



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO FERTIRRIGADO COM  
EFLUENTE DE ESGOTO TRATADO E FENOMETRIA DE CULTURA  
DO PIMENTÃO**

**Waltoíres Reis da Silva Júnior**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA**

**BRASÍLIA/DF  
MAIO/2016**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO FERTIRRIGADO COM  
EFLUENTE DE ESGOTO TRATADO E FENOMETRIA DE CULTURA  
DO PIMENTÃO**

**WALTOÍRES REIS DA SILVA JÚNIOR**

**ORIENTADOR: Prof. Dr. DELVIO SANDRI**

**CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. CÍCERO CÉLIO DE FIGUEIREDO**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA**

**PUBLICAÇÃO: 119/2016**

**BRASÍLIA/DF**

**MAIO/2016**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO FERTIRRIGADO COM  
EFLUENTE DE ESGOTO TRATADO E FENOMETRIA DE CULTURA  
DO PIMENTÃO**

**WALTOÍRES REIS DA SILVA JÚNIOR**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM AGRONOMIA.**

**APROVADA POR:**

---

**DELVIO SANDRI, Doutor/FAV/UnB/750.142.389-04/sandri@unb.br**

---

**CÍCERO LOPES DA SILVA, Doutor/FAV/UnB/261.510.306-72/cicero@unb.br**

---

**MARIANA BASSETTO GABOS GOULART/Doutora/FAV/UnB/313.592.938-84/  
mbgabos@gmail.com**

**BRASÍLIA/DF, 31 de maio de 2016**

## FICHA CATALOGRÁFICA

Silva Júnior, Waltoíres Reis da  
ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO FERTIRRIGADO  
COM EFLUENTE DE ESGOTO TRATADO E FENOMETRIA  
DE CULTURA DO PIMENTÃO / Waltoíres Reis da Silva  
Júnior; orientador: Delvio Sandri; co-orientador: Cícero Célio de  
Figueiredo – Brasília, 2016.

51 p.

Dissertação de Mestrado (M) - Universidade de  
Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2016.

1. Pimentão. 2. Reuso. 3. Qualidade solo. 4. Qualidade da água.
  5. Economia de nutrientes.
- I. Sandri, D. II. Figueiredo, C. C. III. Título.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SILVA JÚNIOR, W. R. da **Atributos químicos do solo fertirrigado com efluente de esgoto tratado e fenometria de cultura do pimentão**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2016, 51 p. Dissertação de Mestrado.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Waltoíres Reis da Silva Júnior

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Atributos químicos do solo fertirrigado com efluente de esgoto tratado e fenometria da cultura do pimentão

GRAU: Mestrado

ANO: 2016

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado para única e exclusivamente propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada à fonte.

---

Nome: Waltoíres Reis da Silva Júnior

CPF: 037.601.241-27

Endereço: QE 30 conjunto M casa 25 Guará II, Brasília-DF. CEP: 71065-130

Tel: (61) 3567-6623, (61) 8355-7050

Email: [waltoires@gmail.com](mailto:waltoires@gmail.com)

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus e a Nossa Senhora Aparecida por abençoar todos os envolvidos neste projeto, permitindo sua realização.

Aos meus pais, Júlia e Waltoíres por todo o apoio e dedicação que me deram ao longo desta vida.

A minha fiel companheira, Bárbara Evelyn, por todo amor, pelos sonhos compartilhados e pelo apoio concedido.

Aos funcionários da fazenda Água Limpa, Ramon, José Vieira e Vasco, pela amizade e por todo auxílio.

Ao meu orientador e ao meu co-orientador, Delvio Sandri e Cícero Célio, por todo conhecimento adquirido nesta etapa e toda atenção que me dedicaram.

## RESUMO

Com a crescente conscientização de que a água é um recurso natural limitado e de expressivo valor econômico, técnicas de uso sustentável e racional são cada vez mais difundidas. Dentre elas, o uso de efluentes de esgoto tratado (EET) para fins de irrigação se destaca, tanto pelo reaproveitamento da água, como pelo aporte de nutrientes ao solo e redução dos danos ambientais. Este trabalho objetiva avaliar o efeito da utilização de EET, proveniente de sanitários de um refeitório, na cultura do pimentão (*Capsicum annuum L.*), híbrido Canário F1. Foi avaliada a uniformidade de distribuição de água do sistema de irrigação por gotejamento, a quantidade de nutrientes adicionados ao solo, as alterações químicas e físicas de um Latossolo Vermelho Amarelo e o desenvolvimento das plantas e dos frutos em um ciclo da cultura. Os tratamentos utilizados foram: água de córrego, EET, água de córrego com adubação de base, EET com adubação de base, EET com adubação de cobertura e EET com adubação de cobertura e de base. O uso de EET não interfere nos índices de uniformidade de distribuição e coeficiente de uniformidade estatístico do sistema de irrigação por gotejamento. Ao final do experimento, a tendência é de que os teores de fósforo, matéria orgânica e pH no solo irrigado com EET apresente maior elevação em relação aos tratamentos com irrigação com água do córrego. A massa úmida, perímetro e produção total dos frutos de pimentão são maiores nos tratamentos irrigados com EET. A aplicação de EET sem adubação química resulta em maior produção e altura de frutos. A irrigação com EET proporciona maior produção de frutos de pimentão amarelo e melhora as condições químicas do solo. O uso de EET proporciona benefícios no desenvolvimento e produção da cultura do pimentão amarelo e melhora as condições químicas do Latossolo vermelho amarelo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Pimentão, Reuso, Qualidade solo, Qualidade da água, Economia de nutrientes.

## ABSTRACT

With the growing awareness that water is a limited natural resource and significant economic value, sustainable and rational use of techniques are increasingly widespread. Among them, the use of treated sewage effluent (TSE) for irrigation purposes stands out both for the reuse of water, as the nutrient supply to the soil and reducing environmental damage. This study aims to evaluate the effect of the TSE, from toilets of a refectory in sweet pepper (*Capsicum annuum* L.), hybrid canary F1. We evaluated the uniformity of distribution of water from a drip irrigation system, the amount of nutrients added to the soil, the chemical and physical changes of a oxisol and development of plants and fruits in a crop cycle. The treatments were: Stream of water, TSE, stream water based fertilizer, TSEs based fertilizer, topdressing with TSE and TSE with topdressing and base. The use of TSE does not interfere with uniform distribution ratios and statistical uniformity coefficient of the drip irrigation system. At the end of the experiment, the trend is that the phosphorus, organic matter and pH in soil irrigated with TSE presenting the highest elevation in relation to treatment with irrigation stream water. The wet mass, circumference and total production of chilli fruits are higher in treatments irrigated with TSE. The application of TSE without chemical fertilization results in increased production and high fruit. The irrigation with TSE provides greater production of fruits of yellow pepper and improves chemical soil conditions. The use of TSE provides benefits in the development and culture of production of yellow pepper and improves chemical conditions Oxisol.

**KEY WORDS:** pepper, reuse, Soil Quality, Water quality, Saving nutrients.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	V
<b>ABSTRACT</b> .....	VI
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	IX
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	X
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	3
2.1 OBJETIVO GERAL .....	3
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	4
3.1. TRATAMENTO E REÚSO DE EFLUENTE NA AGRICULTURA .....	4
<b>3.1.1. Tratamento de Efluente e Composição dos Esgotos</b> .....	4
<b>3.1.2. Atributos na Água de Irrigação</b> .....	5
3.2. EFEITOS DO USO DE EFLUENTE NO SOLO .....	7
3.3. CULTURA DO PIMENTÃO .....	12
3.4. SANIDADE DOS FRUTOS .....	13
3.5. MANEJO DA IRRIGAÇÃO .....	13
<b>4. METODOLOGIA</b> .....	14
4.1. LOCAL DO EXPERIMENTO .....	14
4.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL .....	15
4.3. CULTIVAR DE PIMENTÃO, FORMAÇÃO DAS MUDAS E TRANSPLANTIO ....	17
4.4. ORIGEM DO EFLUENTE .....	17
4.5. SISTEMA DE IRRIGAÇÃO E MANEJO .....	18
4.6. TENSÃO DE ÁGUA NO SOLO E LÂMINA DE IRRIGAÇÃO .....	20
4.7. DADOS FÍSICO-HÍDRICOS DO SOLO .....	23
4.8. DADOS CLIMATOLÓGICOS .....	23
4.9. UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA .....	27
4.10. ATRIBUTOS DO EFLUENTE DE ESGOTO TRATADO (EET) E ÁGUA DO CÓRREGO .....	28

4.11. CORREÇÃO DO SOLO COM CALAGEM, ADUBAÇÃO E ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO .....	28
4.12. NUTRIENTES ADICIONADOS AO SOLO PELO EET .....	30
4.13. CONTROLE DE INSETOS-PRAGA, DOENÇAS E PLANTAS DANINHAS .....	30
4.14. ATRIBUTOS QUANTITATIVOS DO PIMENTÃO .....	30
4.15. ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS .....	32
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>32</b>
5.1. UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DOS GOTEJADORES.....	32
5.2. ATRIBUTOS FÍSICO-QUÍMICOS DO EFLUENTE E DA ÁGUA DO CÓRREGO..	34
5.3. NUTRIENTES ADICIONADOS AO SOLO.....	35
5.4. ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO .....	36
<b>5.4.1. Análise do Solo no Final do Experimento.....</b>	<b>36</b>
<b>5.4.2. Variação nos Atributos Químicos do Solo Sob Cultivo de Pimentão Entre Início e Final do Experimento.....</b>	<b>38</b>
5.5. DESENVOLVIMENTO DA CULTURA .....	41
<b>5.5.1. Fenometria das Plantas de Pimentão .....</b>	<b>41</b>
<b>5.5.2. Fenometria dos Frutos de Pimentão .....</b>	<b>42</b>
<b>6. CONCLUSÕES .....</b>	<b>44</b>
<b>7. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>45</b>

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Condições de lançamento de efluentes conforme Resolução do Conama n. 430/2011. .....	5
Tabela 2. Grau de restrição de uso de atributos da água para irrigação.....	6
Tabela 3. Atributos da água para aplicação na irrigação. ....	7
Tabela 4. Critérios de classificação quanto à uniformidade do CUD e do CUE .....	27
Tabela 5. Atributos, unidades de medida e métodos para a análise das águas utilizadas na irrigação do pimentão amarelo em condições de campo. ....	28
Tabela 6. Valores dos atributos químicos obtidos na análise do solo a ser cultivado com pimentão amarelo na camada de solo de 0 a 0,20 m.....	29
Tabela 7. Média dos atributos físico-químicos quantificados no efluente de esgoto tratado e na água do córrego utilizadas na irrigação da cultura do pimentão amarelo. ....	35
Tabela 8. Acréscimo, em kg, de nutrientes pelo EET e pela água de córrego, por hectare, durante o período de cultivo do pimentão amarelo.....	36
Tabela 9. Atributos químicos do solo avaliados no final do experimento de cultivo de pimentão para diferentes tratamentos na camada de solo de 0 a 0,20 m. ....	38
Tabela 10. Valores obtidos de atributos no solo cultivado com pimentão entre os tratamentos na camada de solo de 0 a 0,20 m no início e final do ciclo da cultura.....	39
Tabela 11. Variação, em porcentagem, de atributos químicos do solo cultivado com pimentão amarelo em relação ao solo antes do cultivo.....	41
Tabela 12. Medidas de crescimento das plantas de pimentão nos diferentes tratamentos aos 140 DAT da cultura do pimentão.....	42
Tabela 13. Valores dos parâmetros fenométricas dos frutos de pimentão nos tratamentos aos 140 DAT. ....	43
Tabela 14. Valores em porcentagens entre dados esperados conforme fabricante da semente e obtidos em campo, para a produtividade, altura dos frutos, perímetro dos frutos e altura das plantas. ....	43

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Croqui do experimento com indicação dos equipamentos de irrigação e distribuição dos tratamentos nos blocos. ....	16
Figura 2. Visualização dos equipamentos utilizados para aplicação da água de irrigação. ....	18
Figura 3. Disposição das fitas gotejadas em uma parcela cultivada com pimentão amarelo. .	18
Figura 4. Tensímetro instalado na área do experimento. ....	20
Figura 5. Tensões médias nas profundidades de 0,10 m e 0,40 m durante o período do experimento.....	22
Figura 6. Curva de retenção de água no solo do local do experimento, determinado pelo método da centrífuga e equação de ajuste da curva. ....	23
Figura 7. Dados climáticos durante o ciclo do pimentão amarelo obtidos na estação meteorológica da Fazenda Água Limpa (FAL) da UnB. ....	24
Figura 8. Valores de $E_{To}$ e $E_{Tc}$ ao longo do ciclo da cultura do pimentão amarelo. ....	25
Figura 9. Valores de precipitação ( $\text{mm dia}^{-1}$ ) e radiação global ( $\text{Mj m}^{-2} \text{ d}$ ), diários, ao longo do ciclo da cultura do pimentão amarelo. ....	26
Figura 10. Pimentões para medição de altura, perímetro e peso individual, paquímetro e fita métrica utilizados nas medições.....	31
Figura 11. Procedimento de retirada das raízes das plantas de pimentão (a) e raízes separadas do solo para medição da matéria seca das mesmas (b). ....	32
Figura 12. Coeficientes de uniformidade de distribuição de água (CUD) para as 5 linhas de gotejadores utilizadas na irrigação para aplicação de EET e as 3 com água (do córrego) aos 5 DAT e aos 140 DAT. ....	33
Figura 13. Coeficientes de uniformidade estatístico (CUE) para as 5 linhas de gotejadores utilizadas na irrigação para aplicação de EET e as 3 para água (do córrego) aos 5 DAT e aos 140 DAT. ....	34

## 1. INTRODUÇÃO

Com a crescente conscientização de que a água é um recurso natural limitado e de expressivo valor econômico, técnicas de uso sustentável e racional são cada vez mais difundidas, dentre elas, o uso de efluentes de esgoto tratado (EET). Para fins de irrigação o EET se destaca pelo reaproveitamento da água, pelo aporte de nutrientes e pelo fato de poder ser aplicada na agricultura, atividade responsável por cerca de 70% do consumo total de água no mundo (ALMEIDA, 2010).

Em 1992, ocorreram duas importantes iniciativas que impulsionaram as discussões sobre o reuso de água no Brasil. Uma delas se refere ao levantamento da Comissão de Estudos da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental e a outra diz respeito à Conferência sobre Desenvolvimento e Meio Ambiente, que recomendaram o reuso de efluentes e ao mesmo tempo, a instituição de políticas de gestão, a abordagem dos riscos à saúde pública e às boas práticas ambientais (SILVA et al., 2003).

Em outros países não é diferente, principalmente onde este recurso é mais escasso. Dentre os países onde há registro de utilização de técnicas de reuso está o Japão que, segundo histórico, desde 1994 vem utilizando principalmente as descargas sanitárias. Além dele, Israel, que é referência, onde cerca de 70% de todo esgoto gerado é tratado e reutilizado em diversas finalidades (BARROSO; WOLFF, 2011).

No Brasil a situação ainda não é satisfatória. Dados indicam que a infraestrutura sanitária no Brasil é deficiente, apresentando grande potencial poluidor e de aumento dos riscos de doenças. Pouco mais da metade dos municípios brasileiros possuem rede de coleta do esgoto bruto, sendo que deste total, apenas 28,5% possuem sistemas de tratamento (IBGE, 2008).

O acesso ao saneamento básico resultou em importantes mudanças como o comprometimento do país com as metas do milênio, que têm por objetivo reduzir pela metade a população sem acesso a rede de água e esgoto. A inauguração do ministério das cidades, cujas competências estão relacionadas ao desenvolvimento urbano abrangendo a melhoria do saneamento e o lançamento do programa de aceleração de crescimento, que prevê investimentos em infraestruturas de saneamento (IBGE, 2008).

Atualmente no Brasil, a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela Lei 9.433/97, abrange conceitos e objetivos que englobam o reuso da água ao citar os incentivos ao uso racional. Dentre as ferramentas da PNRH para controle do uso da água está a cobrança e a outorga do uso que não contemplam a água reciclada em nenhuma presunção que exija

qualquer concessão, estando o usuário livre para suprir suas demandas utilizando-se de efluentes (BRASIL-b, 1997).

Na legislação Brasileira não existem parâmetros que limitem a composição que o EET deve ter para ser utilizado pela agricultura, com isso, o que se tem feito é utilizar referências internacionais como a recomendação da FAO (1989) descrito em AYERS; WESTCOT (1991), que divide as águas utilizadas para irrigação de acordo com um potencial de restrição em: nenhuma, ligeira, modera e severa, de acordo com a condutividade elétrica (CE), total de sais em solução (SDT), relação de adsorção de sódio (RAS), sódio (Na), cloreto, boro (B), nitrogênio, bicarbonato e potencial hidrogeniônico (pH).

