



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E AMBIENTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

GABRIEL VIDAL GASPAR

**AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DE CAPIM-CITRONELA
(*CYMBOPOGON WINTERIANUS*) IRRIGADO COM TRÊS DIFERENTES
TIPOS DE EFLUENTES**

FORTALEZA

2017

GABRIEL VIDAL GASPAR

AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DE CAPIM-CITRONELA
(*CYMBOPOGON WINTERIANUS*) IRRIGADO COM TRÊS DIFERENTES
TIPOS DE EFLUENTES

Dissertação de Mestrado apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil. Área de concentração: Saneamento Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Suetônio Bastos Mota

FORTALEZA

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

G232a Gaspar, Gabriel Vidal.

Avaliação do desenvolvimento de capim-citronela (*cymbopogon winterianus*) irrigado com três diferentes tipos de efluentes / Gabriel Vidal Gaspar. – 2017.

79 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Saneamento Ambiental, Fortaleza, 2017.
Orientação: Prof. Dr. Francisco Suetônio Bastos Mota.

1. Reúso de efluentes. 2. Reúso agrícola. 3. Citronela. 4. *Cymbopogon winterianus*. 5. Dengue. I. Título.

CDD 628

GABRIEL VIDAL GASPAR

AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DE CAPIM-CITRONELA
(*CYMBOPOGON WINTERIANUS*) IRRIGADO COM TRÊS DIFERENTES
TIPOS DE EFLUENTES

Dissertação de Mestrado apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil. Área de concentração: Saneamento Ambiental.

Aprovada em: 20/09/2017

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Francisco Suetônio Bastos Mota (Orientador)
Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Francisco Marcus Lima Bezerra
Departamento de Engenharia Agrícola - UFC

Prof. Dr. Adeildo Cabral da Silva
Instituto Federal do Ceará - IFCE

Aos meus colegas de Universidade que lutam para conciliar uma rotina de trabalho e estudo, aos meus familiares e a tudo que conspirou para que esse projeto desse certo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos professores e funcionários da Universidade Federal do Ceará que me prestaram auxílio durante a condução do projeto, seja na orientação da escrita, na ajuda com os experimentos ou no fornecimento de materiais da pesquisa.

Agradeço à empresa MW Engenharia, especificamente ao Sr. José Wilson, pela permissão da realização do experimento.

Agradeço aos meus colegas que estiveram comigo não só nos momentos brandos da minha rotina, mas que se mostraram presentes quando meu tempo já não estava mais tão disponível para eles.

Agradeço aos meus familiares que apoiaram, mesmo que apenas verbalmente, a condução do meu projeto. Um agradecimento especial para a minha mãe, Rosânia, a qual esteve comigo desde a compra dos materiais até a apresentação do trabalho concluído.

Agradeço a Deus por ainda manter em mim a vontade de ser professor em um país que não valoriza o conhecimento científico como fator de desenvolvimento.

RESUMO

O uso de esgotos domésticos tratados para fins agrícolas vem ganhando bastante espaço nos últimos anos. Além de proporcionar adequada utilização dos recursos naturais, a prática pode melhorar as características do solo e potencializar a produção agrícola. Entretanto, o efluente ainda é uma possível fonte de impacto ambiental, podendo causar contaminação por microrganismos e também salinizar o solo, caso não haja um bom dimensionamento e operação do sistema de reúso. Neste trabalho, utilizou-se o efluente de uma estação de tratamento do tipo Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente, RAFA, seguido por um Filtro Submerso Aerado, FSA, um Decantador Secundário, e um Tanque de Contato, para a rega de capim citronela, *Cymbopogon winterianus*. Na irrigação, foram utilizados: água de abastecimento fornecida pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará (Cagece), (TA), o efluente tratado após a adição de cloro (TB); e o efluente tratado antes da adição de cloro (TC). Cada líquido foi aplicado em sete vasos, cada vaso com duas mudas do vegetal, totalizando-se sete vasos e quatorze plantas para cada tipo de efluente. Foram analisados: índice de clorofila nas folhas; teor de matéria seca; o teor de matéria inerte; e algumas características dos solos nos diferentes vasos, após o período de 115 dias. Percebeu-se que as plantas regadas com efluentes tratados apresentaram visualmente um melhor desenvolvimento foliar e tonalidade mais escura de verde. Além disso, as análises estatísticas de produção de massa seca e de massa inerte sugerem uma maior produção de óleos quando realizada irrigação com efluentes tratados. A estratégia de se cultivar a espécie em vasos irrigados com efluentes tratados pode ser positiva para o combate à disseminação da Dengue, da Febre Chikungunya e da Zica, doenças relacionadas a mosquitos, os quais são repelidos pelos óleos produzidos pela planta. Ainda que uma medida paliativa, a disseminação da prática pode trazer benefícios para a população, aliando o uso racional dos recursos hídricos ao cultivo de espécies vegetais estratégicas.

Palavras-chave: reúso de efluentes; reúso agrícola; citronela; *Cymbopogon winterianus*.

ABSTRACT

The use of domestic treated sewer for agricultural purposes has been gaining considerable ground in the recent years. In addition to provide the adequate use of natural resources, this practice can improve soil characteristics and enhance agricultural production. However, the effluent remains a potential cause of environmental impact, which may cause contamination by microorganisms and also salinize the soil, if there is not a good scaling and operating of the reuse system. In this work, it was used the effluent from a treatment station of the type Upflow Anaerobic Sludge Blanket, UASB, followed by a Submerged Filter with forced aeration and a Clarifier. In addition, a disinfection unity was used for the irrigation of the citronella grass, *Cymbopogon winterianus*. In the irrigation process were used: water supplied by the Companhia de Água e Esgoto do Ceará (Cagece), (TA), the treated effluent after the addition of chlorine (TB); and the effluent treated prior to the addition of chlorine (TC). Each liquid was applied in seven pots, each pot with two plants seedlings, totalizing seven pots and fourteen plants for each type of effluent. It was analyzed: the leaf chlorophyll ratio; dry matter content; inert matter content; and some characteristics of the soils in the different pots, after the experiment period. It was observed that the plants irrigated with treated effluents showed a better leaf development and a darker shade of green. Furthermore, the statistical analysis of dry mass and inert mass production suggest a higher production of oils when irrigated with treated effluents. The strategy of cultivating the species in irrigated pots with treated effluents can be positive for combating the spread of Dengue , Chikungunya Fever and Zika, all mosquito-related diseases, which are repelled by the plant's oils. Although those are a palliative measure, the dissemination of this practice can bring benefits to the population, combining the rational use of water resources with the cultivation of strategic plants.

Keywords: Effluents reuse; agricultural reuse; citronella; *Cymbopogon winterianus*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Modelo Esquemático de Reator UASB.....	17
Figura 2 -	Modelo esquemático da molécula de citrionelol.....	26
Figura 3 -	Posição do Ceará em relação ao Brasil e de Fortaleza em relação ao Ceará.....	30
Figura 4 -	Localização do bairro Messejana em relação a Fortaleza.	31
Figura 5 -	Área em que o experimento foi desenvolvido.....	31
Figura 6 -	Representação da ETE onde o experimento se desenvolveu	33
Figura 7 -	Fotografia de uma parte da ETE onde são tratados os esgotos domésticos.	34
Figura 8 -	Base dos vasos com brita N°3.....	35
Figura 9 -	Vistas da área da pesquisa antes da instalação dos vasos	35
Figura 10 -	Clorofiliômetro SPAD-502.....	37
Figura 11 -	Aferição do teor de clorofila <i>in situ</i>	38
Figura 12 -	Amostras preparadas para a pesagem	39
Figura 13 -	Muflas com os cadinhos para a calcinação	41
Figura 14 -	Diferença entre as tonalidades de verde das plantas submetidas a TB e TA.....	46
Figura 15 -	Fotografia de 22/11/2016.....	60
Figura 16 -	Fotografia de 28/12/2016.....	61
Figura 17 -	Indicação na parede da ETE para o não consumo das plantas.....	62
Figura 18 -	Fotografia do início do experimento, em 28/10/2016.....	77
Figura 19 -	Fotografia da condução do experimento, em 28/12/2016	77
Figura 20 -	Fotografia da condução do experimento, em 18/01/2017	77
Figura 21 -	Fotografia do final do experimento, em 16/02/2017	78
Figura 22 -	Fotografia da visita do professor orientador, em 02/02/2017	78
Figura 23 -	Separação das amostras para pesagens	78
Figura 24 -	Amostras em dessecador para manutenção da umidade .	79
Figura 25 -	Amostras na estufa.....	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Número de aferições de clorofila por tipo de tratamento.	39
Tabela 2 -	Número de aferições de porcentagem de massa seca por tipo de tratamento.....	40
Tabela 3 -	Número de aferições de porcentagem de massa inerte por tipo de tratamento.....	41
Tabela 4 -	Resultados do teste F para a análise de clorofila.	45
Tabela 5 -	Resumo da análise estatística para a Clorofila.....	45
Tabela 6 -	Resultados do teste F para a análise estatística de massa seca.....	47
Tabela 7 -	Resumo da análise estatística para a massa seca.....	48
Tabela 8 -	Resultados do Teste F para a análise de massa inerte...	50
Tabela 9 -	Resumo da análise estatística para a massa inerte.	50
Tabela 10 -	Resultados do Teste F para a análise da concentração de sódio no solo.	52
Tabela 11 -	Resumo da análise estatística para a concentração de sódio no solo	52
Tabela 12 -	Resultados do teste F para a análise da concentração de carbono no solo	54
Tabela 13 -	Resumo da análise estatística para a concentração de carbono no solo	54
Tabela 14 -	Resultados do Teste F para a análise da concentração de matéria orgânica no solo	56
Tabela 15 -	Resumo da análise estatística para a concentração de matéria orgânica no solo	56

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Análise estatística da aferição de clorofila nas plantas	44
Gráfico 2 - Análise estatística aferição de massa seca nas plantas.....	47
Gráfico 3 - Análise estatística da aferição de massa inerte nas plantas	49
Gráfico 4 - Análise estatística da aferição das concentrações de sódio no solo.	51
Gráfico 5 - Análise estatística da aferição da concentração de carbono no solo	53
Gráfico 6 - Análise estatística da aferição das concentrações de matéria orgânica no solo	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CAGECE	Companhia de Água e Esgoto do Ceará
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ETE	Estação de Tratamento de Esgotos
FSA	Filtro Submerso Aerado
LABOSAN	Laboratório de Saneamento Ambiental
OMS	Organização Mundial da Saúde
RAFA	Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente
SPAD	Soil Plant Analysis Development
UASB	Upflow Anaerobic Sludge Blanket
UFC	Universidade Federal do Ceará
WHO	World Health Organization

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	Objetivos	15
1.1.1	<i>Objetivo Geral</i>	15
1.1.2	<i>Objetivos específicos</i>	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1	Tratamento de esgoto	16
2.2	Aproveitamento de efluentes tratados para reúso agrícola	19
2.3	Plantas aromáticas.....	23
2.4	Capim-citronela	25
2.5	O uso de citronela no combate à dengue	27
3	MATERIAL E MÉTODOS	29
3.1	Visão geral do projeto.....	29
3.2	Localização da área da pesquisa.....	30
3.3	A estação de tratamento de esgotos domésticos	32
3.4	Desenvolvimento da pesquisa	34
3.4.1	<i>Medições efetuadas</i>	37
3.4.1.2	<i>Características do solo</i>	41
3.4.1.3	<i>Características dos efluentes</i>	42
3.5	Questionários	42
4	RESULTADOS OBTIDOS	43
4.1	Análises das plantas	43
4.1.1	<i>Aferição de clorofila</i>	43
4.1.2	<i>Produção de massa seca</i>	46
4.1.3	<i>Produção de matéria inerte</i>	48
4.2	Análise de solo	50
4.1.1	<i>Análise gravimétrica do solo</i>	51

4.1.2	<i>Concentração de Sódio no solo</i>	51
4.2.2	<i>Concentração de Carbono no solo</i>	53
4.2.3	<i>Concentração de Matéria Orgânica no solo</i>	55
5.	DISCUSSÕES	57
5.1	A produção de clorofila de acordo com o efluente de irrigação	57
5.2	A produção de substâncias voláteis de acordo com o efluente de irrigação	57
5.3	A acumulação de sódio no solo de acordo com o efluente de irrigação	58
5.4	A presença de matéria orgânica no solo de acordo com o efluente de irrigação	59
6	CONCLUSÕES	67
	REFERÊNCIAS	69
	APÊNDICES	74
	APÊNDICE I - LAUDO DE ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DE SOLO	75
	APÊNDICE II - LAUDO DE ANÁLISES DOS EFLUENTES UTILIZADOS NA REGA	76
	APÊNDICE III - FOTOGRAFIAS DA CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	77

1 INTRODUÇÃO

Nos centros urbanos, é comum haver Estações de Tratamento de Esgotos que destinam seus efluentes tratados para um manancial próximo ou para a rede de galerias pluviais. O efluente, com o qual se gastou dinheiro (energia elétrica, cloro, taxas de serviço, manutenção de equipamentos etc) é simplesmente descartado. Ainda apresentando certa quantidade de nutrientes, esse efluente pode ser aproveitado em uma cadeia sustentável por meio da prática do reúso agrícola, que consiste basicamente em regar uma determinada cultura vegetal com efluentes previamente tratados. Por mais ecologicamente correta que possa parecer, o reúso agrícola pode apresentar alguns riscos, como a contaminação por agentes patogênicos e o aumento da concentração de sais no solo em que os efluentes tratados são aplicados. Apesar disso, quando há um projeto de reúso bem dimensionado, os impactos positivos costumam superar os impactos negativos. Além disso, um aspecto que contribui para o potencial sustentável da prática é o cultivo de plantas que apresentam características específicas, como o capim-citronela, *Cymbopogon winterianus*, o qual apresenta propriedades que repelem mosquitos. O cultivo controlado de citronela utiliza um recurso que iria ser descartado e origina um produto capaz de espantar mosquitos. Com um pouco das folhas misturados a um solvente, como o álcool, pode-se produzir um repelente natural de baixo custo. Dessa forma, a prática do reúso agrícola pode influenciar positivamente o combate ao mosquito transmissor de doenças como a dengue, a febre chikungunya e a zica, as quais vêm assolando a população nordestina na última década.

Neste trabalho, utilizou-se o efluente de uma estação de tratamento do tipo Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (RAFA), seguido por um Filtro Submerso Aerado (FSA), um Decantador Secundário e um Tanque de Contato, para a rega de capim citronela, *Cymbopogon winterianus*.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar o desenvolvimento do capim-citronela (*Cymbopogon winterianus*) irrigado com água tratada e dois tipos de esgotos domésticos tratados, além de estudar alguns impactos da utilização dos esgotos sobre as características do solo.

