



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA

**ISAURA RAQUEL DANTAS FERNANDES**

**TRATAMENTO DE ÁGUA CINZA E SUA APLICAÇÃO NA FERTIRRIGAÇÃO DO  
GIRASSOL ORNAMENTAL EM AMBIENTE SEMIÁRIDO**

**MOSSORÓ – RN**

**MAIO DE 2017**

**ISAURA RAQUEL DANTAS FERNANDES**

**TRATAMENTO DE ÁGUA CINZA E SUA APLICAÇÃO NA FERTIRRIGAÇÃO DO  
GIRASSOL ORNAMENTAL EM AMBIENTE SEMIÁRIDO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), como parte dos requisitos para obtenção do título de “Mestre em Manejo de Solo e Água”.

Orientador: Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup>. Nildo da Silva Dias  
– UFERSA

**MOSSORÓ – RN**

**MAIO DE 2017**

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

F363t          Fernandes, Isaura Raquel Dantas .  
Tratamento de água cinza e sua aplicação na  
fertirrigação do girassol ornamental em ambiente  
semiárido / Isaura Raquel Dantas Fernandes. -  
2017.  
70 f. : il.

Orientador: Nildo da Silva Dias.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal  
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em  
Manejo de Solo e Água, 2017.

1. Ambiente protegido. 2. fertirrigação. 3.  
Helianthus annuus. 4. tanque séptico. 5. filtro  
anaeróbio. I. Dias, Nildo da Silva, orient. II.  
Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

ISAURA RAQUEL DANTAS FERNANDES

TRATAMENTO DE ÁGUA CINZA E SUA APLICAÇÃO NA  
FERTIRRIGAÇÃO DO GIRASSOL ORNAMENTAL EM AMBIENTE  
SEMIÁRIDO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), como parte dos requisitos para obtenção do título de “Mestre em Manejo de Solo e Água”.

APROVADA EM: 19 / 05 / 2017

BANCA EXAMINADORA

Nildo da Silva Dias

Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup>. Nildo da Silva Dias (UFERSA)  
Presidente

Kaline Dantas Travassos

Dr<sup>a</sup>. Kaline Dantas Travassos (UFERSA)  
Examinadora

Márcia Regina Farias da Silva

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Márcia Regina Farias da Silva (UERN)  
Examinadora

Dedico

Aos meus pais e ao meu noivo, por todo apoio,  
incentivo, amor e compreensão.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, por me conceder tantas graças em forma de oportunidades e por nunca ter me desamparado.

Aos meus pais Francisco Oliveira Fernandes e Maria Regina Dantas de Oliveira pelo amor incondicional, por serem meus exemplos de caráter e dignidade, por sempre acreditar em minha capacidade.

Ao meu noivo Francisco Tallisson da Costa Melo por toda compreensão e carinho, por cada palavra de apoio, por abraçar meus projetos como se fossem seus participando ativamente no desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu irmão Fernando Rodrigo Dantas Fernandes por compartilhar momentos de conquista e pela ajuda nas coletas, a minha cunhada e amiga Ana Clara de Almeida Santiago por cada palavra de incentivo e por ser a melhor torcida sempre.

Ao meu orientador Nildo da Silva Dias pela oportunidade de vivenciar novas experiências, por me permitir obter novos conhecimentos, pelos direcionamentos e pela parceria.

A Kaline Dantas Travassos, por toda colaboração com meu trabalho, por toda ajuda e paciência no decorrer do experimento.

As amigas que a UFERSA me deu Daianni Ariane da Costa Ferreira, Ana Kaline da Costa Ferreira e Ana Cláudia Medeiros Souza pela amizade e por terem me ajudado na execução desta pesquisa.

A Prof<sup>a</sup>. Vânia Porto pela colaboração e apoio na realização deste trabalho.

A Associação Comunitária Reciclando para a Vida – ACREVI, e aos catadores pelo apoio e espaço cedido.

A todos que fazem parte do Laboratório de Análises de Solos, Águas e Plantas – LASAP da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA por toda ajuda a mim concedida no desenvolvimento das análises.

Ao Laboratório de Saneamento – LASAN especialmente a Prof.<sup>a</sup> Solange Dombroski, Adler Lincoln e Mariana Kummer e ao Laboratório de Catálise, Ambiente e Materiais – LACAM da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN especialmente a Prof<sup>a</sup>. Anne Gabriella pela colaboração na realização das análises de água.

Aos bolsistas de graduação da equipe ACREVI: Aline, Ana Clara, Celimari, Cleyton, Eric Mateus, Halysson, Luan, Tainan, Nathália e Tarcísio, por se disponibilizarem a me ajudar sempre que necessário.

A todos os docentes e discentes que fazem parte do Programa de Pós Graduação em Manejo de Solo e Água por compartilharem tantos momentos especiais para a minha vida profissional durante o decorrer do curso.

## RESUMO

FERNANDES, I.R.D. **Tratamento de água cinza e sua aplicação na fertirrigação girassol ornamental em ambiente semiárido**. 2017. 70 f. Dissertação (Mestrado em Manejo do Solo e Água) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2017.

A falta de tratamento dos efluentes domésticos bem como sua destinação inadequada caracteriza-se como um problema ambiental e de saúde pública, este problema foi identificado na sede da Associação Comunitária Reciclando para a Vida – ACREVI, localizada na área periurbana do município de Mossoró-RN, onde cerca de 20 associados convivem diariamente produzindo um volume considerável de água cinza e lançando-a a céu aberto sem nenhum tratamento. Diante da problemática apresentada, foi instalado um sistema de baixo custo para o tratamento da água cinza na ACREVI visando a utilização deste efluente na fertirrigação do girassol ornamental (variedade Sol Noturno), que é uma espécie diferenciada por apresentar pétalas em tons avermelhados. Esta pesquisa teve como principal objetivo avaliar a eficiência do tratamento primário em efluentes domésticos produzidos na ACREVI e investigar seus efeitos na fertirrigação de girassol ornamental. O sistema de tratamento é composto por uma caixa de passagem de alvenaria, um tanque séptico de duas câmaras com capacidade para 1000 L, um filtro anaeróbio com capacidade de 500 L e um reservatório de 500 L. Foram realizadas análises físicas, químicas, bioquímicas e microbiológicas da água cinza mensalmente, durante 6 meses antes e após o tratamento. O experimento com girassol ornamental foi desenvolvido em ambiente protegido, em blocos casualizados com 5 tratamentos e três repetições. Os tratamentos soluções nutritiva de fertirrigação consistiram da diluição de água cinza em água de abastecimento municipal (75, 50 e 25%) e duas testemunhas (irrigação com água de abastecimento – 100% e irrigação com água cinza – 100%). O desenvolvimento da planta foi monitorado a cada 15 dias após a germinação por meio da avaliação dos parâmetros altura de planta, diâmetro do caule, número de folhas e área foliar. Para avaliar a produção de flores foram verificadas as variáveis: diâmetro externo do capítulo, número de pétalas no capítulo, início do florescimento e a duração pós o florescimento. Realizou-se ainda a análise do tecido foliar do girassol para determinar os teores de N, P, K, Ca e Mg absorvidos pela planta. De acordo com as análises realizadas na água cinza bruta e na água cinza tratada, o sistema de tratamento mostrou-se eficiente na remoção dos principais poluentes. A utilização de água cinza na fertirrigação do girassol ornamental não interferiu nas variáveis de crescimento, bem como nos indicadores de qualidade de produção de flores. A ordem decrescente da absorção dos nutrientes pela folha do girassol foi  $Ca > N > K > Mg > P$ . Por fim, pode-se concluir que a água cinza tratada pode ser utilizada na forma bruta na fertirrigação do girassol ornamental sem causar perdas de produção e sem comprometer qualidade das flores.

**Palavras-chave:** Ambiente protegido, fertirrigação, *Helianthus annuus*, tanque séptico, filtro anaeróbio.

## ABSTRACT

FERNANDES, I.R.D. **Gray water treatment and its application in ornamental sunflower fertigation in semiarid environment.** 2017. 70 f. Dissertation (Master's in Soil and Water Management) - Federal Rural Semi-Arid University (UFERSA), Mossoró-RN, 2017.

The lack of treatment of domestic effluents as well as their inadequate disposal characterizes as an environmental and public health problem, this problem was identified at the headquarters of the Associação Comunitária Reciclando para a Vida – ACREVI, located in the periurban area of the municipality of Mossoró-RN, where about 20 associates live daily producing a considerable volume of gray water and throwing it in the open without any treatment. In view of the problems presented, a low cost system for the treatment of gray water was installed in ACREVI, aiming at the use of this effluent in the ornamental sunflower fertirrigation (Sol Noturno variety), which is a species differentiated by presenting reddish petals. This research had as main objective to evaluate the efficiency of the primary treatment in domestic effluents produced in ACREVI and to investigate its effects on ornamental sunflower fertirrigation. The treatment system consists of a masonry passage pa box, a two-chamber septic tank with a capacity of 1000 L, an anaerobic filter with a capacity of 500 L and a reservoir of 500 L. The physical, chemical, biochemical and microbiological analyzes of gray water were carried out monthly for 6 months before and after treatment. The experiment with ornamental sunflower was developed in protected environment, in randomized blocks with 5 treatments and 3 replicates. The treatment fertigation nutritive solutions consisted of the dilution of gray water in municipal supply water (75, 50 and 25%) and two controls (irrigation with 100% water supply and gray water irrigation - 100%). The development of the plant was monitored every 15 days after germination by means of the evaluation of the plant height, stem diameter, leaf number and leaf area parameters. In order to evaluate the production of flowers, the following variables were verified: external diameter of the chapter, number of petals in the chapter, beginning of flowering and duration after flowering. The leaf tissue of the sunflower was also analyzed to determine the N, P, K, Ca and Mg contents of the plant. According to the analyzes performed in raw gray water and treated gray water, the treatment system proved to be efficient in removing the main pollutants. The use of gray water in ornamental sunflower fertirrigation did not interfere in the growth variables, as well as the indicators of flower production quality. The decreasing order of nutrient uptake by the sunflower leaf was  $Ca > N > K > Mg > P$ . Finally, it can be concluded that the treated gray water can be used in the crude form in the ornamental sunflower fertirrigation without causing production losses and without compromising the quality of the flowers.