O reúso de águas domésticas já se tornou uma técnica bastante usual e com benefícios conhecidos, porém não há nenhuma normatização que regule seu uso, o que pode colocar em risco a saúde pública por conta das doenças de veiculação hídrica, além de causar danos ambientais devido ao seu potencial poluidor (ALMEIDA, 2010). Conhecendo-se os riscos inerentes, é de suma importância que o esgoto passe por tratamento prévio antes de sua reutilização, e ao mesmo tempo, que haja o controle das culturas a serem utilizadas e das exigências que cada uma possui (BARROSO; WOLFF, 2011).

Dentre as técnicas utilizadas para o tratamento de efluentes domésticos destacam-se os tanques sépticos, lagoas de estabilização, reatores anaeróbios e leitos cultivados, por apresentarem simplicidade de construção, fácil gerenciamento, pouca mecanização, baixo custo e por serem baseados em mecanismos naturais de purificação (FRANÇA et al., 2014).

Vários autores (FONSECA, 2005; SANDRI et al., 2009; VARALO et al., 2010), em seus estudos com aplicação de efluente de esgoto tratado (EET), identificaram alterações de vários atributos do solo irrigado com EET, como da condutividade elétrica (CE), sódio, dentre outros. Estes e outros estudos sugerem que, apesar de terem teores de sais menores no efluente tratado do que no efluente bruto, ao se utilizar EET é necessário ter o cuidado de cultivar plantas que não sejam muito susceptíveis a solos salinos, como cevada e algodoeiro que toleram condutividade elétrica (CE) no solo de até 7,7 e 8,0 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente, evitando culturas mais sensíveis como nabo, alface e pimentão, que toleram 0,9, 1,0, e 1,5 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente (AYERS; WESTCOT, 1991).

Os efluentes podem ser utilizados na agricultura como complementar da nutrição das plantas. Cunha et al. (2014), ao utilizar efluentes domésticos no cultivo de tomate de mesa obtiveram economias entre 65,38 até 100% de cálcio, sulfato, cobre e molibdênio. Vários

benefícios são conhecidos pelo uso do EET aplicado ao solo, como ganho de produtividade, ganho de massa e melhoria física e química do solo (SILVA et al., 2014).

Manejar adequadamente a irrigação pode gerar excelentes produtividades, qualidade de frutos e uso racional dos insumos básicos. Na cultura do pimentão este manejo torna-se ainda mais importante, pois seu desenvolvimento e crescimento são afetados pelo déficit hídrico, fator mais limitante da produção mundial. Outro fator que deve ser bem dominado na cultura do pimentão é a fertirrigação, sendo que sua ausência pode gerar inviabilidade econômica em alguns casos, ao mesmo tempo, é uma planta sensível a solos salinos. O pimentão (*Capsicum annuum L.*) se destaca devido aos lucros econômicos da cultura e sua importância nutricional (PADRON et al.,2015).

Soluções devem ser buscadas para minimizar questões de déficit hídrico, dentre elas o uso de EET, que tem grande potencial para uso agrícola, porém se utilizado de forma inconsequente pode gerar consequências prejudiciais ao sistema de irrigação, solo, planta, recursos hídricos e usuários. Portanto, são essenciais o monitoramento e a indicação de técnicas de manejo apropriadas em função de vários aspectos, dentre eles, a composição do efluente e efeitos sobre os atributos químicos do solo.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

O objetivo deste trabalho é avaliar a condução do cultivo a campo da cultura do pimentão amarelo, comparando aspectos do solo, da planta e do sistema de irrigação sob tratamentos irrigados por um sistema de gotejamento com água de córrego e com EET advindo dos sanitários e refeitório da Fazenda Água Limpa de propriedade da Universidade de Brasília.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Avaliar o desenvolvimento das raízes, altura e diâmetro da copa das plantas de pimentão;
- Quantificar o peso, o perímetro, a altura e a produção dos frutos;
- Estimar a quantidade de nutrientes adicionados ao solo pela aplicação do EET;
- Avaliar alterações de alguns atributos físicos e químicos do solo;
- Estimar índices de uniformidade de distribuição de água dos gotejadores no início e final do ciclo do pimentão.

### **3. REVISÃO DE LITERATURA**

#### **3.1. Tratamento e Reúso de Efluente na Agricultura**

##### **3.1.1. Tratamento de Efluente e Composição dos Esgotos**

Os efluentes de esgoto provêm de locais como sanitários, cozinha, banhos, lavagem de roupa, dentre outros. Este efluente passa pelo processo de tratamento primário como em biodigestores e opcionalmente pelo tratamento secundário como leitos cultivados, lagoas de estabilização, dentre outros e, às vezes, tratamento terciário. A composição destes efluentes possui aproximadamente 99,9% de água e o restante, de sabão, fezes, resíduos alimentares, sais, microrganismos, compostos orgânicos e inorgânicos (JORDÃO; PESSOA, 2009).

Dentre as distintas etapas de tratamento, o tanque séptico é bastante conhecido e tem por objetivo a remoção de matéria orgânica fazendo uso de sedimentação, de digestão anaeróbia da matéria orgânica e do adensamento do lodo de esgoto. Estes processos ocorrem de forma que os sólidos sedimentáveis ficam retidos no fundo do tanque formando um lodo e os óleos, graxas e matérias leves e flutuam gerando uma camada de espuma. O esgoto que segue, passa a ter cerca de 70% a menos de sólidos sedimentáveis e deve seguir preferencialmente para um pós-tratamento ou para destino final (SOUZA et al., 2009).

Para tratamento secundário, podem-se utilizar os leitos construídos e cultivados com plantas macrófitas, alternativa de sistema simples que envolve baixos custos e não necessita de mão de obra qualificada. Este sistema não produz lodo de esgoto e nem utiliza adição de substâncias químicas, uma vez que apenas o esgoto é exposto em tanques preenchidos com substrato, normalmente inerte e às macrófitas que irão filtrá-lo em suas raízes, reduzindo a carga de nutrientes, de sedimentos e de substâncias químicas (BRASIL et al., 2007) e de microrganismos.

A Tabela 1 apresenta os parâmetros necessários para o lançamento em corpos hídricos estabelecidos por BRASIL-a (2011).

Tabela 1. Condições de lançamento de efluentes conforme Resolução do Conama n. 430/2011.

Parâmetro	Condição de lançamento de efluentes
pH	Entre 5 e 9
Temperatura	Inferior a 40 °C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3 °C na zona de mistura
Materiais sedimentáveis	Até 1 mL L <sup>-1</sup> em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes
Regime de lançamento	Vazão máxima de até 1,5 vezes a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente
Óleos e graxas	Óleos Minerais: até 20 mg L <sup>-1</sup> Óleos vegetais e gorduras animais: até 50 mg L <sup>-1</sup>
Materiais flutuantes	Ausência
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	Remoção mínima de 60% de DBO sendo que este limite só poderá ser reduzido no caso de existência de estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor.

Fonte: BRASIL-a (2011).

Assumpção et al. (2011), em estudos utilizando leito cultivado com *Thypha sp* antecedido de tanque séptico e filtro anaeróbico no tratamento de efluentes gerados por uma universidade, relataram boa eficiência de reduções nos parâmetros de NH<sub>3</sub> (21,7%), NO<sub>3</sub> (31,1%), turbidez (63,0%), Fósforo (20,3%), DBO (46,0%), DQO (29,7%) e coliformes termotolerantes (44,0%).

### 3.1.2. Atributos na Água de Irrigação

Para irrigar adequadamente uma cultura é necessário que os atributos presentes na água estejam dentro de limites aceitáveis. Por muito tempo, devido à abundância deste recurso, o aspecto da composição da água foi deixado de lado. Porém, hoje, como a quantidade das águas naturalmente disponíveis e adequadas para consumo têm, em geral, destinos mais nobres, uma opção que cabe à agricultura é recorrer à águas de qualidade inferior.

Na irrigação, o principal limitante da água é a quantidade e o tipo de sais nela dissolvidos, sendo que quanto mais sais, maior o problema para o solo e para as culturas, pois este irá se acumular ao longo do tempo (AYERS; WESTCOT, 1991). Problemas resultantes de atributos inadequados da água dependem do clima, do solo e do manejo do sistema, não existindo limite único de atributos da água. Tais problemas podem ser divididos em quatro mais comuns: a salinização, que pode reduzir a disponibilidade de água para as culturas; altos teores de sódio (Na) somado a baixos teores de cálcio (Ca), que podem afetar a infiltração de água; excesso de íons como Na, cloretos e boro (B) (Tabela 2) e outros problemas referentes ao excesso de nutrientes que podem reduzir o rendimento da cultura.

Tabela 2. Grau de restrição de uso de atributos da água para irrigação.

Problema potencial	Unidade	Grau de restrição para uso		
		Nenhuma	Ligeira ou moderada	Severa
<b>Salinidade</b>				
CEa	dS m <sup>-1</sup>	< 0,7	0,7 - 3,0	> 3,0
TSD**	mg L <sup>-1</sup>	< 450	450 – 2000	> 2000
<b>Infiltração</b>				
	CEa (dS m <sup>-1</sup> )			
RAS*** entre 0 – 3	(mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> ) <sup>1/2</sup>	> 0,7	0,7 - 0,2	< 0,2
RAS entre 3 – 6	(mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> ) <sup>1/2</sup>	> 1,2	1,2 - 0,3	< 0,3
RAS entre 6 – 12	(mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> ) <sup>1/2</sup>	> 1,9	1,9 - 0,5	< 0,5
RAS entre 12 - 20	(mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> ) <sup>1/2</sup>	> 2,9	2,9 - 1,3	< 1,3
RAS entre 20 - 40	(mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> ) <sup>1/2</sup>	> 5,0	5,0 - 2,9	< 2,9
<b>Íons Tóxicos</b>				
Na (por superfície)	mg L <sup>-1</sup>	< 29	29 – 207	> 207
Na (por aspersão)	mg L <sup>-1</sup>	< 29	> 29	
Cl (por superfície)	mg L <sup>-1</sup>	< 142	319,5 - 355	> 355
Cl (por aspersão)	mg L <sup>-1</sup>	< 106,5	> 106,5	
B	mg L <sup>-1</sup>	< 0,7	0,7 - 3,0	> 3,0
<b>Outros</b>				
N	mg L <sup>-1</sup>	< 5,0	5,0 – 30	> 30
HCO <sub>3</sub>	mg L <sup>-1</sup>	< 91,5	91,5 – 518,5	< 518,5
pH	Faixa normal entre 6,5 e 8,4.			

\*CEa – Condutividade Elétrica em água.

\*\*TSD – Total de Sólidos Dissolvidos.

\*\*\*RAS – Relação de adsorção de Sódio, definida em revisão bibliográfica.

Fonte: (AYERS; WESTCOT, 1991).

Segundo Almeida (2010), para a avaliação dos atributos da água deve ser considerado, principalmente a salinidade, levando em conta a salinidade, a toxicidade e a sodicidade, conforme Tabela 3.

Tabela 3. Atributos da água para aplicação na irrigação.

Parâmetros	Unidade	Intervalo Usual
Salinidade		
CEa	dS m <sup>-1</sup>	0 - 3
TSD	mg L <sup>-1</sup>	0 - 2.000
Cátion e Ânions		
Ca	mg L <sup>-1</sup>	0 - 400
Mg	mg L <sup>-1</sup>	0 - 60
Na	mg L <sup>-1</sup>	0 - 529
CO <sub>3</sub>	mg L <sup>-1</sup>	0 - 3
HCO <sub>3</sub>	mg L <sup>-1</sup>	0 - 610
Cl	mg L <sup>-1</sup>	0 - 1065
Nutrientes		
NO <sup>3</sup> -N	mg L <sup>-1</sup>	0 - 10
NH <sup>4</sup> -N	mg L <sup>-1</sup>	0 - 5
PO <sup>4</sup> -P	mg L <sup>-1</sup>	0 - 2
K	mg L <sup>-1</sup>	0 - 2
Outros		
B	mg L <sup>-1</sup>	0 - 2
pH		6 - 8,5
RAS	(mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> ) <sup>1/2</sup>	0 - 15

Fonte: (ALMEIDA, 2010).

### 3.2. Efeitos do Uso de Efluente no Solo

#### - Potencial Hidrogeniônico

O potencial hidrogeniônico (pH) indica a atividade de íons H<sup>+</sup> livres em determinada solução, portanto, quanto mais H<sup>+</sup>, mais ácido será o meio. Interpretando esta teoria em uma análise de solo, isso indica que quanto menor o pH, mais íons H<sup>+</sup> e menos íons de magnésio, sódio, potássio e cálcio este solo terá, sendo o oposto também é verdadeiro (PRIMAVESI, 2002).

O pH da água de irrigação pode afetar o pH do solo e assim tornar-se prejudicial as plantas. Os solos brasileiros, em sua maioria, são considerados naturalmente ácidos e para grande parte das culturas a faixa ideal de pH está situada entre 6,00 e 7,00, condição na qual há uma disponibilidade de nutrientes mais equilibrada (MARTINS, 2005).

Silveira (2004), ao aplicar EET tratado por lagoa anaeróbica na cultura do milho durante uma safra em um sistema de inundação identificou redução nos valores de pH de 7 para 5,3, 6 para 5,3 e 6 para 5,1 nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 60 cm, respectivamente. Estes resultados se reverteram após a terceira safra nas profundidades de 0 a 10 e 10 a 20 cm, registrando aumento de 23 e 10 %, respectivamente, permanecendo uma redução de apenas 7% para a profundidade de 20 a 60 cm.

Os efluentes domésticos apresentam pH mais altos que a maioria dos solos brasileiros e acrescentam íons a ele, por conta disto não representam risco de prejudicar o solo.

#### **- Nitrogênio (N), carbono total (CT) e matéria orgânica (MO)**

Martins et al. (2009), cultivando cana de açúcar irrigada com EET por lagoa anaeróbica e facultativa, verificaram nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20, 20 a 30 e 30 a 40, redução de 0,97 para 0,88, 0,96 para 0,86, 0,74 para 0,70, 0,64 para 0,54 0,54 para 0,53 0,46 para 0,42, respectivamente nos teores de CT. Esta redução é semelhante aos encontrados por Fonseca (2005) e Nogueira et al. (2009), ambos cultivando capim tifton. Garcia et al. (2012) também registraram aumento pela aplicação de EET em vasos cultivados com capim marandu e tifton. Estas reduções são atribuídas ao curto período que os projetos são conduzidos sendo que ao disponibilizar matéria orgânica há, por conseguinte, o aumento de microrganismo que irão consumi-la.

O teor de MO foi discrepante do encontrado por Nichele (2009), no cultivo de milho irrigado com EET em reator anaeróbico por 180 dias, em sulco, obtendo aumento de 9 para 15 g kg<sup>-1</sup> nas amostras de 0 a 20 cm. SILVEIRA (2004), também cultivando milho, porém, irrigando com EET tratado com lagoa anaeróbica ao longo de 3 ciclos da cultura e com irrigação por inundação, constatou redução de 12 para 7,8 g kg<sup>-1</sup> na MO do solo.

Já o N possui um padrão mais estável de aumento, em que Medeiros et al. (2005) registraram aumentos de 0,8 para 0,10 dag kg<sup>-1</sup> à profundidade de 40 a 20 cm, estando próximo ao aumento de 2,8 para 3,0 cmol dm<sup>-3</sup> identificado por Sandri et al. (2009) na profundidade de 0 a 20 cm em dois ciclos de alface cultivados em EET oriundo de uma universidade.

#### **- Fósforo (P)**

O acréscimo de fósforo (P) com a utilização de EET não é preocupante, pois em solos de Cerrado este nutriente é um dos mais deficientes, sendo o maior limitante no crescimento das plantas. Além disso, possuem alto poder de fixação no solo, deixando-o indisponível para às plantas (YAMADA; ABDALLA, 2004).

O acréscimo de P é uma das vantagens do sistema de reuso, pois, os efluentes têm elevados teores deste nutriente. Sandri et al. (2009) constataram aumento de fósforo no solo cultivado por dois ciclos da alface de 98% na profundidade 10 a 20 cm irrigado com EET oriundos de uma universidade, já Fonseca (2005) registrou 100% de aumento na profundidade de 80 a 100 cm, cultivando Tifton com uso de EET.

A mobilidade do fósforo no solo é considerada desprezível pois este elemento é firme altamente aderido as partículas do solo, sendo as perdas por fosforo mais comuns em locais com erosão (Maggi et al.).

#### **- Potássio (K)**

O potássio (K) é demandado em altas quantidades pelas plantas, por conta disso não é um íon que pode tornar-se tóxico, com facilidade, nos solos de Cerrado. Uma grande contribuição do potássio na irrigação com EET é o antagonismo com o sódio, que se torna tóxico facilmente e que está presente em altas quantidades nos efluentes (RIBEIRO et al., 1999)

Medeiros et al. (2005) concluíram em suas pesquisas utilizando irrigação com EET que, apesar da grande quantidade de potássio existente no efluente, as quantidades acrescentadas ao solo não são suficientes devido à alta demanda da cultura, neste caso o café.

O uso de efluentes com altos índices de K, Na e  $\text{NH}_4^+$  deve ser cauteloso pois podem deslocar o Ca e Mg dos sítios de troca tornando-os mais susceptíveis a lixiviação. O solo apresenta baixa reatividade com o K sendo que altas mobilidades são comuns (Maggi et al.).

