante compreensível, considerando-se o baixo tempo de detenção hidráulica deste tipo de reator.

3.12 Filtros de areia de fluxo intermitente

Filtros de areia intermitentes são unidades de tratamento secundário ou pós-tratamento de esgotos que proporcionam a biodegradação ou decomposição do material orgânico contido nos esgotos sanitários, permitindo contato direto entre a massa bacteriana aderida à superfície do meio filtrante e o afluente a ser tratado. Ele possui uma combinação de dois tipos de

tratamento, a filtração e o tratamento biológico por meio de bactérias fixadas nos grãos de areia que são utilizados no tratamento do efluente.

Segundo TONETTI (2005), o pós-tratamento anaeróbio em filtro de areia intermitente pode ser adotado em pequenas comunidades, bairros isolados, zona rural, condomínios e pontos comerciais que margeiam as rodovias.

O pós-tratamento de efluente anaeróbio em filtro intermitente de areia operado em condições tropicais permite não só a reutilização da água, como também o aproveitamento do efluente gerado para irrigação, uma vez que, apresenta simplicidade de operação, baixos custos de implantação e boa remoção de organismos patogênicos.

A combinação entre o reator UASB e filtro intermitente de areia apresenta um rendimento bastante satisfatório, removendo cerca de 80% de material orgânico no UASB a ser melhorada a eficiência com a passagem em filtros de areia, onde será feita a remoção de ovos de helmintos e cargas patogênicas, conversão do nitrogênio em sua forma menos danosa, redução de SST, turbidez e DBO.

Segundo a NBR 13.969/97 o filtro de areia deve ser operado de modo a manter condição aeróbia no seu interior. Para tanto, a aplicação do efluente deve ser feita de modo intermitente, com emprego de uma pequena bomba ou dispositivo dosador, permitindo o ingresso de ar através de uma tubulação responsável pela manutenção do meio aeróbio durante o período de repouso.

Deve ser prevista uma caixa de reservação do efluente do tanque séptico/filtro anaeróbio com uma bomba de recalque ou com um sifão, a montante do filtro de areia. A primeira é utilizada preferencialmente onde o nível previsto do filtro de areia está acima do nível de tubulação de efluente do tratamento anaeróbio; a segunda opção é adequada onde o filtro de areia está em nível inferior à saída do tratamento anaeróbio. O volume da caixa deve ser dimensionado de modo a permitir no máximo uma aplicação do efluente a cada 6 h (ABNT, 1997)

4. METODOLOGIA

4.1 Localização e caracterização da área em estudo

O experimento foi realizado na Estação Experimental de Tratamento Biológico de Esgoto Sanitário – EXTRABES, da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, localizada no município de Campina Grande- PB, Região Nordeste do Brasil ($7^{\circ}13'11''$ sul, $35^{\circ}52'31''$ oeste e 550 m acima do nível do mar).

O sistema experimental é constituído por um reator UASB construído de fibra de vidro com capacidade volumétrica de 450 litros e operado com Tempo de Detenção Hidráulica de 8 horas. Como pós-tratamento, foram utilizados dois filtros de areia em série, construídos de polietileno com capacidade volumétrica útil aproximada de 250 litros cada, tendo como meio de suporte areia e brita, e um filtro em paralelo também construído de polietileno com capacidade volumétrica útil aproximada de 250 litros, possui como meio de suporte areia e brita.

O experimento foi realizado em solo areno - argiloso. Foram conduzidos dois experimentos simultâneos em vasos de aproximadamente 20 L, no período outubro a fevereiro de 2014, (pois nessa época a presença de chuva é muito pouco), sendo o cultivo irrigado com água potável e outro irrigado com efluente doméstico tratado. Em cada vaso foram realizados três semeaduras com três repetições e cinco tratamentos.

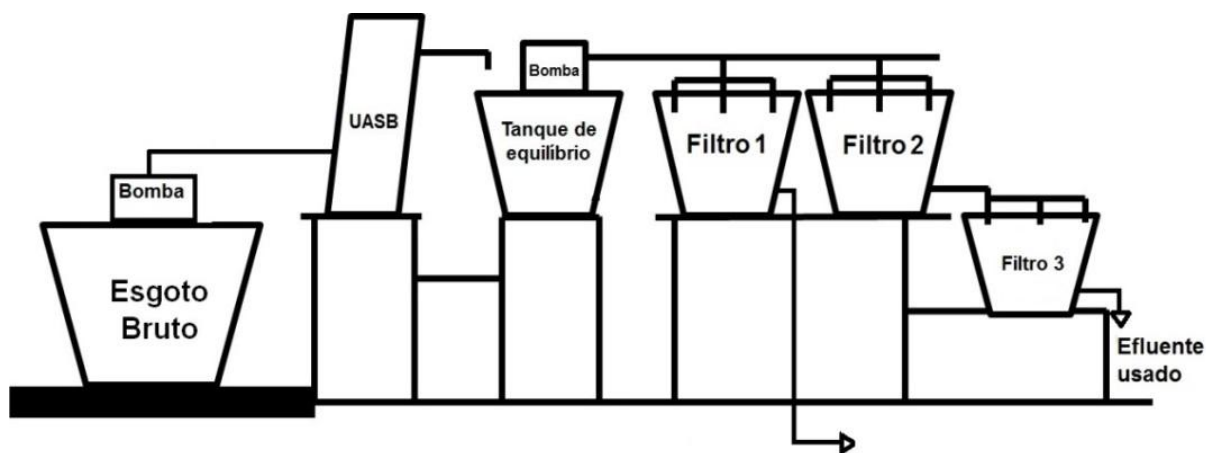
4.2 Fluxograma do sistema e detalhes da operação

O esgoto bruto que chega ao sistema é captado pelo interceptor leste da CAGEPA da cidade de Campina Grande/PB, e é encaminhado para a área experimental da EXTRABES (primeiro tanque), em seguida o efluente é bombeado para o reator UASB, que trabalha com um tempo de detenção de 8 horas. O tanque de equilíbrio é alimentado a cada três horas, durante dois minutos através de uma bomba que liga o UASB ao tanque e em seguida promove a alimentação dos filtros intermitentes de areia. O Filtro 1 e o filtro 2 são alimentados de forma paralela, enquanto que o filtro 3 é alimentado em

série com o filtro 2, de onde foi retirado o efluente tratado para a irrigar a plantação de tomates do tipo cereja.