**Keywords:** Protected environment, fertigation, *Helianthus annuus*, Septic tank, Anaerobic filter.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Esquema de separação e coleta de água residuária em residências.....	18
Figura 2	Flores de girassol variedade Sol Noturno.....	30
Figura 3	Fases de desenvolvimento da planta de girassol.....	30
Figura 4	Plântula na fase de emergência (VE).....	31
Figura 5	Estágios de desenvolvimento da inflorescência do Girassol.....	32
Figura 6	Localização da Associação Comunitária Reciclando para a Vida – ACREVI.....	33
Figura 7	Sistema de tratamento de água cinza instalado na ACREVI.....	34
Figura 8	Material utilizado para a coleta de água: A - Frasco plástico de 1L usado para coletar amostras; B - Frasco de vidro âmbar de 1L; e C - Coleta de água do tanque séptico.....	36
Figura 9	Vista externa do ambiente protegido em que foi desenvolvido o experimento..	38
Figura 10	Esquema da distribuição dos tratamentos soluções de fertirrigação na área experimental.....	39
Figura 11	Transporte da água residuária tratada utilizada na pesquisa.....	40
Figura 12	Preparação dos vasos para montagem do experimento.....	41
Figura 13	Irrigação do experimento.....	41
Figura 14	Demonstração das medias de diâmetro externo capítulo.....	43
Figura 15	Água Cinza Bruta e Água Cinza após o tratamento coletada em agosto de 2016.....	46
Figura 16	Altura de planta aos 15, 30, 45 e 60 DAG do girassol Sol Noturno fertirrigado com água cinza bruta e diluída em água de abastecimento.....	55
Figura 17	Diâmetro do caule aos 15, 30, 45 e 60 DAG do girassol Sol Noturno fertirrigado com água cinza bruta e diluída em água de abastecimento.....	56
Figura 18	Número de folhas aos 15, 30, 45 e 60 DAG do girassol Sol Noturno fertirrigado com água cinza bruta e diluída em água de abastecimento.....	57
Figura 19	Área foliar 15, 30, 45 e 60 DAG do girassol Sol Noturno fertirrigado com água cinza bruta e diluída em água de abastecimento.....	58
Figura 20	Fitomassa fresca (A) e fitomassa seca (B) da parte aérea do girassol Sol Noturno irrigado com diferentes concentrações de água residuária tratada.....	59
Figura 21	Diâmetro externo de capítulo (A) e número de pétalas (B) do girassol Sol Noturno irrigado com diferentes concentrações de água residuária tratada.....	61
Figura 22	Início da inflorescência (A) e duração pós florescimento (B) do girassol Sol Noturno irrigado com diferentes concentrações de água residuária tratada.....	62

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Classificação da disponibilidade hídrica per capita dos estados da Federação.....	16
Tabela 2	Caracterização física da água cinza de acordo com sua origem.....	22
Tabela 3	Caracterização química da água cinza de acordo com sua origem.....	23
Tabela 4	Eficiência na remoção dos principais poluentes nos esgotos sanitários por meio do tanque séptico aliado ao filtro anaeróbio.....	24
Tabela 5	Caracterização química da água utilizada para irrigação do experimento em vasos, na casa de vegetação pertencente à UFERSA - Mossoró/RN em 2016.....	39
Tabela 6	Caracterização do Composto Orgânico utilizado no experimento.....	40
Tabela 7	Temperatura da água cinza bruta e tratada aferida simultaneamente às coletas.....	45
Tabela 8	Valores de turbidez e cor da água cinza bruta e água cinza tratada.....	46
Tabela 9	Valores de condutividade elétrica (CE) e concentração de sólidos dissolvidos totais (SDT) da água cinza bruta e tratada.....	47
Tabela 10	Concentração de sólidos totais, sólidos suspensos totais e sólidos sedimentáveis na água cinza bruta e tratada.....	48
Tabela 11	Valores de pH da água cinza bruta e tratada.....	49
Tabela 12	Concentração de fósforo total (P) na água cinza bruta e tratada.....	50
Tabela 13	Concentração de nitrogênio total (N) e nitrogênio amoniacal na água cinza bruta e tratada.....	51
Tabela 14	Teor de óleos e graxas na água cinza bruta e tratada.....	52
Tabela 15	Valores de demanda química de oxigênio (DQO) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO) da água cinza bruta e tratada.....	53
Tabela 16	Concentração de coliformes totais e coliformes termotolerantes na água cinza bruta e tratada.....	53
Tabela 17	Resumo das análises de variância para a variável altura de planta (AP) do girassol fertirrigado com água cinza e diluições medidas aos 15, 30, 45 e 60 dias após germinação (DAG).....	54
Tabela 18	Resumo das análises de variância para a variável diâmetro de caule (DC) do girassol fertirrigado com água cinza e diluições medidas aos 15, 30, 45 e 60 dias após germinação (DAG).....	55
Tabela 19	Resumo das análises de variância para a variável número de folhas (NF) do girassol fertirrigado com água cinza e diluições medidas aos 15, 30, 45 e 60 dias após germinação (DAG).....	56
Tabela 20	Resumo das análises de variância para a variável área foliar (AF) do girassol fertirrigado com água cinza e diluições medidas aos 15, 30, 45 e 60 dias após germinação (DAG).....	58

Tabela 21	Resumo das análises de variância para as variáveis fitomassa fresca da parte aérea (FFPA) e fitomassa seca da parte aérea (FSPA) do girassol fertirrigado com água cinza e diluições.....	59
Tabela 22	Resumo das análises de variância para as variáveis diâmetro externo de capítulo (DE) e número de pétalas (NP) do girassol fertirrigado com água cinza e diluições.....	60
Tabela 23	Resumo das análises de variância para as variáveis início da floração (IF) e duração pós florescimento (DPF) do girassol fertirrigado com água cinza e diluições.....	61
Tabela 24	Resumo das análises de variância dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) do tecido foliar do girassol fertirrigado com água cinza e diluições.....	62
Tabela 25	Média dos macronutrientes no tecido foliar do girassol Sol Noturno nos diferentes tratamentos.....	63

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS.....</b>	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>15</b>
3.1	A CRISE HÍDRICA.....	15
3.2	RECURSOS HÍDRICOS NO SEMIÁRIDO.....	16
3.3	ÁGUA RESIDUÁRIA.....	17
<b>3.3.1</b>	<b>Aspectos legais sobre o reuso de água.....</b>	<b>18</b>
3.4	ÁGUA CINZA.....	21
3.5	TIPOS DE TRATAMENTO DA ÁGUA RESIDUÁRIA.....	23
3.6	PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA.....	25
3.7	O REUSO DE ÁGUA NA AGRICULTURA.....	28
3.8	A CULTURA DO GIRASSOL ORNAMENTAL.....	29
3.8.1	<b>Estágios de desenvolvimento do girassol.....</b>	<b>30</b>
<b>3.8.2</b>	<b>Fase Vegetativa (V).....</b>	<b>31</b>
<b>3.8.3</b>	<b>Fase reprodutiva (R).....</b>	<b>31</b>
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>33</b>
4.1	INSTALAÇÃO E AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUA CINZA.....	33
<b>4.1.1</b>	<b>Localização do experimento .....</b>	<b>33</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Dimensionamento do Sistema de Tratamento.....</b>	<b>34</b>
<b>4.1.3</b>	<b>Avaliação do sistema de tratamento.....</b>	<b>35</b>
4.1.3.1	Coletas dos efluentes bruto e tratado.....	36
4.1.3.2	Parâmetros Físicos.....	37
4.1.3.3	Parâmetros Químicos.....	37
4.1.3.4	Parâmetros Bioquímicos.....	37
4.1.3.5	Parâmetros Microbiológicos.....	37
4.1.3.6	Análise e interpretação dos dados.....	37
4.2	EFEITO DO USO DE ÁGUA CINZA NO CULTIVO DE GIRASSOL ORNAMENTAL.....	38
<b>4.2.1</b>	<b>Localização e Caracterização da área.....</b>	<b>38</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Delineamento Experimental.....</b>	<b>38</b>
<b>4.2.3</b>	<b>Descrição das unidades experimentais.....</b>	<b>40</b>

<b>4.2.4</b>	<b>Irrigação.....</b>	<b>41</b>
<b>4.2.5</b>	<b>Tratos Culturais.....</b>	<b>42</b>
<b>4.2.6</b>	<b>Parâmetros de Avaliação da Planta.....</b>	<b>42</b>
4.2.6.1	Parâmetros de crescimento.....	42
4.2.6.2	Fitomassa.....	43
4.2.6.3	Avaliação de produção de flores.....	43
4.2.6.4	Teores de macronutrientes do tecido foliar.....	44
4.2.6.5	Análise dos dados.....	44
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>45</b>
5.1	AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUA CINZA.....	45
<b>5.1.1</b>	<b>Parâmetros Físicos.....</b>	<b>45</b>
<b>5.1.2</b>	<b>Parâmetros Químicos.....</b>	<b>48</b>
<b>5.1.3</b>	<b>Parâmetros Bioquímicos.....</b>	<b>52</b>
<b>5.1.4</b>	<b>Parâmetros Microbiológicos.....</b>	<b>53</b>
5.2	CULTIVO DO GIRASSOL IRRIGADO COM ÁGUA CINZA TRATADA.....	54
<b>5.2.1</b>	<b>Variáveis de crescimento do girassol.....</b>	<b>54</b>
<b>5.2.2</b>	<b>Fitomassa.....</b>	<b>59</b>
<b>5.2.3</b>	<b>Produção de Flores.....</b>	<b>60</b>
<b>5.2.4</b>	<b>Composição do tecido foliar.....</b>	<b>62</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>64</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>65</b>
	<b>APÊNDICES.....</b>	<b>70</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A Associação Comunitária Reciclando para a Vida - ACREVI é uma associação de catadores que trabalha com atividades de coleta seletiva, separação e venda de materiais recicláveis no município de Mossoró-RN. Atualmente, a associação desenvolve outras atividades para incremento da renda dos catadores como, por exemplo, o cultivo de hortaliças e fruteiras orgânicas, compostagem e atividades de paisagismo.

Na sede da ACREVI, situada na área periurbana do município, há cerca de 20 associados que utilizam água diariamente para as necessidades básica, produzindo em média 10L de água cinza por pessoa, este efluente é proveniente da cozinha (pia de louça) e do banheiro (chuveiro e pia). O efluente gerado diariamente é descartado a céu aberto, pois não existe sistema de coleta de esgoto sanitário, sendo a água cinza gerada lançada ao solo sem qualquer tratamento ou destinação adequada. De acordo com Rapoport (2004) esta prática além de ser prejudicial ao ambiente, também acarreta danos à saúde.