#### **- Cálcio ( $\text{Ca}^+$ ) e magnésio (Mg)**

O solo adsorve o magnésio (Mg) em quantidades muito superior ao sódio e um pouco inferior ao cálcio (Ca), sendo o efeito maléfico do  $\text{Na}^+$  mais intenso quando a relação Ca/Mg é menor do que 01 (um). É evidenciada a redução na produtividade de algumas culturas quando expostas a altos teores de magnésio, tal fato pode ser explicado pela deficiência de cálcio induzida pelo excesso de magnésio trocável (AYERS; WESTCOT, 1991). Os mesmos autores relacionam o cálcio com os cátions totais, sendo que este valor deve permanecer entre 0,10 e 0,15. Apesar de afirmar que ambas as relações não podem ser definidas como um parâmetro para avaliação das propriedades da água de irrigação, mas são indicadores de que esta água pode ser prejudicial e exige atenção.

Romeiro (2012) conclui que a aplicação de EET não supre a necessidade de Ca das plantas, sendo a calagem utilizada para complementar. Em seus experimentos não verificou alterações estatisticamente significativas nos teores de Ca, contrário aos resultados obtidos por outros autores como Fonseca (2005), que, por sua vez, identificou diferenças estatísticas em um primeiro momento, mas notou que esta concentração se reduz ao longo do tempo, sendo necessário suprir a necessidade de cálcio com outras fontes.

### **- Enxofre (S)**

Sandri et al. (2009) e Medeiros et al. (2005) evidenciaram em um Latossolo e um Cambissolo, respectivamente, aumento de enxofre ao aplicar EET, concluindo que o aumento não é maior por conta de sua fácil lixiviação no solo, mas que a contribuição de S é uma das vantagens do sistema de reuso.

### **- Boro (B)**

Para irrigação de pastagens foram testados efluentes domésticos que continham entre 0,7 e 2,5 mg L<sup>-1</sup> de boro durante dois anos e concluiu-se que, aparentemente, em curto e médio prazo, não há potencial de toxicidade no uso dessa água em pastos (FONSECA, 2005). Em experimentos conduzidos com alface, cv. Elisa, após dois ciclos da cultura com níveis de boro variando entre 0,1 e 0,3 mg L<sup>-1</sup>, não foi identificada nenhuma alteração nos níveis desse atributo no solo (SANDRI et al., 2009).

Os parâmetros que avaliam o boro estão muito inferiores aos padrões de lançamento em corpos hídricos, dos padrões da FAO e dos citados por Almeida (2010). Em geral, as águas de efluentes domésticos não apresentaram níveis elevados de boro, porém, níveis baixos, como 0,7 mg L<sup>-1</sup> indicados pela FAO, podem restringir o uso de águas para a irrigação, ainda que não possuam potencial poluidor.

### **- Cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e molibdênio (Mo)**

Há grande variação na concentração de micronutrientes nos EET devido ao tipo de tratamento, por exemplo, as lagoas de estabilização possuem maior pH por conta da proliferação de algas e por conseguinte menor disponibilidade dos cátions e também há uma grande variação por conta da origem deste efluente, variação esta que não é tão evidenciada em macronutrientes por conta de pequenas variações não terem tanta importância (NICHELE, 2009).

Metcalf; Eddy (1991) apresentam as concentrações máximas de alguns micronutrientes na água de irrigação, sendo: Cobre = 0,2 mg L<sup>-1</sup>; Ferro = 5 mg L<sup>-1</sup>; Manganês = 0,2 mg L<sup>-1</sup> e Zinco = 2,0 mg L<sup>-1</sup>.

Firme (2007) cultivando cana de açúcar irrigada com EET por lagoa anaeróbica e facultativa por gotejamento evidenciou redução nos teores de cobre, ferro e manganês e aumento nos teores de manganês, mesmo em curto período de aplicação.

### **- Condutividade elétrica (CE)**

Sandri et al. (2009) quantificaram a CE de  $0,04 \text{ dS m}^{-1}$  em águas de represa e  $0,63 \text{ dS m}^{-1}$  em efluentes tratados com tanques sépticos seguidos de leitos cultivados, avaliando que estas águas aplicadas durante dois ciclos de alface geraram aumento da CE no solo durante o primeiro ciclo e no segundo houve redução, provavelmente, devido a mobilidade dos sais no solo após período chuvoso.

Duarte et al. (2008) utilizaram para irrigação pimentão, que é uma cultura considerada sensível a salinização, águas que variaram a CE entre  $0,04 \text{ dS m}^{-1}$  e  $0,60 \text{ dS m}^{-1}$ , potável e residuária, respectivamente e não identificaram, em nenhum dos casos, alterações estatisticamente significativas nos níveis de sais no solo.

A CE assim como todos outros parâmetros ligados a salinidade são muito dependentes do manejo utilizado, em que, as concentrações de sais no solo aumentam conforme a cultura elimina água através da transpiração e os níveis abaixam quando são lixiviados. Valores de CE acima de  $3,0 \text{ dS m}^{-1}$  podem trazer danos às plantas dependendo do tipo de solo, sendo que águas com teores altos de CE exigem um monitoramento constante do solo para evitar degradações. Os teores de efluentes domésticos estão seguramente aquém dos considerados restritivos, porém, em função do seu potencial poluidor devem sempre ser considerados e mensurados.

### **- Sódio (Na) e Razão de absorção de sódio (RAS)**

O monitoramento do sódio em solos que recebem efluente doméstico tratado é essencial para a sustentabilidade do sistema. Ressalta-se, no entanto, que experimentos de aplicação de águas com elevados teores de sódio em solos arenosos não causaram sodificação devido à fácil lixiviação. Apesar disso, é importante considerar que, dependendo do tipo de solo até mesmo águas de reservatório podem causar aumento do teor de sódio (ALMEIDA, 2010).

Sandri et al. (2009), ao aplicarem concentrações entre  $4$  e  $1 \text{ mg L}^{-1}$  de sódio em dois ciclos de alface, cv. Elisa, via irrigação por aspersão, gotejamento superficial e gotejamento subterrâneo, constataram que durante o primeiro ciclo da cultura apenas a irrigação com  $1 \text{ mg L}^{-1}$  em gotejamento superficial não causou alteração estatisticamente significativa. Ao ponto que no segundo ciclo da cultura, apenas na irrigação por aspersão com EET, contendo  $4 \text{ mg L}^{-1}$  de sódio, apresentou diferença significativa em relação ao teor presente no solo durante o primeiro ciclo.

Como a problemática causada pelo sódio é dependente de outros fatores, os resultados obtidos pela RAS são mais confiáveis e substituem a análise simplória do elemento de forma

isolada, dividindo a concentração de Na pela raiz quadrada de  $(Ca + Mg)/2$  (AYERS; WESTCOT, 1991). Miranda et al. (2008) mostraram redução de Mg e Ca e consequente aumento de sódio trocável quando utilizadas águas de efluentes tratados no cultivo de melão.

#### **- Saturação por bases (V), soma de bases (SB) e capacidade de troca catiônica (CTC)**

A CTC é a quantidade de cátions, sendo que este parâmetro pode ser entendido como CTC total se todos os cátions forem considerados ou CTC efetiva quanto o íon  $H^+$  não é considerado (RONQUIM, 2010).

Gloaguen (2005), ao utilizar EET no cultivo de milho e girassol encontrou aumento na SB, na V% e na CTC, atribuindo o aumento destes valores principalmente ao aumento de  $Na^+$ .

Silveira (2004), ao utilizar EET no cultivo do milho por três safras constatou que após períodos de seca e chuva, a SB se manteve praticamente constante e na CTC houve aumento, porém, o autor salienta que por conta da calagem, este aumento não pode ser atribuído ao EET em sua íntegra.

### **3.3. Cultura do Pimentão**

O pimentão compõe a família solanácea, originário das Américas onde possui forma silvestre encontrada desde o norte do Chile ao sul dos Estados Unidos. Possui melhor desenvolvimento em temperaturas entre 19 e 21 °C e não possui resistência a geadas e frio intenso que causa falhas na germinação, no desenvolvimento inicial e na emergência. É facultativa de dias curtos, se desenvolvendo e produzindo em qualquer duração de luz por dia, mas em dias mais curtos o ciclo se completa mais rapidamente (VIEIRA et al., 2009).

Segundo Ayers; Westcot (1991), a cultura do pimentão é considerada moderadamente sensível ao boro, tolerando entre 1,0 e 2,0 mg L<sup>-1</sup> e também moderadamente sensível aos efeitos de salinidade do solo, tolerando uma CE entre 1,0 e 3,0 dS m<sup>-1</sup> para se manter expressando 100% de seu rendimento.

Os melhores rendimentos da cultura estão em locais de precipitação variando entre 600 e 1200 mm, sendo ideal que as chuvas sejam bem distribuídas na fase de crescimento e quando ocorrem no período de floração podem provocar queda das flores. O solo que a planta mais se adapta é de textura média, bem drenado e pH entre 5,5 e 6,8 (VIEIRA et al., 2009).

De acordo com a Agência Embrapa de Informação Tecnológica (AGEITEC, 2015), o desenvolvimento das plantas de pimentão apresenta forte relação com a temperatura do ar, sendo ideais as temperaturas mais altas, já que essa cultura tem baixa tolerância ao frio. Além

disso, essas plantas são exigentes em luminosidade ao longo de todo o ciclo, quanto insuficiente pode causar estiolamento das plantas. O florescimento do pimentão tem seu desenvolvimento pleno com temperaturas entre 21 e 27 °C, ocorrendo queda de flores, falha no pegamento de frutos e no seu desenvolvimento em temperaturas abaixo de 15 °C ou acima de 35 °C, sendo a temperatura ideal para desenvolvimento em torno de 19 a 21 °C. As altas temperaturas podem ser amenizadas por altas taxas de umidade, não podendo ultrapassar 40 °C e, durante a floração, a umidade relativa do ar deve oscilar entre 50 e 70%.

O Distrito Federal lidera a produção de pimentão no Brasil, sendo os núcleos rurais de Pipiripau e Taquara, localizados em Planaltina, os maiores polos de produção. Nestes locais a produção é realizada em sistemas tecnificados, sendo que o maior percentual produzido é, cultivado em ambiente protegido. O cultivo do pimentão é fundamental para a economia local e abastece outros estados brasileiros da região Norte e há exportação para a Argentina e Estados Unidos (AGRO-CIM, 2009).

### **3.4. Sanidade dos Frutos**

No Brasil as normas de padrões microbiológicos de hortaliças são estabelecidas pela Agencia Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) que limita a avaliação da qualidade dos alimentos em no mínimo cinco amostras, sendo que destas no máximo duas podem apresentar até  $10^2$  org g<sup>-1</sup> de coliformes termotolerantes em qualquer das amostras.

Souza et al. (2006) ao aplicar efluentes no cultivo do pimentão verificou que os tratamentos que utilizaram esgoto bruto e tratamento com reator ultrapassaram o limite estipulado pela ANVISA, sendo que o manejo com efluente oriundo do tratamento com lagoa de polimento apresentou resultados satisfatórios, todos os tratamentos foram irrigados por sulco. Rego (2005) em seus estudos cultivando melancia irrigada com EET através de gotejamento não identificou presença de *Salmonella* sp. e níveis de Coliformes fecal dentro do aceito.

### **3.5. Manejo da Irrigação**

As condições climáticas, o tipo de irrigação e de manejo adotado afeta de forma direta a necessidade de água das culturas. A demanda por água na cultura do pimentão irá variar entre 450 e 650 mm. Devido a peculiaridade dos diferentes ciclos desta planta é impraticável estabelecer apenas um coeficiente para a cultura (Kc), sugerindo para irrigação por gotejamento sem mulching, Kc de 0,4 durante o pegamento de mudas/vegetativo, 0,7 durante a

floração/frutificação, 1,05 durante a produção plena e 0,85 no declínio de produção (MAROUELLI; SILVA, 2012).

Ainda de acordo com os autores acima, dentre os sistemas de irrigação o gotejamento se destaca no cultivo do pimentão, pois além de ser mais econômico quanto ao consumo de água, energia e mão de obra, possui maior uniformidade de aplicação de água, é versátil quanto o relevo e o tipo de solo, interfere menos no nível de doenças das partes aéreas e é mais fácil de se trabalhar com sistemas automatizados e de fertirrigação. Porém o sistema tem maior custo inicial de instalação e maior incidência de problemas de entupimento, fato este que pode ser agravado pelo uso de EET.

O cultivo de pimentão possui períodos onde o déficit hídrico acarreta em baixa na produtividade e na qualidade dos frutos e períodos onde um déficit não muito acentuado não reflete grandes perdas na produção. Segundo GOTO; TIVELLI (1998) os períodos do transplântio ao florescimento se submetidos a déficit hídrico comprometem menos a cultura do pimentão, enquanto o período onde os frutos estão sendo formados e se desenvolvem é o mais sensível.

## **4. METODOLOGIA**

### **4.1. Local do Experimento**

O trabalho foi desenvolvido na Fazenda Água Limpa (FAL), da Universidade de Brasília, DF, localizada nas coordenadas 15°56' a 15°59' S e 47°55' a 47°58' W. A altitude média é de 1100 m, e conforme a classificação de Köpen, apresenta clima do tipo Aw, sendo caracterizado por duas estações bem definidas, uma quente e chuvosa, que ocorre de outubro a abril e outra fria e seca de maio a setembro (NIMER, 1989).

A temperatura média entre os anos de 1993 a 2013 foi de 22,1°C com precipitação média anual de 1468,6 mm. O solo é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico segundo o sistema brasileiro de classificação de solos (EMBRAPA, 2013), textura muito argilosa e situada em relevo plano. O solo caracteriza-se de ácido a muito ácido, com alto teor de alumínio e baixos teores de cálcio e magnésio (LIBANO; FELFILI 2006).

A área do experimento recebeu dois cultivos de soja preta, sendo o último deles incorporado ao solo quando a cultura estava na fase de colheita, o que ocorreu cerca de 40 dias antes do transplântio das mudas de pimentão amarelo em campo.

## 4.2. Delineamento Experimental

Foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados, com seis tratamentos e quatro repetições (Figura 1), conforme a seguir.

T1) solo sem adubação e irrigado com água de córrego – testemunha (Ic);

T2) solo sem adubação e irrigado com EET (Ie);

T3) Solo com adubação de cobertura e irrigado com EET (AcIe).

T4) Solo com adubação de base e irrigado com água de córrego (AbIc);

T5) Solo com adubação de base e irrigado com EET (AbIe)

T6) Solo com adubação de base e de cobertura e irrigado com EET (AbAcIe).

Os tratamentos foram distribuídos por sorteio dentro da área experimental proposta, onde cada parcela é constituída por quatro linhas de plantio com 5 plantas cada uma, considerando-se úteis para a análise às plantas das duas linhas centrais, excluindo as plantas das extremidades, resultando em 6 plantas úteis por parcela e 24 por tratamento. O espaçamento entre plantas é de 0,50 m e entre linhas de 0,80 m sendo que cada parcela tem 3,0 m por 2,8 m (8,4 m<sup>2</sup>) de área. A distribuição dos tratamentos e o esquema de irrigação são mostrados na Figura 1.