A figura abaixo mostra um reator UASB seguido por filtros de areia em regime de fluxo intermitente projetado para tratar esgotos domésticos com carga hidráulica volumétrica aplicada de $3000\text{L m}^{-3}\cdot\text{dia}^{-1}$ e carga orgânica volumétrica de $1410\text{gDQO m}^{-3}\cdot\text{dia}^{-1}$.

Figura 1 - Esquema de funcionamento do sistema de reator UASB seguido dos filtros intermitentes de areia



Fonte: Própria, 2014.

4.3 Tipo do solo e o tipo de vaso utilizado e o número das plantas em cada tratamento e a distribuição dentro dos vasos.

O experimento foi realizado em vasos de plásticos perfurados preenchidos com solo areno – argiloso. Cada vaso possui (0,50 cm x 0,40cm).

A planta utilizada no experimento foi o tomate cereja e a semeadura foi realizada no dia 17 de outubro de 2013. Foram realizadas vinte semeaduras em vasos plásticos, sendo utilizados cinco tratamentos para cada quatro vasos. Em cada vaso foi plantado uma semente com dois cm de profundidade.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e três repetições.

Figura 2 : Disposição dos vasos em outubro de 2013



Fonte: Própria, 2014

4.4 Quantidades e frequência de efluentes aplicados

Cada vaso constituiu uma parcela experimental. A taxa de aplicação de aplicação de efluente tratado e água potável nas plantas foi calculada com a ajuda da Engenheira agrônoma Leda Silva, chegando a um valor de 1 litro para cada planta em dias alternados, usando o Becker de 1000 ml para fazer a aplicação. O efluente tratado aplicado rente ao solo, evitando bater nos frutos e nas folhas, uma vez que as raízes absorvem apenas os nutrientes.

4.5 Período de experimentos da plantação das sementes ate colheita de tomates

O experimento teve uma duração de três meses. A germinação ocorreu em menos de oito dias e para a colheita dos primeiros frutos teve uma duração de sessenta dias. Todos os frutos colhidos foram perfeitos, porém apenas uma planta apresentou um tipo de fungo que apenas limitou o crescimento da planta, mas não influenciou na qualidade dos frutos. No apêndice A são apresentadas as fotos das plantas durante o período do experimento.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir serão apresentados e discutidos os resultados obtidos dos experimentos de reuso de água na cultura do tomate cereja.

5.1 Parâmetros químicos e microbiológicos

A seguir serão mostrados os parâmetros e a qualidade sanitária a partir dos resultados das análises laboratoriais realizadas.

Analisando os dados apresentados na Tabela 4, observa-se que a concentração do esgoto bruto foi de 51,07 mg.L⁻¹. No efluente produzido no reator UASB apresentou o valor de 60 mg.L⁻¹. Sendo assim o efluente produzido no reator UASB apresentou uma maior concentração de NTK do que no esgoto bruto. O valor de nitrato do esgoto bruto foi de 1,64 mg. L⁻¹, enquanto que no UASB apresentou o valor mínimo de 38 mg.L⁻¹.

Tabela 4: Resultados das análises químicas e microbiológicas referente ao sistema de reator UASB seguidos de filtros intermitentes expressos em mg.L⁻¹.

Parâmetros	Esgoto Bruto	UASB	Filtro1	Filtro2	Filtro3
NTK (mgN/ L ⁻¹)	51,07	60	40	41	23
Nitrato(mgNO ₃ ⁻ .L ⁻¹)	1,64	38	79	55	65
Nitrito (mgNO ₂ ⁻ .L ⁻¹)	0	0,09	1,2	0,39	0,56
Potássio(mgK/L ⁻¹)	5,32	21,6	20,25	21,11	20,4
Fósforo(mgP. L ⁻¹)	8,01	6,65	5,57	3,52	4,10
Ovos de helminto(ovos/L)	277	124	0	0	0
Coliformes (UFC/mL)	1,1x10 ⁷	3,43x10 ⁶	2,82x10 ⁵	5,03x10 ⁵	2,17x10⁴

*Dados baseados nas análises realizados por Leda Silva (2014).

*O efluente aplicado nas plantas.

A quantidade de coliformes encontrados no filtro três foi de 2,17x10⁴ UFC/100mL, logo comparando os resultados obtidos com os padrões sugeridos pela Organização Mundial da Saúde WHO (2006) para o reuso de água residual tratadas observa-se que os efluentes produzidos pelos filtros de areia em regime de fluxo intermitentes são viáveis para irrigação.

A Tabela 4 mostra que não foram encontrados ovos de helmintos nos efluentes dos filtros, comprovando a eficácia do pós-tratamento em filtros

intermitentes de areia na remoção desse microrganismo deletério ao ser humano. Sendo assim os efluentes produzidos pelos filtros, no que se refere a esse parâmetro, atendem as diretrizes estabelecidas pela WHO (2006), que estabelece valor ≤ 1 ovo.L⁻¹, tanto para irrigação restrita quanto para irrigação irrestrita.