O uso agrícola da água residuária como fonte hídrica e nutricional é uma alternativa a esta problemática, principalmente em locais com problemas com escassez de água são mais críticos. O reuso reduz a demanda de água e incorporam fertilizantes ao solo para nutrir as plantas e, quando cuidadosamente manejado, são menos poluentes em relação aos adubos convencionais.

Embora o sistema de tratamento de águas cinza instalado na ACREVI seja reconhecidamente eficiente em termos de diminuição dos teores de óleos e graxas, eliminação de microrganismo patogênicos (coliformes totais e fecais) e ainda redução da DBO e da DQO há necessidade de monitoramento das águas tratadas logo após a construção do novo sistema e, também, o seu monitoramento periódico, seja para corrigir erros na instalação ou reparos no sistema. Além disso, é importante a investigação local do uso da água tratada no cultivo de espécies vegetais de importância econômica regional como forma de reciclar os nutrientes e geração de renda.

Diante do contexto apresentado, esta pesquisa foi desenvolvida com o objetivo de avaliar a eficiência do sistema de tratamento e investigar os efeitos da aplicação do efluente tratado no cultivo do girassol ornamental (*Helianthus annuus* L do tipo Sol Noturno). No âmbito da pesquisa foi proposto um estudo com a cultura do girassol ornamental devido a sua importância mercadológica e pela vantagem adicional de ser uma planta ornamental, mais indicada quando se utiliza águas residuais para irrigação. Além disso, o girassol ornamental Sol Noturno apresenta grande valor comercial devido as suas características diferenciadas tais como o menor porte e a coloração das pétalas em tons avermelhados.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a eficiência do tratamento primário em efluentes domésticos produzidos na Associação Comunitária Reciclando para a Vida e seus efeitos na fertirrigação de girassol ornamental.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Instalar um sistema de tratamento de água cinza composto por um tanque séptico e um filtro anaeróbio na ACREVI;
- Avaliar a eficiência do sistema de tratamento por meio de análises físicas, químicas, bioquímicas e microbiológicas da água cinza.
- Avaliar os parâmetros de crescimento do girassol ornamental Sol Noturno fertirrigado com diferentes concentrações de água cinza tratada;
- Estudar a viabilidade da produção de flores utilizando os efluentes domésticos bruto e diluído com base nos parâmetros comerciais;
- Determinar o teor de macronutrientes absorvidos pelo tecido foliar do girassol ornamental Sol Noturno sob o efeito da fertirrigação com o efluente bruto e diluído.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 A CRISE HÍDRICA

A gestão de recursos hídricos é um dos maiores problemas enfrentados pela população mundial, além de ser um problema de saúde pública, desenvolvimento econômico e qualidade ambiental. Estima-se cerca de 2,8 bilhões de pessoas que habitam o planeta hoje vivam sob a situação de estresse hídrico, este número pode crescer para 4,8 bilhões de pessoas até 2050, o que representa um acréscimo de 70% na disponibilidade de água potável para o consumo humano (PLANETA SUSTENTÁVEL, 2012).

De acordo com Viegas (2012), a sociedade enfrenta uma crise hídrica, sendo o maior causador a poluição ambiental que tem sido intensificada a partir da Revolução Industrial, além de outros fatores como aquecimento global e destruição da cobertura vegetal. O mesmo autor ressalta que a crise hídrica, no âmbito mundial, cada vez mais é gerada pelas atividades antrópicas, sendo elas: poluição ambiental, crescimento populacional – aumentando a demanda por água e o lançamento de esgoto – e desperdício de água.

No início dos anos 2000 estimava-se que mais de 1 bilhão de pessoas viviam com uma disponibilidade hídrica insuficiente para o consumo humano. Essa situação é problemática em várias regiões do mundo, onde não existem políticas públicas de recursos hídricos, no Brasil, há uma situação de disponibilidade hídrica privilegiada, porém 70% do volume de água doce está localizado na região amazônica, região esta que abriga uma pequena parte da população brasileira. Embora haja uma má distribuição geográfica no país, a ideia de abundância de água na região amazônica contribuiu por muito tempo para que houvesse um desperdício e uma desvalorização deste recurso (RAPOPORT, 2004).

Os problemas hídricos do ponto de vista quantitativo – oferta e demanda – e qualitativo no Brasil são discutidos por Hartmann (2010). De acordo com o autor, os problemas quantitativos estão relacionados a má distribuição geográfica de água no país, onde algumas regiões apresentam água em abundância enquanto outras passam por situações críticas enfrentando longos períodos de seca (Tabela 1). No que diz respeito aos problemas qualitativos o autor aponta a poluição como o maior deles, principalmente nas grandes cidades onde há lançamento de efluentes industriais e domésticos e também a poluição difusa proveniente da atividade agrícola que compromete a qualidade da água por meio de infiltração e eluviação de substâncias tóxicas.



Tabela 1 – Classificação da disponibilidade hídrica per capita dos estados da Federação.

<b>Situação</b>	<b>Estado</b>
Abundância > 20.000 m <sup>3</sup> /hab. ano	Roraima, Amazonas, Amapá, Acre, Mato Grosso, Pará, Tocantins, Rondônia, Goiás, Mato Grosso do Sul, Rio Grande do Sul
Muito Rico > 10.000 m <sup>3</sup> /hab. ano	Maranhão, Santa Catarina, Paraná, Minas Gerais
Rico > 5.000 m <sup>3</sup> /hab. ano	Piauí, Espírito Santo
Situação correta > 2.500 m <sup>3</sup> /hab. ano	Bahia, São Paulo
Pobre < 2.500 m <sup>3</sup> /hab. ano	Ceará, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Distrito Federal, Alagoas, Sergipe
Situação crítica < 1.500 m <sup>3</sup> /hab. ano	Paraíba, Pernambuco

Fonte: Adaptado de Libânio (2010).

Diante deste contexto, vem surgindo a crescente preocupação com o uso racional dos recursos hídricos, bem como também, desenvolver tecnologias para reduzir o desperdício e controlar as perdas de água (FLORENCIO et al, 2006).

### 3.2 RECURSOS HÍDRICOS NO SEMIÁRIDO

O semiárido brasileiro abrange a maior parte dos estados do Nordeste, e apesar de ser uma região chuva, com precipitação anual média de 750 mm, apresenta uma elevada taxa de evapotranspiração potencial com média anual de 2.500 mm. Em decorrência desse déficit hídrico, ocorre a concentração de solutos nas fontes hídricas superficiais, conseqüentemente, degradando a qualidade das águas, por meio da eutrofização e salinização (MONTENEGRO e MONTENEGRO, 2012). Além disso, é perceptível que as condições climáticas e os solos predominantemente cristalinos e rasos, constituem restrições para o abastecimento dos aquíferos subterrâneos, tornando a falta de água no semiárido um fator limitante no desenvolvimento de atividades agrícolas (ASA BRASIL, 2016).

Os primeiros registros de seca em regiões semiáridas datam do século XVI relatados por jesuítas que se depararam com cerca de quatro mil índios vindos dos sertões em busca de recursos no litoral, devido à fome, por falta de condições hídricas para cultivar seus alimentos. Até meados do século XVII, os registros de seca, relatam os impactos da falta d'água nos cultivos desenvolvidos no litoral do Nordeste subtendendo-se que a situação era ainda mais crítica no sertão, nesta mesma época ocorreu a primeira tentativa de ocupação do sertão do Ceará com a expedição de Pero Coelho que perdeu a família e muitos soldados devido a fome

como consequência da esterilidade dos sertões do Ceará e Rio Grande do Norte (CAMPOS, 2014).

Devido às condições climáticas, o planejamento do uso racional de recursos hídricos torna-se um desafio nas regiões semiáridas, somado a isso, há estudos científicos que apontam para o aquecimento de zonas semiáridas ao longo deste século, fazendo-se necessário a implementação de políticas públicas para uma melhor gestão dos recursos hídricos.

No semiárido brasileiro já são desenvolvidas algumas políticas públicas, entre as quais se destacam: Construção de açudes, perfuração de poços, construção de cisternas rurais, implantação de barragens subterrâneas, dessalinização e aproveitamento de água salobra, reaproveitamento de águas servidas, transporte de água a grandes distâncias - construção de adutoras e canais (MONTENEGRO e MONTENEGRO, 2012).

### 3.3 ÁGUA RESIDUÁRIA

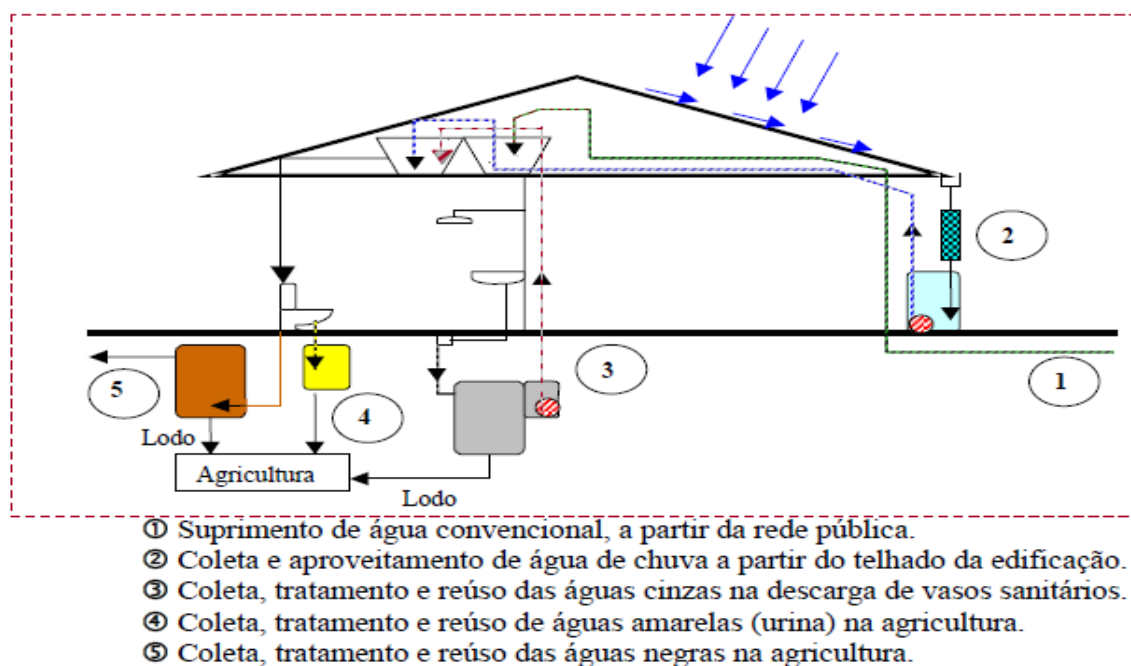
Em virtude da escassez de água, vem crescendo nos últimos anos a preocupação com o uso sustentável deste recurso e uma alternativa que vem sendo discutida é o reuso da água que apresenta como vantagens a diminuição na demanda de água potável nos mananciais, a reciclagem de nutrientes, a ampliação de áreas irrigadas e a redução de esgotos lançados nos mananciais, minimizando os impactos ambientais nos corpos hídricos receptores (FLORÊNCIO et al., 2006).