1.1.2 Objetivos específicos

- Avaliar o desenvolvimento do capim-citronela irrigado, por meio da determinação dos seguintes parâmetros:
 - Determinação do índice de clorofila nas folhas;
 - Teor de matéria seca;
 - Teor de matéria Inerte.
- Verificar se a presença de cloro no efluente pode causar interferências no desenvolvimento do capim-citronela
- Verificar alterações que podem ocorrer no solo como consequência da irrigação com esgoto doméstico tratado.
- Levantar a opinião de operadores de estações de tratamento de esgotos sobre a utilização de efluentes em projetos de reúso.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Tratamento de esgoto

As características químicas, físicas e biológicas das águas residuárias provenientes dos esgotos domésticos refletem os usos aos quais foram submetidas, que variam com o clima, situação econômica e hábitos da população (VON SPERLING, 1996).

Entre os tipos de tratamento de esgotos, existem os que abrangem processos estritamente aeróbios, outros que compreendem processos anaeróbios e, alguns que mesclam fases ou operações aeróbias e anaeróbias.

A biodegradação anaeróbia, por exemplo, ocorre na ausência de oxigênio, por microrganismos anaeróbios ou facultativos, começando a partir do momento em que o oxigênio dissolvido no esgoto já foi consumido pelos microrganismos aeróbios (SANEPAR, 1997).

Segundo Chernicharo (1997),

A digestão anaeróbia representa um sistema altamente interativo e balanceado, envolvendo processos metabólicos na conversão da matéria orgânica na ausência de oxigênio, ocorrendo produção de gases. Os microrganismos que participam do processo anaeróbio podem ser divididos em três grupos, no qual participam de etapas sequenciais do processo, como as bactérias fermentativas ou acidogênicas, as bactérias acetogênicas ou sintróficas e as bactérias metanogênicas.

Um dos tipos de estações anaeróbias mais comumente usadas para tratamento de esgotos domésticos é o Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente, RAFA, mais conhecido por sua sigla em inglês UASB, Upflow Anaerobic Sludge Blanket.

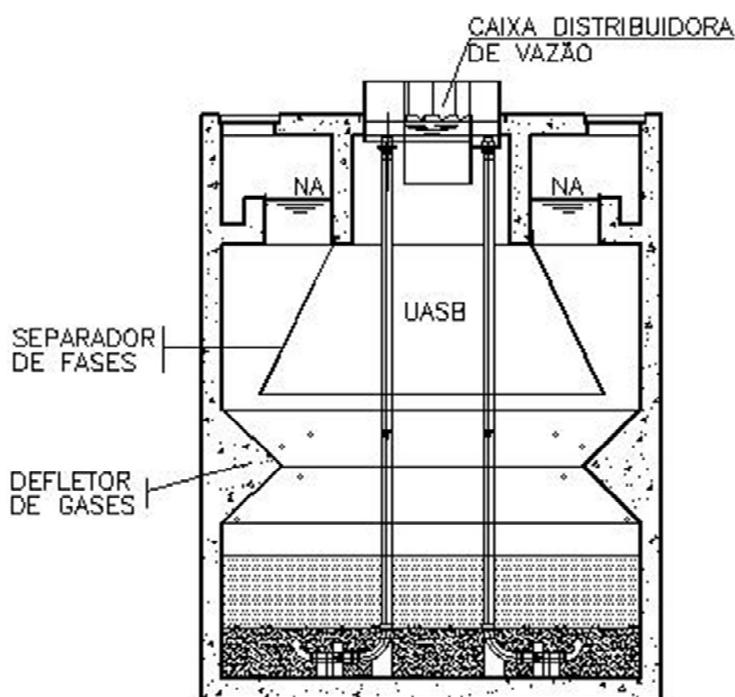
O fluxo ascendente prevalece no processo de tratamento via reatores UASB, partindo do princípio que o líquido entra pelo fundo e se encontra com a primeira camada de digestão. No fundo do reator existem basicamente duas camadas, o leito de lodo e a manta de lodo. A primeira camada de digestão, o leito de lodo, apresenta uma densidade bastante considerável e elevada capacidade de sedimentação.

Acima do leito do lodo, em direção ao topo do reator, encontra-se uma zona de lodo com densidade menor, ou seja, mais dispersa e leve, chamada manta de lodo, na qual os sólidos se sedimentam com velocidades mais baixas. De acordo com Francisqueto (2007), a junção do leito de lodo com a manta de lodo tem como resultante a camada de digestão.

Ao entrar pelo fundo, o líquido se encontra primeiramente com o leito de lodo, o que causa adsorção de grande parte da matéria orgânica pela biomassa. Seguidamente, entra em contato com a manta de lodo, já iniciando o processo de digestão anaeróbia. Nessa etapa, há uma alta concentração da biomassa no reator, justificando a denominação de manta de lodo (VON SPERLING, 2005).

Um exemplo de Reator UASB pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 - Modelo Esquemático de Reator UASB



Fonte: O Autor (2017).

Como resultado da atividade anaeróbia, são formados diversos gases, além do lodo biológico. Devido a isso, é necessário instalar dois dispositivos acima da manta de lodo, denominados separador trifásico (fase sólida, fase líquida e fase gasosa) e defletor de gases. O separador trifásico tem como objetivo separar a

biomassa, permitindo que o lodo permaneça no compartimento de digestão e impedindo que os sólidos saiam junto com o efluente. Além disso, proporciona um direcionamento de liberação dos gases produzidos na digestão. Já o defletor tem como finalidade mudar a direção dos gases(VON SPERLING, 2005).

As bolhas de gases que se formam na zona de digestão admitem velocidade ascensional em meio à fase líquida até encontrarem uma interface líquido/gás abaixo do separador de fases. As bolhas, então, se desprendem, formando uma fase gasosa. Estas bolhas de gás precisam ser desviadas para evitar que passem pelas mesmas aberturas do separador destinadas à passagem da fase líquida. O gás coletado pode ser reaproveitado ou queimado (JORDÃO; PESSOA, 2005).

Ainda de acordo com Jordão e Pessoa (2005), três fatores são fundamentais na utilização do reator anaeróbico de fluxo ascendente para o processo de tratamento de esgoto:

- 1) Contato entre biomassa e despejo, o que melhora a superfície de contato e proporciona uma melhoria na eficácia da digestão;
- 2) Atividade da biomassa, pois se sabe que o metabolismo dos microrganismos depende diretamente da fase de desenvolvimento em que a maioria da população da microbiota se encontra
- 3) Grande acumulação da biomassa no reator, para aumentar a eficácia da degradação da matéria orgânica

O Reator Anaeróbico de Fluxo Ascendente apresenta vantagens, como a facilidade de construção e operação do sistema, além de demandar uma área geralmente menor, quando comparado com outros sistemas de tratamento. Entretanto, sua operação pode gerar maus odores, oriundos da degradação anaeróbia em que há sulfetogênese, e também uma baixa remoção de microrganismos patogênicos.

Para que os padrões de tratabilidade de efluentes sejam atingidos, os projetistas de estações de tratamento de esgotos, muitas vezes, aliam alguns outros tipos de tratamento, podendo haver uma etapa composta por anaerobiose e outra por aerobiose.

É comum haver ETE's compostas por reatores UASB seguidos de um Filtro Submerso Aerado, apresentando, então, um reator em que bactérias anaeróbias se

desenvolvem bem, seguido de um reator em que a aeração forçada proporciona o desenvolvimento de uma microbiota aeróbia.

Dessa forma, consegue-se aliar as vantagens de cada tipo de tratamento para que, no final, o efluente apresente características que permitam o seu lançamento, legalmente, em um corpo hídrico, ou sua disposição no solo, por exemplo.

2.2 Aproveitamento de efluentes tratados para reúso agrícola

Embora a água doce seja considerada um recurso renovável, seu uso inadequado pode afetar bastante o ciclo hidrológico ocorrente nos ecossistemas, tornando-o incapaz de suprir as necessidades ambientais de forma sustentável, seja para a regulação térmica, manutenção da umidade do ar e até mesmo como fonte de líquido para dessedentação. Na superfície da Terra, mais de 97% da água é salgada. Dos 2,5% de água doce, 77% estão congelados e 22% são de águas subterrâneas, restando 1% em rios e lagos (CORSON, 2002).

Segundo Mancuso e Santos (2003), o crescimento populacional demandou maior captação de água para o contínuo desenvolvimento das atividades humanas, provocando uma queda na qualidade desse recurso em suas fontes naturais. Observando-se dados históricos, a oferta hídrica em determinada região tem relação estreita com o crescimento industrial, a qualidade de vida das pessoas, o desenvolvimento agrícola e a sustentabilidade ambiental.

Ao longo dos anos, a crescente industrialização das áreas urbanas e o crescimento populacional decorrente do avanço da tecnologia e da medicina, propiciaram o crescente consumo e, por consequência, o aumento da produção de rejeitos, sejam eles sólidos ou líquidos. O esgoto e o lixo urbano são dois grandes problemas ambientais a serem resolvidos no século XXI (KRAY, 2005). Como consequência, a não destinação correta dos rejeitos acaba por provocar desequilíbrios ambientais.

No caso dos rejeitos líquidos, ou seja, os esgotos, quando despejados em grandes quantidades e sem tratamento adequado, promovem uma séria

contaminação ambiental. A contaminação dos corpos receptores deve-se à presença de macro e de micronutrientes, agentes patogênicos, matéria orgânica, metais pesados e elevadas DQO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio). Desta forma, o tratamento dos esgotos é prática indispensável para a preservação dos recursos hídricos (VON SPERLING, 1996).

O crescimento populacional e as alterações climáticas aceleram a redução da disponibilidade de água em determinadas regiões. Como uma boa prática pode ser feito o reciclo e o reúso da água em vez de descartá-la de forma desenfreada e, na maioria das vezes contaminada, no meio (SILVA; SANTANA, 2014).

Como não se encontra um corpo receptor na proximidade de todas as fontes geradoras de esgotos, outras formas de disposição desse efluente, tratado ou não, são utilizadas, como a disposição no solo ou o reúso agrícola.

A escassez de água tem conduzido à implantação de projetos de desenvolvimento no semiárido que têm como desafio a busca de alternativas de convivência com a seca que conduzam a melhorias sociais. Neste contexto, o reúso agrícola planejado de água apresenta-se como uma oportunidade de valorização da atividade agrícola(SCHAER-BARBOSA; SANTOS; MEDEIROS, 2014).

No Brasil, quase não existem legislações referentes à disposição de efluentes tratados para reúso agrícola. A Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 2005), alterada pela Resolução CONAMANº 430/2011 (BRASIL, 2011),cita que “a disposição de efluentes no solo (...) não poderá causar poluição” e ainda estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes nos corpos d’água. A Resolução nº 375, de 29 de agosto de 2006 (BRASIL, 2006), define critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário, mas não de efluentes.

A reutilização de água pode ser indireta ou direta, decorrente deações planejadas ou não, conforme segue(ZARED FILHO et al., 2007):

- 1) Reúso indireto não planejado da água: ocorre quando a água, utilizada em alguma atividade humana, é descarregada no meio ambiente e novamente utilizada a jusante, em sua forma diluída, de maneira não intencional e não controlada; sendo encaminhada até o ponto de captação para o novo usuário; a mesma está sujeita às ações naturais

do ciclo hidrológico;

- 2) Reúso indireto planejado de água: ocorre quando os efluentes, depois de tratados, são descarregados de forma planejada nos corpos de águas superficiais ou subterrâneas para serem utilizados a jusante, no atendimento de algum uso benéfico; pressupõe que exista também um controle sobre as eventuais novas descargas de efluentes no caminho, garantindo assim que o efluente tratado estará sujeito apenas às misturas com outros efluentes que também atendam ao requisito de qualidade do reúso objetivado;
- 3) Reúso direto planejado das águas: ocorre quando os efluentes, após tratados, são encaminhados diretamente de seu ponto de descarga até o local do reúso, não sendo descarregados no meio ambiente. É o caso com maior ocorrência, destinando-se a uso em indústria ou irrigação.

No contexto do reúso agrícola, é imprescindível destacar o conteúdo dos elementos minerais presentes em efluentes, principalmente urbanos, e, quando brutos, que há a presença de macronutrientes, como N, P e K, bem como Cu, Mo e Zn, necessários ao desenvolvimento vegetal, e elementos potencialmente tóxicos, como As, Cd, Cr, Hg, Ni e Pb (GUIDOLIN, 2000).

A aplicação de efluentes no solo não deve ser feita de forma indiscriminada, sem nenhum controle para efeito de aproveitamento agrícola. Conforme Coraucci Filho (1998), deve existir um elo perfeito entre os critérios de projetos da engenharia sanitária e os da engenharia de irrigação, de forma que o efluente possa ser aplicado e tratado no solo sem que haja sua contaminação e sua saturação por nutrientes.

O reúso de água pode ser definido como o aproveitamento de águas previamente utilizadas, uma ou mais vezes, em alguma atividade humana, para suprir as necessidades de outros usos benéficos, inclusive o original (MANCUSO; SANTOS, 2003), podendo decorrer de ações planejadas ou não. Mancuso e Santos (2003) também classificam o reúso de água em duas grandes categorias: potável e não potável. Além disso, o reúso potável pode ser direto ou indireto. Dentro do reúso não potável, podem ser citados os para fins agrícolas, recreacionais, industriais e domésticos (sem consumo humano).

Segundo a Organização Mundial da Saúde, OMS (WHO, 2006), podem ser projetados programas de reúso de esgotos que não apresentem riscos à saúde pública. Isto requer que se conheça a epidemiologia de infecções relacionadas ao reúso de esgotos. Estudos epidemiológicos sobre irrigação com esgotos permitiram à OMS concluir que a aplicação de esgotos não tratados em culturas agrícolas

resultam alto risco de aquisição de doenças intestinais por vermes e bactérias, sendo baixo, contudo, o risco com relação aos vírus.

Baseada nesta informação, a OMS estabeleceu as seguintes recomendações para a qualidade microbiológica de esgotos tratados a serem utilizados em irrigação (WHO, 2006):

- 1) irrigação restrita ou irrestrita: menos de 1 ovo de helminto por litro;
- 2) irrigação irrestrita: menos de 1000 coliformes fecais por 100 mililitros. Irrigação restrita é definida como aquela usada para culturas comestíveis, parques públicos e campos de esporte; irrigação irrestrita refere-se àquela destinada a plantações de árvores, forrageiras, pastagens, cultivos industriais e árvores frutíferas

Uma das vantagens agregadas à prática do reúso agrícola com efluentes tratados está na diminuição da poluição do corpo receptor, propiciando uma melhora da qualidade da água dos mananciais adjacentes e um uso mais racional do recurso hídrico. Segundo Beekmam (1996), os benefícios do reúso podem ser estimados com o aumento da produtividade da agricultura, controle de erosão e redução de danos ambientais.