Em setenta e quatro dias foram aplicados um total de 3276,72 mgN/Planta nas culturas. As plantas irrigadas com (100%,75%,50% e 25%) de efluente tratado receberam uma quantidade de 88,56 mgN/Planta, 66,42 mgN/Planta, 44,28mgN/Planta , 22,14 mgN/Planta, respectivamente. A Tabela 5 mostra a quantidade de nitrogênio e a quantidade de aplicação em cada planta.

Tabela 5: Quantidades de macronutriente N aplicado em cada planta

Parâmetro	Quantidade de aplicação em cada planta(Aplicações)	Total de N aplicado em 60dias (mgN/Planta)
100% ET	37	3276,7
75% ET+ 25% AP	37	2457,5
50% ET + 50% AP	37	1638,4
25%ET+25% AP	37	819,2
100% de AP	0	0

*ET=Efluente tratado, AP= Água potável.

Fonte: Própria, 2014

Em setenta e quatro dias foram aplicados um total de 151,7 mgP/Planta nas culturas. As plantas irrigadas com (100%,75%,50% e 25%) de efluente tratado receberam uma quantidade de 4,10 mgP/Planta, 3,075 mgP/Planta, 2,05mg mgP/Planta, 1,025 mgP/Planta, respectivamente. A Tabela 6 mostra a quantidade de fósforo e a quantidade de aplicação em cada planta.

Tabela 6: Quantidades de macronutriente P aplicado em cada planta

Parâmetro	Quantidade de aplicação em cada planta(Aplicações)	Total de P aplicado em 60dias (mgP/Planta)
100% ET	37	151,7
75% ET+ 25% AP	37	113,8
50% ET + 50% AP	37	75,8
25%ET+25% AP	37	38,0
100% de AP	0	0

*ET=Efluente tratado, AP= Água potável.

Fonte: Própria, 2014

Em setenta e quatro dias foram aplicados um total de 754,8 mgK/Planta nas culturas. As plantas irrigadas com (100%,75%,50% e 25%) de efluente tratado receberam uma quantidade de 20,4 mgK/Planta, 15,3 mgK/Planta, 10,2 mgK/Planta, 5,1 mgK/Planta, respectivamente. A Tabela 7 mostra a quantidade de potássio e a quantidade de aplicação em cada planta.

Tabela 7: Quantidades de macronutriente K aplicado em cada planta

Parâmetro	Quantidade de aplicação em cada planta(Aplicações)	Total de K aplicado em 60dias (mgK/Planta)
100% ET	37	754,8
75% ET+ 25% AP	37	566,1
50% ET + 50% AP	37	377,4
25%ET+25% AP	37	188,7
100% de AP	0	0

*ET=Efluente tratado, AP= Água potável.

Fonte: Própria, 2014

A proporção de macronutrientes (N, P, K) aplicados nas plantas ao longo do experimento foi de 21,6: 1: 5, com isso pode observar uma produção de frutos de cinco vezes maior nas plantas irrigadas 100% com efluente doméstico tratado, em proporção com a quantidade de macronutrientes aplicados.

5.2 Alturas das plantas (AP)

Estudando a altura de plantas, verifica-se, na Tabela 8, que a média da altura das plantas se desenvolveu normalmente, não demonstrando diferença significativa entre os tratamentos e entre as épocas de plantio.

O efeito dos macronutrientes na cultura do tomateiro, como o nitrogênio, por exemplo, contribui para o crescimento vegetativo. Se existir em níveis deficientes ocasiona crescimento retardado das plantas, as folhas mais velhas tornam-se verde-amareladas, os botões florais amarelecem e caem (FURLANI, 2004).

Após os 38 dias da germinação foram feitas as medições através de todas as plantas úteis, a partir do nível do solo, até o ápice do broto terminal, com auxílio de uma trena.

As alturas médias das plantas do tomate em função da qualidade da água e tipo de irrigação são apresentadas na Tabela 8, onde não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Tabela 8: Resumo médio das análises de variância para altura de plantas do tomate cereja, aos 38 e 60 dias, após a germinação. Campina Grande PB, 2014.

	Média dos tratamentos (Altura em cm)			
	38 dias	45 dias	52 dias	60 dias
100% ET	39,1(14,6)	48,7(25,5)	48,7(25,5)	58,7(24,7)
75% ET+ 25% AP	37,5(70,3)	50,2(28,1)	45,7(22,6)	58,3(34,3)
50% ET + AP	36,3(14,3)	45,2(22,6)	45,2(28,1)	57,7(18,8)
25% ET + 75% AP	28(2,3)	44,6(4,6)	44,6(4,5)	51(6,4)
100%AP	36,1(58,3)	42,6(48,1)	48,5(48,1)	52,5(99,7)

*ET=Efluente tratado, AP= Água potável.