Rapoport (2004) reforça a existência de uma crise hídrica, e indica como alternativa o reuso de água, para a autora, a água residuária é conceituada como “todos os resíduos de natureza líquida: os esgotos sanitários, efluentes industriais, águas pluviais e águas de infiltração”.

Lavrador (1987) citado por May e Hespanhol (2009) conceitua reuso de água como: “o aproveitamento de água previamente utilizada, uma ou mais vezes, em alguma atividade humana, para suprir as necessidades de outros usos benéficos”.

Borges (2003) divide os esgotos domésticos em dois tipos: águas negras e águas cinza, sendo a única diferença entre as duas a presença de excretas humanas na primeira e a ausência na segunda, porém, Gonçalves (2006) defende que há três principais tipos de água residuária produzida em residências (Figura 1), além das duas já citadas, o autor acrescenta as águas amarelas que contém urina e são provenientes de mictórios ou dispositivos separadores de fezes e urina.

Figura 1 – Esquema de separação e coleta de água residuária em residências.



Fonte: Bazzarella (2005).

No que diz respeito aos tipos de reuso de água Lavrador Filho (1987, apud BREGA FILHO e MANCUSO, 2003) destaca três, sendo eles:

- Reuso indireto não planejado – ocorre de maneira não intencional, pois a água servida é descartada no meio ambiente, sendo assim diluída e utilizada a jusante;
- Reuso indireto planejado – ocorre de maneira intencional para obter algum benefício final, neste tipo de reuso, a água recebe um tratamento antes de ser descartada no meio ambiente;
- Reuso direto planejado - neste tipo de reuso, a água servida não é descartada no meio ambiente, ela recebe o devido tratamento e já é encaminhada para o local de reuso. De acordo com Borges (2003) a água proveniente de reuso planejado pode ser utilizada para fins potáveis e não potáveis, sendo este último classificado em: reuso agrícola, reuso industrial, reuso urbano, reuso recreacional, recarga de aquíferos e aquicultura.

### 3.3.1 Aspectos legais sobre o reuso de água

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH em sua Resolução de N° 54 de 28 de novembro de 2005 estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água, e dá outras providências, nesta resolução a água residuária é

definida como: “esgoto, água descartada, efluentes líquidos de edificações, indústrias, agroindústrias e agropecuária, tratados ou não”. Define também água de reuso como: “água residuária, que se encontra dentro dos padrões exigidos para sua utilização nas modalidades pretendidas”.

Em seu artigo 3º a Resolução define as modalidades para o reuso direto não potável sendo eles:

I - reuso para fins urbanos: utilização de água de reuso para fins de irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações, combate a incêndio, dentro da área urbana;

II - reuso para fins agrícolas e florestais: aplicação de água de reuso para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas;

III - reuso para fins ambientais: utilização de água de reuso para implantação de projetos de recuperação do meio ambiente;

IV - reuso para fins industriais: utilização de água de reuso em processos, atividades e operações industriais; e,

V - reuso na aquicultura: utilização de água de reuso para a criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos.

A NBR 13.969 de 1997 que dispõe sobre as Unidades de Tratamento Complementar e disposição final dos efluentes líquidos de tanque séptico em seu item 5.6 afirma que o reuso da água pode ser aplicado para fins não potáveis, no entanto, a qualidade do efluente deve ser sanitariamente segura, os possíveis fins a que este efluente se destina são: irrigação dos jardins, lavagem dos pisos e dos veículos automotivos, na descarga dos vasos sanitários, na manutenção paisagística dos lagos e canais com água, na irrigação dos campos agrícolas e pastagens etc.

Esta norma ainda classifica os usos a que o efluente é destinado, delimitando parâmetros de qualidade e grau de tratamento necessário a que este deve se adequar.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA em sua Resolução nº 357/2005 estabelece parâmetros para a classificação dos corpos hídricos, bem como condições e padrões de lançamento de efluentes tratados (BRASIL, 2005). A Resolução CONAMA nº 430/2011, vem alterar e complementar a Resolução 357/2005, nesta resolução destacam-se três artigos sobre a disposição final de efluentes tratados (BRASIL, 2011):

Art. 2º A disposição de efluentes no solo, mesmo tratados, não está sujeita aos parâmetros e padrões de lançamento dispostos nesta Resolução, não podendo, todavia, causar poluição ou contaminação das águas superficiais e subterrâneas.

Art. 3º Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis.

Art. 21. Para o lançamento direto de efluentes oriundos de sistemas de tratamento de esgotos sanitários deverão ser obedecidas as seguintes condições e padrões específicos:

I - Condições de lançamento de efluentes:

- pH entre 5 e 9;
- temperatura: inferior a 40° C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3° C no limite da zona de mistura;
- materiais sedimentáveis: até 1 mL L<sup>-1</sup> em teste de 1 hora em cone *Inmhoff*. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;
- Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO 5 dias, 20° C: máximo de 120 mg L<sup>-1</sup>, sendo que este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento com eficiência de remoção mínima de 60% de DBO, ou mediante estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor.
- substâncias solúveis em hexano (óleos e graxas) até 100 mg L;
- ausência de materiais flutuantes.

No estado do Ceará a portaria nº154/2002 dispõe sobre os padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras (CEARÀ, 2002). Em seu artigo 6º consta a normatização para a reutilização de efluentes de origem doméstica em atividades agronômicas (irrigação e drenagem, dessedentação de animais e aquicultura), os limites estabelecidos são:

- Atividades Tipo 1 - irrigação de vegetais ingeridos crus e sem remoção de película, dessedentação de animais e aquicultura, conforme se segue:

Coliformes fecais < 1000 coliformes fecais por 100 mL.

Ovos de helmintos < 1 ovo por L de amostra.

Condutividade elétrica < 3,0 dS m<sup>-1</sup>

- Atividades Tipo 2 - aquelas culturas não referidas anteriormente:

Coliformes fecais < 5000 coliformes fecais por 100 mL.

Ovos de helmintos < 1 ovo por L de amostra.

Condutividade elétrica < 3,0 dS m<sup>-1</sup>.

### 3.4 ÁGUA CINZA

As águas cinza são provenientes de lavagem de roupas, do uso de chuveiros e lavatórios. Sousa (2013) conceitua água cinza como: “toda água proveniente do uso doméstico que não possua contribuição de efluentes de vasos sanitários pode ser considerada água cinza, são elas oriundas da máquina de lavar roupas, tanques, chuveiros, pias da cozinha e lavatórios”. Para a NSW Health (2000), os efluentes provenientes da pia da cozinha não devem ser considerados água cinza por conter restos de alimentos, óleos e gorduras que favoreçam uma concentração de microrganismos, outro motivo apontado pelo autor diz respeito ao caráter alcalino deste efluente devido a presença de detergente que poderá causar danos ao solo caso o reaproveitamento seja para a irrigação.

A composição da água cinza, bem como sua concentração de poluentes varia de acordo com o estilo de vida dos moradores das residências onde o efluente é gerado, fatores como costumes, faixa etária e classe social influenciam diretamente na qualidade da água cinza gerada, o local em que o efluente se origina também influencia, ou seja, a água cinza gerada no banheiro difere daquela gerada pela lavanderia e pia de cozinha (BORGES, 2003; NSW HEALTH, 2000).

Bazzarella (2005) reuniu as características das águas cinzas de diversas origens e de vários locais em sua pesquisa, as principais características físicas podem ser encontradas na Tabela 2.

Tabela 2 – Caracterização física da água cinza de acordo com sua origem.

Referência	Fonte de água cinza	Local	Parâmetros físicos		
			Turbidez (NTU)	ST (mgL <sup>-1</sup> )	SST (mgL <sup>-1</sup> )
Siegrist et al. (1976)	Chuveiro/ Banheira	EUA	-	250	120
	Lava Roupas		-	1340	280
	Enxague de roupa		-	410	120
	Pia de Cozinha		-	2410	720
	Lava Louças		-	1500	440
Christova-Boal et al. (1996)	Banheiro	Austrália	60-240	-	-
	Lavanderia		50-210	-	-
Almeida et al. (1999)	Lavatório	Inglaterra	-	-	181
	Chuveiro		-	-	200
	Banheira		-	-	54
	Máquina de lavar		-	-	165
	Pia de Cozinha		-	-	235
Borges (2003)	Banheiro	Curitiba	2,0 - 189	-	-
Jamrah et al. (2004)	Chuveiro	Al-Mwaleh	307	800	410
		Al-Hail	539	1000	470
		Al-Khodh	278	250	180
	Lavanderia	Al-Mwaleh	439	4500	665
		Al-Hail	494	3150	120
		Al-Khodh	400	450	160
		Al-Mwaleh	120	1250	925
		Al-Hail	168	750	305
		Al-Khodh	111	450	285
Burnat & Mahmoud (2004)	Misturada	Palestina	-	-	94 - 181

ST= Sólidos totais, SST= Sólidos Suspensos Totais.

Fonte: Bazzarella (2005).

As principais características químicas de água cinza de acordo com sua origem encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3 – Caracterização química da água cinza de acordo com sua origem.