A transmissão de doenças relacionadas aos contaminantes existentes no esgoto pode ser controlada por diversos fatores agrônômicos, como o método de irrigação empregado, a forma de crescimento da planta, as práticas de manejo utilizadas na cultura e as técnicas de colheita adequadas.

Embora as Estações de Tratamento de Esgoto reduzam significativamente o número de microrganismos de origem fecal, sejam bactérias, helmintos ou vírus, a sua operação pode apresentar falhas, o que não garante totalmente a segurança do efluente. Westcot (1997) destaca que sua utilização pode acarretar doenças transmissíveis aos seres humanos, uma vez que os patógenos presentes nesse efluente são capazes de sobreviver no sistema solo-planta.

A escolha do método adequado de irrigação das culturas deve ser também considerada, visando minimizar os riscos à saúde humana, bem como o processo de salinização de solos irrigados com esgoto (HESPANHOL, 2001). O mesmo autor relata que o método de irrigação por gotejamento é o mais indicado para a utilização da água de reúso, pois, apesar de apresentar custo mais elevado, proporciona alta eficiência do uso da água, o que contribui para o aumento da produtividade agrícola.

Dasberg e Bresler (1985) também afirmam que irrigação com água de reúso por gotejamento não forma aerossóis durante o momento da irrigação, ajudando a reduzir os riscos de contaminação microbiológica para as plantas, uma vez que a irrigação localizada evita o contato entre a água e as folhas e frutos. Além disso, Feachem et al. (1983) ressaltam que os agentes microbiológicos, como os vírus e as bactérias, não penetram no tecido vegetal, exceto se ele se encontrar danificado

Dessa forma, percebe-se que a utilização de efluentes tratados para reúso agrícola, apesar de trazer uma série de vantagens, deve ser cuidadosamente planejada para que possa haver uma diminuição dos riscos agregados à prática, seja pelo risco de contaminação por patógenos, ou seja pelo risco de salinização do solo, por exemplo.

2.3 Plantas aromáticas

As plantas medicinais são utilizadas pelo homem desde o início da história e atualmente empregadas como recursos na medicina alternativa por grande parte da população mundial. Esse uso deve-se à facilidade de acesso às plantas em relação aos medicamentos alopáticos (CARNEIRO et al., 2014).

Nos últimos anos, a busca por substâncias e produtos naturais tem envolvido não só aqueles que atuam diretamente com o seu cultivo, mas uma parcela da sociedade que agora busca um meio de vida mais natural e sustentável. Seja por causa da indústria cosmética ou pela alimentícia, os benefícios das substâncias naturais ganham mais importância. Essas, a cada dia, apresentam um maior emprego, sendo utilizadas na alimentação, na indústria farmacêutica, na agroquímica, entre outros. Cada tipo de planta tem em sua composição substâncias diferentes, de forma que agem no organismo mesmo quando a planta é usada apenas como tempero (CARDOSO et al., 2006).

O uso de plantas com fins medicinais pela população mundial tem sido muito significativo nos últimos tempos. Dados da Organização Mundial de Saúde (OMS) mostram que cerca de 80% da população mundial fez uso de algum tipo de erva na busca de alívio de alguma sintomatologia ou enfermidade desagradável. Desse total,

pelo menos 30% deu-se por indicação médica. Esta prática tradicional, ainda existente entre os povos de todo o mundo, tem inclusive recebido incentivos da própria OMS (MACIEL et al., 2002). Para ficar claro, planta medicinal, segundo a ANVISA, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, é toda planta ou partes dela que contenham as substâncias ou classes de substâncias responsáveis pela ação terapêutica (ANVISA, 2013).

Com o enorme número de espécies vegetais, o Brasil desponta como um dos países que mais tem capacidade de desenvolver a exploração do potencial biológico de sua flora. Segundo Assis et al(2015) , instrumentos internacionais e políticas nacionais impulsionam a importância da medicina tradicional. Entretanto, poucos estudos abordam sobre a produção agrícola de plantas medicinais.

Apresentando usos condimentares, medicinais, agrônômicos ou aromáticos, muitas substâncias de determinadas plantas ganharam importância nos últimos anos. Os metabólitos secundários dessas plantas, principalmente os óleos essenciais, vêm sendo estudados para o desenvolvimento de métodos de controle alternativo de pragas e doenças na horticultura (SAITO, 2004), e por possíveis funções alelopáticas no sistema, como a inibição do crescimento de espécies espontâneas (SILVA, 2012).

Segundo Prins et al. (2010), as indústrias de aromas e fragrâncias representam um mercado de U\$ 18 bilhões anualmente, com aumento de 10% no comércio internacional de óleo essencial.

Os óleos essenciais podem ser compreendidos como compostos muitas vezes aromáticos, voláteis, que conferem o aroma nas plantas, na maioria das vezes constituídos por moléculas de natureza terpênica, formados principalmente por monoterpenos (C10) e sesquiterpenos (C15), comumente encontrados em folhas e flores e produzidos em cavidades especializadas denominados canais secretores ou tricomas glandulares (BRASIL, 2006; MORAIS, 2006). Sua concentração pode variar em diferentes órgãos da planta em relação aos fatores como solo, clima, período do dia e épocas do ano e tipo de adubação, podendo apresentar composição química, odor e características físico-químicas significativamente diferentes (SIMÕES, 2000).

Diversos fatores podem interferir e influenciar a síntese dos óleos essenciais das plantas. Estes fatores podem ser desde a variedade de planta utilizada, condições climáticas, método de plantio até a época da colheita (LAOCHOWICZ et al., 1997; BLANK et al., 2010).

Assim, sabe-se que são necessárias cada vez mais pesquisas para uma otimização da produção desses óleos. Um dos vieses que podem auxiliar na produção de plantas aromáticas é a irrigação desses vegetais com efluentes tratados.

A água de reúso, quando empregada num sistema fechado de irrigação, pode ser utilizada para a produção de hortaliças, frutas, plantas medicinais e outros tipos de alimentos, por apresentar boa quantidade de nutrientes (CAMARA, 2012).

No caso da utilização de efluentes oriundos de estações de tratamento de esgoto para a irrigação de plantas aromáticas, existem algumas vantagens, pois, devido à etapa da extração do óleo essencial exigir um processamento que envolve agentes químicos ou aumento da temperatura, grande parte dos agentes patogênicos é eliminada.

2.4 Capim-citronela

O capim citronela (*Cymbopogon winterianus*) pertence à família Poaceae, subfamília Panicoideae, e é originado do Ceilão e da Índia. Ela é uma planta herbácea, perene, cespitosa, podendo chegar a um metro de altura. As folhas são amplexicaule, linear-lanceoladas, áspera nas duas faces e com bordo cortante (COUTO, 2006).

As folhas amplexicaules são caracterizadas por envolverem completamente o caule e não apresentarem o pecíolo. Já a característica linear-lanceoladas remete-se ao fato de se parecerem com uma lança, em que a folha é mais longa do que larga, estreitando-se em direção à ponta.

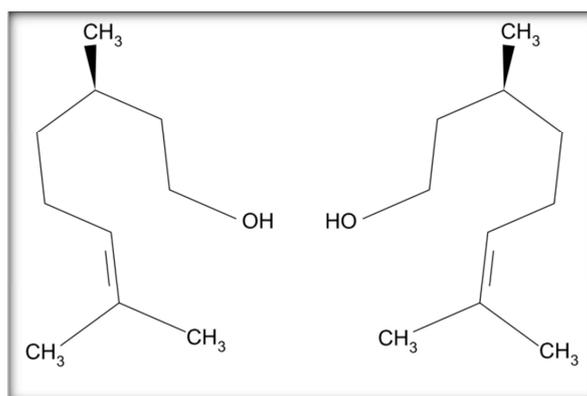
No Brasil, os nomes populares do capim citronela podem ser, dependendo da região: Citronela, Capim Citronela, Citronela de Java, Cidrô do Paraguai ou Citronela do Ceilão, por exemplo.

A citronela é uma planta aromática que ficou bastante conhecida por produzir um óleo essencial usado na fabricação de repelentes contra mosquitos. Considerado um ótimo repelente, o óleo da citronela é rico em compostos que afastam os mosquitos com eficácia. Na forma de creme ou loção cremosa, são manipulados para uso externo, aplicado sobre a pele de crianças e adultos para afastar mosquitos e pernilongos de uma forma natural (SCHERER et al., 2009).

Segundo Aranha; Silva e Peixoto (2014), as formas repelentes se estendem também a desinfetantes para o uso doméstico, feito a partir da trituração das folhas e embebição em álcool. Essa mistura pode ser coada e passada com pano em toda extensão da casa, mantendo o ambiente livre de borrachudos e mosquitos, além de não oferecer riscos à saúde.

A citronela é semelhante ao capim-limão e pertencente à mesma família. É conhecida por conter em suas folhas um óleo com propriedades antimicrobianas e repelentes, tendo como constituintes majoritários α -citronelal, geraniol e β -citronelol (SCHERER et al., 2009). A molécula de citronelol pode ser observada na Figura 2.

Figura 2 - Modelo esquemático da molécula de citronelol



Fonte: O Autor (2017).

Estas plantas também têm em comum a presença do citral, componente majoritário do óleo essencial, conferindo ação antibacteriana e fúngica (NEGRELLE; GOMES, 2007), bem como de repelência a artrópodes vetores de doenças como o *Aedes aegypti* (L.), (Diptera: Culicidae). (TAWASTSIN et al., 2001).

Devido a sua imobilidade, as plantas desenvolveram, ao longo do seu processo evolutivo, mecanismos de defesa frente a essa incapacidade. Óleos essenciais, em cuja constituição predominam substâncias voláteis, lipofílicas e de forte odor (SIMÕES et al., 2000), são subprodutos do metabolismo secundário de diversas espécies de plantas, e por não participarem do metabolismo principal do vegetal, acabam por ser eliminados ou armazenados nas estruturas das plantas, como raízes, caule e folhas, como é o caso do capim citronela.

2.5 O uso de citronela no combate à dengue

A dengue é uma doença viral que tem causado preocupação por ser um problema de saúde pública de ordem mundial. Os países tropicais são os mais afetados pela doença, devido suas características ambientais, climáticas e sociais. A expansão de áreas de ocorrência de dengue no Brasil tem mostrado aumento gradativo (FERREIRA; ARAÚJO, S/D).

A expansão geográfica da dengue e o aumento da frequência dos casos tornam cada vez mais urgente a implantação de campanhas de combate à doença. Entre as alternativas mais ecológicas, eficientes e de baixo custo para alcançar este objetivo, está a utilização da citronela (VALÉRIO, s/d).

De acordo com Ministério da Saúde (2013), o então ministro da Saúde, Alexandre Padilha, declarou que até 16 de fevereiro de 2013 foram notificados 204.650 casos no país. Deste total, 324 foram notificados como casos graves e 33 óbitos. Comparando esses resultados com igual período de 2012, o que se nota é uma aumento de 190% nos casos notificados (70.489 casos em 2012), e uma importante redução de 44% nos casos graves (577 casos em 2012) e de 20% nos óbitos.

Devido ao aumento do número de casos, torna-se evidente o fato de que as estratégias adotadas até então pelos órgãos responsáveis não conseguem atingir satisfatoriamente seus objetivos. É imprescindível uma diversificação e uma intensificação das estratégias de combate ao mosquito transmissor, principalmente

por causa da disseminação de outras doenças também associadas ao mosquito transmissor, como a Zica e a Febre Chikungunya.

Atualmente, o óleo de citronela é uma das substâncias mais presentes em formulações de repelentes de insetos. Além disso, é crescente o número de velas e incensos que a utilizam como repelentes ambientais (BUENO e ANDRADE, 2010), o que torna essa planta fundamental para a disseminação de técnicas de combate ao mosquito, visto que já é utilizada e conhecida.

Para exemplificar, em uma pesquisa realizada por Tawatsin et al (2001), objetivando avaliar o efeito repelente de óleos essenciais contra mosquitos vetores, foi possível avaliar o potencial repelente da citronela contra o *A. aegypti*. Um dos resultados da pesquisa foi que, utilizando a exposição humana contendo o óleo como avaliador, observou-se uma repelência por 6 horas de exposição ao vetor.

Embasada também pelo conhecimento popular, produtos à base de citronela são comumente encontrados com a finalidade de espantar mosquitos. Assim, o incentivo ao cultivo de citronela deve estar presente nas estratégias de combate ao agente transmissor de doenças como a Dengue, Zica e Febre Chikungunya.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Visão geral do projeto

A fim de se avaliar o desenvolvimento de capim citronela com o uso de efluentes tratados, dispôs-se de fileiras de vasos com as plantas, os quais foram regados com o mesmo tipo de líquido durante todo o tempo em que o projeto foi desenvolvido.

A data de início do experimento foi dia 28/10/2016, e a data de término foi dia 19/02/2017. Assim, totalizaram-se 03 meses e 15 dias completos, ou 115 dias de controle da irrigação dos vasos de capim citronela.

Padronizaram-se, além dos efluentes utilizados, a constituição dos vasos (base e substrato), a disposição organizacional das plantas e a quantidade de efluente utilizada na rega por vaso.

O operador da Estação de Tratamento de Esgoto ficou responsável pela operação diária de rega, recebendo os devidos treinamentos e tendo à sua disposição os equipamentos de segurança individuais e os aparatos para a realização das atividades operacionais inerentes ao projeto.

O acompanhamento das atividades se deu de maneira semanal, sendo mais intenso na implantação do projeto e próximo a sua conclusão.

Vale salientar que as plantas ficaram expostas às condições climáticas naturais, com livre intercâmbio biológico com os ecossistemas do entorno e com influência de fatores externos, como incidência solar, incidência de chuvas, ação dos ventos e contato com espécies animais.

3.2 Localização da área da pesquisa

A Estação de Tratamento de Esgoto, ETE, da qual foram utilizados os efluentes tratados, está localizada na Rua Padre Pedro, N°600, bairro Messejana, no município de Fortaleza, Ceará. A localização do empreendimento pode ser observada na Figura 3, na Figura 4 e na Figura 5, onde se pode ter uma noção geográfica da área de estudo.

Figura 3 - Posição do Ceará em relação ao Brasil e de Fortaleza em relação ao Ceará



Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Fortaleza#/media/> (2006)

Figura 4 - Localização do bairro Messejana em relação a Fortaleza.