*Variância()

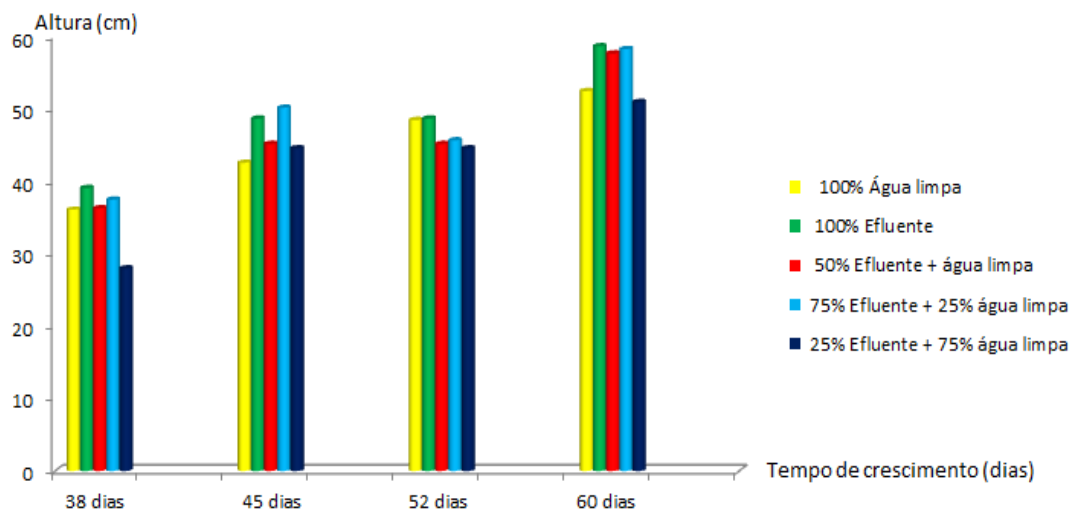
Fonte: Própria (2014).

Aos 60 dias, a altura das plantas irrigadas com 100% de efluente tratado pode – se constatar um crescimento maior que as plantas irrigadas com água tratada. A Tabela 8 indica que não houve diferença significativa entre os tratamentos em relação à altura da planta durante o período de desenvolvimento da cultura, assim o tomate cereja pode ser cultivado em todas as épocas do ano, desde que não falte água.

As plantas tratadas com 100% efluente tratado obtiveram um maior crescimento, pois apresentaram plantas maiores. Essas plantas crescem mais em menos tempo, e tem capacidade de se desenvolver mais, devido aos macronutrientes presente em efluentes urbanos, como por exemplo, nitrogênio, fósforo e potássio.

A Figura 3 representa graficamente a altura das plantas de acordo com o perfil de tratamento adotado.

Figura 3: Análise do perfil dos tratamentos ao longo do ciclo para a variável altura das plantas.



Fonte: Própria (2014).

5.3 Quantidade de folhas

A Tabela 9 mostra a média da quantidade do número de folhas dos tomateiros. A coleta dos dados deu-se fazendo a contagem de folha por folha em cada planta e em seguida foi feita uma média a partir das três plantas.

O ponto de máximo do número de folhas foi atingido aos 60 dias após a semeadura quando chegou a 39 folhas na planta irrigada com 100% de efluente tratado e com 100% de água limpa. A partir daí houve perdas das folhas, onde partir daí houve perdas de folhas quando dá início a senescência (processo natural de envelhecimento celular), e o motivo pode ser devido a altas quantidades de nitrogênio que são passadas das folhas para outros tecidos que estão em crescimento como, por exemplo, as flores.

Tabela 9: Resumo médio das análises de variância para a quantidade de folhas das plantas do tomate cereja, aos 38 e 60 dias, após a germinação. Campina Grande PB, 2014.

	Média dos tratamentos (Quantidade de folhas)			
	38 dias	45 dias	52 dias	60 dias
100% ET	34,3(54,3)	37,7(53,0)	38,3(63,3)	39,7(50,3)
75% ET + 25% AP	26,3(45,0)	32,3(52,0)	31,7(31)	32,7(26,3)
50% ET + AP	19,3(35,6)	24,7(41,0)	25,3(10,3)	30,3(32,3)
25% ET+ 75% AP	23,3(6,8)	27(9,3)	25,3(7,0)	29(7,0)
100% AP	13,3(4,3)	16(7,0)	16(7,0)	38,8(12,3)

*ET=Efluente tratado, AP= Água potável

*Variância()

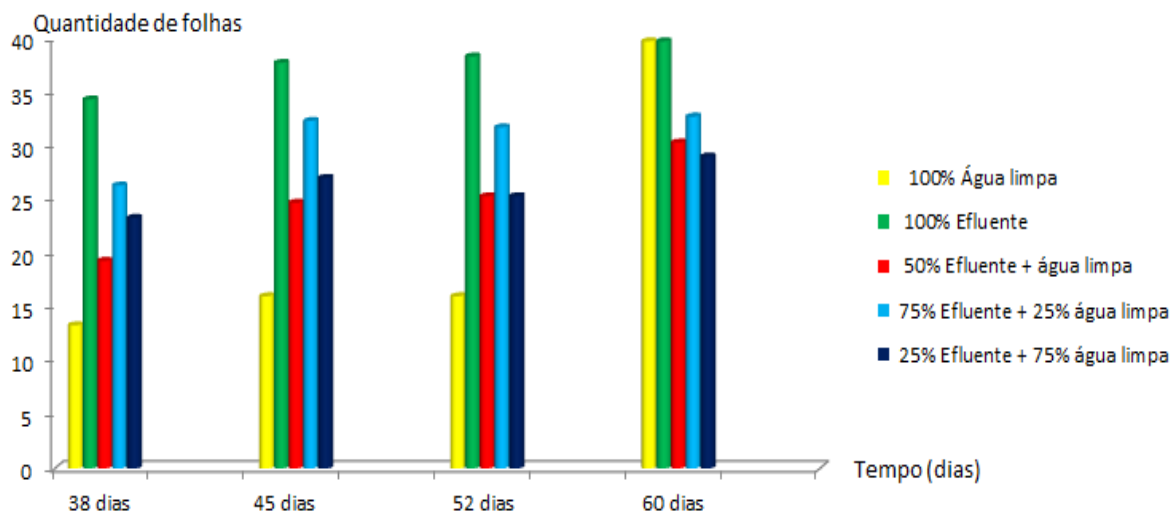
Fonte: Própria (2014).