Referência	Fonte de água cinza	Local	Parâmetros físicos			
			N Total mg L <sup>-1</sup>	P total	pH	O&G mg L <sup>-1</sup>
Siegrist et al. (1976)	Chuveiro/ Banheira	EUA	17	2	-	-
	Lava Roupas		21	57	-	-
	Enxague de roupa		6	21	-	-
	Pia de Cozinha		74	74	-	-
	Lava Louças		40	68	-	-
Christova-Boal et al. (1996)	Banheiro	Austrália	-	0,11 - 1,8	6,4 - 8,1	37 - 78
	Lavanderia		-	0,062 - 42	9,3 - 10	8,0 - 35
Almeida et al. (1999)	Lavatório	Inglaterra	-	-	-	-
	Chuveiro		-	-	-	-
	Banheira		-	-	-	-
	Máquina de lavar		-	-	-	-
	Pia de Cozinha		-	-	-	-
Borges (2003)	Banheiro	Curitiba	-	0,51 - 38,4	6,7 - 8,5	-
Jamrah et al. (2004)	Chuveiro	Al-Mwaleh	-	-	7,88	-
		Al-Hail	-	-	7,69	-
		Al-Khodh	-	-	6,77	-
	Lavanderia	Al-Mwaleh	-	-	8,04	-
		Al-Hail	-	-	8,87	-
		Al-Khodh	-	-	8,08	-
	Pia de cozinha	Al-Mwaleh	-	-	7,69	-
		Al-Hail	-	-	7,06	-
Burnat & Mahmoud (2004)	Misturada	Palestina	-	15 - 17	6,6 - 7,4	-

N= Nitrogênio, P=fósforo, O&G= óleos e graxas.

Fonte: Adaptado de Bazzarella (2005).

### 3.5 TIPOS DE TRATAMENTO DA ÁGUA RESIDUÁRIA

Apesar do reuso da água ser uma prática benéfica, alguns cuidados devem ser tomados com o tratamento da água. Existem quatro tipos de tratamento para água residuária doméstica (BATISTA et al, 2013):

- Tratamento preliminar – Remove partículas sólidas mais grosseiras;
- Tratamento primário – Reduz os sólidos em suspensão;
- Tratamento secundário – Reduz os sólidos dissolvidos;
- Tratamento terciário – Reduz o nível populacional de bactérias patogênicas e matéria orgânica.

No entanto são desenvolvidas tecnologias para tratamento de água residuária de baixo custo e fácil operação que pode ser utilizado pelo pequeno produtor. No presente trabalho foi



utilizado o tanque séptico aliado ao filtro anaeróbio que é, segundo a Fundação Nacional de Saúde – FUNASA, a tecnologia mais apropriada para o tratamento sanitário domiciliar. Este tipo de tratamento promove uma melhoria na qualidade do efluente para que este venha a ser disposto ao solo por valas de infiltração, sumidouro ou mesmo reaproveitado em pomares ou jardins. Os tanques sépticos são unidades de formas cilíndricas ou retangulares que podem ser construídas em alvenaria, fibra de vidro ou outro material resistente (FUNASA, 2014). Este tipo de tecnologia promove o tratamento preliminar e primário ao efluente, por meio de:

- Retenção de sólidos flutuantes e matérias graxas (escuma);
- Decantação de sólidos sedimentáveis;
- Alteração de características da fase líquida;
- Deposição, acúmulo e adensamento do lodo decantado em regime de decomposição anaeróbio;
- Digestão parcial da escuma;
- Redução sensível do número de bactérias patogênicas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1993 apud BATISTA et al., 2013, p. 248).

Já os filtros anaeróbios são definidos na NBR 13.969/1997 como: “Reator biológico com esgoto em fluxo ascendente, composto de uma câmara inferior vazia e uma câmara superior preenchida de meio filtrante submerso, onde atuam microrganismos facultativos e anaeróbios, responsáveis pela estabilização da matéria orgânica (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997, p. 3)”.

A taxa de eficiência do sistema de tratamento composto por um tanque séptico aliado ao filtro anaeróbio pode ser visto na Tabela 4.

Tabela 4. Eficiência na remoção dos principais poluentes nos esgotos sanitários por meio do tanque séptico aliado ao filtro anaeróbio.

<b>Parâmetro</b>	<b>Taxa de remoção (%)</b>
DBO <sub>5</sub>	80-85
DQO	70-80
SS	80-90
Amônia-N	<45
N total	<60
P total	<35

DBO=Demanda bioquímica de oxigênio, DQO= Demanda química de oxigênio, SS= Sólidos Sedimentáveis, N total= Nitrogênio total, P total= Fósforo total.

Fonte: Adaptado de Florêncio (2006).

### 3.6 PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA

Para avaliar a eficiência de sistemas de tratamento de água residuária, são utilizados alguns parâmetros físicos, químicos e bioquímicos entre eles:

*Temperatura* – A temperatura é um indicador que mede a intensidade de calor da água, a importância de se avaliar esse parâmetro se dá ao fato da temperatura ser inversamente proporcional à solubilidade dos gases nos líquidos. Em um corpo hídrico, o aumento da temperatura implicará em um maior consumo de oxigênio dissolvido, ocasionando danos à flora e a fauna aquática. Os efluentes industriais e as descargas de usinas termoeletricas são as maiores causadoras do aumento da temperatura da água (DERISIO, 2012).

*Turbidez* – A turbidez é uma característica que pode ocorrer naturalmente em um corpo hídrico devido aos materiais em suspensão decorrentes de um processo de erosão, no entanto o descarte sem tratamento de efluentes domésticos e industriais pode agravar a situação. O aumento da turbidez provoca distúrbios na fauna e flora aquática pois há uma redução na penetração da luz solar, além de ser esteticamente desfavorável e encarecer o processo de tratamento de água para o abastecimento público (DERISIO, 2012).

*Cor aparente* – A cor aparente expressa a cor do efluente sem a remoção de partículas suspensas existentes na amostra (PÁDUA, 2006).

*Sólidos Totais* – Os contaminantes presentes em um esgoto doméstico – exceto os gases dissolvidos – são considerados sólidos totais, estes por sua vez, são divididos em três classificações de acordo com: tamanho e estado, características químicas, e sedimentabilidade (VON SPERLING, 2005).

*Sólidos em suspensão e Sólidos dissolvidos* – No que diz respeito ao tamanho dos sólidos, ocorre ainda uma subdivisão classificando os sólidos em dissolvidos e suspensos, o primeiro representa a fração solúvel e o segundo representa os sólidos particulados. A quantificação deste indicador é realizada em laboratório onde uma parte da amostra passa por um papel filtro que retém os sólidos suspensos, os sólidos dissolvidos por sua vez passam pelo filtro junto com o líquido (VON SPERLING, 2005).

*Sólidos Sedimentáveis* – Quanto a sedimentabilidade, os sólidos são subdivididos em sedimentáveis e não sedimentáveis. Para medir a quantidade de sólidos sedimentáveis é usado o cone Imhoff, onde é despejado um litro da amostra e aguarda-se uma hora para observar a quantidade de sólidos que sedimentou durante esse tempo (VON SPERLING, 2005).

*Condutividade Elétrica (CE)* – A CE da água apresenta uma relação com o teor de sais inorgânicos na água, por isso é imprescindível analisar este indicador quando o esgoto doméstico tem como finalidade a irrigação, pois a CE permite realizar um monitoramento dos sais presentes na água (BLUM, 2003).

*Potencial hidrogeniônico (pH)* – O pH é um relação numérica que exprime o equilíbrio entre íons ( $H^+$ ) e íons ( $OH^-$ ). A faixa numérica varia de 0 a 14, sendo 7,0 o valor neutro. Valores de pH abaixo de 7,0 são considerados ácidos e acima de 7,0 considerados básicos. Na natureza, o pH encontra-se em condição de neutralidade, portanto maiores variações neste indicador pode acarretar perturbação ambiental, a maior causa de alteração do pH da água se dá por descarte de efluente industrial (DERISIO, 2012).

*Fósforo* – O fósforo é um elemento presente no esgoto bruto podendo ser encontrado na forma orgânica e na forma inorgânica, sendo este último proveniente dos produtos de limpeza doméstica, principalmente o detergente. Assim como o nitrogênio o fósforo é essencial no crescimento das algas, sendo assim, quando o efluente rico em fósforo é descartado em um corpo hídrico pode desencadear o processo de eutrofização, o fósforo também é essencial para os microrganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica (VON SPERLING, 2005).

*Nitrogênio* – O nitrogênio é um elemento que devido a processos bioquímicos se altera entre diversas formas e estados de oxidação. O nitrogênio é um agente que atua no processo de poluição das águas, pois promove o crescimento de algas contribuindo com a eutrofização, aumenta o consumo de oxigênio dissolvido e torna-se tóxico aos peixes quando encontrado na forma de amônia livre. Por outro lado, também atua no processo de tratamento de esgoto, sendo necessário para o crescimento dos microrganismos presentes nas estações de tratamento. No esgoto doméstico bruto o nitrogênio se encontra predominantemente as formas de nitrogênio orgânico e amônia (VON SPERLING, 2005).

*Óleos e Graxas* – Os óleos e graxas são facilmente percebidos no efluente devido a sua separação da fase aquosa, pois possuem baixa solubilidade, quando o esgoto que contenha altos teores de óleos e graxas é despejados em corpos hídricos pode provocar problemas estéticos e ecológicos (SABESP, 1997). No esgoto doméstico, a presença de óleos e graxas está relacionada a manteiga, óleos de cozinha e carne (KOLM, 2002).

*Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)* – A DBO pode ser descrita como a demanda necessária de oxigênio para que haja a oxidação da matéria orgânica por meio da ação de bactérias. A determinação da DBO é realizada em laboratório por meio de um teste padrão realizado em temperatura constante de 20° C em uma incubadora durante 5 dias, buscando mostrar em meio controlado o fenômeno que ocorre nos corpos hídricos. A descarga de efluentes ricos em matéria orgânica são os principais causadores do aumento da DBO (DERISIO, 2012).

*Demanda química de oxigênio (DQO)* – A DQO é um parâmetro que indica a presença de matéria orgânica e expressa a demanda necessária de oxigênio para que haja a oxidação da mesma por meio de um agente químico. Os métodos laboratoriais para determinar a DQO são realizados em um período mais curto que o método utilizado para determinar a DBO, sendo que os valores da primeira servem de orientação para o desenvolvimento do método de determinação da segunda. O descarte de efluente industrial é o principal causador do aumento da concentração de DQO em um corpo hídrico (DERISIO, 2012).