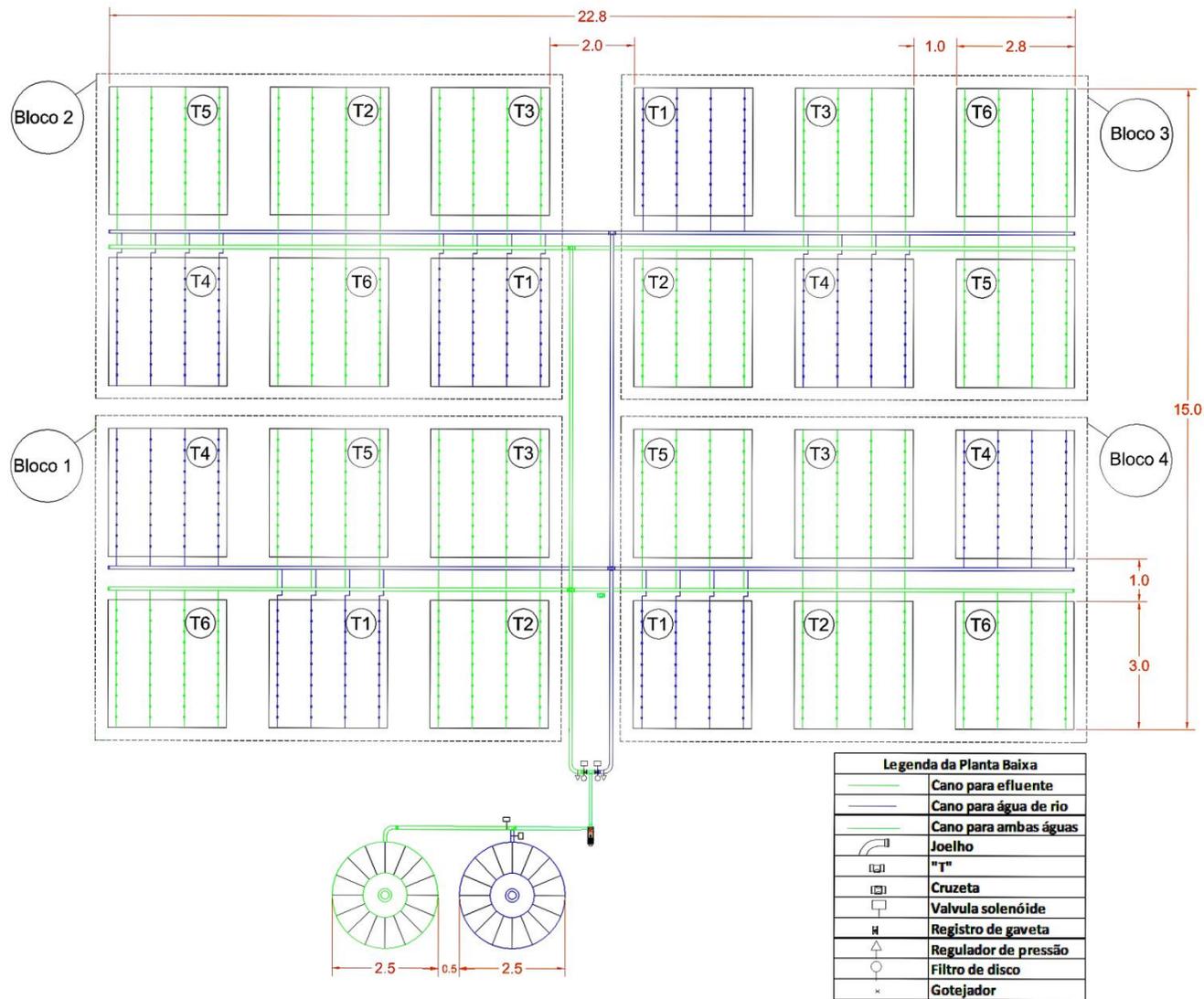


Figura 1. Croqui do experimento com indicação dos equipamentos de irrigação e distribuição dos tratamentos nos blocos.

### 4.3. Cultivar de Pimentão, Formação das Mudanças e Transplântio

Foi utilizada uma cultivar de pimentão (*Capsicum annuum* L.), o híbrido Canário F1, de propriedade da Agrocinco. É indicada para cultivo em campo aberto e estufa, gerando plantas de característica vigorosa com entrenós curtos e frutos de bom valor comercial com de parede espessa, coloração amarela intensa, medidas uniformes de 15 por 8 cm, comprimento por altura, e tolerância ao Vírus “Y” da batata (PVY) (GALHARDO, 2016).

Quando conduzido a campo aberto o híbrido Canário F1 tem o porte de planta de 1,40 m de altura, com ciclo de aproximadamente 40 dias na bandeja e 120 dias em campo. Sua produção pode chegar até 0,4 caixas, equivalentes a aproximadamente 13 kg, por planta, ou uma produtividade no espaçamento de 0,5 m entre planta e 0,8 m entre linha de 49 t ha<sup>-1</sup>. Para obter melhor rendimento de frutas coloridas deve-se retirá-las da planta quando atingirem 55 a 60% de cor amarela, levar para local sombreado e fresco e cobrir com manta para que amadureça uniformemente (GALHARDO, 2016).

As mudas foram obtidas em viveiro especializado de Planaltina - DF, em bandejas de isopor com 128 células, com o substrato acrescido de vermiculita. O transplântio foi realizado no dia 12 de setembro de 2015, quando as mudas tinham aproximadamente 15 cm de altura e 45 dias após a germinação.

### 4.4. Origem do Efluente

O esgoto bruto é oriundo do refeitório e dos sanitários coletivos da FAL/UnB, sendo que o tratamento consistiu de etapa primária, realizado por três tanques sépticos em série, constituídos de caixas de Policloreto de Vinila (PVC) com tampa rosqueável, cada uma com volume total de 5000 L. O tratamento secundário foi composto por quatro leitos retangulares de 6,5 x 2,5 x 0,5 m, volume total de 30,55 m<sup>3</sup> e sendo a porosidade do meio de suporte de 50%, resulta em volume útil de dos leitos 15,28 m<sup>3</sup>, sendo que três deles são cultivado com macrófitas, cada um com uma espécie, sendo elas: Taboa (*Typha spp*), Papiro-brasileiro (*Cyperus giganteus*) e Lírio do brejo (*Hedychium coronarium Koehne*) e um leito sem cultivo. Todo efluente tratado foi derivado para um reservatório com capacidade de 5000 L, onde se misturaram, sendo que parte foi utilizada na irrigação de pimentão e parte direcionado para valas de infiltração, como destino final.

#### 4.5. Sistema de Irrigação e Manejo

Para cada tipo de água instalou-se um cabeçal de controle composto de um filtro de disco de 125 microns, duas tomadas para manômetro, quatro registros de gaveta, dois by-pass e quatro válvulas solenoide para controle do início da irrigação, acionadas por um painel de irrigação, duas caixas de 1000 L, uma para cada tipo de água e uma motobomba de 1 CV (Figura 2). A irrigação foi realizada com turno de rega de dois dias, iniciada às 16h.



Figura 2. Visualização dos equipamentos utilizados para aplicação da água de irrigação.

A irrigação foi realizada por gotejamento superficial, utilizando fitas gotejadoras de 12 mm de diâmetro interno, gotejadores *in line* de fluxo turbulento, com vazão de cada emissor de  $1,3 \text{ L h}^{-1}$  na pressão de 15 kPa, espaçados de 0,30 m ao longo da linha e instalados a 0,05 m das plantas (Figura 3).



Figura 3. Disposição das fitas gotejadas em uma parcela cultivada com pimentão amarelo.

O diâmetro do bulbo molhado foi de 0,48 m, gerando, por gotejador, área umedecida do bulbo sem sobreposição de  $0,18 \text{ m}^2$ . Assim, considerando a existência de 10 gotejadores numa mesma linha lateral, se obteve uma área molhada em faixa de  $1,44 \text{ m}^2$ , resultando em a área molhada total do experimento de 68,5%. No entanto, observando que a tensão de água no solo

registradas nos tensiômetros durante o cultivo estavam adequadas à cultura do pimentão de acordo com Marouelli e Silva (2012), optou-se por aplicar a lâmina de irrigação equivalente a ETc, ou seja, não houve correção da lâmina de irrigação devido ao não umedecimento de toda a área do canteiro.

A demanda hídrica da cultura foi estimada considerando a evapotranspiração de referência (ETo), calculada com dados climáticos fornecidos por uma estação meteorológica localizada a 300 m do experimento, com exceção da velocidade do vento que foi obtida de anos anteriores. A ETo foi obtida pela Equação de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998).

O turno de rega foi de dois dias, em que a evapotranspiração da cultura (ETc) foi obtida pela Equação 1 e o tempo de irrigação pela Equação 2.

$$ETc = Kc \times ETo \quad (1)$$

Em que:

ETo = Evapotranspiração de referência (mm);

$$Ta = \frac{ETc - Pe}{V} \quad (2)$$

Em que:

Ta = Tempo funcionamento do sistema de irrigação (min.);

Pe = Precipitação efetiva no período de 2 dias (mm);

V = Lâmina aplicada (mm/min.).

Sendo V, a lâmina média de um emissor, em um minuto, multiplicado pela média do número de emissores de toda a área do experimento, no caso, 4 linhas de 10 gotejadores por canteiro com 10 gotejadores cada uma, que resulta em 960 gotejadores, dividido pela área total umedecida dos canteiros que é 201,6 m<sup>2</sup>.

Para acompanhar a umidade do solo e auxiliar no manejo da irrigação, foi estimada a quantidade de água existente no solo antes de cada irrigação, a partir de uma bateria de tensiômetros. Os tensiômetros foram instalados nas profundidades de 0,15 m e 0,40 m, ambos a 0,15 m da planta e na metade do bulbo molhado formado pelo gotejador. No total foram instalados 4 aparelhos por bloco ou 16 aparelhos em todo o experimento (Figura 4). A leitura da tensão foi feita com o uso de um tensímetro digital de punção com precisão de 0,01 kPa.



Figura 4. Tensímetro instalado na área do experimento.

#### 4.6. Tensão de Água no Solo e Lâmina de Irrigação

As tensões registradas nos tensiômetros foram utilizadas para conferir a exatidão da lâmina de irrigação aplicada ao longo do experimento, enquanto que o manejo propriamente dito foi realizado a partir de dados climatológicos. As tensões no solo a 10 cm de profundidade, utilizadas para aferir a irrigação, foram lidas momentos antes da aplicação da irrigação (turno de rega de 2 dias), apresentaram média de 16,65 kPa e na profundidade de 40 cm de 19,91 kPa (Figura 5).

Constatou-se que 69,33% das leituras de tensão durante o experimento apresentaram tensões acima de 10 kPa, que se considerou como a tensão de capacidade de campo para o solo do local, enquanto que 23% indicaram tensão inferior à 10 kPa, o que indica a não necessidade de irrigar. Já 17,33% dos registros das tensões foram acima de 25 kPa, indicando condição crítica para a cultura do pimentão, pois, segundo Marouelle e Silva (2012), utilizando o gotejamento, as irrigações devem ser realizadas a todo o momento que a tensão de água no solo atingir entre 10 kPa e 25 kPa. O menor valor é indicado para solos de textura grossa e/ou estádios mais críticos ao déficit de água (pegamento de mudas, floração/frutificação e produção plena (MAROUELLE; SILVA, 2012).

O valor infiltração básica (VIB) de água no solo foi de  $192 \text{ mm h}^{-1}$ , obtido em três locais na área, utilizando o infiltrômetro de anel. A partir da curva de retenção de água no solo (Figura 6), observou-se que a umidade do solo no ponto de murcha permanente (PM) foi de 21,2 % base peso (1.500 kPa) e a capacidade de campo (CC) de 28,9 % (10 kPa), a capacidade de água

disponível do solo considerando a profundidade efetiva das raízes de 0,30 m foi de 27,9 mm. Assim, considerando dados de CC e PM, as evapotranspirações da cultura e a precipitação efetiva ( $P_e$ ), estima-se que 110 mm de percolaram abaixo do sistema radicular, principalmente no mês de janeiro de 2016 (Figura 9).

Durante o ciclo do pimentão, o manejo da irrigação a partir dos dados climáticos obtidos em estação meteorológica, resultou em 58,66% dos dias com necessidade de realizar a irrigação, enquanto que 41,33% dos dias não foi necessário irrigar, em função de precipitações ocorridas (Figura 9). A lâmina total aplicada no período foi de 253,1 mm.

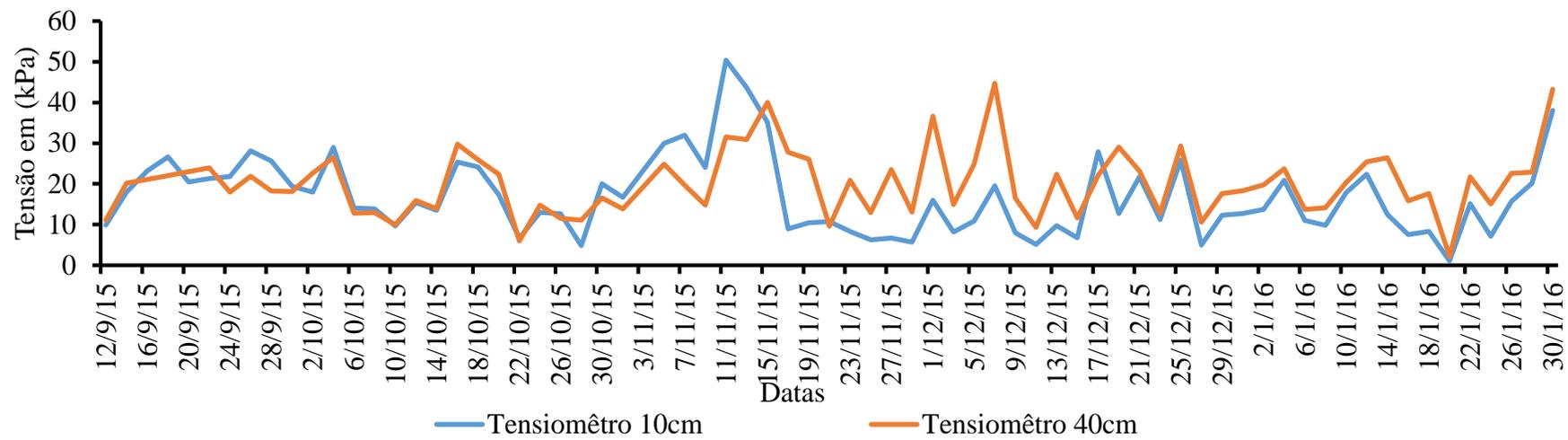


Figura 5. Tensões médias nas profundidades de 0,10 m e 0,40 m durante o período do experimento.

#### 4.7. Dados Físico-Hídricos do Solo

A determinação da umidade do solo é fundamental, pois influencia o volume de água nele armazenado e, por conseguinte, o volume de água a ser aplicada na irrigação, além de outros fatores como resistência a compactação. Diante de sua importância foi determinada a umidade do solo para cada tensão pelo método da centrífuga, utilizando amostras indeformadas coletadas na profundidade de 0,10 m, em cápsulas de volume e peso conhecidos. As tensões avaliadas na centrífuga foram as de 0, 1, 3, 6, 10, 33, 80, 400, 1000 e 1500 kPa (Figura 6).

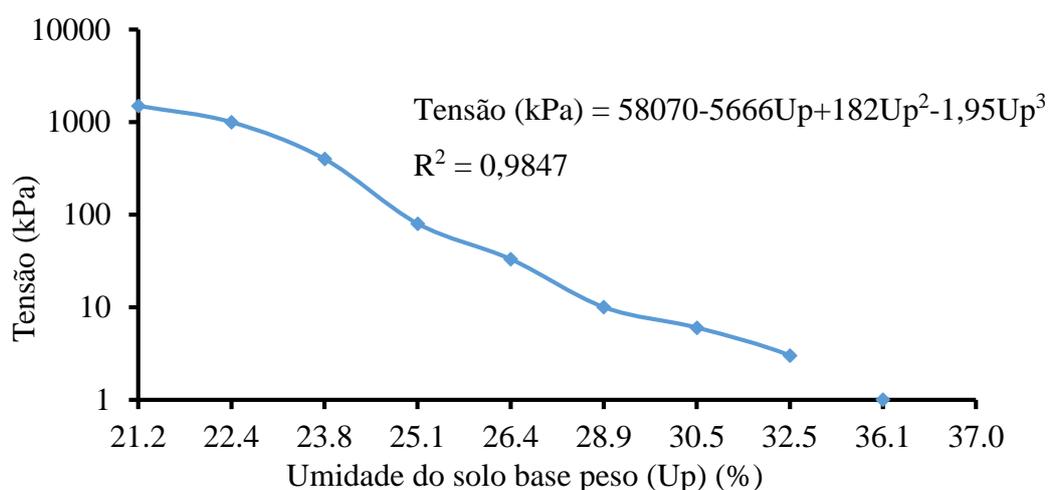


Figura 6. Curva de retenção de água no solo do local do experimento, determinado pelo método da centrífuga e equação de ajuste da curva.

#### 4.8. Dados Climatológicos

No presente estudo, verifica-se que durante o ciclo do pimentão, houve condições adversas, tanto de temperaturas baixas, onde em 46 dias do ciclo, as temperaturas mínimas foram inferiores a 15 °C, como de temperaturas muito elevadas, sendo que em 7 dias do ciclo, as temperaturas máximas foram acima de 35 °C. Nos períodos de floração e produção plena registrou-se umidade relativa do ar média abaixo da faixa adequada (50 a 70%) ao longo de 62 dias (Figura 7). Assim, o cultivo de pimentão teve interferência destes fatores, que apesar de não ter ocorrido estiolamento, apresentou queda de flores e falha no pegamento de frutos, reduzindo o desenvolvimento das plantas e prolongando o ciclo da cultura.