Observando a Figura 4 pode-se notar que quantidade de folhas se desenvolve mais rápido quando irrigada com efluente tratado, porém quando chega ao período de 60 dias as quantidades são a mesmas. O ponto da ascendência e quando começa o declínio das quedas das folhas.

Para a execução desse perfil tomou-se a média das três plantas de cada tratamento. Assim a Figura 4 mostra que a quantidade de folhas se desenvolve mais rápido quando irrigada com efluente tratado, porém quando chegam ao período de 60 dias as quantidades folhas tanto do efluente tratado quando de água limpa são as mesmas.

Devido à presença de nutrientes como o potássio e o nitrogênio foram os responsáveis para pelas variações obtidas, indicando a importância de cada um no desenvolvimento das plantas.

Figura 4: Análise do perfil dos tratamentos ao longo do ciclo para as variáveis da quantidade de folhas



Fonte: Própria (2014).

5.4 Quantidade de inflorescência

As plantas tratadas com 100% de efluente apresentam uma quantidade superior de inflorescência quando comparadas as plantas tratadas com 100% de água limpa, conforme enfatizado essa diferença na apresentação da Tabela 10.

Tabela 10: Resumo médio das análises de variância para a inflorescência do tomate cereja, aos 38 e 60 dias, após a germinação. Campina Grande PB, 2014.

	Média dos tratamentos (Quantidade de Inflorescência)			
	38 dias	45 dias	52 dias	60 dias
100% ET	7(1,0)	8(3,0)	1(0,0)	2,3(1,3)
75% ET + 25% AP	6(12,0)	7,3(6,3)	1(1,0)	2,3(0,3)
50% ET+ AP	4,7(8,3)	4,3(2,3)	2,3(6,3)	1,7(1,3)
25% ET + 75% AP	6(1,0)	6,7(4,3)	0,7(0,3)	1,3(0,3)
100% AP	2,7(2,3)	3,3(2,3)	2,3(0,3)	0(0,0)

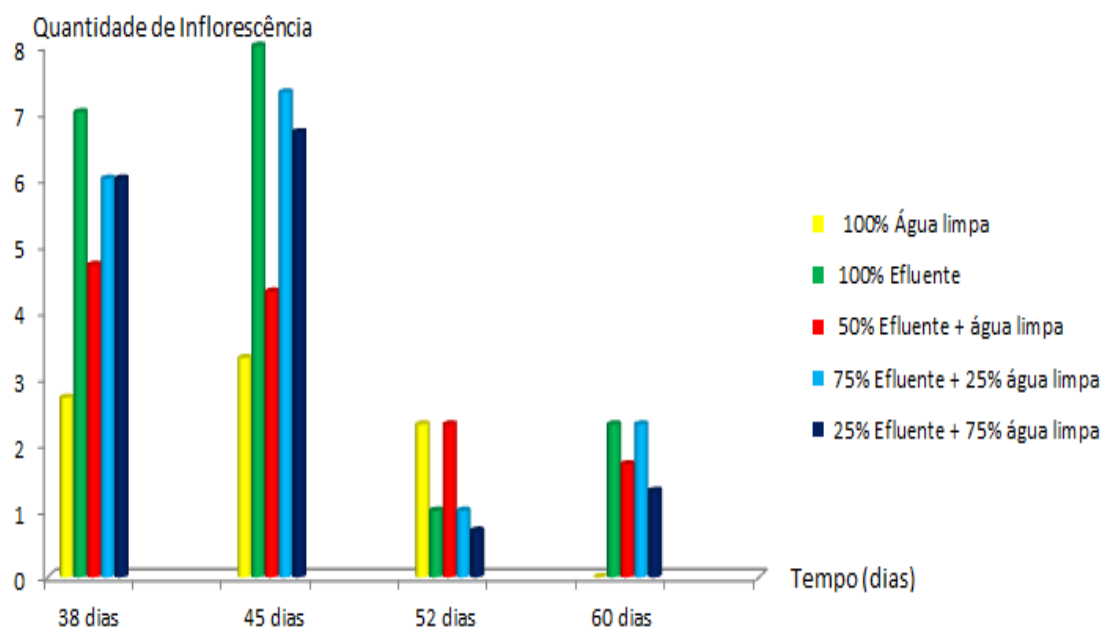
*ET=Efluente tratado, AP= Água potável

*Variância()

Fonte: Própria (2014).

A Figura 5 mostra o ponto da ascendência e quando começa o declínio das quedas da inflorescência durante o período da plantação, por volta 38 dias após a semeadura.

Figura 5: Análise do perfil dos tratamentos ao longo do ciclo para a variável inflorescência das plantas.



Fonte: Própria (2014).

5.5 Quantidade de frutos verdes

Os resultados a seguir indicaram que o efeito do esgoto doméstico usado na irrigação da cultura teve uma influência diferenciada na quantidade dos frutos.

Tabela 11: Resumo médio das análises de variância para a quantidade de frutos do tomate cereja, dos 38 aos 60 dias, após a germinação. Campina Grande PB, 2014.