*Coliformes Totais* – Este indicador engloba um grande número de bactérias em águas poluídas e não poluídas, por isso, podem ser entendidos como “coliformes ambientais”, pois representam organismos não intestinais. É comum encontrar coliformes totais em águas residuárias, porém, no que diz respeito a distribuição de água para abastecimento humano não deve ser encontrado, pois indica ineficiência no tratamento (VON SPERLING, 2005).

*Coliformes termotolerantes* – Os coliformes termotolerantes ou *Escherichia coli*, são bactérias presentes nas fezes de animais de sangue quente, quando encontrado em corpos hídricos ele não representa diretamente um perigo a saúde, mas indica a presença de outros seres causadores de doenças (DERISIO, 2012).

### 3.7 O REUSO DE ÁGUA NA AGRICULTURA

A agricultura é uma atividade que demanda uma quantidade considerável de recursos hídricos, e é um dos principais segmentos em que é aplicado o reuso de água, além de diminuir a demanda, esta prática também traz o incremento de fertilizantes menos poluentes que os industrializados.

É importante realizar o tratamento dos efluentes sempre que a finalidade da aplicação seja em hortaliças e forragens utilizadas para a alimentação animal (NIEMCZYNOWICZ, 2001 apud MENDONÇA, 2004). Para o desenvolvimento desta prática são necessários alguns cuidados para evitar acúmulo de sais e a contaminação do solo, indica-se que a água residuária seja aplicada no período de desenvolvimento da cultura, pois é a fase em que a planta consome maior quantidade de nutrientes, é importante que seja aplicado um efluente com teor de nutriente que a planta consiga absorver, procurando evitar excedentes, diminuindo assim, o risco de contaminação ambiental (BATISTA et al, 2013).

As vantagens econômicas de se praticar o reuso de água na agricultura são obtidas devido o aumento da produtividade agrícola nas áreas em que a irrigação é feita de forma natural dependendo da água de chuva, com isso as áreas irrigadas podem ser ampliadas permitindo efetuar colheitas durante um maior período durante o ano. As vantagens ambientais do reuso são inúmeras, entre elas: uso sustentável da água, racionamento de água de boa qualidade, minimização da poluição nos corpos hídricos, diminuição no uso de fertilizantes e matéria orgânica, controle da desertificação e erosão por meio da fertirrigação de cinturões verdes, entre outras (HESPANHOL, 1997; BERNARDI, 2003).

Para Bezerra e Fideles Filho (2009) a fertirrigação apresenta-se como uma alternativa racional de reuso de água, os autores ainda indicam que esta prática deve ser incentivada principalmente em cultivo de oleaginosas para a produção de biodiesel. Para comprovar a eficiência do esgoto doméstico como fertilizante os autores citados desenvolveram uma pesquisa em Campina Grande no ano de 2000 utilizando água residuária proveniente de esgoto doméstico e água de abastecimento na irrigação do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) ao final da pesquisa observou-se que a cultura irrigada com a água residuária apresentou fitomassa de 131 g planta<sup>-1</sup> e área foliar de 5097,9 cm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>, enquanto a cultura irrigada com água de abastecimento apresentou fitomassa de 34,9 g planta<sup>-1</sup> e área foliar de 1922,6 cm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>.

Em sua pesquisa, Costa (2012) avaliou os efeitos da água residuária de origem doméstica no sistema produtivo da cultura do girassol no assentamento Milagres em Apodi-RN, a autora testou 5 concentrações de água residuária em água de abastecimento e observou

que o tratamento que correspondia a 50% de água de abastecimento e 50% de água residuária proporcionou maior altura de planta e maior diâmetro de caule, sendo o mais recomendado para a produção de girassol no semiárido.

### 3.8 A CULTURA DO GIRASSOL ORNAMENTAL

O Girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma dicotiledônea anual da ordem *Asterales* e família *Asteraceae* (CAVASIN JUNIOR, 2001). A cultura é originária da América do Norte e sua difusão geográfica teve início no ano de 1510 quando foi levado por conquistadores espanhóis para o Jardim Botânico de Madri na Espanha. No Brasil, o cultivo do Girassol teve início no Sul do país por volta do século XIX por colonizadores europeus (PUTT, 1997; PELEGRINI, 1985).

O sistema radicular do Girassol é pivotante, formado por um eixo principal e raízes secundárias abundantes que crescem mais rápido que a parte aérea e atingem maior comprimento durante a floração. A parte aérea da planta é composta por uma haste única não ramificada, áspera e cilíndrica com comprimento que pode variar de 60 a 220 cm e diâmetro entre 1,8 e 5 cm. Sua inflorescência é do tipo capítulo que é composto por: pedúnculo floral, receptáculo, flores e involúcro com diâmetro que pode variar de 17 a 22 cm a depender da variedade e das condições climáticas. O capítulo pode ser côncavo ou convexo e é considerada a parte mais valorizada da planta, pois é nele que se desenvolvem os aquênios (ROSSI, 1998).

O Girassol é uma planta com características agronômicas importantes, como resistência a variação de temperaturas, secas, adaptação a diferentes condições edafoclimáticas. A cultura é bastante utilizada na produção de óleos por apresentar excelentes características físico-químicas e nutricionais, outra possibilidade é a associação do cultivo do Girassol com a apicultura, estima-se que é possível produzir de 20 a 30 kg de mel por hectare de Girassol (CASTRO et al, 1996). Outro ramo em que o Girassol se destaca é a floricultura pelo seu potencial de comercialização, devido ao ciclo curto, fácil cultivo e, também, por ser uma planta de inflorescência atrativa, sendo muito utilizada para ornamentação, podendo ser facilmente comercializada (ANEFALOS e GUILHOTO, 2003).

A variedade Sol Noturno possui uma beleza diferenciada, as plantas podem alcançar de 2 a 3 metros de altura, produzindo até 10 hastes com flores pequenas, apresentando coloração de tons escuros em vermelho, marrom e laranja escuro (Figura 2). Esta cultivar pode ser usada em jardins ou como flor de corte para compor arranjos florais. É uma planta de

ciclo curto e rápido desenvolvimento, que se adapta facilmente em temperaturas mais elevadas (GARDEN MANIA, 2017).

Figura 2- Flores de girassol variedade Sol Noturno.

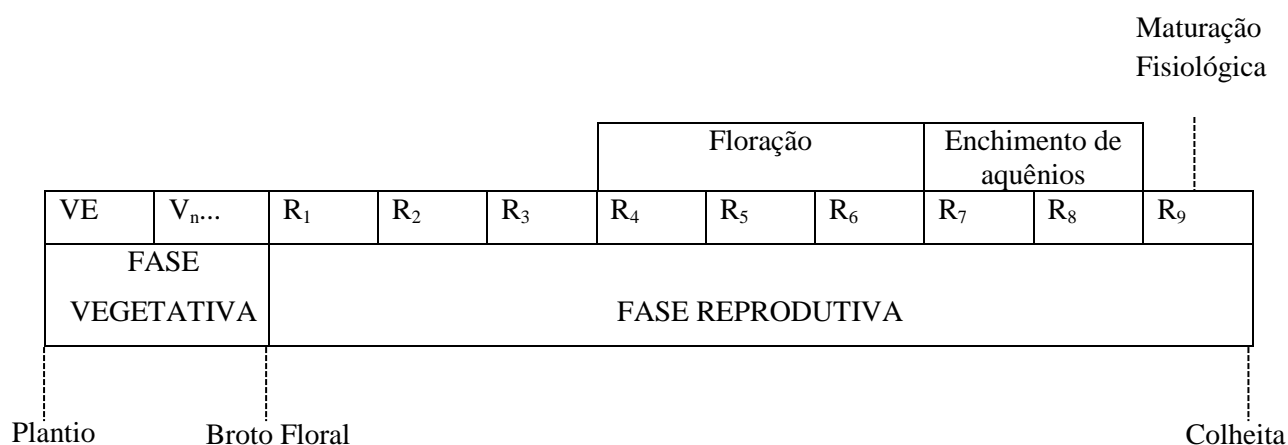


Fonte: Acervo da pesquisa (2016).

### 3.8.1 Estágios de desenvolvimento do girassol

De acordo com Castro et al. (1996) o ciclo do girassol varia de 90 a 130 dias, seus estágios de desenvolvimento foram divididos em duas fases (Figura 3) conforme Schneiter e Miller (1981 apud Castiglioni et al., 1997), sendo Vegetativa (V) e Reprodutiva (R).

Figura 3- Fases de desenvolvimento da planta de girassol.



Fonte: Castiglioni et al. (1997).

### 3.8.2 Fase Vegetativa (V)

Compreende a fase da germinação até o início do botão floral, é subdividida em: VE – período do plantio até o aparecimento da primeira folha acima dos cotilédones (Figura 4); V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub>, V<sub>n</sub>.. – Refere-se à formação de folhas maiores que 4 cm, assim uma planta com 3 folhas estará na fase V<sub>3</sub>, uma planta com 6 folhas estará na fase V<sub>6</sub>.

Figura 4- Plântula na fase de emergência (VE).



Fonte: Acervo da pesquisa.

### 3.8.3 Fase Reprodutiva (R)

A fase reprodutiva compreende o período do surgimento do boto floral até a maturação dos aquênios (figura 5), é subdividida em:

R<sub>1</sub>- Fase em que há o surgimento de um pequeno broto floral (figura 5.A);

R<sub>2</sub>- Fase de alongamento do broto floral em que ele se distancia 0,5 a 2,0 cm da última folha que está unida ao caule;

R<sub>3</sub>- Esta é considerada a segunda fase de alongamento do broto floral em que ela se distancia mais que 2 cm da última folha unida ao caule;

R<sub>4</sub>- Considerada a primeira fase do florescimento em que é possível visualizar as primeiras flores liguladas (figura 5.B);

R<sub>5</sub>- Considerada a segunda fase do florescimento, podendo ser dividida em subfases que variam de acordo com a porcentagem de flores tubulares que já estejam liberando pólen, por exemplo:

R<sub>5.1</sub>- 10% das flores do capítulo estão abertas (figura 5.C);

R<sub>5.5</sub>- 50% das flores do capítulo estão abertas (floração plena).