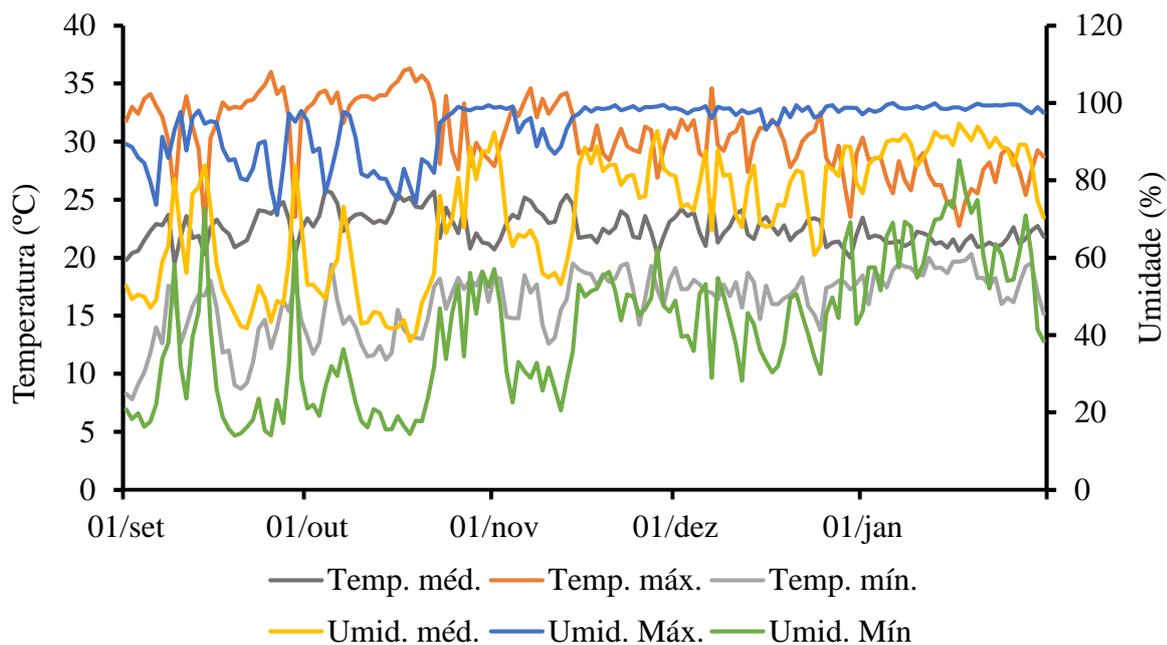


Figura 7. Dados climáticos durante o ciclo do pimentão amarelo obtidos na estação meteorológica da Fazenda Água Limpa (FAL) da UnB.

A ETc total foi de 493 mm, enquanto a ETo foi de 533 mm, sendo que no início do cultivo estes parâmetros se apresentam mais afastados, em valor absoluto, por conta do Kc inicial ser de 0,7, depois tendem a se aproximar com a elevação do Kc para 1,05 e posterior redução para 0,85 (Figura 8).

A precipitação total ao longo do ciclo do pimentão foi de 641,55 mm, sendo mais incidente a partir do mês de novembro, já a radiação solar total foi de 2594 MJ m<sup>-2</sup> d, porém, bem distribuídos ao longo do período do experimento (Figura 9).

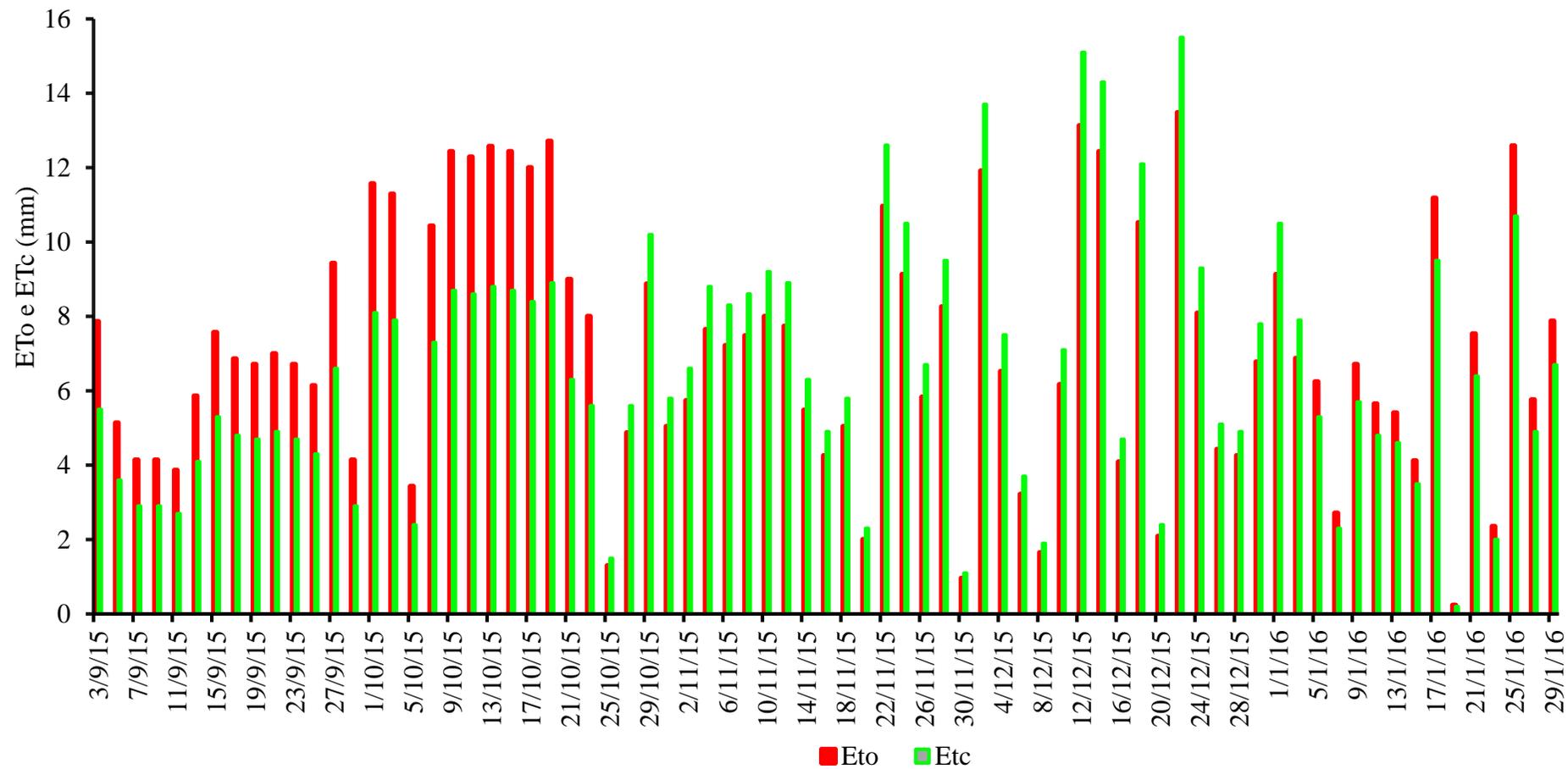


Figura 8. Valores de ETo e ETc ao longo do ciclo da cultura do pimentão amarelo.

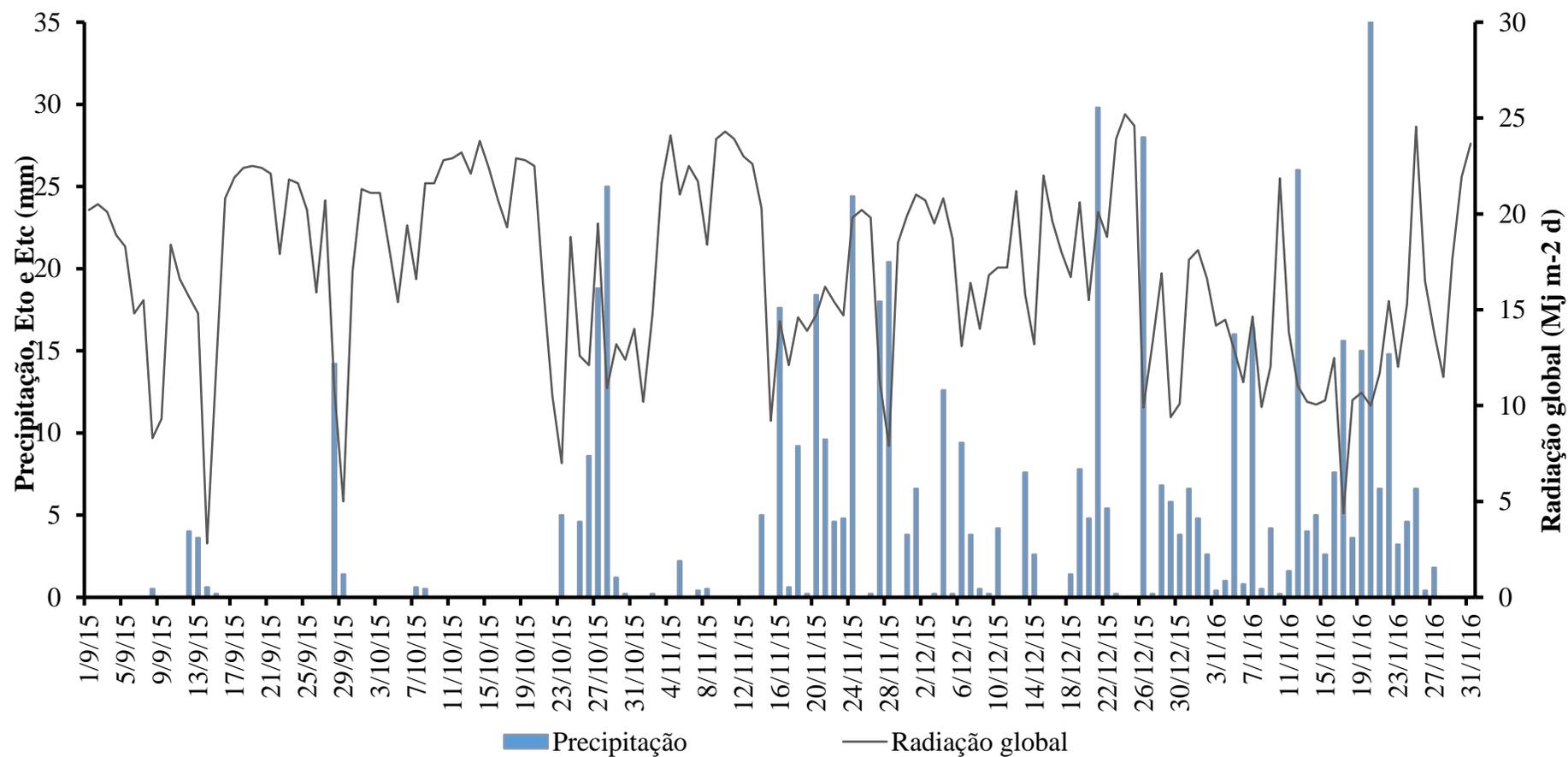


Figura 9. Valores de precipitação (mm dia<sup>-1</sup>) e radiação global (Mj m<sup>-2</sup> d), diários, ao longo do ciclo da cultura do pimentão amarelo.

#### 4.9. Uniformidade de Distribuição de Água

As medidas de vazão dos gotejadores foram feitas no início (5 DAT) e final do experimento (140 DAT). Foram avaliadas 8 linhas de gotejadores, 3 das que aplicam água do córrego e 5 efluente de esgoto tratado, medindo-se a vazão dos 10 gotejadores instalados em cada linha lateral. O tempo de coleta de vazão foi de 2 minutos, medida pelo método volumétrico com o auxílio de uma proveta graduada, com precisão de 1,0 mL e de um cronômetro. Para obtenção dos dados de vazão foi fixada a linha lateral a 0,15 m do solo, suspensa por cavaletes, fixadas nas extremidades, mas permitindo sua movimentação horizontal, fazendo coincidir as gotas de água no interior dos coletores com pequenos movimentos longitudinais da linha lateral. O coeficiente de uniformidade de distribuição de água (CUD) é estimada pela Equação 7, coeficiente estático de uniformidade (CUE) é estimado pela equação 8 e ambos são classificados de acordo com a Tabela 4.

$$CUD = \frac{q_{25}}{\bar{q}} \times 100 \quad (7)$$

Sendo:

CUD = Coeficiente de uniformidade de distribuição (%);

$q_{25}$  = vazão média dos 25% menores valores de vazão ( $L h^{-1}$ );

$\bar{q}$  = média de todas as vazões observadas ( $L h^{-1}$ ).

$$CUE = 100 \cdot \left(1 - \frac{S}{\bar{X}}\right) \quad (8)$$

Onde:

CUE = coeficiente de estático de uniformidade (%);

S = desvio padrão dos dados de vazão dos gotejadores (mm);

$\bar{X}$  = média geral dos valores de vazão dos gotejadores (mm).

Tabela 4. Critérios de classificação quanto à uniformidade do CUD e do CUE

Classe	*Uniformidade CUD (%)	**Uniformidade CUE (%)
Excelente	Acima de 90	Acima de 84
Bom	80 – 90	84-68
Razoável	70 – 80	68-52
Ruim	< 70	52-32
Inaceitável	-	Abaixo de 36

Fonte: \* MERRIAN; KELLER (1978) e \*\* MANTOVANI (2001)

#### 4.10. Atributos do Efluente de Esgoto Tratado (EET) e Água do Córrego

Foram feitas análises do EET e da água do córrego Capetinga, no início, no meio e no fim do experimento. As análises foram efetuadas em Laboratórios da Universidade de Brasília, como de Análise de Água da FAV e outros, conforme a necessidade e disponibilidade, seguindo as metodologias de Apha (2005), sendo os atributos, unidades de medida e os métodos de análise descritos na Tabela 5.

Tabela 5. Atributos, unidades de medida e métodos para a análise das águas utilizadas na irrigação do pimentão amarelo em condições de campo.

Atributos	Unidade	Método
Sólidos Suspensos	mg L <sup>-1</sup>	Gravimétrico
Sólidos Totais	mg L <sup>-1</sup>	Gravimétrico
Sódio	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>	Espectrofotômetro de chama
Nitrito	mg L <sup>-1</sup>	Espectrofotométrico
Nitrato	mg L <sup>-1</sup>	Espectrofotométrico
Amônia	mg L <sup>-1</sup>	Espectrofotométrico
Nitrogênio total	mg L <sup>-1</sup>	Espectrofotométrico
Potássio	mg L <sup>-1</sup>	Espectrofotométrico
Fosfato Total	mg L <sup>-1</sup>	Espectrofotométrico
Turbidez	NTU	Espectrofotométrico
Potencial Hidrogeniônico	-	Eletroquímico
Condutividade Elétrica	mS cm <sup>-1</sup>	Condutivímetro
Oxigênio dissolvido	mg L <sup>-1</sup> de O <sub>2</sub>	Eletrométrico: Oxímetro
Temperatura	°C	Termômetro
Cálcio	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>	Espectrofotométrico
Magnésio	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>	Espectrofotométrico
Manganês	mg L <sup>-1</sup>	Espectrofotométrico
Enxofre	mg L <sup>-1</sup>	Espectrofotométrico
Boro	mg L <sup>-1</sup>	Espectrofotométrico
Ferro	mg L <sup>-1</sup>	Espectrofotométrico
RAS	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>	-

RAS: Razão de Absorção de Sódio.

Para análise da água quanto ao potencial de salinização do solo pela água de irrigação, considerando a CE e a RAS, será utilizada a metodologia recomendada por Bernardo et al., 2006 e Ayers; Westcot (1991).

#### 4.11. Correção do Solo com Calagem, Adubação e Atributos Físicos e Químicos do Solo

Antes do experimento foi realizada uma análise de solo da área, composta por diferentes pontos coletados em zig-zag na profundidade de 0 a 0,2 m, esta amostra foi utilizada para a determinação da necessidade de calagem que foi realizada em toda área.

Após a calagem, para os cálculos das necessidades de adubações de base e de cobertura, foram feitas quadro análises de solo, uma para cada bloco, composta por 5 pontos coletados em forma de zig-zag na profundidade de 0 a 0,2 m. (Tabela 6).

Ao término do experimento foram realizadas coletas de 24 amostras de solo, uma de cada parcela, na profundidade 0 a 0,2 m para determinação dos seguintes parâmetros: cálcio, magnésio, alumínio, potássio, fósforo, hidrogênio e pH; e também foram retiradas 6 amostras (0 a 0,2 m) compostas, misturando oito amostras individuais, sendo duas em cada parcela, para cada tratamento, determinando-se os seguintes parâmetros: cobre extraível, ferro extraível, manganês extraível, zinco extraível, enxofre, pH em água, potássio extraível, cálcio extraível, magnésio extraível, alumínio trocável, acidez potencial, CTC efetiva, CTC total, saturação por alumínio trocável, saturação por bases, sódio e fósforo extraível. As análises foram efetuadas em laboratório terceirizado, e as técnicas de determinação analítica seguiram os métodos propostos por (SILVA, 1999).

Tabela 6. Valores dos atributos químicos obtidos na análise do solo a ser cultivado com pimentão amarelo na camada de solo de 0 a 0,20 m.

	Unidade	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4
pH em água	1:2,5	5,9	6,1	5,9	5,7
Matéria Orgânica	g kg <sup>-1</sup>	14	12	9	10
Potássio Extraível	cmol <sub>c</sub> (dm <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>	0,12	0,11	0,12	0,13
Cálcio Extraível	cmol <sub>c</sub> (dm <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>	5,6	5,1	4,9	5,1
Magnésio Extraível	cmol <sub>c</sub> (dm <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>	3,3	3,1	2,8	3,8
Alumínio Trocável	cmol <sub>c</sub> (dm <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>	0,1	0,2	0,2	0,1
Acidez potencial	cmol <sub>c</sub> (dm <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>	8,1	8,5	6,9	7,3
CTC efetiva	cmol <sub>c</sub> (dm <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>	9,1	8,5	8	9,1
CTC total	cmol <sub>c</sub> (dm <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>	17,1	16,8	14,7	16,3
Saturação por Al trocável	% AL	0,6	1,2	1,4	0,6
Saturação por bases	%	52	49	53	55
Fósforo Extraível	mg (dm <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>	1,1	0,5	0,5	1,4

CTC: Capacidade de Troca de Cations.