	Média dos tratamentos (Quantidade de Frutos Verdes)			
	38 dias	45 dias	52 dias	60 dias
100% ET	7(9,0)	7,7(6,0)	27,7(9,3)	29(7,48,3)
50% ET + AP	2,7(12,0)	2,7(12,0)	16,7(9,3)	23,3(7,0)
75% ET + 25% AP	3,3(21,3)	3,7(21,3)	20,7(26,3)	27,4(16,3)
25% ET + 75% AP	1,3 (3,0)	2(0,33)	12,7(8,3)	17(8,3)
100% AP	0(0,0)	0(0,0)	6,3(9,3)	6(7,0)

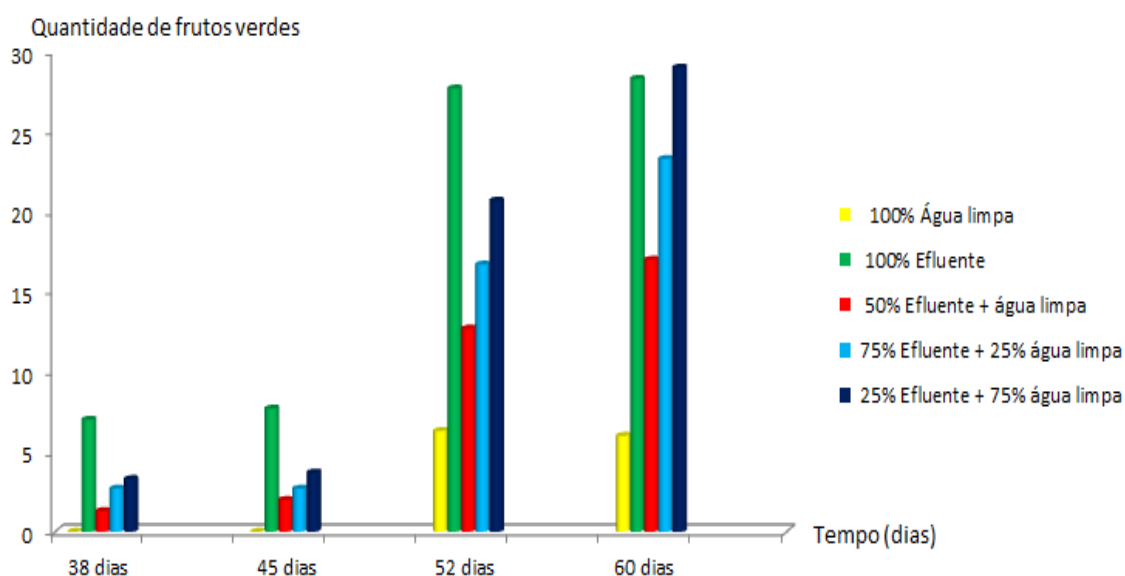
*ET=Efluente tratado, AP= Água potável

*Variância()

Fonte: Própria (2014).

De acordo com a Figura 6, verifica-se que os tratamentos com 100% de água de efluente tratado, 75% de esgoto de efluente tratado, 50% de esgoto de efluente tratado e 25% de esgoto de efluente tratado apresentaram valores médios de 29 e 27 frutos respectivamente nos 60 dias após a germinação, sendo esses valores superiores quando comparados com os tratamentos com 100% água limpa onde se obteve 6 frutos ao 60 dias após a germinação.

Figura 6: Análise do perfil dos tratamentos ao longo do ciclo para a variável quantidade dos frutos.



Fonte: Própria (2014).

5.6 Peso total dos frutos colhidos (g)

Os frutos foram colhidos e transportados em sacolas plásticas, todas identificadas com os respectivos tratamento, sem refrigeração, até uma balança, onde foram obtidos os pesos de cada tratamento e em seguida calculado a media total, conforme a Tabela 12.

A Figura 7 mostra o peso médio dos frutos produzidos nesse estudo onde é possível notar que os maiores valores médios foram obtidos nos tratamentos com 100% de efluente tratado e 75% de efluente tratado, correspondendo a 350g, e 300g , respectivamente, seguidos de 220 g no tratamento com 50% de efluente tratado, 190,5 g no tratamento com 25% de efluente tratado e 100g no tratamento de água limpa, para os 62 dias após a germinação.

Tabela 12: Resumo médio das análises de variância para o peso total dos frutos do tomate cereja, aos 38 e 60 dias, após a germinação. Campina Grande PB, 2014.

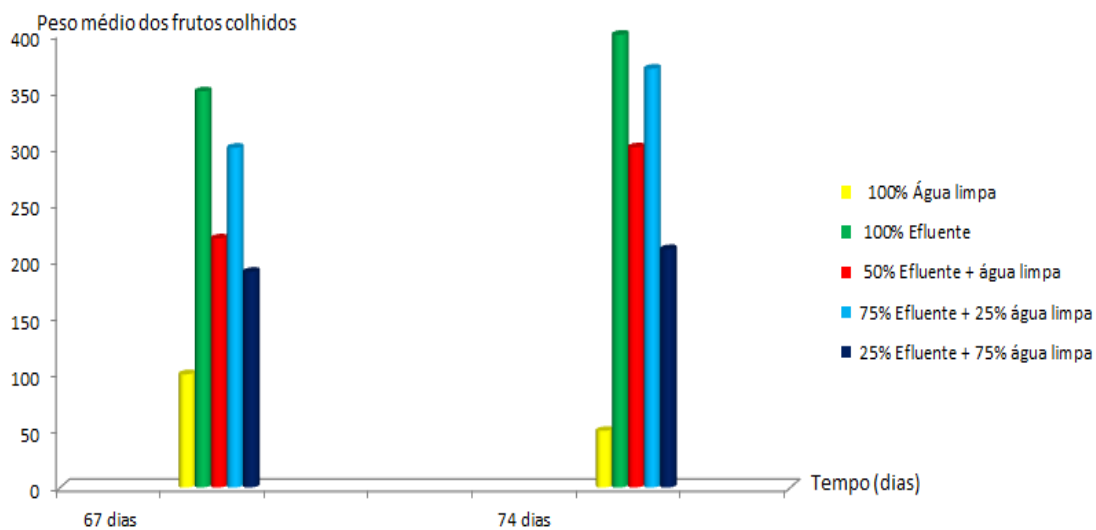
Média dos tratamentos (Peso total dos frutos colhidos) em g			
	67 dias	74 dias	Peso total em (g)
100% ET	350	400	750
75% ET+25% AP	370	300	670
50% ET + AP	220	300,5	520,5
25% ET+ 75% AP	190,5	210,6	401,1
100% AP	50	100	150