Fonte: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Messejana_\(Fortaleza\)#/media/](https://pt.wikipedia.org/wiki/Messejana_(Fortaleza)#/media/) (2008).

Figura 5 - Área em que o experimento foi desenvolvido



Fonte: O Autor (2017).

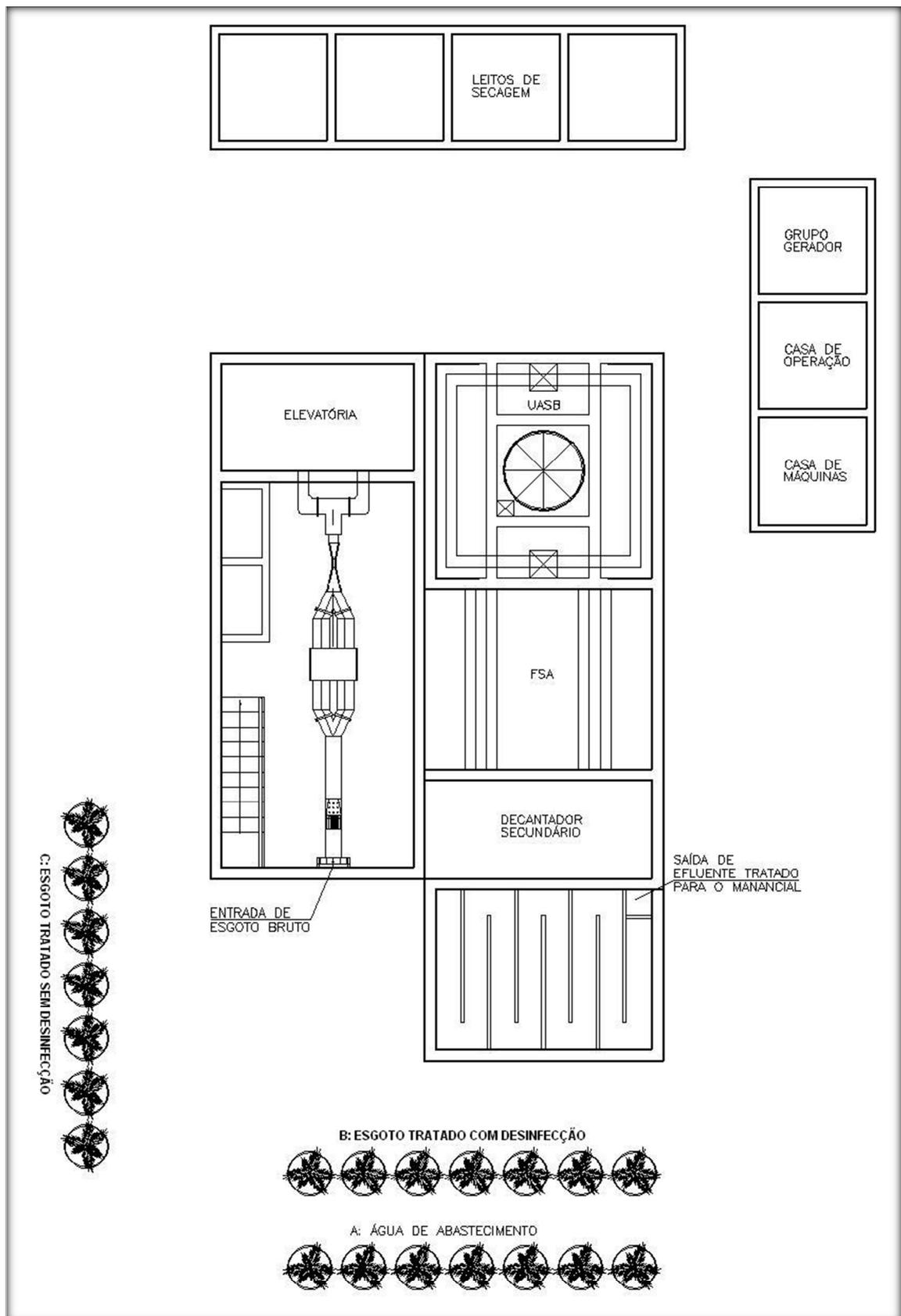
Obs. A área delimitada em amarelo refere-se ao local da ETE. Em contorno azul, observa-se o empreendimento condominial onde há a produção dos esgotos domésticos afluentes à ETE.

3.3 A estação de tratamento de esgotos domésticos

A ETE foi construída em 2013 para ser operada pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará, CAGECE, porém não foi mantida por essa empresa. Durante o período da pesquisa, a empresa responsável por sua operação foi a MW Engenharia.

O sistema de tratamento da referida ETE consta de um Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente, RAFA, seguido de uma unidade de Filtro Submerso Aerado. Após isso, o efluente passa por um decantador (Decantador Secundário), para uma diminuição dos sólidos suspensos, além de uma unidade de desinfecção com cloro (Tanque de Contato), antes de ser enviado ao corpo receptor mais próximo, como pode ser observado na Figura 6. O lodo excedente gerado no processo é enviado para os leitos de secagem, para perderem umidade e serem destinados ao aterro sanitário. Os resíduos gerados no gradeamento também são enviados para o aterro sanitário, mas não se misturam com os resíduos biológicos dos reatores (lodo).

Figura 6 - Representação da ETE onde o experimento se desenvolveu.



Fonte: O Autor (2017).

Os esgotos chegam à ETE e passam pelo processo de gradeamento, seguido de desarenação e posterior bombeamento para a unidade de tratamento UASB. Por gravidade, o efluente passa de uma unidade para a outra, até ser disposto no corpo receptor. O excesso de lodo que é produzido nas unidades é disposto em leitos de secagem, nos quais desidrata, sendo enviado, junto com os materiais retidos no gradeamento e na desarenação, para o Aterro Sanitário Metropolitano Oeste, de Caucaia, Ceará.

Na Figura 7, pode-se observar a referida ETE.

Figura 7 - Fotografia de uma parte da ETE onde são tratados os esgotos domésticos.



Fonte: O Autor (2017).

3.4 Desenvolvimento da pesquisa

Para o desenvolvimento da pesquisa, foram montados 21 vasos com brita e terra. Cada efluente foi usado em 7 vasos, distribuídos em fileiras, cada vaso com duas mudas de capim citronela.

Os vasos utilizados têm características de uso padrão da Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária, EMBRAPA, em material plástico. Foram colocados em torno de 10 centímetros de brita nº3 no fundo de cada vaso, para

permitir uma melhor drenagem. Após isso, preencheu-se o restante com terra. A montagem dos vasos pode ser observada na Figura 8.

Figura 8 - Base dos vasos com brita N°3.



Fonte: O Autor (2017).

Os vasos foram dispostos em fileiras, na própria área da ETE. Esta área foi limpa, capinada e encontrava-se apta a receber os componentes da pesquisa, como se pode observar na Figura 9.

Figura 9 - Vistas da área da pesquisa antes da instalação dos vasos



Fonte: O Autor (2017).

As fileiras de vasos foram organizadas de forma a facilitar a realização das regas. A fileira mais próxima da torneira de água de abastecimento foi irrigada com água da Cagece. A fileira mais próxima do tanque de contato foi irrigada com o efluente tratado seguido de desinfecção. A fileira mais próxima

da saída do decantador secundário foi irrigada com o efluente tratado sem desinfecção.

Em cada vaso foi aplicado 1,5L de apenas um tipo de efluente. Assim, cada vaso recebeu, no período da manhã, um total de 1,5L de água ou do respectivo efluente, diretamente no solo. Aos sábados, foram aplicados 3,0L em cada vaso, para compensar o posterior dia sem rega (domingo).

Criou-se também uma nomenclatura para cada planta, com a finalidade de haver uma correta referência, constando de:

➤ Código do líquido

- Irrigação com Água de Abastecimento: TA
- Irrigação com Esgoto Tratado com Cloro: TB
- Irrigação com Esgoto Tratado sem Cloro: TC

➤ Código do vaso

- A numeração dos vasos foi feita da parte externa em direção à parte interna

➤ Código da Planta

- Planta mais próxima da cerca: 1
- Planta mais próxima ao tanque de contato: 2

Dessa forma, caso houvesse um problema com a planta A32, saber-se-ia que era a planta irrigada com água de abastecimento, no vaso número 03, estando a planta mais perto do tanque de contato.

3.4.1 Medições efetuadas

3.4.1.1 Características das plantas

3.4.1.1.1 Aferição do teorClorofila

Nas reações de fotossíntese, a molécula de clorofila tem papel fundamental na captura da energia provinda da radiação luminosa, a qual é transformada em energia química.

Na década de 90 foi desenvolvido um equipamento capaz de gerar grandezas relacionadas com os teores de clorofila, o clorofilômetro Soil Plant Analysis Development (SPAD-502) (MINOLTA, 1989). O referido aparelho (Figura 10) fornece dados que relacionam o teor de clorofila presente nas folhas com as leituras apresentadas em seu visor. A rapidez nas medições e a facilidade de calibração e manuseio tornaram a aferição dos teores de clorofila muito fácil.

Figura 10 - Clorofilômetro SPAD-502



Fonte: O Autor (2017).

Ainda de acordo com Minolta (1989),

O clorofilômetro possui diodos que emitem radiação em 650 nm (luz vermelha) e 940 nm (radiação infravermelha). Quando se faz a mensuração do teor de clorofila, a luz passa pela folha e é recebida por um fotodiodo de silicone onde é convertida primeiramente em sinais elétricos analógicos e depois em sinais digitais. Esses sinais passam por um microprocessador que calcula valores proporcionais aos de teor de clorofila presente na folha.

A aferição dos valores foi realizada pelo autor do trabalho, com a ajuda do operador da ETE, como observado na Figura 11.

Figura 11 - Aferição do teor de clorofila *in situ*



Fonte: O Autor (2017).

Neste trabalho, aferiu-se o teor de clorofila de cada planta, de acordo com a seguinte metodologia:

-03 aferições em cada folha, do lado direito da nervura central. Uma aferição perto da base da folha, outra na parte mediana da folha e outra próximo à extremidade.

-Cada planta teve duas folhas aferidas.

Algumas plantas morreram durante o experimento, o que não permitiu a aferição da clorofila de todas. A quantificação das análises encontra-se na Tabela 1:

Tabela 1 - Número de aferições de clorofila por tipo de tratamento.

Tipo de Tratamento	Número de aferições
Água de abastecimento (A)	84
Esgoto tratado + Cloração (B)	72
Esgoto tratado sem Cloração (C)	78

Fonte: O Autor (2017).

3.4.1.1.2 Teor de Matéria Seca

O teor de matéria seca (MS) é a porcentagem do peso da amostra quando retirada a massa de água nela presente.

O teor de MS pode ser obtido por meio de vários métodos: a desidratação em estufa por 48 a 72 horas, à temperatura de 65 ° C ou a desidratação por 24 horas a 80 °C em forno micro-ondas, por exemplo, (HODGSON et al., 2000). No trabalho, a amostra foi mantida na estufa, a 70°C, por em torno de 64 horas.

Trituraram-se as folhas dos respectivos tratamentos e separaram-se as amostras, de acordo com as plantas do vaso de origem. O material picado, uma mescla de várias folhas de uma mesma planta de um determinado vaso, foi guardado em sacos plásticos vedados (Figura 12) para que todos fossem levados à estufa ao mesmo tempo. Vale salientar que a diferença de coloração dos materiais era perceptível, de acordo com o efluente utilizado na rega.

Figura 12 - Amostras preparadas para a pesagem

Fonte: O Autor (2017).

As amostras foram colocadas em pequenos pratinhos de metal. Pesaram-se os pratinhos secos, os pratinhos após a colocação de determinada massa de amostra e os pratinhos com amostra após o tempo na estufa. Antes da pesagem, os pratinhos de metal passaram em torno de 16 horas na estufa, a 70°C, para a retirada de alguma umidade inerente ao material.

Algumas plantas morreram durante o experimento, o que não permitiu a aferição da massa seca de todos os exemplares. A quantificação das análises encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2 - Número de aferições de porcentagem de massa seca por tipo de tratamento.

Tipo de Tratamento	Número de aferições
Água de abastecimento (A)	14
Esgoto tratado + Cloração (B)	12
Esgoto tratado – Cloração (C)	12

Fonte: O Autor (2017).

3.4.1.1.3 Teor de Matéria Inerte

O teor de matéria inerte pode ser compreendido como a parte da matéria da amostra que não sofre volatilização ou degradação pela temperatura elevada.

Uma parte de cada amostra que havia sido preparada para a aferição do teor de Matéria Seca foi separada em cadinhos de porcelana, os quais haviam passado cerca de 16 horas em estufa para a retirada de alguma umidade inerente ao material. Pesou-se cada cadinho antes e depois de se colocar certa quantidade de vegetal.

As amostras foram levadas para uma mufla (Figura 13), a 500°C, e ficaram durante 08 horas. Quando a temperatura baixou, os cadinhos foram retirados e colocados em dessecadores para esfriarem até poderem ser pesados.

Figura 13 - Muflas com os cadinhos para a calcinação



Fonte: O Autor (2017).

Algumas plantas morreram durante o experimento, o que não permitiu a aferição do teor da matéria inerte de todos os exemplares. A quantificação das análises encontra-se na Tabela 3:

Tabela 3 - Número de aferições de porcentagem de massa inerte por tipo de tratamento.

Tipo de Tratamento	Número de aferições
Água de abastecimento (A)	14
Esgoto tratado + Cloração (B)	12
Esgoto tratado – Cloração (C)	12

Fonte: O Autor (2017).

3.4.1.2 Características do solo

O solo dos vasos foi coletado e separado por vasos, devidamente acondicionado em sacos plásticos para o transporte. Cada amostra continha em torno de 2,00kg de solo que havia sido escavado de cada vaso.

Os materiais foram analisados pelo Laboratório de Ciências do Solo da Universidade federal do Ceará.

O laudo laboratorial pode ser observado no Apêndice I.

3.4.1.3 Características dos efluentes

Os três efluentes utilizados foram analisados pelo Laboratório de Saneamento Ambiental (LABOSAN) da Universidade Federal do Ceará, de acordo com o *Standard methods for the examination of water and wastewater*.

Aferiram-se, em análise simples, as concentrações de substâncias presentes na rega, como cloretos, fluoretos, brometos, sulfatos e sulfetos, além de características do líquido, como Demanda Química de Oxigênio, Condutividade Elétrica e a Razão de Adsorção de Sódio.

O laudo laboratorial pode ser observado no Apêndice II.