Na calagem prévia corretiva aplicou-se 510 kg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico com PRNT de 100%, 47% de CaO e 7% de MgO, feita de acordo com metodologia de saturação por bases descrita em Souza et al. (2004). O calcário foi aplicado a lanço e incorporado com gradagem.

A adubação de base, conforme Emater (1987) foi de 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, as fontes utilizadas foram superfosfato simples e cloreto de potássio, aplicadas a lanço em toda a área dez dias antes do transplante e incorporada com enxada manual.

A adubação de cobertura, descrita por Ribeiro et al. (1999) foi de 165 kg ha<sup>-1</sup> de N e 180 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na formulação de ureia e cloreto de potássio, respectivamente, dividido em 7 aplicações ao longo da cultura, a primeira no plantio, a segunda após 20 dias e as demais a cada 15 dias e 300 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, na formulação de superfosfato simples, em aplicação única 10 dias antes do transplântio. Todos a adubação de cobertura foi aplicada a lanço.

#### **4.12. Nutrientes Adicionados ao Solo Pelo EET**

Quantificaram-se os nutrientes adicionados durante o ciclo do pimentão via água de irrigação, considerando as análises das águas e a lâmina aplicada. Os nutrientes quantificados foram o nitrogênio total, o fósforo total e o potássio total, sendo os dois últimos calculado a quantidade absorvida pela planta nas formas de K<sub>2</sub>O e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Também foram quantificados os teores de cálcio, magnésio e sódio, para estimar a razão de absorção de sódio (RAS) e a quantidade adicionada ao solo, em kg ha<sup>-1</sup>. O cálculo foi feito tendo como base as médias dos atributos da água de córrego e do EET apresentados na Tabela 7.

#### **4.13. Controle de Insetos-Praga, Doenças e Plantas Daninhas**

Foram realizadas três aplicações de piretróide, deltametrina 2,5% em 700 L de calda ha<sup>-1</sup> com concentração de 0,075 mL de ingrediente ativo por litro de água, para controle de Vaquinha verde-amarela (*diabrotica speciosa*). As aplicações ocorreram ao longo do primeiro terço do cultivo.

#### **4.14. Atributos Quantitativos do Pimentão**

##### **Altura e diâmetro das plantas**

A medição da altura e do diâmetro da copa das plantas foram realizados aos 140 dias após transplântio (DAT), usando fita métrica com precisão de 1 mm. A altura foi medida da base ao ponto mais alto da planta, em 3 plantas úteis por parcela experimental, ou seja, 12 por tratamento. Já para o diâmetro da copa das plantas, mediu-se o menor e o maior diâmetro visto de cima, em uma planta por parcela, totalizando quatro por tratamento.

##### **Massa úmida, altura e perímetro dos frutos**

A massa úmida dos frutos foi medida em balança digital, com precisão de 0,1 g, que para tanto, foram colhidos todos os frutos das seis plantas úteis de cada parcela, para isto foram realizadas duas colheitas observando a porcentagem de 55% a 60 % de coloração amarela dos

frutos como determinação do ponto de colheita. Destes, foram retirados ao acaso três frutos e avaliado a altura (AL) e o perímetro (PF), utilizando-se um paquímetro com precisão de 0,01 mm e uma fita métrica com precisão de 1 mm. Após a aferição das medidas foi calculado o índice de formato dos frutos (IFF), representado pela relação altura/perímetro (Figura 10).



Figura 10. Pimentões para medição de altura, perímetro e peso individual, paquímetro e fita métrica utilizados nas medições.

### **Produtividade**

Considerou-se o peso de todos os frutos das plantas úteis para obter a produtividade, em  $t\ ha^{-1}$ .

### **Massa seca da parte aérea e da raiz das plantas**

Aos 140 DAT foi removida uma planta de pimentão por parcela para medida de massa seca da parte aérea e das raízes. As raízes foram extraídas cavando-se trincheira em formato de quadrado em volta da planta com 40 cm de profundidade e distando 0,20 m do pé da planta (Figura 11a), e com auxílio de pás foi retirado um bloco de solo contendo todas as raízes da planta. Depois de retiradas as raízes foram lavadas com água para remover o solo e separar as raízes (Figura 11b).

Da parte aérea das plantas foram separados os caules das folhas, sendo estas selecionadas de forma a excluir as inferiores a 3 cm de comprimento.



Figura 11. Procedimento de retirada das raízes das plantas de pimentão (a) e raízes separadas do solo para medição da matéria seca das mesmas (b).

Tanto as raízes quanto as folhas das plantas foram secas em estufa a 50 °C, até atingirem peso constante, e pesadas em balança analítica com precisão de 0,01g.

#### **4.15. Análise Estatística dos Resultados**

Os dados foram submetidos à análise de variância e comparação de médias pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade. Para tanto foi utilizado o Software XLSTAT, versão 2015.6.01.25106 (ADDINSOFT, 2015).

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1. Uniformidade de Distribuição de Água dos Gotejadores**

No início do experimento, a média dos CUD para o EET foi de 96,0% e ao final de 94,0%, mantendo sua classificação como excelente, enquanto a média dos CUD para água de córrego no início foi de 97,0% e no fim de 82,0%, reduzindo a classificação de excelente para bom (Figura 12), conforme proposto por Merrian e Keller (1978).

As médias do CUE que no início do experimento foram de 94,7% para EET e 96,6% para água de córrego e ao final de 96,6% para EET e 77,6% para água do córrego, respectivamente, de forma que a classificação no tratamento com o uso de EET se manteve classificado como excelente e a classificação para a água de córrego mudou para bom (Figura 13), conforme classificação proposta por Mantovani (2001).

A redução de CUD e CUE descritas acima para a água de córrego se deve ao fato de uma das linhas de gotejadores avaliadas, que estava localizada na extremidade da área irrigada

e em um ponto mais baixo do terreno, apresentou obstrução mais acentuada às demais. Possivelmente estes entupimentos foram devidos ao transporte de impurezas (sólidos) não removidos pelos filtros de disco ou que passaram por este no momento do processo de limpeza, acumulando-se ao longo do tempo de irrigação. Os filtros foram lavados a cada 15 dias e embora apresentasse maiores quantidades de sólidos no EET, não implicou em obstrução dos gotejadores.

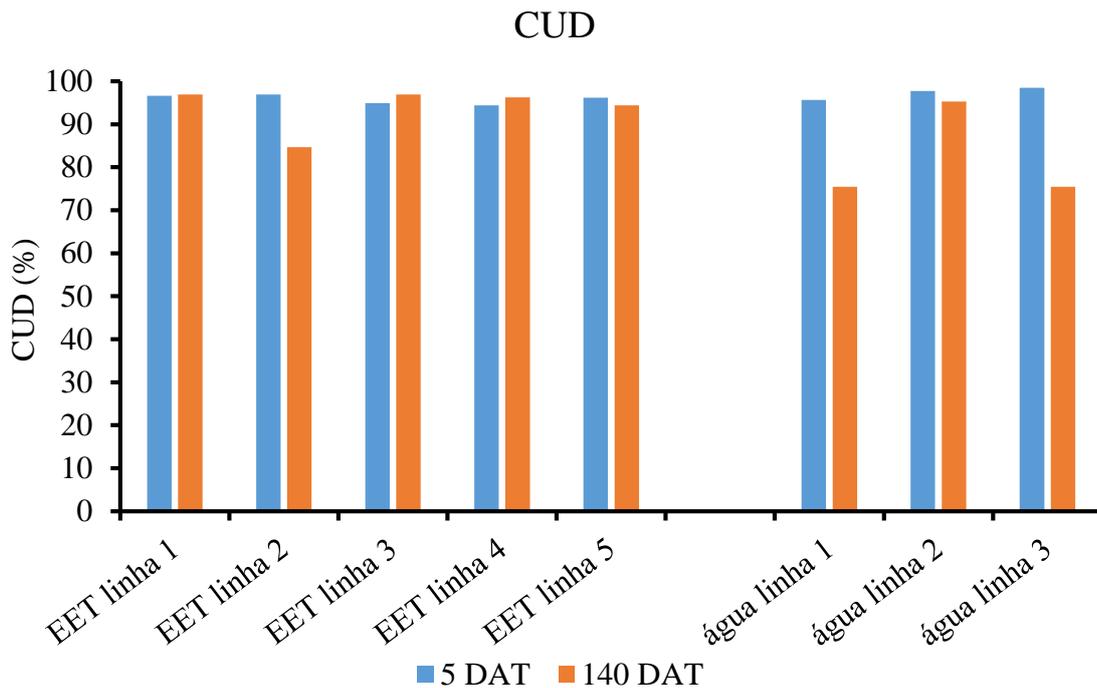


Figura 12. Coeficientes de uniformidade de distribuição de água (CUD) para as 5 linhas de gotejadores utilizadas na irrigação para aplicação de EET e as 3 com água (do córrego) aos 5 DAT e aos 140 DAT.

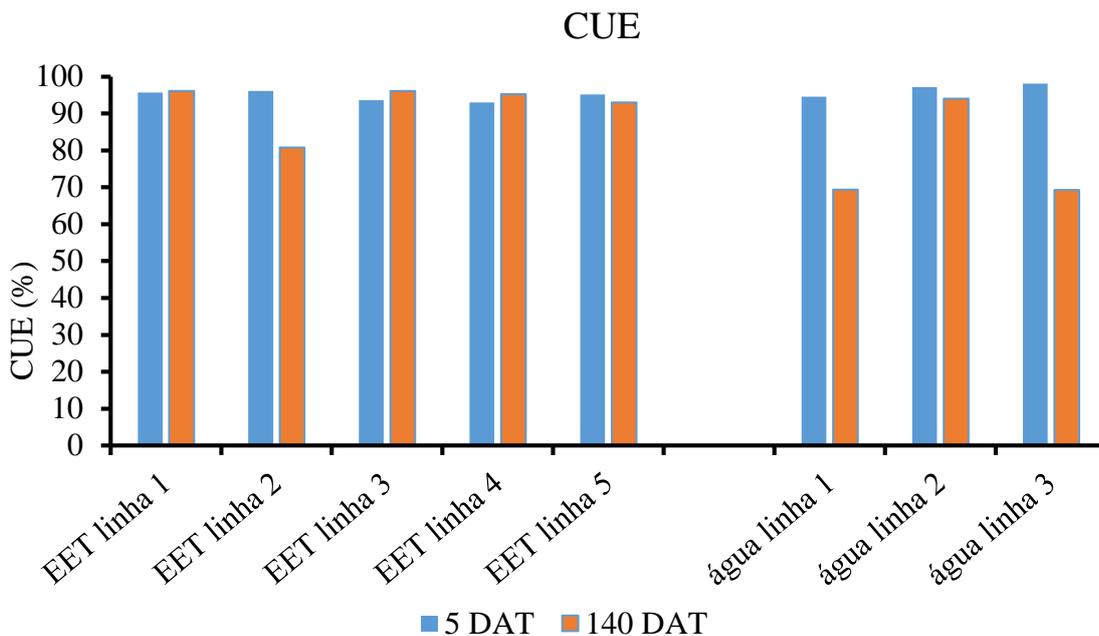


Figura 13. Coeficientes de uniformidade estatístico (CUE) para as 5 linhas de gotejadores utilizadas na irrigação para aplicação de EET e as 3 para água (do córrego) aos 5 DAT e aos 140 DAT.

## 5.2. Atributos Físico-Químicos do Efluente e da Água do Córrego

O EET apresentou pH, oxigênio dissolvido e magnésio mais baixos e condutividade elétrica, sólidos suspensos e totais, turbidez, nitrito, amônia, nitrato, sódio, potássio, nitrogênio e fosfato total, maiores que a água do córrego (Tabela 7). Simões et al. (2013) avaliando água de poço e comparando com EET, encontraram, além da redução de pH, oxigênio dissolvido e magnésio, redução nos teores de cálcio e aumento de sódio. Já Cerqueira et al. (2008), identificaram aumento nos teores de sódio e cálcio no EET. Por sua vez, Rego et al. (2005) identificaram resultados semelhantes a este trabalho, e também apresentaram aumentos nos teores de sódio no EET, demonstrando, assim, que o EET e a água de córrego utilizado ao longo do experimento não são atípicas, apesar das características do esgoto gerado.

De acordo com AYERS; WESTCOT (1991) a água de rio não apresenta nenhum grau de restrição ao uso de acordo com a análise da razão de absorção de sódio (RAS) em conjunto com a condutividade elétrica, apesar de apresentar ligeira ou moderada restrição com a análise apenas da condutividade elétrica. Ainda para estes autores, apesar da condutividade elétrica apresentar parâmetros que a classificam com ligeira ou moderada restrição, salientam que análises apenas de condutividade elétrica não são tão aceitas quanto as análises que a relaciona com a RAS. Observou-se também nenhum grau de restrição quanto a quantidade de boro, ligeira

ou moderada restrição quanto a quantidade de sódio e nitrogênio e pH dentro da faixa normal. De acordo com Almeida (2010) a água de córrego possui todos os atributos avaliados dentro de uma faixa usual para aplicação na irrigação.

O EET é definido pelos limites estipulados por AYERS; WESTCOT (1991) como sem nenhum grau de restrição avaliando a condutividade elétrica em conjunto com a RAS, porém possui restrição severa em análises individuais de condutividade elétrica, de nitrogênio e de sódio, nenhuma restrição quanto ao boro e níveis de pH dentro da faixa normal. De acordo com os parâmetros propostos por ALMEIDA (2010) o EET está no intervalo usual nos parâmetros de magnésio, nitrito, potássio e boro e fora teores adequados para os parâmetros de condutividade elétrica, cálcio e RAS.

Tabela 7. Média dos atributos físico-químicos quantificados no efluente de esgoto tratado e na água do córrego utilizadas na irrigação da cultura do pimentão amarelo.

Atributos	Unidade	Água do córrego	EET
Potencial Hidrogeniônico	-	8,3	7,05
Condutividade elétrica	mS cm <sup>-1</sup>	3	530
Oxigênio dissolvido	mg L <sup>-1</sup>	11,9	5,45
Temperatura	°C	26,1	26,7
Sólidos suspensos	mg L <sup>-1</sup>	0	68,5
Sólidos totais dissolvidos	mg L <sup>-1</sup>	7,25	513
Turbidez	NTU	4,88	29,005
Nitrito	mg L <sup>-1</sup>	0,002	0,034
Amônia	mg L <sup>-1</sup>	0,035	3,695
Nitrato	mg L <sup>-1</sup>	0,325	1,79
Sódio	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>	32,89	2555,3
Potássio	mg L <sup>-1</sup>	0	38,87
Ferro II	mg L <sup>-1</sup>	0,26	0,255
Nitrogênio total	mg L <sup>-1</sup>	7	37,8
Fosfato total	mg L <sup>-1</sup>	1,1	1,8
Cálcio	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>	272	1152
Magnésio	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>	15,6	3
Manganês	mg L <sup>-1</sup>	0,05	0,05
Boro	mg L <sup>-1</sup>	0,305	0,49
Enxofre	mg L <sup>-1</sup>	1	1
RAS	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>	11,99	106,33

### 5.3. Nutrientes Adicionados ao Solo

Considerando os 253,1 mm de irrigação ao longo da cultura, foi acrescentado pelo EET a quantidade de 9,57 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio total (nitrogênio total é composto por

aproximadamente 10% de amônia, 5% de nitrato, 1% de nitrito e 84% de nitrogênio orgânico), 9,84 kg ha<sup>-1</sup> de potássio total (11,85 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O) e 0,46 kg ha<sup>-1</sup> de fosfato total (1,04 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Enquanto pela água de rio, o acréscimo de nitrogênio total foi 1,77 kg ha<sup>-1</sup>, não houve acréscimo de potássio total, e o fosfato total acrescentou 0,28 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 8).

De acordo com Cunha et al. (2014) no EET a quantidade de nitrogênio, fósforo e potássio presentes representam a maior economia de aquisição de nutrientes sintéticos. Quando comparadas as quantidades destes nutrientes presentes no EET com o as quantidades presentes em formulações sintéticas, os valores são muito pequenos, pois as quantidades demandadas pelas plantas são altas, porém quando analisados para um lançamento no meio ambiente estes valores tornam-se motivo de preocupação.

As altas quantidades de sódio presentes no EET que contribui para o aumento da RAS são compensadas pelo aumento de cálcio, porém a quantidade de magnésio não tem influência importante nesta relação devido suas baixas concentrações, altos índices de RAS podem acarretar em sodificação do meio.

Tabela 8. Acréscimo, em kg, de nutrientes pelo EET e pela água de córrego, por hectare, durante o período de cultivo do pimentão amarelo.