*ET=Efluente tratado, AP= Água potável

Fonte: Própria (2014).

Para os 74 dias após a germinação a Figura 12 mostra o peso total dos frutos produzidos nesse estudo onde é possível notar que os maiores valores total foram obtidos nos tratamentos com 100% de efluente tratado e 75% de efluente tratado, correspondendo a 400g, e 370g , respectivamente, seguidos de 300,5 g no tratamento com 50% de efluente tratado, 210,6 g no tratamento com 25% de efluente tratado e 50g no tratamento de água limpa.

Figura 7: Análise do perfil dos tratamentos ao longo do ciclo para o variável peso médio dos frutos.



Fonte: Própria (2014).

No presente trabalho os resultados obtidos indicaram que só a água potável não foi suficiente para maximizar a produtividade do tomate, uma vez que os valores extraídos foram inferiores. No entanto, as plantas irrigadas com efluente tratado apresentaram uma produtividade superior em relação aos números de frutos. Sendo assim pode-se concluir que o esgoto doméstico primário na proporção adequada pode suprir as necessidades nutricionais da cultura do tomateiro, chegando a compensar a aplicação de fertilizantes químicos.

6. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos durante os 60 dias de acompanhamento da cultura do tomate cereja na Estação Experimental de Tratamento Biológico de Esgoto Sanitário – EXTRABES permitem concluir o seguinte:

Que os tratamentos utilizados estavam dentro das normas da OMS (2006) com destinação para a irrigação.

Os filtros de areia em regime de fluxo intermitente produziram efluentes isentos de ovos de helmintos atendendo as recomendações da Organização Mundial de Saúde para reuso irrestrito na agricultura, no que se refere a este parâmetro;

O efluente tratado, quando utilizado na proporção adequada, pode ser considerado como complemento na irrigação e na fertirrigação para uma boa produção do tomate cereja, uma vez que promoveu incremento na produtividade, número de frutos por planta e no peso médio dos frutos.

Não houve uma diferença relativa em relação a alturas das plantas nos cinco tipos de tratamento, mas em relação a quantidade de inflorescência apresentou um maior desenvolvimento naquelas irrigadas com efluente, comprovando que há uma maior quantidade de nutrientes em águas de efluente tratado.

A quantidade e o peso total dos frutos irrigado com efluente tratado tiveram uma produtividade significativa em relação às plantas irrigadas com água potável, devido à presença de macronutrientes (N, P, K), que aumentou a eficiência do uso de água pelas plantas refletindo-se em maior rendimento na quantidade de frutos, como demonstrado neste trabalho, diminuindo o uso de fertilizantes, bem como despesas com irrigação.

O número de frutos é proporcional à quantidade de nutrientes do efluente tratado do UASB, seguido de filtros intermitentes.

O reuso pode e deve ser feito por pequenos agricultores, uma vez que se considera a não poluição do solo, do lençol freático e dos rios, por fertilizantes químicos, assim como permite que com pouco investimento ele aumente sua renda com uso do tomate ou outra cultura.

A partir desse pressuposto, recomendamos a prática do reuso para um futuro melhor poupando a água para a humanidade.

REFERÊNCIAS

ABES-SP. Reúso da Água. Série “Cadernos de Engenharia Sanitária e Ambiental”. São Paulo, 1997.

ABNT. Construção e instalação de fossas sépticas e disposição dos efluentes finais. NBR – 13969. São Paulo/SP. 1997. 15p.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13969. Tanques sépticos: unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos, projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997. 60p

Agriannual. Anuário da agricultura brasileira. São Paulo: Instituto FNP, 2009. 497p.

ANA. Agência Nacional de Águas. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos (SPR). Plano Nacional de Recursos Hídricos. 2003. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/pnrh/index.htm>> Acesso em: 20 jul. 2014.

ANDRIOLO, J.L.; LANZANOVA, M.E.; WITTER, M. Produtividade de frutos de meloeiro cultivado em substrato com três soluções nutritivas. Horticultura Brasileira, v.21, 3: 478-481, 2003.

BASTOS, R. K. X.; BEVILACQUA, P. D. Normas e Critérios de Qualidade para Reuso da Água. In: Tratamento e Utilização de Esgotos Sanitários - PROSAB 4, 2006.

BEZERRA, S. M. C. Influência do tempo de detenção hidráulica sobre a auto-inoculação na partida de um reator UASB tratando Esgoto Sanitário, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Paraíba - UFPB, 1998, Campina Grande – Brasil.

BEEKMAN, G. B. Qualidade e conservação da água. In: ENCONTRO NACIONAL DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL, 1996, Brasília. Conferência Brasília: Associação Brasileira das Entidades de Assistência Técnica e Extensão Rural, 1996.