3.5 Questionários

A fim de se levantar a opinião sobre o trabalho desenvolvido na Estação de Tratamento de Esgotos pelos operadores, desenvolveu-se um questionário simples para ser aplicado em uma entrevista com os dois operadores que auxiliaram na condução do experimento. A subjetividade das perguntas era um fator esperado, pois não havia parametrização para as perguntas efetuadas. Além disso, a entrevista foi realizada pelo próprio autor, na última semana do experimento, dia 09/02/2017.

4 RESULTADOS OBTIDOS

As análises realizadas foram divididas em duas vertentes: análises das plantas e análises do solo.

As análises das plantas abrangem as aferições de clorofila, as porcentagens de massa seca produzidas e as porcentagens de massa inerte produzidas.

As análises de solo abrangem vários aspectos, porém apenas alguns se mostraram suficientemente relevantes para o referido trabalho. Dessa forma, serão apresentados os resultados das concentrações de sódio no solo, as concentrações de carbono no solo e as concentrações de matéria orgânica no solo.

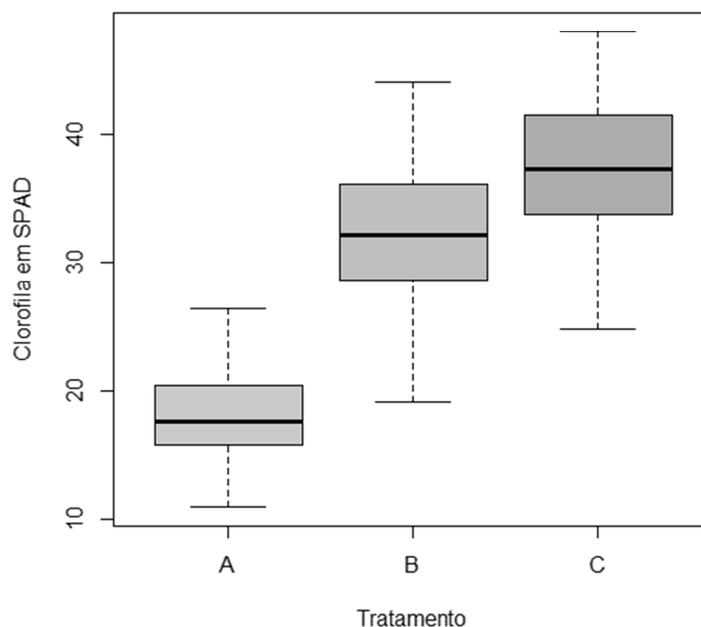
4.1 Análises das plantas

Para essas análises foram utilizados as próprias plantas e seu material vegetal produzido a partir de seu metabolismo.

4.1.1 Aferição de clorofila

A seguir, apresenta-se o boxplot da aferição de Clorofila em relação aos tratamentos, no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Análise estatística da aferição de clorofila nas plantas.



Fonte: O Autor (2017).

Legenda:

- Tratamento A: Água de Abastecimento
- Tratamento B: Esgoto tratado com desinfecção
- Tratamento C: Esgoto tratado sem desinfecção

Baseado no gráfico, pode-se observar que o efluente oriundo do tratamento C proporcionou uma maior produção de clorofila nas plantas irrigadas. Em contrapartida, o tratamento A proporcionou a menor produção.

Realizando um modelo ANOVA dado por:

$$\text{Clorofila} = \beta_0 + \beta_i * \text{Tratamento}, i = A, B \text{ e } C,$$

em que β_0 representa a média geral e β_i é o efeito do cada tratamento i .

A Tabela 4, a seguir, apresenta os resultados na análise tal qual o teste F para avaliar ou não se os tratamentos indicam alguma diferença na concentração de Clorofila apresentada nas plantas.

Tabela 4 - Resultados do teste F para a análise de clorofila.

Fonte de Variação	Grau de liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	Valor-p
Tratamento	2	15689	7844,6	347,08	<0,0001
Resíduo	231	5221	22,6	-	-

Fonte: O Autor (2017).

Assim, analisando a Tabela pode-se perceber que, como o valor-p foi inferior ao nível de significância de 5%, pode-se afirmar que há diferença, em média, de pelo menos dois tratamentos em relação à concentração de Clorofila.

A Tabela 5 apresenta um resumo do teste de média entre os tratamentos em relação a variável Clorofila. Aqui, tratamentos com letras iguais possuem médias iguais.

Tabela 5 - Resumo da análise estatística para a Clorofila.

Tratamento	Média (SPAD)	
C	37,03	a
B	31,73	b
A	18	c

Fonte: O Autor (2017).

Legenda:

- Tratamento A: Água de Abastecimento
- Tratamento B: Esgoto tratado com desinfecção
- Tratamento C: Esgoto tratado sem desinfecção

A diferença entre as concentrações de clorofila também puderam ser percebidas pela coloração e intensidade do verde das plantas. Na Figura 14, pode-se perceber nitidamente a diferença de tonalidade entre os tipos de tratamento. O tratamento B, à esquerda (tonalidade mais escura), e o tratamento A, à direita (tonalidade mais clara).

Figura 14 - Diferença entre as tonalidades de verde das plantas submetidas a TB e TA.



Fonte: O Autor (2017).

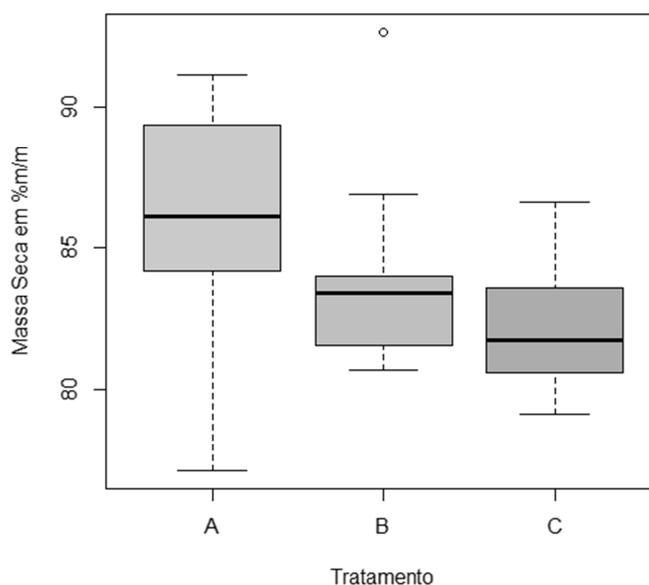
Legenda:

-Tratamento A (TA): Água de Abastecimento

-Tratamento B (TB): Esgoto tratado com desinfecção

4.1.2 Produção de massa seca

A seguir, Gráfico 2, apresenta-se o boxplot da análise das porcentagens de massa seca produzidas nas plantas, em relação aos tratamentos a que foram submetidas.

Gráfico 2 - Análise estatística da aferição de massa seca nas plantas

Fonte: O Autor (2017).

Legenda:

- Tratamento A: Água de Abastecimento
- Tratamento B: Esgoto tratado com desinfecção
- Tratamento C: Esgoto tratado sem desinfecção

Baseado no gráfico, pode-se observar que o tratamento A proporcionou a produção de maior quantidade de Massa Seca na planta. Enquanto que o tratamento C proporcionou a menor quantidade.

Realizando um modelo ANOVA dado por

$$Massa\ Seca = \beta_0 + \beta_i * Tratamento, i = A, B e C,$$

em que β_0 representa a média geral e β_i é o efeito de cada tratamento i .

A Tabela 6 apresenta os resultados na análise tal qual o teste F para avaliar ou não se os tratamentos apresentam alguma diferença na concentração de Massa Seca apresentada na planta.

Tabela 6 - Resultados do teste F para a análise estatística de massa seca

Fonte de Variação	Grau de liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	Valor-p
Tratamento	2	104,38	52,192	5,0951	0,01143
Resíduo	35	358,52	10,243	-	-

Fonte: O Autor (2017).

Assim, analisando a Tabela6, pode-se perceber que, como o valor-p foi inferior ao nível de significância de 5%, pode-se afirmar que há diferença, em média, de pelo menos dois tratamentos em relação à produção de Massa Seca, de acordo com o tratamento do efluente a que foram submetidas às plantas.

A Tabela7 apresenta um resumo do teste de média entre os tratamentos em relação à variável Massa Seca. Aqui, tratamentos com letras iguais possuem médias iguais.

Tabela 7 - Resumo da análise estatística para a massa seca

Tratamento	Média (%m/m)	
A	86,14	a
B	83,75	ab
C	82,18	b

Fonte: O Autor (2017).

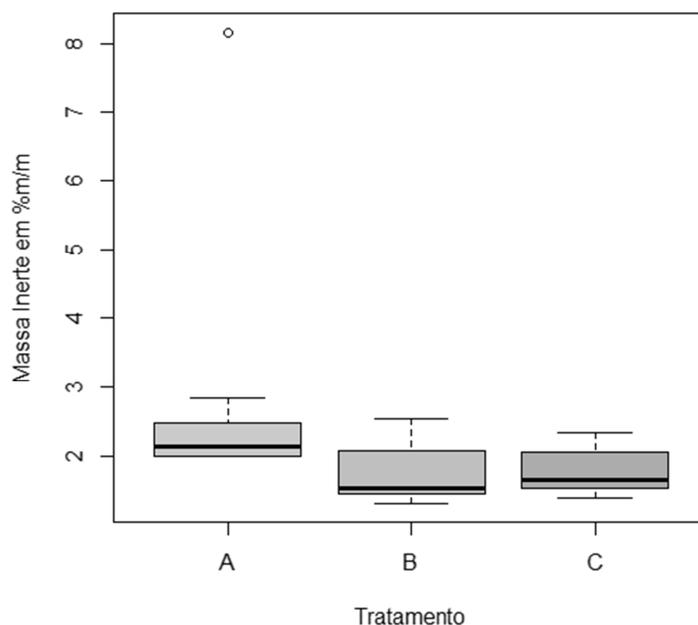
Legenda:

- Tratamento A: Água de Abastecimento
- Tratamento B: Esgoto tratado com desinfecção
- Tratamento C: Esgoto tratado sem desinfecção

4.1.3 Produção de matéria inerte

A seguir, Gráfico 3, apresenta-se o boxplot da análise das porcentagens de produção de Massa Inerte produzidas nas plantas, em relação aos tratamentos a que foram submetidas.

Gráfico 3 - Análise estatística da aferição de massa inerte nas plantas



Fonte: O Autor (2017).

Legenda:

- Tratamento A: Água de Abastecimento
- Tratamento B: Esgoto tratado com desinfecção
- Tratamento C: Esgoto tratado sem desinfecção

Baseado no gráfico, pode-se observar que o tratamento A proporcionou a maior produção de Massa Inerte na planta. Enquanto que o tratamento C proporcionou a menor quantidade.

Realizando um modelo ANOVA dado por

$$Massa\ Inerte^{-2} = \beta_0 + \beta_i * Tratamento, i = A, B e C,$$

em que β_0 representa a média geral e β_i é o efeito de cada tratamento i . Uma transformação na variável resposta foi feita, afim de garantir a suposição de normalidade do modelo.

A Tabela8 apresenta os resultados na análise tal qual o teste F para avaliar ou não se os tratamentos indicam alguma diferença na concentração de Massa Inerte apresentada na planta.

Tabela 8 - Resultados do Teste F para a análise de massa inerte

Fonte de Variação	Grau de liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	Valor-p
Tratamento	2	0,2398	0,1199	10,51	0,00266
Resíduo	35	0,3993	0,0114	-	-

Fonte: O Autor (2017).

Assim, analisando a Tabela 8 pode-se perceber que, como o valor-p foi inferior ao nível de significância de 5%, pode-se afirmar que há diferença, em média, de pelo menos dois tratamentos em relação a concentração de Massa Inerte.

A Tabela 9 apresenta um resumo do teste de média entre os tratamentos em relação a variável Massa Inerte. Aqui, Tratamentos com letras iguais possuem médias estatisticamente iguais.

Tabela 9 - Resumo da análise estatística para a massa inerte.

Tratamento	Média (%m/m)	
A	2,25	a
C	1,71	b
B	1,63	b

Fonte: O Autor (2017).

Legenda:

- Tratamento A: Água de Abastecimento
- Tratamento B: Esgoto tratado com desinfecção
- Tratamento C: Esgoto tratado sem desinfecção

4.2 Análise de solo

Relatar-se-ão alguns aspectos importantes que foram observados de acordo com o tipo de tratamento usado na irrigação das plantas. O laudo laboratorial completo encontra-se no Apêndice I. Nessas análises utilizou-se o substrato (solo) em que as plantas cresceram e se desenvolveram, estando submetido às substâncias que vinham junto aos efluentes usados na

irrigação. As análises foram realizadas de acordo com o *Manual de Métodos de Análise de Solo*, da Embrapa (1997).

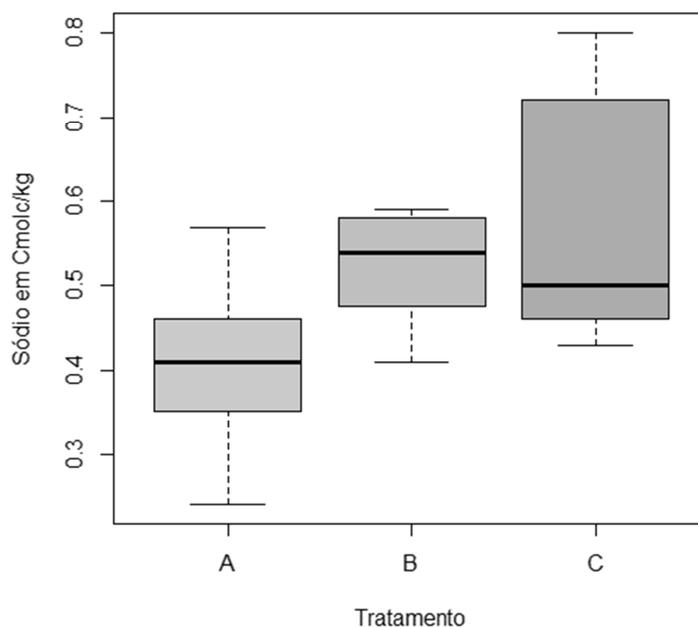
4.1.1 Análise gravimétrica do solo

De acordo com a análise da composição granulométrica do solo-matriz para todos os vasos do experimento, pode-se constatar que o material é classificado como Areia Franca, com densidade de $1,56\text{g/cm}^3$. Outros dados específicos podem ser observados no Apêndice I.

4.1.2 Concentração de Sódio no solo

No Gráfico 4 apresenta-se o boxplot das concentrações de Sódio no solo, em relação aos tratamentos a que foram submetidas as plantas.