Elemento	EET	Água do córrego
Potássio total	9,84	0,00
Sódio	28,12	0,36
Nitrogênio total	9,57	1,77
Fosfato total	0,46	0,28
Cálcio	14,58	3,44
Magnésio	0,06	0,33

## 5.4. Atributos Químicos e Físicos do Solo

### 5.4.1. Análise do Solo no Final do Experimento

Conforme resultados obtidos considerando amostras de solo coletadas em cada parcela (quatro repetições), no final do experimento, observa-se que, com exceção ao potássio, nos demais atributos não houve diferença estatística entre os tratamentos. No tratamento AbAcIe o teor de K foi superior aos tratamentos Ir e AcIe, não sendo verificado diferenças entre os demais tratamentos (Tabela 9).

Duarte et al. (2008) avaliaram o uso de EET em um solo cultivado com pimentão quanto aos parâmetros pH, potássio, fósforo e matéria orgânica, sendo que apenas o teor deste último foi superior no solo que recebeu o EET, comparado à aplicação de água de poço. Por sua vez,

Sandri et al. (2009) identificaram, após dois ciclos de cultivo de alface Elisa, que a irrigação com EET promoveu maiores teores de potássio, manganês, cobre, enxofre e condutividade elétrica, mas não encontrando diferença para os parâmetros CTC, matéria orgânica, magnésio, cálcio, nitrogênio total, sódio e fósforo, quando comparado a água de represa.

O fósforo é comumente identificado em elevados índices em efluente de esgoto doméstico, pois estão presentes em sabões e são facilmente conduzidos pela água, por conta disto, é comum encontrar diferenças significativas, quando comparado à água natural, outros atributos como matéria orgânica e nitrogênio, também costumam resultar em diferença neste tipo de experimento, contudo, depende das concentrações no EET, do período aplicado e suas respectivas condições climáticas e de solo.

Os índices médios de magnésio no EET foram muito abaixo dos considerados adequados, no entanto, na água do córrego foram pouco superiores aos do EET, porém não o suficiente para gerar uma diferença estatística nos resultados obtidos deste íon no solo. Embora o alumínio não tenha sido avaliado nas águas de irrigação, no solo não teve nenhum resultado expressivo nas diferenças entre os tratamentos.

Apesar do EET ter apresentado uma maior concentração de cálcio, o solo que recebeu esse efluente não apresentou maiores teores desse nutriente. Tal fato pode ter ocorrido devido ao alto consumo pela planta que pode não ter sido bem desenvolvido nos tratamentos sem EET por conta de possíveis deficiências de outros nutrientes, fazendo com que a planta não tivesse necessidade de altos índices de cálcio. Outro fator possível é o fato do acréscimo de sódio advindo do EET ter deslocado o cálcio deixando-o mais susceptível a lixiviação. O fato do EET não ter promovido acúmulo de matéria orgânica no solo pode ser decorrente da rápida mineralização desse atributo promovida pelo ambiente favorável para a atividade microbiana no solo. Esses resultados confirmam as conclusões do trabalho de Duarte et al. (2008) que em estudo avaliando a aplicação de EET no solo encontraram concentrações menores de matéria orgânica nestes tratamentos, comparado a água natural, justificado como decorrente da fácil decomposição desse efluente no solo.

Tabela 9. Atributos químicos do solo avaliados no final do experimento de cultivo de pimentão para diferentes tratamentos na camada de solo de 0 a 0,20 m.

Atributos no solo					
Tratamentos	Al ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	H + Al ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	CTC	V (%)	MOT ( $\text{g kg}^{-1}$ )
AbAcIe	0,018 a	3,3 a	7,3 a	54,8 a	61,4 a
Ie	0,010 a	3,1 a	7,4 a	58,4 a	57,4 a
Ir	0,015 a	2,9 a	7,4 a	60,5 a	58,8 a
AcIe	0,013 a	3,0 a	7,4 a	59,3 a	50,8 a
AbIr	0,015 a	3,0 a	7,1 a	57,4 a	53,9 a
AbIe	0,013 a	3,2 a	7,2 a	53,8 a	57,7 a
Pr > F	0,36	0,56	0,97	0,71	0,29
Tratamentos	pH $\text{CaCl}_2$ 1:2,5	P $\text{meh}^{-1}$ ( $\text{mg dm}^{-3}$ )	K ( $\text{mg dm}^{-3}$ )	Ca ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	Mg ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )
AbAcIe	5,9 a	6,1 a	47,0 b	3,0 a	0,9 a
Ie	6,0 a	5,4 a	37,0 ab	3,2 a	1,0 a
Ir	6,0 a	5,4 a	28,7 a	3,3 a	1,0 a
AcIe	6,0 a	6,0 a	31,5 a	3,4 a	0,9 a
AbIr	6,0 a	4,4 a	35,7 ab	3,0 a	1,0 a
AbIe	5,9 a	5,7 a	35,0 ab	2,9 a	0,9 a
Pr > F	0,81	0,41	0,16	0,86	0,59

Solo sem adubação e irrigado com água de rio (Ic), solo sem adubação e irrigado com EET (Ie), solo com adubação de cobertura e irrigado com EET (AcIe), solo com adubação de base e irrigado com água de rio (AbIc), solo com adubação de base e irrigado com EET (AbIe), solo com adubação de base e de cobertura e irrigado com EET (AbAcIe) e matéria orgânica total (MOT).

#### 5.4.2. Variação nos Atributos Químicos do Solo Sob Cultivo de Pimentão Entre Início e Final do Experimento

Observa-se que o fósforo apresentou aumento quando comparado os tratamentos de água de córrego e EET. Os resultados se aproximaram do obtido pelas amostras por canteiro, porém a diferença estatística evidenciada no potássio não se apresentou tão expressiva, sendo a variação máxima entre os tratamentos de  $0,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  (Tabela 10). Destaca-se que a avaliação inicial é a média de quatro amostras de solo, representativas de toda a área do experimento, sendo homogênea para todos os parâmetros, já os valores finais foram obtidos em uma amostra por tratamento, porém composta por 8 pontos de coleta, dois por parcela experimental.

Azevedo (2013), em experimento aplicando EET em um cambissolo, notou aumento na condutividade elétrica do solo e no sódio. Assim como Firmino (2015), que em experimento com EET aplicados em Pinhão manso, relacionou as altas concentrações de sais presentes no

EET ao aumento da condutividade elétrica do solo, do teor de sódio e, por conseguinte, o risco de salinização. Garcia et al. (2012), também encontrou elevações nos teores de sódio, além de elevações no fósforo, potássio e saturação por bases.

A ausência neste experimento de aumentos significativos em nutrientes no solo, comumente citados em outros trabalhos, como o sódio, pode ser associada ao curto período de aplicação e ao período de chuva ocorrido no fim do ciclo, assim como a ausência de aumentos em elementos que o EET possui em maiores quantidades do que a água de rio, como cálcio e potássio. Já os elementos ferro, manganês, fósforo, magnésio e enxofre estão em proporções bem próximas tanto na água de córrego como no EET, logo não eram esperadas diferenças ao fim do tratamento (Tabela 10).

Tabela 10. Valores obtidos de atributos no solo cultivado com pimentão entre os tratamentos na camada de solo de 0 a 0,20 m no início e final do ciclo da cultura.

Parâmetro	Unidade	Tratamentos - final						
		Início	Ir	Ie	AcIe	AbIr	Able	AbAcIe
CTC. efetiva	cmolc dm <sup>-3</sup>	8,68	9,6	9,1	7,8	7,1	7,8	8,2
CTC total	cmolc dm <sup>-3</sup>	16,23	16,6	17,4	14,3	13,4	14,9	14,8
pH em água	1;2.5	5,90	6,32	6,55	6,21	6,08	6,32	6,07
Fósforo extraível	mg dm <sup>-3</sup>	0,88	1,1	1,7	2,3	1,4	1,7	2,3
Potássio extraível	cmolc dm <sup>-3</sup>	0,12	0,11	0,13	0,15	0,13	0,14	0,15
Cálcio extraível	cmolc dm <sup>-3</sup>	5,18	5,8	5,5	5,3	4,5	4,8	5,3
Magnésio extraível	cmolc dm <sup>-3</sup>	3,25	3,6	3,5	2,3	2,4	2,9	2,7
Acidez potencial	cmolc dm <sup>-3</sup>	7,70	7,1	8,3	6,6	6,4	7,1	6,7
Alumínio trocável	cmolc dm <sup>-3</sup>	0,15	0,1	0	0,1	0,1	0	0,1
Saturação por Al	% AL	0,95	0,6	0	0,7	0,7	0	0,7
Saturação de bases	%	52,25	57	52	54	52	53	55
Sódio	cmolc dm <sup>-3</sup>	1,00	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Cobre extraível	ppm	0,70	0,7	0,5	0,6	0,7	0,6	0,6
Ferro extraível	ppm	20,28	34,8	8,4	15,1	48	21,6	21,6
Manganês extraível	ppm	5,00	9,5	5,0	13,	5,0	5,0	5,0
Zinco extraível	ppm	2,68	10,1	8,8	7,5	10,1	10,6	11,2
Enxofre	ppm	2,60	13,2	4,3	21,9	4,3	21,9	8,7

Solo sem adubação e irrigado com água de rio (Ic), solo sem adubação e irrigado com EET (Ie), solo com adubação de cobertura e irrigado com EET (AcIe), solo com adubação de base e irrigado com água de rio (AbIc), solo com adubação de base e irrigado com EET (AbIe) e solo com adubação de base e de cobertura e irrigado com EET (AbAcIe).

A análise comparativa entre as médias dos resultados das amostras antes do cultivo e após o mesmo possibilita identificar o acréscimo e a redução dos atributos de fertilidade do solo. Destacam-se aumentos de matéria orgânica que variaram de 352% até 445% (Tabela 11)

valores maiores aos obtidos em trabalhos que também utilizaram EET, como os encontrados por Duarte et al. (2008) e Firmino (2015).

Os teores de potássio apresentaram os maiores aumentos nos tratamentos com a adubação de cobertura desse nutriente. Outros trabalhos, como os realizados por Firme (2007) e Firmino (2015) não evidenciaram diferenças nos índices de potássio quando analisando tratamento com o uso de EET (Tabela 11).

Os tratamentos que utilizaram apenas a adubação de base promoveram redução dos teores de cálcio no solo. A não redução do cálcio nos tratamentos sem adubação pode ser decorrente das limitações dos demais nutrientes devido à planta não ter outras condições para seu pleno desenvolvimento a ponto de não demandar tanto cálcio, como condições ideais de nitrogênio e outros nutrientes, assim como o ocorrido com a CTC efetiva e total onde houve reduções em todos os tratamentos com uso de adubação (Tabela 11).

Houve aumento de fósforo em todos os tratamentos, entretanto, apenas com uso de EET observou-se um aumento de aproximadamente 30% no teor desse nutriente, comparado ao uso de água de rio com adubação de base, demonstrando que para este elemento o EET pode substituir a adubação mineral. O mesmo ocorreu com o cálcio e o magnésio onde a irrigação com EET tem resultados melhores do que a com água de rio mais a adubação de cobertura, até mesmo pode se considerar a mesma análise para o potássio onde estes tratamentos apresentam o mesmo resultado final (Tabela 11).

A matéria orgânica do solo variou de 9 a 14 g kg<sup>-1</sup>, gerando uma média de 11,25 g kg<sup>-1</sup> antes do experimento. Após o experimento as variações na matéria orgânica foram de 50,9 a 61,4 g kg<sup>-1</sup>, entre os tratamentos, não tendo nenhuma incidência de aumentos mais expressivos em tratamentos com EET. Estes aumentos encontrados foram associados aos restos culturais que foram incorporados ao solo durante a calagem, pela presença de cultivo de soja na área do experimento.

Tabela 11. Variação, em porcentagem, de atributos químicos do solo cultivado com pimentão amarelo em relação ao solo antes do cultivo.

Tratamento	Ir	Ie	AcIe	AbIr	AbIe	AbAcIe
Unidade	%	%	%	%	%	%
pH 1:2,5	7,12	11,02	5,25	3,05	7,12	2,88
Potássio	-8,33	8,33	25,00	8,33	16,67	25,00
Cálcio	12,08	6,28	2,42	-13,04	-7,25	2,42
Magnésio	10,77	7,69	-29,23	-26,15	-10,77	-16,92
Alumínio	-33,33	-100,00	-33,33	-33,33	-100,00	-33,33
Acidez potencial	-7,79	7,79	-14,29	-16,88	-7,79	-12,99
CTC efetiva	10,66	4,90	-10,09	-18,16	-10,09	-5,48
CTC total	2,31	7,24	-11,86	-17,41	-8,17	-8,78
Al	-36,84	-100,00	-26,32	-26,32	-100,00	-26,32
Saturação por bases	9,09	-0,48	3,35	-0,48	1,44	5,26
Fósforo	25,71	94,29	162,86	60,00	94,29	162,86

Solo sem adubação e irrigado com água de rio (Ic), solo sem adubação e irrigado com EET (Ie), solo com adubação de cobertura e irrigado com EET (AcIe), solo com adubação de base e irrigado com água de rio (AbIc), solo com adubação de base e irrigado com EET (AbIe) e solo com adubação de base e de cobertura e irrigado com EET (AbAcIe).

## 5.5. Desenvolvimento da Cultura

### 5.5.1. Fenometria das Plantas de Pimentão

Aos 140 DAT o diâmetro menor da copa das plantas de pimentão foi inferior no tratamento com solo sem adubação e irrigado com água de córrego (testemunho) comparado com todos os demais tratamentos. O tratamento com solo com adubação de base e de cobertura e irrigado com EET (AbAcIe) apresentou o melhor resultado, tais diferenças expressam o melhor desenvolvimento das plantas que recebem adubação, EET ou ambos, mesmo não tendo sido estatisticamente distintos quanto ao parâmetro do diâmetro maior (Tabela 12).

A altura de planta, massa seca de folhas e massa seca de raiz não sofreram variações estatísticas e nem indícios de tendências de que os tratamentos com EET seriam mais vantajosos nestes aspectos. Sousa et al. (2009) aplicando biofertilizante na cultura do pimentão também não encontrou variações estatisticamente significativas nas alturas das plantas. Souza et al. (2006) em experimentos cultivando pimentão com o uso de efluente de um reator de decomposição anaeróbica, comparando com água de poço também não observou diferenças estatísticas na altura de plantas nem na área foliar. Estas respostas podem ocorrer com a sucessiva aplicação de EET ou qualquer outro biofertilizante a partir do momento que passarem a promover um ambiente mais equilibrado para a absorção de nutrientes pela planta, tanto no desenvolvimento de altura como massa seca.

Tabela 12. Medidas de crescimento das plantas de pimentão nos diferentes tratamentos aos 140 DAT da cultura do pimentão.

Tratamentos	Altura da planta (cm)	Diâmetro da maior copa (cm)	Diâmetro menor da copa (cm)	Massa seca das folhas (g)	Massa seca do caule (g)	Massa seca das raízes (g)
AbAcIe	43 a	62 a	46,7 ab	13 a	36 a	5,1 a
AcIe	46 a	65 a	44,2 ab	8 a	35 a	4,7 a
AbIe	39 a	57 a	34,5 ab	10 a	29 a	3,7 a
Ie	36 a	60 a	36,0 ab	11 a	29 a	3,6 a
Ir	42 a	62 a	29,0 a	16 a	33 a	4,0 a
AbIr	43 a	52 a	36,0 ab	11 a	32 a	3,9 a
Pr > F	0,413	0,732	0,173	0,553	0,898	0,587

Solo sem adubação e irrigado com água de córrego (Ic), solo sem adubação e irrigado com EET (Ie), solo com adubação de cobertura e irrigado com EET (AcIe), solo com adubação de base e irrigado com água de rio (AbIc), solo com adubação de base e irrigado com EET (AbIe), solo com adubação de base e de cobertura e irrigado com EET (AbAcIe) e sig (significativo).

### 5.5.2. Fenometria dos Frutos de Pimentão

Foram realizadas duas colheitas, a primeira aos 94 DAT e a segunda aos 132 DAT, totalizando 51 kg e 55 kg, respectivamente, em todos os tratamentos, observando-se que os pesos totais não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 13). As médias dos pesos unitários dos frutos apresentaram amplitude em até 70 g, sendo que os tratamentos com água de córrego tiveram resultados inferiores e estatisticamente diferentes comparados com os de EET. A técnica do uso de EET propicia melhores condições para o desenvolvimento dos frutos, esta afirmativa é demonstrada pelos resultados de frutos com maior massa úmida quando expostos a este tratamento e apesar da ausência de diferença estatística nas produções totais, os tratamentos com EET também demonstraram resultados melhores.

Os perímetros dos frutos apresentaram diferenças estatísticas, onde o tratamento apenas com água de rio apresentou os menores resultado e o tratamento com adubação de base e irrigado com EET e o tratamento com ambas adubações e EET apresentaram os maiores. As alturas dos frutos não apresentaram nenhuma diferença estatística e a razão de perímetro pela altura dos frutos apesar de apresentar algumas diferenças não foram muito discrepantes (Tabela 13).