R<sub>6</sub>- Esta é considerada a terceira fase de florescimento, fase em que todas as flores tubulares já estão abertas e as flores liguladas estão murchas (figura 5.D);



R<sub>7</sub>-Refere-se à primeira fase de desenvolvimento dos aquênios, nela, o dorso do capítulo passa da cor verde para o amarelo claro;

R<sub>8</sub>- Refere-se à segunda fase do desenvolvimento dos aquênios, em que o dorso do capítulo torna-se amarelo escuro, mas as brácteas continuam verdes;

R<sub>9</sub>- Refere-se a fase de maturação dos aquênios, em que as brácteas estão entre as cores amarelo e castanho.

Figura 5 - Estágios de desenvolvimento da inflorescência do Girassol.



Estágios de desenvolvimento da inflorescência do girassol nas fases R<sub>1</sub>- A; R<sub>4</sub>- B; R<sub>5,1</sub>- C; e R<sub>6</sub>- D. Fonte: Acervo da pesquisa.

## 4. METODOLOGIA

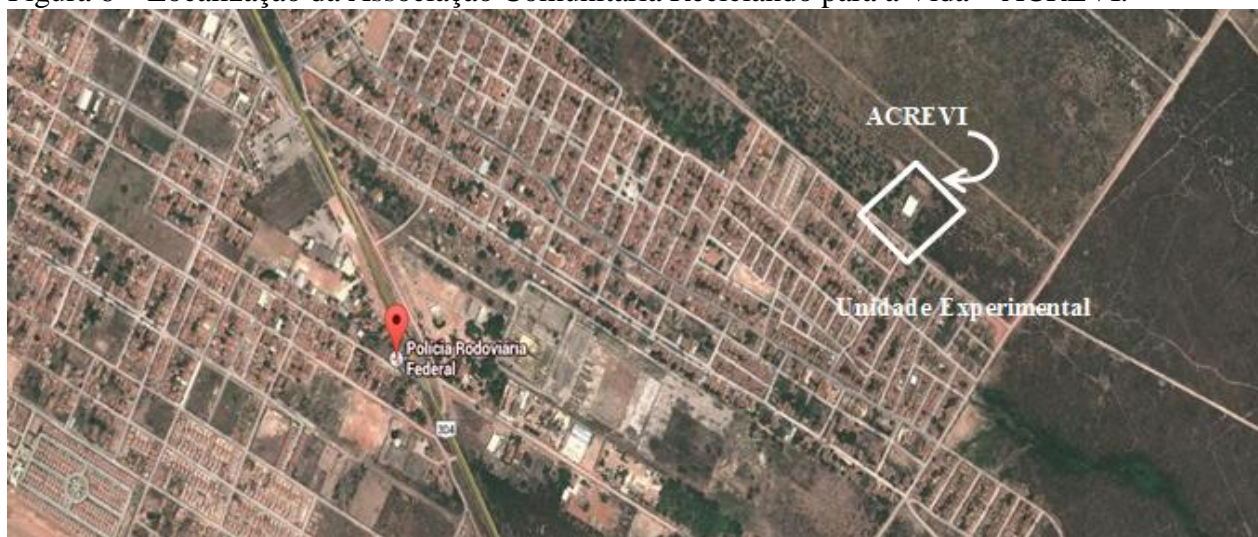
A pesquisa foi realizada em duas etapas. A primeira foi a instalação e a avaliação da eficiência do sistema de tratamento da água por parâmetros físico-químicos e biológicos. Na segunda etapa, a água cinza tratada foi utilizada como fonte hídrica e nutricional no cultivo de Girassol (*Helianthus annuus*, variedade Sol Noturno) utilizando diferentes diluições com água de abastecimento municipal.

### 4.1 INSTALAÇÃO E AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUA CINZA

#### 4.1.1 Localização do experimento

O sistema foi instalado na Associação Comunitária Reciclando para a Vida – ACREVI, localizada na Rua Raniera B. Paiva, Bairro Nova Vida, município de Mossoró – Rio Grande do Norte (18 m de altitude, 05° 14' 9" de latitude Sul e 37°18'59" de longitude Oeste) (Figura 6). Segundo a classificação de Köppen, o bioclima da região é do tipo BSw<sup>h</sup>, com temperatura média anual de 27,4 °C, precipitação pluviométrica anual bastante irregular, com média de 672,9 mm, e umidade relativa de 68,9% (CARMO FILHO et al., 1991).

Figura 6 – Localização da Associação Comunitária Reciclando para a Vida – ACREVI.

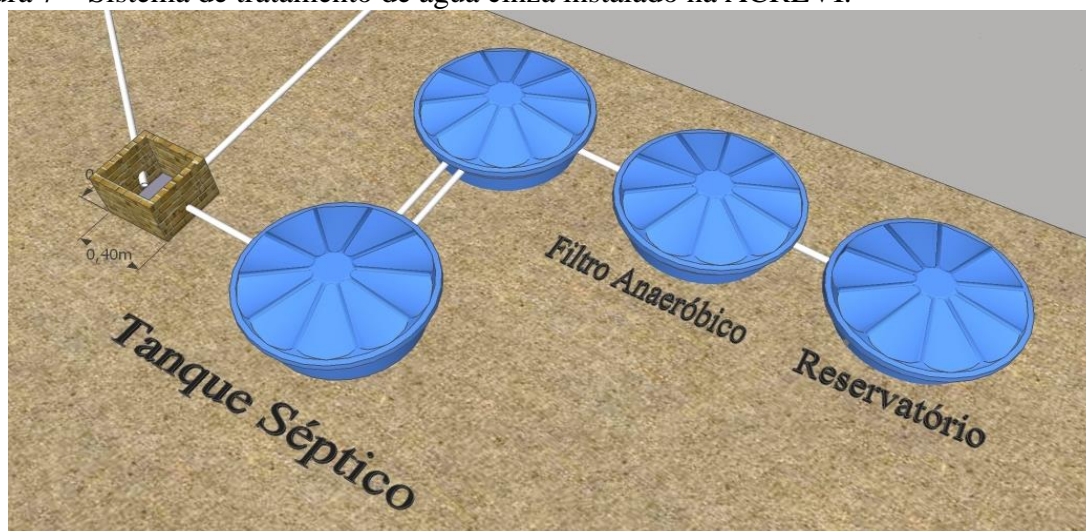


Fonte: Google Maps (2016).

#### 4.1.2 Dimensionamento do Sistema de Tratamento

O sistema de tratamento de água foi construído no mês de abril de 2016, sendo composto por: a) uma caixa de passagem de 0,40 x 0,40 x 0,40 m de alvenaria que tem por finalidade reunir as águas cinzas provenientes do chuveiro e pias do banheiro e da cozinha da sede da ACREVI; b) tanque séptico de duas câmaras com capacidade para 1000 L; um filtro anaeróbio de fluxo ascendente com capacidade de 500 L e c) um reservatório para armazenar a água tratada com capacidade de 500 L (Figura 7).

Figura 7 – Sistema de tratamento de água cinza instalado na ACREVI.



O número de associados que atuam na ACREVI apresenta uma grande variação durante um curto período de tempo, no entanto na época em que o sistema foi dimensionado e instalado a associação contava com 20 catadores, a maioria destes realizam a coleta nas ruas do município permanecendo por pouco tempo na sede da associação (permanência temporária), a estimativa da produção de efluente é de 10 L habitante<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de água cinza. O tanque séptico foi dimensionado conforme a NBR 7229/1993, utilizando a Equação 1:

$$V = 1000 + N(C.T + K.L_f) \therefore V = 1000 + 20(10.0,50 + 57.0,10) \therefore V = 1214L \therefore V = 1,0 \text{ m}^3 \quad \text{Eq.1}$$

em que:

V = volume útil do tanque séptico, m<sup>3</sup>;

1000 = fator de segurança, L;

N = número de contribuições, habitante ou unidade;



C = contribuição de despejo,  $L \text{ hab}^{-1} \text{ d}^{-1}$  ou  $L \text{ unid}^{-1}$  (Tabelado);  
T = tempo de detenção hidráulica, dia (Tabelado);  
K = taxa de acúmulo de lodo digerido, adimensional (Tabelado);  
Lf = contribuição de lodo fresco,  $L \text{ hab}^{-1} \text{ d}^{-1}$  ou  $L \text{ unid}^{-1} \text{ d}^{-1}$  (Tabelado).

O filtro anaeróbio de fluxo ascendente por sua vez foi dimensionado de acordo com a NBR 13969/1997, utilizando a equação 2:

$$V = 1,6 \cdot N \cdot C \cdot T \therefore V = 1,6 \cdot 20 \cdot 10 \cdot 0,5 \therefore V = 160L \therefore V = 0,5 \text{ m}^3 \quad \text{Eq.2}$$

em que:

V = volume útil do filtro,  $\text{m}^3$ ;  
N = número de contribuições, habitante ou unidade;  
C = contribuição de despejo,  $L \text{ hab}^{-1} \text{ d}^{-1}$  ou  $L \text{ unid}^{-1}$  (Tabelado);  
T = tempo de detenção hidráulica, dia (Tabelado).

O filtro anaeróbio é composto por uma caixa d'água preenchida com brita n. 1 até 90% da altura. O sistema de tratamento foi construído utilizando caixas d'água de polietileno Brasilit de 500 L, para isso os valores calculados para o volume final do tanque séptico e do filtro anaeróbio foram ajustados para adequar-se aos volumes já padronizados das caixas.

#### **4.1.3 Avaliação do sistema de tratamento**

Para avaliar a eficácia do sistema de tratamento foi realizado um monitoramento durante o período de maio a outubro de 2016, em que foram avaliados parâmetros físicos, químicos e bioquímicos do efluente antes e após o tratamento. Os parâmetros microbiológicos foram analisados uma única vez ao final do monitoramento.

As análises dos parâmetros microbiológicos coliformes totais e coliformes termotolerantes foram realizadas no Centro de Análises Clínicas e Imunológicas de Mossoró – CACIM. Já os parâmetros Nitrogênio Total, Nitrogênio Amoniacal e Óleos e Graxas foram avaliados no Laboratório de Catálise, Ambiente e Materiais – LACAM da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), os demais parâmetros: turbidez, cor, sólidos totais, sólidos suspensos, sólidos sedimentáveis, condutividade elétrica, pH, fósforo, demanda química de oxigênio (DQO) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO), foram avaliados no

Laboratório de Saneamento – LASAN da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA.