Gráfico 4 - Análise estatística da aferição das concentrações de sódio no solo.



Fonte: O Autor (2017).

Legenda:

- Tratamento A: Água de Abastecimento
- Tratamento B: Esgoto tratado com desinfecção
- Tratamento C: Esgoto tratado sem desinfecção

Baseado no gráfico, pode-se observar que o tratamento C proporcionou a maior quantidade de Sódio no solo. Em contrapartida, o tratamento A proporcionou a menor quantidade.

Realizando um modelo ANOVA dado por

$$1. \text{ Sódio} = \beta_0 + \beta_i * \text{Tratamento}, i = A, B \text{ e } C,$$

em que β_0 representa a média geral e β_i é o efeito de cada tratamento i .

A Tabela 10 apresenta os resultados na análise tal qual o teste F para avaliar ou não se os tratamentos mostram alguma diferença na concentração de Sódio apresentada no solo.

Tabela 10 - Resultados do Teste F para a análise da concentração de sódio no solo.

Fonte de Variação	Grau de liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	Valor-p
Tratamento	2	0,1149	0,0574	4,0159	0,03613
Resíduo	18	0,2574	0,0143	-	-

Fonte: O Autor (2017).

Analisando a Tabela 10, pode-se perceber que, como o valor-p foi inferior ao nível de significância de 5%, pode-se afirmar que há diferença, em média, de pelo menos dois tratamentos em relação à concentração de Sódio no solo.

A Tabela 11 apresenta um resumo do teste de média entre os tratamentos em relação à variável concentração de Sódio. Aqui, tratamentos com letras iguais possuem médias estatisticamente iguais.

Tabela 11 - Resumo da análise estatística para a concentração de sódio no solo

Tratamento	Média (Cmolc/Kg)	
C	0,58	a
B	0,52	ab
A	0,40	b

Fonte: O Autor (2017).

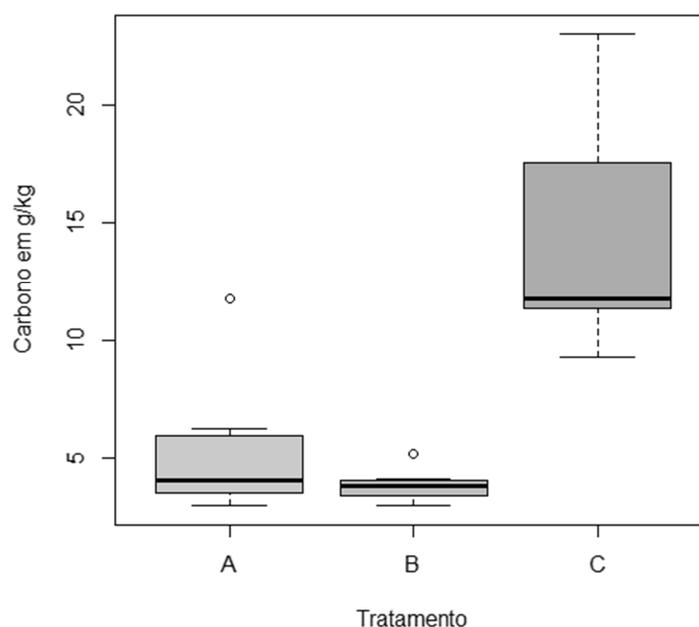
Legenda:

- Tratamento A: Água de Abastecimento
- Tratamento B: Esgoto tratado com desinfecção
- Tratamento C: Esgoto tratado sem desinfecção

4.2.2 Concentração de Carbono no solo

No Gráfico 5, apresenta-se o boxplot das concentrações de Carbono no solo em relação aos tratamentos a que foram submetidas as plantas.

Gráfico 5 - Análise estatística da aferição da concentração de carbono no solo



Fonte: O Autor (2017).

Legenda:

- Tratamento A: Água de Abastecimento
- Tratamento B: Esgoto tratado com desinfecção
- Tratamento C: Esgoto tratado sem desinfecção

Baseado no gráfico pode-se observar que o tratamento C proporcionou a maior quantidade de Carbono no solo. Em contrapartida, o tratamento B proporcionou a menor quantidade.

Realizando um modelo ANOVA dado por

$$\ln(\text{Carbono}) = \beta_0 + \beta_i * \text{Tratamento}, i = A, B \text{ e } C,$$

em que β_0 representa a média geral e β_i é o efeito do cada tratamento i . Uma transformação foi feita nos dados com o fim de obter a normalidade dos dados.

A Tabela 12 apresenta os resultados na análise tal qual o teste F para avaliar ou não se os tratamentos mostram alguma diferença na concentração de Carbono apresentada no solo.

Tabela 12 - Resultados do teste F para a análise da concentração de carbono no solo

Fonte de Variação	Grau de liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	Valor-p
Tratamento	2	6,6334	3,3167	27,242	<0,0001
Resíduo	18	2,1915	0,1217	-	-

Fonte: O Autor (2017).

Assim, analisando a Tabela 12, pode-se perceber que, como o valor-p foi inferior ao nível de significância de 5%, pode-se afirmar que não há diferença, em média, entre os tratamentos em relação à concentração de Carbono.

A Tabela 13 apresenta um resumo do teste de média entre os tratamentos em relação à variável Carbono. Aqui, tratamentos com letras iguais possuem médias estatisticamente iguais.

Tabela 13 - Resumo da análise estatística para a concentração de carbono no solo

Tratamento	Média (g/Kg)	
C	13,87	a
A	4,85	b
B	3,78	b

Fonte: O Autor (2017).

Legenda:

-Tratamento A: Água de Abastecimento

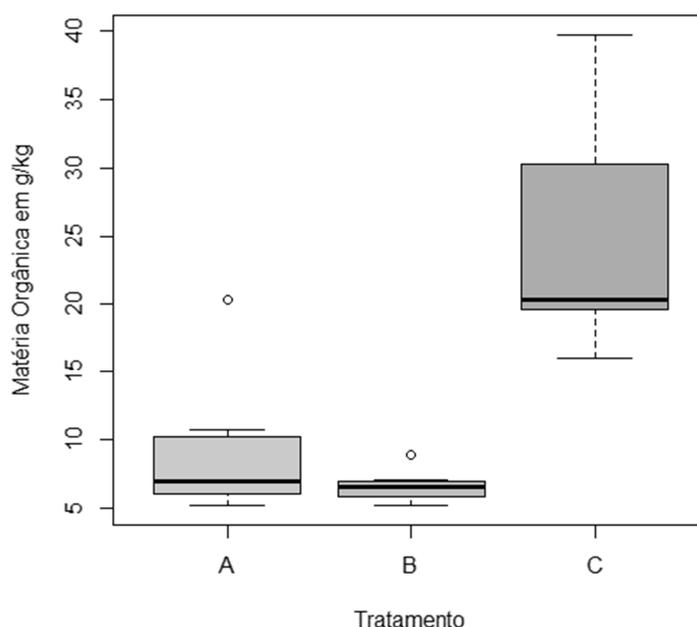
-Tratamento B: Esgoto tratado com desinfecção

-Tratamento C: Esgoto tratado sem desinfecção

4.2.3 Concentração de Matéria Orgânica no solo

No Gráfico 6 apresenta-se o boxplot das concentrações de Matéria Orgânica no solo em relação aos tratamentos a que foram submetidas as plantas.

Gráfico 6 - Análise estatística da aferição das concentrações de matéria orgânica no solo



Fonte: O Autor (2017).

Legenda:

- Tratamento A: Água de Abastecimento
- Tratamento B: Esgoto tratado com desinfecção
- Tratamento C: Esgoto tratado sem desinfecção

Baseado no gráfico pode-se observar que o tratamento C proporcionou a maior quantidade de Matéria Orgânica no solo. Em contrapartida, o tratamento B proporcionou a menor quantidade.

Realizando um modelo ANOVA dado por

$$\ln(\text{Matéria Orgânica}) = \beta_0 + \beta_i * \text{Tratamento}, i = A, B \text{ e } C,$$

em que β_0 representa a média geral e β_i é o efeito do cada tratamento i . Uma transformação foi feita nos dados com o fim de obter a normalidade dos dados.

A Tabela 14 apresenta os resultados na análise tal qual o teste F para avaliar ou não se os tratamentos apresentam alguma diferença na concentração de Matéria Orgânica apresentada no solo.

Tabela 14 - Resultados do Teste F para a análise da concentração de matéria orgânica no solo

Fonte de Variação	Grau de liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	Valor-p
Tratamento	2	6,6323	3,3161	27,218	<0,0001
Resíduo	18	2,1931	0,1218	-	-

Fonte: O Autor (2017).

Assim, analisando a Tabela 14, pode-se perceber que, como o valor-p foi inferior ao nível de significância de 5%, pode-se afirmar que não há diferença, em média, entre os tratamentos em relação à concentração de Matéria Orgânica.

A Tabela 15 apresenta um resumo do teste de média entre os tratamentos em relação a variável Matéria Orgânica. Aqui, tratamentos com letras iguais possuem médias estatisticamente iguais.

Tabela 15 - Resumo da análise estatística para a concentração de matéria orgânica no solo

Tratamento	Média (g/kg)	
C	23,81	a
A	8,33	b
B	6,55	b

Fonte: O Autor (2017).

Legenda:

- Tratamento A: Água de Abastecimento
- Tratamento B: Esgoto tratado com desinfecção
- Tratamento C: Esgoto tratado sem desinfecção

5. DISCUSSÕES

5.1 A produção de clorofilade acordo com o efluente de irrigação

De acordo com os valores aferidos, em unidades SPAD, com o clorofiliômetro e após as análises estatísticas, Gráfico 1, percebe-se que o uso de efluentes tratados teve relação direta com a concentração de clorofila nas plantas. A oferta de um recurso hídrico constante e a insolação da área foram suficientemente boas para o desenvolvimento do vegetal. A coloração das plantas foi visivelmente diferente desde as primeiras semanas da instalação do projeto.

É importante salientar que um maior metabolismo, indicado pela maior presença de clorofila e abundância de água e luz, pode proporcionar maior produção de metabólitos secundários. No caso da citronela, pode-se inferir um aumento da produção de óleos essenciais, inclusive pelas propriedades organolépticas das folhas colhidas *in situ*. Quando do corte no material foliar para os experimentos, as folhas dos vasos que foram irrigados com efluentes tratados apresentavam um aroma mais concentrado e mais cítrico, enquanto que as folhas dos vasos irrigados com água de abastecimento apresentaram um aroma mais brando.

5.2 A produção de substâncias voláteis de acordo com o efluente de irrigação

Ao observar a produção de Massa Seca (MS) em TA, Gráfico 2, percebe-se que as plantas irrigadas com água de abastecimento apresentaram uma maior porcentagem de matéria que não volatilizou e que não evaporou quando exposta à temperatura de 70°C por 64 horas. Quando se observa a produção de Massa Inerte (MI) em TA em comparação com TB e TC, Gráfico 3, percebe-se que houve uma maior porcentagem de matéria inerte produzida quando submeteram-se as amostras a 500°C por 8 horas. Assim, com uma porcentagem maior de MS e uma porcentagem maior de MI, pode-se inferir que

a produção de substâncias voláteis ou que se evaporam nas determinadas circunstâncias é menor quando há a irrigação com água de abastecimento.

Com a irrigação com efluentes tratados, percebeu-se que as plantas retêm em sua matéria foliar mais água e óleos oriundos de seu metabolismo. Infelizmente, não se pôde determinar a concentração desses óleos, tampouco sua identificação, estando esta conclusão vinculada à inferência.

5.3 A acumulação de sódio no solo de acordo com o efluente de irrigação

Como o sódio é um componente presente na alimentação dos humanos e não é um elemento retirado especificamente no sistema de tratamento de esgotos adotado no projeto, é natural que haja a sua presença nos esgotos domésticos tratados. Em comparação com a água de abastecimento, percebeu-se que a prática do reúso de efluentes proporcionou uma elevação da concentração de sódio nos vasos, Gráfico 4, visto que todos utilizaram o mesmo solo-matriz.

Dessa forma, pode-se concluir que a utilização de esgotos domésticos tratados incrementou a quantidade de íons sódio no solo, os quais estão diretamente relacionados com as trocas iônicas das raízes vegetais, participando diretamente no equilíbrio osmótico.

5.4 A presença de matéria orgânica no solo de acordo com o efluente de irrigação

De acordo com o Gráfico 5 e com o Gráfico 6, percebe-se que a presença de carbono e de matéria orgânica no solo teve relação direta com a presença de cloro no efluente. Efluentes que continham cloro em sua composição, TA e TB, apresentaram concentrações menores quanto a esses aspectos. Quando se analisa a composição dos efluentes, TB apresentava mais concentração de matéria orgânica que TA, porém não gerou resultados semelhantes a TC nesses quesitos. Fica implícito, então, que o cloro agiu de maneira a diminuir a disponibilidade dessa matéria orgânica, seja precipitando-a ou reagindo no tanque de contato da ETE.

Sabe-se que, quando se utilizam substâncias do Grupo 7A da Tabela Periódica, pode ocorrer reação química com a matéria orgânica, formando os conhecidos haletos orgânicos, os quais podem ter interferido diretamente nos resultados encontrados nos laudos laboratoriais.

5.5 Outros aspectos importantes

- A diferença da tonalidade do verde das plantas foi percebida desde o primeiro mês de andamento da pesquisa. Fotos tiradas em distintos momentos podem comprovar, como observado na Figura 15 e na Figura 16.

Figura 15 - Fotografia de 22/11/2016



Fonte: O Autor (2017).

Legenda:

-Tratamento A (TA): Água de Abastecimento

-Tratamento B (TB): Esgoto tratado com desinfecção

Figura 16 - Fotografia de 28/12/2016



Fonte: O Autor (2017).

Legenda:

- Tratamento A (TA): Água de Abastecimento
- Tratamento B (TB): Esgoto tratado com desinfecção

- Como observado em campo e confirmado pelo corpo técnico do laboratório de solos da UFC, as amostras de solo apresentaram pouquíssimos exemplares de artrópodes e anelídeos. Vários insetos, besouros e minhocas que são comuns em terras de jardinagem não foram encontrados nas amostras levadas ao laboratório. Mesmo que o solo de origem não fosse usado para esse fim, os vasos ficaram expostos por mais de 03 meses às condições ambientais naturais e ao intercâmbio de espécies com as áreas vizinhas.
- A população do entorno ficou, principalmente no final do projeto, interessada nas plantas para consumo. Algumas pessoas acreditavam que a citronela era capim-santo, então queriam algumas de suas folhas para fazer chá. Devido a este fato, reforçou-se a segurança na ETE e pediu-se para que fosse avisado, sempre que possível, aos transeuntes. Desde o começo,

havia a sinalização da área com a indicação de que não se devia consumir as plantas, como observado na Figura 17.