BONILLA, J. A. Fundamentos da agricultura ecológica: sobrevivência e qualidade de vida. São Paulo: Nobel, 1992. 260 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução Nº54, de 28 de novembro de 2005. **Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável da água.** Brasília, DF, 2005a.

CNRH CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. RESOLUÇÃO Nº54, 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. Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente, 2005.

CREA-PR. Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia do Paraná. Uso e reuso da água. 2010. (Série de Cadernos Técnicos da Agenda Parlamentar).

CONAMA: CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução 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,

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R. F.; VENEGAS, V. H. A.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.). **Fertilidade do solo.** 1. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. cap. 3, p. 91-132.

FAÇANHA, A. R.; CANELLAS, L. P.; DOBBS, B. L. Nutrição mineral. 2. ed. In: KERBAUY, G. B. (Coord.). **Fisiologia vegetal.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. cap. 2, p. 33-50.

FAOSTAT. Disponível em < <http://faostat.fao.org/> >. Acesso em: 22 jun.2014.

FERNANDEZ, J. C. & GARRIDO, R. J. Economia dos recursos hídricos. Salvador: EDUFBA, 2002.

FAO. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em 21 de julho de 2014.]

FERNANDEZ, J. C. & GARRIDO, R. J. Economia dos recursos hídricos. Salvador: EDUFBA, 2002.

FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3. ed. Viçosa: UFV, 2007. p.

FURLANI, A. M. C. Nutrição mineral. In: KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p.40-75, 2004.

GLIESSMAN, S. R. Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2001. 653 p.

GRUBBEN, G.J.H. Tropical vegetables and their genetic resources. Rome: AGPE, 1977. 197 p.

JORDÃO, E.P., PESSÔA, C.A. Tratamento de Esgotos Domésticos. 4ª Edição – Rio de Janeiro, ABES. 932p, 2005.

LAVRADOR, J, F. Contribuição para o entendimento do reuso planejado da água e algumas considerações sobre suas possibilidades no Brasil. Dissertação de mestrado - Escola Politécnica de São Paulo da USP. São Paulo, 1987.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Ceres, 2006. 638 p.

METCALF & Eddy. Inc. Wastewater engineering treatment disposal reuse. 3.ed. NewYork: McGraw – Hill Book, 1991. 1334p.

NUEZ, F.; DIEZ, M.J.; PICO, B.; CORDOVA, P.F. Catalogo de semillas de tomate. Madrid: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, 1996.177 p.

OMS. "Aprovechamento de efluentes: Métodos y medidas de protección sanitaria en el tratamiento de águas servidas - Informe de una Reunión de Expertos de la OMS". Organizacion Mundial de La Salud - Série de Informes Tecnicos No 517, Ginebra, Suiza, 1973.

OMS, (1990). Documento básico. 38^a edição, Organização Mundial da Saúde, Genebra.

Organização Mundial da Saúde (OMS). Relatório Mundial da Saúde: Redução de Riscos, Promovendo Vida Saudável. França. Disponível em : < <http://www.who.int/whr/2002/en/whr02en.pdf>>, Acesso em 14 julho de 2014.

PORTO, A.; OLIVEIRA, L. Tabela da composição de alimentos. Lisboa: Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge, 2006.

RIBEIRO, I.A.V.; TERESO, M.J.A.; ABRAHÃO, R.F. Análise ergonômica do trabalho em unidades de beneficiamento de tomates de mesa: movimentação manual de cargas. Ciência Rural, v.39, n.4, p.1083-1089, 2009.

SODEK, L. Metabolismo do nitrogênio. In: KERBAUY, G. B. (Coord.). **Fisiologia vegetal.** 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. cap. 4, p. 65-81.

SILVA, L. V. B. D. Uso de esgoto tratado na irrigação do algodoeiro e efeitos nos atributos químicos do solo. 2014. 117f. Tese de Doutorado. Doutorado em Engenharia Agrícola. Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2014.

SILVA, J.B.C.; GIORDANO, L.B. (Org.). Cultivo de tomate para industrialização. Brasília, DF: Sistemas de Produção, 2ª edição, Embrapa Hortaliças, 2006.

SOUSA, F. P., CAVALCANTI, P. F. F., VAN HAANDEL, A. C. (1998). Efeito da proporção área/profundidade sobre o desempenho de um reator UASB, 20oCong. Bras. Eng. Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, disponível em CD.

SOUZA, J. A. R.; MOREIRA, D. A.; FERREIRA, P. A. Parâmetros de crescimento de tomateiros produzidos com água residuária de suinocultura. Engenharia Ambiental, v.7, p.97-109,2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 4ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819 p.

TAIZ L; ZEIGER E. Fisiologia Vegetal. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed. 2004, 719p.

TIBAU, A. O. Matéria orgânica e fertilidade do solo. 3ª. ed. São Paulo: Nobel, 1984. 221 p.

TONETTI, A. L., CORAUCCI, B, F; STEFANUTTI. R; FIGUEIREDO, R. F.; SÃO PEDRO, C. C. O. Remoção de matéria orgânica, coliformes totais e nitrificação no tratamento de esgotos domésticos por filtros de areia. Engenharia Sanitária e Ambiental 10 (3), 209-218, 2005.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. v. 1.3ª ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. 452 p.

VON SPERLING, M. Princípios Básicos Do Tratamento De Esgotos. In: Princípios Do Tratamento Biológico De Águas Residuárias. 6ª. ed. Belo Horizonte: Ed. SEGRAF, v. 2, 2006.

WHO. Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Volume 3. Wastewater and excreta use in aquaculture. Geneva: World Health Organization, 2006.

ANEXO A

Fotos diversas das plantas ao longo do experimento.