Tabela 13. Valores dos parâmetros fenométricas dos frutos de pimentão nos tratamentos aos 140 DAT.

Tratamento	Massa úmida dos frutos (g)	Perímetro dos frutos (cm)	Altura dos frutos (mm)	Altura/perímetro dos frutos	Peso total dos frutos (kg canteiro <sup>-1</sup> )
AbAcIe	230,1 b	28,3 b	117,6 a	4,2 a	4,7 a
AcIe	187,9 ab	27,8 ab	111,7 a	4,1 a	4,7 a
AbIe	202,7 ab	28,5 b	119,0 a	4,3 ab	4,8 a
Ie	195,9 ab	27,3 ab	124,0 a	4,6 b	4,9 a
Ir	160,0 a	25,5 a	111,3 a	4,4 ab	3,7 a
AbIr	165,7 a	26,8 ab	114,6 a	4,4 ab	3,4 a
Pr > F	0,034	0,146	0,247	0,144	0,184

Solo sem adubação e irrigado com água de rio (Ic), solo sem adubação e irrigado com EET (Ie), solo com adubação de cobertura e irrigado com EET (AcIe), solo com adubação de base e irrigado com água de rio (AbIc), solo com adubação de base e irrigado com EET (AbIe), solo com adubação de base e de cobertura e irrigado com EET (AbAcIe) e (Sig) significância.

Para a cultivar canário F1 a produtividade esperada de 4.900 kg ha<sup>-1</sup> não foi atingida nos tratamentos com água de córrego (Tabela 14). A altura dos frutos esperada de 15 cm e das plantas de 120 cm não foram atingidas em nenhum tratamento e o perímetro dos frutos esperado de 24 cm foi atingido em todos os tratamentos, acreditando-se que os estresses climáticos submetidos fizeram com que os frutos produzidos não atingissem altura satisfatória, assim como a planta. Já a produtividade se destaca, quando observado os tratamentos com uso de EET.

Tabela 14. Valores em porcentagens entre dados esperados conforme fabricante da semente e obtidos em campo, para a produtividade, altura dos frutos, perímetro dos frutos e altura das plantas.

Tratamento	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	Altura dos frutos (cm)	Perímetro dos frutos (cm)	Altura das plantas (cm)
Ir	90,6 %	74,2 %	106,2 %	35,0 %
Ie	119,3 %	82,6 %	113,7 %	30,0 %
AcIe	114,7 %	74,4 %	115,8 %	38,3 %
AbIr	84,9 %	76,4 %	111,6 %	35,8 %
AbIe	117,6%	79,3 %	118,7 %	32,5 %
AbAcIe	115,7 %	78,4 %	117,9 %	35,8 %

Solo sem adubação e irrigado com água de rio (Ic), solo sem adubação e irrigado com EET (Ie), solo com adubação de cobertura e irrigado com EET (AcIe), solo com adubação de base e irrigado com água de rio (AbIc), solo com adubação de base e irrigado com EET (AbIe) e solo com adubação de base e de cobertura e irrigado com EET (AbAcIe).

Souza et al. (2006) identificaram diferença estatística entre no peso médio dos frutos, sendo maior no cultivo com efluente de reator anaeróbico do que no cultivo com água de cisterna, porém não identificou diferença significativa nas produtividades do pimentão.

Embora não houve diferenças significativas na maioria dos parâmetros fenométricos dos frutos, em valores absolutos os resultados foram mais elevados nos tratamentos em que se aplicou EET, embora, acredita-se que as precipitações ao longo do período de cultivo lixiviaram sais, afetando negativamente, tanto o acúmulo de sais no solo, como o crescimento das plantas e tamanho dos frutos, influenciando negativamente o surgimento de resultados mais expressivos.

## 6. CONCLUSÕES

A uniformidade de distribuição de água (CUD e CUE) dos emissores não foi afetada pelo uso de efluente de esgoto tratado.

O uso de EET propiciou maior produtividade de frutos de pimentão em relação aos tratamentos irrigados com água do córrego.

O uso do EET apresenta, em valores absolutos, tendência de resultar em maior perímetro, produção e massa úmida de frutos.

Considerando a lâmina de irrigação de EET de 253 mm, adicionou-se ao solo aproximadamente 10 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio total, 10 kg ha<sup>-1</sup> de potássio total e 0,5 kg ha<sup>-1</sup> de fosfato total.

A fenometria da cultura do pimentão amarelo não sofre influencias negativas com uso da irrigação com EET.

O Latossolo vermelho amarelo, cultivado com pimentão amarelo, não sofre influencias negativas devido ao uso de EET.

## 7. BIBLIOGRAFIA

ADDINSOFT. **XLSTAT statistical analysis software, versão 2015**. 2016. Disponível em: <[www.xlstat.com](http://www.xlstat.com)>. Acesso em: 12 dez. 2015.

AGEITEC. Agencia EMBRAPA de informação tecnológica. Arvore do conhecimento. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/pimenta/arvore/CONT000gn08zc7m02wx5ok0liq1mqdaw0w4t.html>>. Acesso em: 30 de jan. 2016.

AGRO-CIM. **Distrito Federal é referência no cultivo do pimentão**. 2009. Disponível em: <<http://www.agrocim.com.br/noticia/distrito-federal-e-referencia-No-cultivo-do-pimentao.html>>. Acesso em: 20/08/2014.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998, 297p. FAO. Irrigation and Drainage Paper, p. 56.

ALMEIDA, O. A. **Qualidade da água de irrigação**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010. 228 p.

APHA; AWWA; WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21<sup>st</sup> ed. Washington: APHA; AWWA; WEF, 2005.

ASSUMPÇÃO, J. G.; UENO, M.; FORTES NETO, P.; ROSA, L. C. L. Desempenho do leito cultivado, de uma estação de tratamento de efluentes gerado em uma instituição de ensino, após período de inatividade. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 6, n. 3, p. 165-178, 2011.

AYERS, R. S.; WESTCOOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1991. 218 p.

AZEVEDO, J.; DUTRA I. C. B.; COSTA F. G. B.; BATISTA R. O.; COSTA L. R. Alterações químicas de cambissolo fertirrigado com água residuária doméstica tratada. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 9, n. 2, p. 66-76, 2013.

BARROSO, L. B.; WOLFF, D. B. Reuso de esgoto sanitário na irrigação de culturas agrícolas. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v.8, n.3, p.225-236, 2011. Disponível em: <<http://189.20.243.4/ojs/engenhariaambiental/viewarticle.php?id=607>>. Acesso em: 30 de out. 2014.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 8ª ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 625 p.

BRASIL, M. S.; MATOS, A. T.; SOARES, A. A. Plantio e desempenho fenológico da taboa (*Thypha sp.*) utilizada no tratamento de esgoto doméstico em sistema alagado construído. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v.12, p. 266-272, 2007.

BRASIL-a. CONAMA. **Conselho Nacional do Meio Ambiente. Ministério do Meio Ambiente**. Resolução n.430 de 13 de maio de 2011. Diário Oficial da União, Brasília, 2011. 8p.

BRASIL-b. Lei nº. 9.433, de 08 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, seção 1, p. 470, v. 135, n. 6, 09 de janeiro de 1997.

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

CUNHA, A. H. N.; SANDRI, D.; VIEIRA, J. A.; ALVES, J. A. A.; CUNHA, I. N. Uso de efluente para complementação de nutrientes no cultivo de *Sweet Grape*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA - CONBEA, 43, 2014. **Anais...** Campo Grande: Centro de Convenções 'Arquiteto Rubens Gil de Camilo', Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2014.

DUARTE, A. S; AIROLDI, R. P. S.; FOLEGATTI, M. V.; BOTREL, T. A.; SOARES, T. M. Efeitos da aplicação de efluente tratado no solo: pH, matéria orgânica, fósforo e potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, p.302- 310, 2008.

EMATER-DF – Empresa De Assistência Técnica E Extensão Rural do Distrito Federal. **Recomendações para o uso de corretivos, matéria orgânica e fertilizantes para hortaliças:** Distrito Federal: 1<sup>a</sup>. aproximação. Brasília, DF: EMATER-DF; EMBRAPA–CNPQ, 1987. 50 p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 3.ed. Rio de Janeiro, 2013. 353p.

FIRME, L.P. Efeito da irrigação com efluente de esgoto tratado no sistema solo-planta em Latossolo cultivado com cana-de-açúcar. **Tese de Doutorado**, Doutorado em Agronomia, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2007.

FIRMINO, M.C., FARIAS, M.S., MEDEIROS, S.S, GUERRA, H.O.C., GUIMARÃES, J.P. Características químicas do solo influenciadas pela adição de água residuária tratada sob cultivo do pinhão manso. **Agropec Cient Semiárido.** 2015.

FONSECA, A. F. Viabilidade agrônômico-ambiental da disposição de efluente de esgoto tratado em um sistema solo-pastagem. Piracicaba, 2005. 174p. **Tese de Doutorado** - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

FRANÇA, J. B. A.; MORAES, T. V.; VAZ, D. C.; FERREIRA, A. A.; SOARES, F. A. L. Tratamento de efluente doméstico com macrófitas aquáticas para reúso na fertirrigação. **In: II INOVAGRI Internacional Meeting**, 2014, Fortaleza.

GALHARDO, L. Agrocinco Seeds of Value. **Informações do pimentão híbrido canário.** Mensagem recebida por luis.galhardo@agrocinco.com.br em 16 de fevereiro de 2016.

GARCIA, G. O.; RIGO, M. M.; CECÍLIO, R. A.; REIS, E. F.; BAUER, M. O.; RANGEL, O. J. P. Propriedades químicas de um solo cultivado com duas forrageiras fertirrigadas com esgoto doméstico tratado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.7, suplementar, 2012, p. 737-742.

GLOAGUEN, R, A, B, G. Efeito da irrigação com efluente de esgoto tratado nas propriedades físico-hídricas de um Latossolo. **Tese de doutorado.** Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz; 2005.

GOTO, R.; TIVELLI, S. B. **Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais**. São Paulo: Fundação Editora da Unesp, 1998. 319p.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; 2008.

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 5. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

LIBANO, A. M.; FELFILI, J. M. Mudanças temporais na composição florística e na diversidade de um Cerrado *sensu stricto* do Brasil Central em um período de 18 anos (1985-2003). **Acta Botânica Brasílica**. v. 20, p. 927-936. (2006).

MAGGI, C. F.; FREITAS, P. S. L. de; SAMPAIO, S. C. E.; DIETER, J. Lixiviação de nutrientes em solo cultivado com aplicação de água residuária de suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.170-177, 2011.

MANTOVANI, E. C. **Avalia**: Programa de avaliação da irrigação por aspersão e localizada. Viçosa, mg: UFV, 2001.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Irrigação na cultura do pimentão. 1ª Ed. Brasília: Embrapa, 2012, 20p. **Circular Técnica, 101**.

MARTINS, B. H.; DOS SANTOS, R. L. M.; BASTOS, D. M. Caracterização de matéria orgânica de solo de áreas sob adição de efluente de esgoto tratado. ENCONTRO BRASILEIRO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS, 8, 2009. Pelotas. **Resumos...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado.

MARTINS, E. C. **Práticas agrícolas relacionadas à calagem do solo**. Minas Gerais: Embrapa Gado Leite, 2005. 6p. **Boletim Técnico, 47**.

MEDEIROS, S. S.; SOARES, A. A.; FERREIRA, P. A.; MATOS, A. T.; SOUZA, J. A. A. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: Estudo das alterações químicas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.4, p.603-612, 2005.

MERRIAN, J. L., KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: A guide for management**. Logan: Agricultural and Irrigation Engineering Department, Utah State University, 1978. 271p.

METCALF E EDDY. **Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse**. Eds. George Tchobanoglou, and Franklin L. Burton. McGraw-Hill, 1991.

MIRANDA, F. R.; LIMA, R. N.; CRISÓSTOMO, L. A.; SANTANA, M. G. S. Reuse of inland low-salinity shrimp farm effluent for melon irrigation. **Aquacultural Engineering**, v.39, n.1, p.1-5, 2008.

NICHELE, J. Utilização de efluentes sanitários tratados para o suprimento de nutrientes à cultura de milho e modificações em propriedades químicas do solo. 2009. 75 p. **Dissertações de Mestrado** – Programa de pós - graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.

NIMER, E. 1989. **Climatologia do Brasil**. IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro. 422p.

NOGUEIRA, S., RAVAGNANI, E. D. C., de PAULA, A. M., PEREIRA, B., MONTES, R., & VICTORIA, R. **Dinâmica de carbono em um solo cultivado com capim-Bermuda Tifton 85 e irrigado com esgoto tratado**. In Embrapa Monitoramento por Satélite-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: congresso brasileiro de ciência do solo, 32, 2009, Fortaleza.

PADRON, R. A. R., RAMÍREZ, L., CERQUERA R. R., NOGUEIRA, H. M. C. M E MIJUCA, J. L. U. Desenvolvimento vegetativo de pimentão cultivado com lâminas e frequências de irrigação. **Tecnol. & Ciên. Agropec.**, João Pessoa, v.9, n.2, p.49-55, abr. 2015.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. NBL Editora, 2002.

REGO, J. L.; EDGLERDÂNIA, L. L. O.; ARILENE, F. C.; ANA PAULA, B. A.; FRANCISCO, M. L. B.; ANDRÉ, B. S.; SUETÔNIO M. 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.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H.(ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p.

ROMEIRO, J. C. T. Atributos químicos do solo e crescimento de laranjeiras ‘Pêra’ irrigadas com efluente de esgoto tratado e fertilizadas com lodo de esgoto compostado. **Tese de doutorado**. Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu, 2012.

RONQUIM, C. C. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as Regiões tropicais. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Embrapa Monitoramento Por Satélite, Campinas: 26 p. 2010.

SANDRI, D.; MATSURA, E. E.; TESTEZLAF, R. Alteração química do solo irrigado por aspersão e gotejamento subterrâneo e superficial com água residuária. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n.6, p.755–764, 2009.

SANTOS, S. S.; SOARES A. A.; MATOS, A. T.; MANTOVANI, E. C.; BATISTA, R. O. Efeitos da aplicação localizada de esgoto sanitário tratado nas características químicas do solo. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.14 n.1, p. 32-38. 2006.

SILVA, A. K. P.; FLORES, L. C.; GALDEANO, M. M.; DO VAL, P. T. **Reuso de água e suas implicações jurídicas**, Ed. Navegar: São Paulo, 2003.

SILVA, L. L.; CARVALHO, C. M.; SOUZA, R. D. P. F.; FEITOSA, H. O.; FEITOSA, S. O. GOMES FILHO, R. R. Crescimento da pimenta ekila bode vermelha irrigada com diferentes concentrações de efluente doméstico na água de irrigação. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 35, n.1, p.121-132. 2014.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Embrapa, Brasília, v. 2, 1999. p. 70.

SILVEIRA, S. B. Irrigação por infiltração com efluente de lagoa anaeróbia em solo cultivado com milho (*Zea mays* L.). Universidade estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. **Dissertação de mestrado**, 2004.

SIMÕES, K. S.; PEIXOTO, M. F. P.; ALMEIDA, A. T.; LEDO, C. A. S.; PEIXOTO C. P.; PEREIRA F. A C. Água residuária de esgoto doméstico tratado na atividade microbiana do solo e crescimento da mamoneira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 5, p. 518–523, 2013.

SOUZA, T. J; CEBALLOS, O. S. B; HENRIQUE, N. I; DANTAS, P. J; LIMA, S. M. S. Frações do carbono orgânico, biomassa e atividade microbiana em um Latossolo Vermelho sob Cerrado submetido a diferentes sistemas de manejos e usos do solo. **Acta Sci. Agron.** Maringá, v. 28, n. 3, p. 323-329, 2006.

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E.; REIN, T. A. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa-CPAC, 2004. p. 147-168.

SOUZA, M. A. A., CORDEIRO, B. S.; SILVA, C. L. (2009). **Avaliação multiobjectivo e Multicritério de Alternativas de Gestão de lodos de Fossa/Tanque Séptico**. In: Andreoli, C.V. (coord.) Lodo de Fossa e Tanque Séptico: Caracterização, Tecnologias de tratamento, Gerenciamento e Destino Final, Editora ABES, Curitiba, 327-374.

SOUZA, M. J. R.; MELO, D. R. M.; FERNANDES, D.; SANTOS, J. G. R.; ANDRADE, R. Crescimento e produção do pimentão sob diferentes concentrações de biofertilizante e intervalos de aplicação. **Revista Verde**, Mossoró, v. 4, n.4, p. 42- 48, out/dez 2009.

VARALO, A. C. T.; CARVALHO, L.; SANTORO, B. L.; SOUZA, C. F. Alterações nos atributos de um Latossolo Vermelho-amarelo irrigado com água de reúso. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.4, p.372–377, 2010.

VIEIRA, T. A.; SANTANA, M.; CAMARGOS, A. **coeficientes de cultura para o pimentão irrigado**. II Seminário Iniciação Científica – IFTM, Campus Uberaba, MG. 20 de outubro de 2009.

YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S.; **Fósforo na agricultura brasileira**, POTAFOS: Piracicaba, 2004.