Figura 17 - Indicação na parede da ETE para o não consumo das plantas



Fonte: O Autor (2017).

5.6 O operador da ETE e sua relação com o projeto de reuso

Como já explanado, a rega das plantas foi feita pelos operadores da Estação de Tratamento de Esgotos, os quais receberam os devidos treinamentos, foram monetariamente remunerados pela atividade extra e tinham à sua disposição os equipamentos de proteção necessários para a realização das atividades.

Durante o período do projeto, houve a participação de dois operadores. De 28/10/2016 até 28/11/2016, OPERADOR A participou do projeto e, por motivos de férias, ausentou-se. De 29/11/2016 até 09/11/2016, OPERADOR B, esteve presente na ETE, participando do projeto. De 10/11/2016 até a conclusão (16/02/2017), o OPERADOR A atuou novamente. Dessa forma, totalizou-se 115 dias de condução do experimento.

Realizou-se a seguinte entrevista com os operadores:

Você já tinha ouvido falar da Citronela antes do projeto?

A: - Já ouvi falar algumas vezes, mas conheci a citronela no projeto do nosso amigo Gabriel Gaspar.

B: -Em questão dessa planta, eu só vim ter algum conhecimento quando algumas pessoas da empresa vieram passar esse conhecimento para os operadores. Antes disso eu não tinha nenhum tipo de conhecimento sobre a citronela.

Você sabia que era simples fazer um repelente natural com a citronela cultivada?

A: -Não, eu não sabia. Eu pensava que pra fazer um repelente natural com a citronela, precisava de vários produtos químicos e outras coisas. Não sabia que era natural fazer um repelente com citronela.

B: - Particularmente falando, até então eu não estava ciente.

Você concorda com a utilização de efluentes tratados para a irrigação de plantas? Por quê?

A: -Concordo. Eu pensava que o efluente tratado, devido ao cloro, atrapalhava o desenvolvimento da planta, mas a planta foi bem desenvolvida e deu tudo certo.

B: -Sim, plenamente. Até em questão do reaproveitamento da água, que a sociedade não tem conscientização daquilo que pode estar sendo utilizado para o nosso bem. Pegando esta água que já foi tratada e já foi retirada certa porcentagem de algo que poderia atrapalhar o meio ambiente, acredito que a esse trabalho poderia ser dado continuidade.

Você notou alguma diferença entre as plantas regadas com efluente tratado e com água da Cagece?

A: - Eu notei uma diferença, pois as plantas que estavam sendo regadas com o efluente tratado estavam com o crescimento melhor do que com a água da Cagece.

B: -Sim, sim. Podemos notar a questão da tonalidade do verde. Houve muita diferença e visualmente dá para a gente perceber.

Você acha que outros projetos desse tipo deveriam receber incentivos?

A: -Sim, precisa receber incentivo.

B: - Sim, com certeza. Observando bem, a partir do momento que se trata essa água, elas vão para galerias fluviais... bem que ela poderia estar retornando para nossas residências, para lavar um carro, ou para lavar um pátio. Enfim, mas também poderíamos usar nessas plantações.

Você gostou de participar do Projeto?

A: -Gostei sim. Gostei de participar do projeto, foi muito bacana. Apreendi muita coisa sobre a citronela.

B: -Sim, a busca do conhecimento cabe a todos nós, mas depende muito de quem está ali para repassar esse conhecimento.

Você prefere trabalhar em ETEs com esse tipo de projeto?

A: -Prefiro. É até melhor trabalhar com essas funções porque diminui os mosquitos na Estação, e isso é muito bom.

B: -Sim, até porque de um momento em que terminamos nossas funções como operadores, a citronela traz uma diferença no ambiente, trazendo, por exemplo, sua própria essência.

O projeto atrapalhou consideravelmente suas funções na Estação?

A: -Não, o projeto não atrapalhou minhas funções. Deu tudo certo. As minhas atividades no projeto não atrapalharam em nenhum momento minhas funções na ETE.

B: -Não, até porque nós sabemos o momento em cada função e em nosso cotidiano sempre irá sobrar aquele tempinho para olhar as plantas. Dá para reservar um momento para elas. O nosso serviço na ETE não é tão corrido, tem uns dias mais corridos, mas um compensa o outro, mas dá pra reservar um certo momento para a citronela.

Você teria algo a dizer para os órgãos e instituições que incentivam financeiramente esse tipo de projetos científicos?

A: - O que eu tenho pra dizer é que eu gostei bastante do projeto da citronela. É muito bom ter esse tipo de planta na estação que melhora a questão do mosquito e você aprende mais um pouco.

B: -Para dar continuidade. Poderia, por exemplo, formar um jardim em cada ETE. Colocar, além da grama, a citronela nas laterais, e mudaria a visão da ETE em si, dessa forma padrão. Muitas pessoas tem um olhar crítico para o tratamento de efluentes e, tendo essa parceria entre meio ambiente e ETE, creio que as pessoas teriam uma nova visão a respeito das estações de tratamento de esgoto.

Você acha que faltou algum tipo de apoio ou informação para a realização do projeto? Você se sentiu seguro em fazer esse tipo de atividade?

A: -Recebi todo o apoio do nosso amigo Gabriel Gaspar durante esse projeto da citronela. Sempre estava me apoiando e me explicando um pouco mais sobre a planta. Me senti seguro nesse projeto.

B: - Particularmente falando, todos nós recebemos um treinamento e não ficou algo ausente, ou seja, foram passadas as demais informações. Não tive dúvida alguma, pois acredito que fui bastante instruído.

Ao analisar a entrevista e também a postura e o empenho dos operadores na realização das atividades vinculadas ao projeto, fica evidente que esse tipo de projeto contribui para uma melhoria no bem-estar do funcionário. A vivência diária em uma ETE, apesar de não apresentar trabalhos

muito árduos, é insalubre e gera bastante preconceito para com os trabalhadores. O cultivo das plantas proporcionou momentos mais lúdicos e serviu para preencher um tempo ocioso dos operadores, em meio à rotina de funcionamento das atividades da ETE.

6. CONCLUSÕES

Ao final do experimento, percebeu-se que a prática do reúso de efluentes tratados em estações de tratamento de esgotos domésticos proporcionou um bom crescimento das mudas de citronela que foram regadas durante o período do experimento, em relação à utilização de água de abastecimento para a rega.

Além da produção de mais matéria foliar (plantas maiores), a prática foi relacionada diretamente com a produção de compostos voláteis ou que evaporam em temperatura de 70°C por 64 horas, dentre as quais podem estar o citronelol. Também ficou claro que as plantas regadas com efluentes tratados produziram mais clorofila em suas folhas, apresentando uma coloração mais escura de verde.

Apesar de ter se mostrado benéfica para as referidas plantas, a prática causou um aumento na concentração de sódio presente no solo, além de interferir nas concentrações de outras substâncias, como indicado no laudo laboratorial. Esse fato confirma que a prática, com o tempo, pode salinizar os solos que são expostos a aplicações de efluentes tratados, caso não haja técnicas de manejo ou medidas compensatórias para diminuir a salinidade.

Além disso, houve relação direta com a presença de matéria orgânica presente no solo e a presença de cloro no líquido de rega. A reação do halogênio com a matéria orgânica fica evidenciada pela disponibilidade desse quesito no solo.

Concomitante a esses aspectos, a rega das plantas não interferiu negativamente nas operações rotineiras realizadas dentro da ETE. Sem tomar um tempo necessário para outras atividades inerentes ao processo, como inspeção e limpeza das unidades, a prática proporcionou um ambiente de trabalho melhor para os operadores, sendo pela atividade lúdica de cuidar das plantas ou sendo pelo desenvolvimento de um ambiente menos pesado para se trabalhar.

Atingindo os objetivos do referido trabalho, a prática de irrigação de citronela com efluentes tratados mostrou-se positiva. Além de trazer consigo um viés de melhor aproveitamento dos recursos hídricos, a produção artesanal de repelentes a partir de suas folhas pode ser uma excelente aliada no combate ao mosquito transmissor da Dengue, Zica e Febre Chikungunya.

REFERÊNCIAS

ANVISA - AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução-RDC nº 14, de 14 de março de 2013. **Dispõe Sobre As Boas Práticas de Fabricação de Insumos Farmacêuticos Ativos de Origem Vegetal..** Brasil, 2013.

ARANHA, H. S.; SILVA, V. N. da; PEIXOTO, P. P. P. Introdução da citronela no contexto escolar para prevenção da dengue. **Revista da Sbenbio**, Campo Grande, v. 1, n. 7, p.1-8, out. 2014. Disponível em: <<http://www.sbenbio.org.br/wordpress/wp-content/uploads/2014/11/R0558-1.pdf>>. Acesso em: 08 maio 2017.

ASSIS, M. A; MORELLI-AMARAL, V. F.; PIMENTA, F. Grupos de pesquisa e sua produção científica sobre plantas medicinais: um estudo exploratório no Estado do Rio de Janeiro. **Revista Fitos**, v. 9, n. 1, p. 45-54, 2015.

BEEKMAN, G. B. **Qualidade e conservação da água**. In: Encontro nacional de assistência técnica e extensão rural. Brasília: Associação Brasileira de Entidades de Assistência Técnica e Extensão Rural, 1996.

BLANK, A. F. et al. Comportamento fenotípico e genotípico de populações de manjeriço. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 305–310, 2010.

BRASIL. **Plantas medicinais e orientações gerais para cultivo: boas práticas de plantas medicinais, aromáticas e condimentares**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2006, 48p.

BRASIL. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. Decreto nº 5.813 de 22 de junho de 2006. **Aprova a Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos e dá outras providências**.D.O.U. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, 23 jun. 2006b

BRASIL, Resolução CONAMA nº357, de 17 de março de 2005. **Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional**. Publicado no D.O.U., 2005.

BRASIL, Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011. **Condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de março de 2005**. Publicado no D.O.U., 2011.

BUENO, V.S. e ANDRADE, C.F.S. Avaliação Preliminar de Óleos Essências de Plantas como Repelentes para *Aedes albopictus* (Skuse, 1894) (Diptera: Culicidae). **Rev. Bras. Pl. Med.**, Botucatu, v.12, n.2, p.215-219, 2010.

CAMARA, H. *Bioágua Familiar: Reúso de água cinza para produção de alimentos no Semiárido/* Fábio dos Santos Santiago... [et al.]. 2012. Recife, 2012.

CARDOSO, M.G.; CASTRO, D.P.; AGUIAR, P.M. **Plantas aromáticas e condimentares**. . Monografia (Graduação em Ciências Biológicas), 78p. Faculdade de Ciências da Cidade de São Paulo, 2006.

CARNEIRO, F. M. et al. Tendências dos estudos com plantas medicinais no Brasil. **Revista Sapiência: sociedade, saberes e práticas educacionais**, Iporá, v. 3, n. 2, p.44-75, jul. 2014. Semestral. Disponível em: <http://crfmg.org.br/comunicacao/estudos_com_plantas_medicinais.pdf>. Acesso em: 07 maio 2017.

CHERNICHARO, C.A.L. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias** – Vol. 5 – Reatores Anaeróbios. Belo Horizonte: Segrac, 1997. 246 p

CORAUCCI FILHO, B. **Aplicação no solo de água residuária cítrica contendo óleo essencial utilizando a técnica de irrigação por sulcos de infiltração**. In: Simpósio latinoamericano de tratamiento y reúso del agua y residuos industriales, 1998, México. Resumo. México, 1998.

CORSON, W.H. **Manual global de ecologia: o que você pode fazer a respeito da crise do meio ambiente**. 4. ed. São Paulo: Augustus, 2002. 413p

COUTO, M. E. O. **Coleção de plantas medicinais aromáticas e condimentares**. Documentos 157, versão on line. Embrapa. p. 69 – 70, 2006.

DASBERG, S.; BRESLER, E. **Drip irrigation manual**. Bet Dagan: International Irrigation Information Center, 1985. 95p.

FEACHEM RG, DJ BRADLEY, H GARELICK, AND DD MARA. **Sanitation and Disease: Health Aspects of Excreta and Wastewater Management**. Chichester, U.K.: John Wiley & Sons, 1983.

FERREIRA, E. A.; ARAUJO, D. B. **Intervenção educativa na prevenção à dengue: o professor como disseminador de idéias e ações**. Disponível em: <<http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal15/Ensenanzadelageografia/Investigacionydesarrolloeducativo/59.pdf>>. Acesso em: 15 maio 2017.

FRANCISQUETO, L. O. S. **Comportamento de reatores UASB frente a variações horárias de vazão de esgoto sanitário**. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2007.

GUIDOLIN, J. C. **Reúso de efluentes**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos, 2000.

HESPANHOL, I. **Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos**. São Paulo, 2001. Separata de: Resumo de trabalhos técnicos III ENCONTRO DAS ÁGUAS, Chile, 2001.

HODGSON, J., MATTHEWS, P. N. P., MATTHEW, C., HARRINGTON, K.C. Pasture measurement. In: HODGSON, J. e WHITE, J. **New Zeland: pasture and crop science.**Auckland, New Zeland: OXFORD, 2000. 323 p. p. 59-66.

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos.** 4. ed. Rio de Janeiro: SEGRAC, 2005.

KRAY, C.H. **Resposta das plantas e modificações das propriedades do solo pela aplicação de resíduos urbanos.** 2005. 161f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

LAOCHOWICZ, K.J. et al. Characterisitcs of plants extracts from five varietes of 104 basil (*Ocimum basilicum* L.) grown in Australia. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v.45, p.2660-5, 1997.

LIMIRO, D. A **Legislação e o Reúso de Água.** 2008. Disponível em <http://www.renaldo-limiro-advogados.com.br>. Acesso em 09 de outubro de 2009.

MACIEL, M.A.M. et al. Medicinal plants: the need for multidisciplinary scientific studies. **Química Nova**, n.3, v.25, p.429-38, 2002.

MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F. **Reúso de água.** Universidade de São Paulo. Faculdade de Saúde Pública. Núcleo de Informações em Saúde Ambiental. Barueri, SP : Manole, 2003. 579p. (Coleção Ambiental).

MARCO, C.A. et al. Chemical composition and allelopathyc activity of essential oil of *Lippia sidoides* Cham. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v.72, n.1, p.157-160, 2012.

MARÇAL JÚNIOR, E. **Iniciação ao tratamento de esgoto.** Curso de Treinamento de esgoto, 2001. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-22122015-165135/pt-br.php>>. Acesso em: 2 maio 2017.

MELLO, E. J. R. **Tratamento de esgoto sanitário - Avaliação da estação de tratamento de esgoto do Bairro Novo Horizonte na cidade de Araguari – MG.** 2007. 99 f. Monografia (Pós-Graduação lato sensu em Engenharia Sanitária) – União Educacional Minas Gerais, Uberlândia, 2007.

METCALF; EDDY, INC. **Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse.** 3. ed. New Delhi : McGraw-Hill, 1991. 1334p.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Dados da dengue no Brasil**, 2013. Disponível em: <http://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=315>&Itemid=1> Acesso em 15 de maio de 2017

MINOLTA. 1989. **Chlorophyll meter SPAD-502**. Instruction manual. Minolta Co., Osaka, Japan. 22 pp.

MORAIS, S. M et al. Atividade antioxidante de óleos essenciais de espécies de Croton do Nordeste do Brasil. **Química Nova**, v.29, p. 907-910. 2006.

MOORE, S. J. & M. Debboun (sem data) 1. **History of Insect Repellents**. London School of Hygiene and Tropical Medicine, Keppel St, London, WC1E 7HT disponível em: [http://sjmoore.net/doc/Chapter1-Insect-RepellentsPrinciples, Methods, Uses.pdf](http://sjmoore.net/doc/Chapter1-Insect-RepellentsPrinciples,Methods,Uses.pdf) Acesso em 28 maio 2008. Acessado dia 17 de Dezembro de 2015

MOTA, S. **Introdução à engenharia ambiental**. 6ª ed. Rio de Janeiro: ABES, 2016.

NEGRELLE R. R. B., GOMES E. C. *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf: chemical and pharmacological review. **Rev Bras PI Med** v.9, n. 80-92, 2007.

PRINS, C. L.; VIEIRA, I. J. C.; FREITAS, S. P. Growth regulators and essential oil production. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, 2010.

SAITO, M.L. **As plantas praguicidas**: Alternativa para o controle de pragas na agricultura. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004.

SANEPAR - Companhia de Saneamento do Paraná. **Manual técnico para utilização agrícola de lodo de esgoto no Paraná**. 96P. CURITIBA, 1997.

SCHAER-BARBOSA, M.; SANTOS, M. E. P. dos; MEDEIROS, Y. D. P. Viabilidade do reúso de água como elemento mitigador dos efeitos da seca no semiárido da bahia. **Ambiente e Sociedade**, São Paulo, v. 2, n. , p.17-32, abr. 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/asoc/v17n2/a03v17n2.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2017.

SCHERER, R et al. Composição e atividades antioxidante e antimicrobiana dos óleos essenciais de cravo-da-índia, citronela e palmarosa. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 4, n. 11, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-05722009000400013>. Acesso em: 05 maio 2017.

SILVA, M. A. da; SANTANA, C. G. de. Reúso de água: possibilidades de redução do desperdício nas atividades domésticas. **Revista do Ceds**: Periódico do Centro de Estudos em Desenvolvimento Sustentável da UNDB, São Luís, ago. 2014. Semestral. Disponível em: <http://www.undb.edu.br/publicacoes/arquivos/rev._ceds_n.1_-_reúso_de_água_possibilidades_de_redução_do_desperdício_nas_atividades_domésticas_-_mayssa_alves.pdf>. Acesso em: 09 maio 2017.

SILVA, P. S. S. Atuação dos aleloquímicos no organismo vegetal e formas de utilização da alelopatia na agronomia. **Revista Biotemas**, v.25, n.3, 2012.

SIMÕES, C. M. O. *et al* . **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 2. Ed. Porto Alegre. Editora da UFRGS. Florianópolis : Editora da UFSC, 2000.

TAWATSIN, A., S. D. WRATTEN, S. R. Roderic, U. THAVARA & Y. TECHADAMRONGSIN. Repellency of volatile oils from plants against three mosquito vectors. **J. Vector Ecol.** V. 26, n.1 76-82, 2001.

VALÉRIO, E. A.; DEFANI Marli Aparecida. **Citronela uma planta eficaz no combate a dengue.** Disponível em: <<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/2102-8.pdf>> . Acesso em: 15 de março de 2017.

VON SPERLING, M. **Princípios básicos do tratamento de esgotos.**Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade de águas e ao tratamento de esgotos.**Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

WESTCOT, D. W. **Quality Control of Wastewater for Irrigated Crop Production.** Rome: FAO, pp 1-86.1997.

WEIDENHAMER, J.D. Biomimetic measurement of allelochemical dynamics in the rhizosphere. **Journal of Chemical Ecology**, v.31, n.2, p. 221-236, 2005

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Environmental health impact assessment of development projects:** apractical guide for the WHO Eastern Mediterranean Region. WHO; 2005; 133 pages. Water, sanitation and health electronic library: a compendium of WHO information on water, sanitation and health [electronic resource-CD-ROM]. -- Version 4.0, 2006.

ZARED FILHO, K. *et al*. **Reúso da água.** São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2007. Disponível em: <file:///C:/Users/Gabriel/Downloads/Tema_19_Reúso_da_Água_Texto.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2017.

APÊNDICES

APÊNDICE I**LAUDO DE ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DE SOLO**

LABORATÓRIO DE SOLOS/ÁGUA - CAMPUS DO PICI - BLOCO 807 - CAIXA POSTAL 12168 - CEP 60021 - 970 - FORTALEZA - CE (Fone/Fax: (085) 3366 9689

INTERESSADO: PROF. SUETÔNIO BASTOS MOTA - UFC

Data de Entrada: 22/02/2017

Data de saída: 13/03/2017

PROCEDÊNCIA: Messejana - Fortaleza / Ceará

RESULTADOS DA ANÁLISE DE SOLO

Nº de Protocolo	Identificação da amostra	(H ₂ O) pH	dS/m CE	Complexo Sortivo (Cmolc/kg)								(%)			(g/kg)			C/N	(mg/kg)				
				Ca	Mg	Na	K	H+Al	Al	SB	T	V	m	PST	C	N	M.O.		P	Fe	Cu	Zn	Mn
150/1	Matriz 01	5,7	0,63	0,60	0,50	0,24	0,14	1,32	0,25	1,5	2,8	53	14	9	3,54	0,37	6,10	10	11	-	-	-	-
150/2	Matriz 02	5,5	0,27	0,60	0,50	0,23	0,11	1,32	0,25	1,4	2,8	52	15	8	3,42	0,35	5,90	10	11	-	-	-	-
151	A1	6	0,40	0,90	0,80	0,24	0,16	0,83	0,20	2,1	2,9	72	9	8	3,36	0,36	5,79	9	9	-	-	-	-
152	A2	0	0,63	0,80	0,70	0,57	0,16	1,16	0,20	2,2	3,4	66	8	17	3,66	0,35	6,31	10	6	-	-	-	-
153	A3	4,7	0,59	0,70	0,60	0,34	0,12	0,83	0,15	1,8	2,6	68	8	13	3	0,32	5,17	9	9	-	-	-	-
154	A4	4,7	0,66	1,50	0,80	0,36	0,12	0,83	0,10	2,8	3,6	77	3	10	4,08	0,42	7,03	10	36	-	-	-	-
155	A5	6,5	0,45	3,20	1,50	0,46	0,21	0,66	0,15	5,4	6,0	89	3	8	5,7	0,61	9,83	9	191	-	-	-	-
156	A6	5,7	0,61	6,50	4,80	0,41	0,36	0,00	0,00	12,1	12,1	100	0	3	11,76	1,25	20,27	9	454	-	-	-	-
157	A7	6,1	0,50	2,80	1,90	0,46	0,26	0,50	0,10	5,4	5,9	92	2	8	6,24	0,63	10,76	10	201	-	-	-	-
158	B1	6,4	0,42	1,40	0,70	0,43	0,11	0,83	0,15	2,6	3,5	76	5	12	3,96	0,42	6,83	9	15	-	-	-	-
159	B2	6,8	0,56	1,20	1,20	0,58	0,24	0,83	0,15	3,2	4,0	80	4	14	5,16	0,49	8,90	11	19	-	-	-	-
160	B3	7,8	0,72	1,00	0,80	0,54	0,10	1,49	0,20	2,4	3,9	62	8	14	3,84	0,40	6,62	10	9	-	-	-	-
161	B4	7,1	0,65	1,20	0,70	0,41	0,15	0,83	0,15	2,5	3,3	75	6	13	3,3	0,34	5,69	10	24	-	-	-	-
162	B5	6,5	0,72	1,10	1,00	0,52	0,13	0,83	0,15	2,7	3,6	77	5	14	3,54	0,38	6,10	9	23	-	-	-	-
163	B6	6,5	0,72	1,00	0,80	0,59	0,18	0,50	0,10	2,6	3,1	84	4	19	3	0,31	5,17	10	28	-	-	-	-
164	B7	6,4	0,73	1,20	1,20	0,58	0,28	0,66	0,20	3,3	3,9	83	6	15	4,14	0,43	7,14	10	17	-	-	-	-
165	C1	6,7	1,31	7,20	2,80	0,50	0,19	0,50	0,00	10,7	11,2	96	0	4	11,04	1,19	19,03	9	355	-	-	-	-
166	C2	6,5	0,98	5,50	1,30	0,46	0,25	0,66	0,10	7,5	8,2	92	1	6	9,3	0,96	16,03	10	321	-	-	-	-
167	C3	6,8	0,30	6,80	1,20	0,80	0,38	0,66	0,10	9,2	9,8	93	1	8	11,76	1,26	20,27	9	392	-	-	-	-
168	C4	6,7	0,88	6,20	2,70	0,46	0,30	0,50	0,10	9,7	10,2	95	1	5	11,7	1,20	20,17	10	335	-	-	-	-
169	C5	7,6	0,63	11,80	4,40	0,80	0,36	0,99	0,05	17,4	18,4	95	0	4	23,04	2,43	39,72	9	354	-	-	-	-
170	C6	7,2	0,27	6,00	4,30	0,43	0,29	0,66	0,10	11,0	11,7	94	1	4	15,42	1,65	26,58	9	483	-	-	-	-
171	C7	7,1	0,40	8,20	6,00	0,64	0,31	0,17	0,05	15,1	15,3	99	0	4	19,68	2,06	33,93	10	759	-	-	-	-

• Responsável:

LABORATÓRIO DE SOLOS/ÁGUA - CAMPUS DO PICI - BLOCO 807 - CAIXA POSTAL 12168 - CEP 60021 - 970 - FORTALEZA - CE (Fone/Fax: (085) 3366 9689)

INTERESSADO: PROF. SUETÔNIO BASTOS MOTA - UFC

Data de Entrada: 22/02/2017

Data de saída: 13/03/2017

PROCEDÊNCIA: Messejana - Fortaleza / Ceará

RESULTADOS DA ANÁLISE DE SOLO

Nº de Protocolo	Identificação da amostra	(CaCl ₂) pH	(mg/kg) Boro	Composição granulométrica (g/kg)					Classificação Textural	(g/100g) Grau de flocculação	Densidade (g/cm ³)		Umidade (g/100g)		
				Areia Grossa	Areia fina	Silte	Argila	Argila natural			Global	Partícula	0,033MPa	1,5 MPa	Água Útil
149	Matriz	--	--	476	358	66	100	45	Areia franca	55	1,56	2,72	--	--	--

• Responsável:

APÊNDICE II**LAUDO DE ANÁLISES DOS EFLUENTES UTILIZADOS NA REGA**

Ponto	Descrição	Parâmetro	Resultados	Unidade	Medição	Responsável
AMOSTRAS TIPO I	Água Cagece	DQO	60,0	mg/L	Laboratório	Daniel
		Condutividade	528,0	µS/cm	Laboratório	Daniel
		Amônia	0,5	mg-N/L	Laboratório	Daniel
		RAS	20,8		Laboratório	Daniel
		Cloretos	101,9	mg/L	Laboratório	Daniel
		Fluoretos	0,8	mg/L	Laboratório	Daniel
		Nitratos	0,1	mg-N/L	Laboratório	Daniel
		Fosfatos	0,5	mg/L	Laboratório	Daniel
		Brometos	0,3	mg/L	Laboratório	Daniel
		Sulfatos	5,0	mg/L	Laboratório	Daniel
		Sulfetos	0,8	mg/L	Laboratório	Daniel
AMOSTRAS TIPO II	Esgoto Sem Cloração	DQO	156,7	mg/L	Laboratório	Daniel
		Condutividade	1149,0	µS/cm	Laboratório	Daniel
		Amônia	30,4	mg-N/L	Laboratório	Daniel
		RAS	39,3		Laboratório	Daniel
		Cloretos	154,7	mg/L	Laboratório	Daniel
		Fluoretos	0,9	mg/L	Laboratório	Daniel
		Nitratos	< L. D.	mg-N/L	Laboratório	Daniel
		Fosfatos	8,1	mg/L	Laboratório	Daniel
		Brometos	1,5	mg/L	Laboratório	Daniel
		Sulfatos	37,2	mg/L	Laboratório	Daniel
		Sulfetos	21,6	mg/L	Laboratório	Daniel
AMOSTRAS TIPO III	Esgoto Com Cloração	DQO	201,7	mg/L	Laboratório	Daniel
		Condutividade	1183,0	µS/cm	Laboratório	Daniel
		Amônia	39,5	mg-N/L	Laboratório	Daniel
		RAS	35,5		Laboratório	Daniel
		Cloretos	179,8	mg/L	Laboratório	Daniel
		Fluoretos	0,9	mg/L	Laboratório	Daniel
		Nitratos	< L. D.	mg-N/L	Laboratório	Daniel
		Fosfatos	6,5	mg/L	Laboratório	Daniel
		Brometos	1,7	mg/L	Laboratório	Daniel
		Sulfatos	36,1	mg/L	Laboratório	Daniel
		Sulfetos	18,7	mg/L	Laboratório	Daniel

APÊNDICE III

FOTOGRAFIAS DA CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

Figura 18 - Fotografia do início do experimento, em 28/10/2016



Fonte: O Autor (2017).

Figura 19 - Fotografia da condução do experimento, em 28/12/2016



Fonte: O Autor (2017).

Figura 20 - Fotografia da condução do experimento, em 18/01/2017



Fonte: O Autor (2017).

Figura 21 - Fotografia do final do experimento, em 16/02/2017



Fonte: O Autor (2017).

Figura 22 - Fotografia da visita do professor orientador, em 02/02/2017



Fonte: O Autor (2017).

Figura 23 - Separação das amostras para pesagens



Fonte: O Autor (2017).

Figura 24 - Amostras em dessecador para manutenção da umidade



Fonte: O Autor (2017).

Figura 25 - Amostras na estufa



Fonte: O Autor (2017).