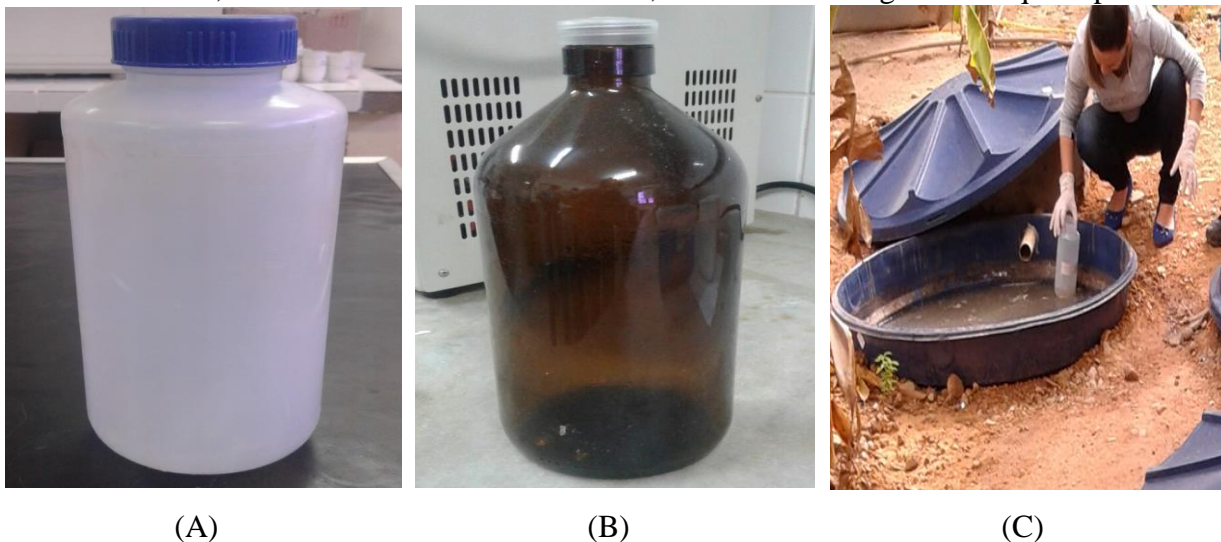
As análises foram realizadas com base nos métodos propostos pelo “Standard methods for the examination of water and wastewater” (RICE et al., 2012).

#### 4.1.3.1 Coletas dos efluentes bruto e tratado

As coletas para avaliar os parâmetros físicos, químicos e bioquímicos dos efluentes bruto e tratado foram realizadas nos dias: 24 de maio, 14 de junho, 12 de julho, 16 de agosto, 13 de setembro e 11 de outubro do ano de 2016, sempre no período da manhã entre 8h00m e 9h30 m.

As amostras para análises físicas, químicas e bioquímicas foram coletadas em frascos plásticos de 1 L, exceto para as análises de nitrogênio total, nitrogênio amoniacal e óleos e graxas que foram coletadas em fracos de vidro âmbar de 1 L (Figura 8).

Figura 8 – Material utilizado para a coleta de água: A - Frasco plástico de 1L usado para coletar amostras; B - Frasco de vidro âmbar de 1L; e C - Coleta de água do tanque séptico.



Fonte: Acervo da pesquisa (2016).

As amostras para as análises microbiológicas de coliformes totais e coliformes termotolerantes foram coletadas no dia 01 de novembro de 2016 em recipientes plásticos de 50 ml. As coletas foram realizadas conforme as recomendações de Rice et al (2012).

#### 4.1.3.2 Parâmetros Físicos

A temperatura dos efluentes foi determinada in locu utilizando um termômetro analógico simultaneamente em cada coleta, para avaliar a turbidez foi utilizado o método nefelométrico, para avaliar a cor utilizou-se o método espectrofotométrico, os sólidos totais e sólidos suspensos foram avaliados pelo método gravimétrico e a condutividade elétrica pelo método laboratorial.

#### 4.1.3.3 Parâmetros Químicos

O pH foi determinado pelo método eletrométrico, o fósforo pelo método do ácido ascórbico com digestão preliminar pelo método do persulfato, o nitrogênio total pelo método espectrofotométrico com ultravioleta e o nitrogênio amoniacal pelo método do fenato, o teor de óleos e graxas foi determinado pelo método gravimétrico.

#### 4.1.3.4 Parâmetros Bioquímicos

A demanda química de oxigênio foi determinada pelo método do refluxo fechado colorimétrico e a demanda bioquímica de oxigênio pelo teste da DBO de 5 dias.

#### 4.1.3.5 Parâmetros Microbiológicos

Os parâmetros microbiológicos coliformes termotolerantes e coliformes totais foram determinados pelo método Colilert.

#### 4.1.3.6 Análise e interpretação dos dados

Os dados referentes as análises físicas, químicas, bioquímicas e microbiológicas da água foram tabulados no programa Microsoft Excel 2010, a fim de obter os valores máximo e mínimo, bem como a média e desvio padrão.

## 4.2 EFEITO DO USO DE ÁGUA CINZAS NO CULTIVO DE GIRASSOL ORNAMENTAL

### 4.2.1 Localização e Caracterização da área

A segunda etapa da pesquisa consiste em um experimento com Girassol (*Helianthus annuus L.* variedade Sol Noturno), conduzido de agosto a outubro de 2016 em ambiente protegido pertencente ao Departamento de Ciências Ambientais da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFRSUA no município de Mossoró, Rio Grande do Norte (coordenadas geográficas de 5° 11' 31" de Latitude Sul e 37°20' 40" de Longitude Oeste) e que apresenta Altitude média de 18 m. O girassol foi cultivado em ambiente protegido do tipo capela com pé direito de 3,0 m e 20,0 m de comprimento e 14,0 m de largura, coberta com filme de polietileno de baixa densidade com aditivo anti-ultravioleta e espessura de 150 µm, protegida nas laterais com malha negra (Figura 9).

Figura 9 – Vista externa do ambiente protegido em que foi desenvolvido o experimento.



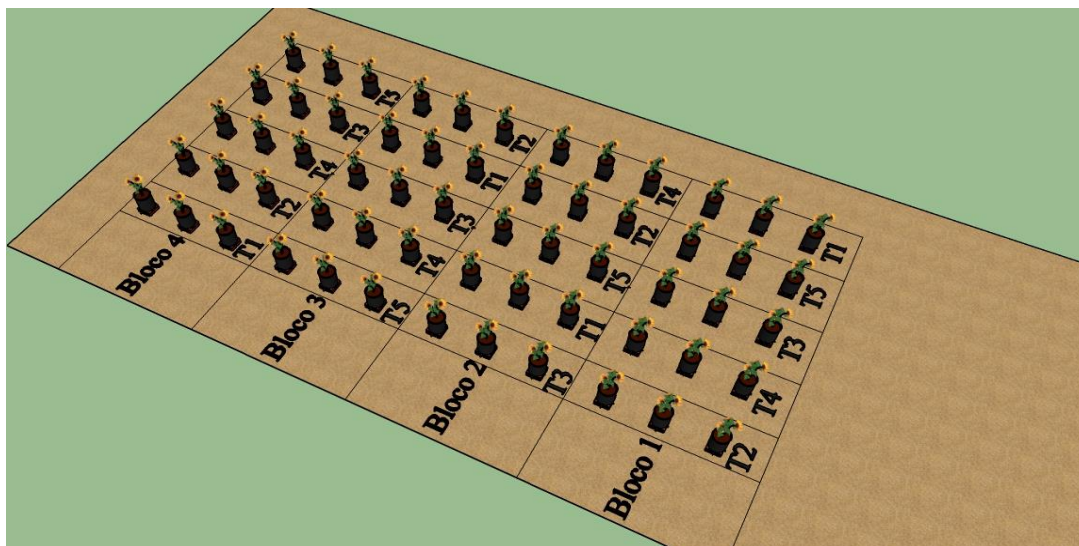
Fonte: Acervo da pesquisa (2016).

### 4.2.2 Delineamento Experimental

O experimento foi realizado em delineamento em blocos casualizados com 5 tratamentos e três repetições. Os tratamentos soluções nutritiva de fertirrigação consistiram da diluição de água cinza em água de abastecimento municipal (75, 50 e 25%) e duas

testemunhas (irrigação com água de abastecimento e irrigação com água cinza), como podemos observar no croqui do experimento na Figura 10.

Figura 10 – Esquema da distribuição dos tratamentos soluções de fertirrigação na área experimental.



T1 = 100% de água de abastecimento, T2 = 75% de água de abastecimento + 25% de água residuária tratada, T3 = 50% de água de abastecimento + 50% de água residuária tratada, T4 = 25% de água de abastecimento + 75% de água residuária tratada, e T5 = 100% de água residuária tratada.

A água de abastecimento foi oriunda do sistema de tratamento instalado na ACREVI, a caracterização química da água de abastecimento em que foi realizada as diluições encontra-se na Tabela 5.

Tabela 5 – Caracterização química da água utilizada para irrigação do experimento em vasos, na casa de vegetação pertencente à UFERSA - Mossoró/RN em 2016.

Fonte	CE (dS m <sup>-1</sup> )	pH	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>3-</sup>	RAS
			.....mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> .....				.....mg L <sup>-1</sup> .....		%
AA	0,55	7,5	1,0	0,9	4,44	2,4	0,7	3,4	4,6

AA= Abastecimento de abastecimento; CE: Condutividade Elétrica; pH: potencial de Hidrogênio; Ca<sup>2+</sup>: Cálcio; Mg<sup>2+</sup>: Magnésio; Na<sup>+</sup>: Sódio; Cl<sup>-</sup>: Cloro; CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>: Carbonato; HCO<sub>3</sub><sup>3-</sup>: Bicarbonato; RAS: Reação de Adsorção de Sódio.

A água residuária utilizada na pesquisa foi coletada do reservatório do sistema de tratamento com o auxílio de uma bomba submersa e transferida para um reservatório de 1000L (Figura 11) e em seguida transportada até a área do experimento.



Figura 11 – Transporte da água residuária tratada utilizada na pesquisa.



Fonte: Acervo da pesquisa (2016).

#### 4.2.3 Descrição das unidades experimentais

Cada unidade experimental foi constituída por três vasos plásticos com capacidade para 8 L contendo 50% de substrato de fibra de coco e 50% de composto orgânico – a caracterização do composto orgânico encontra-se na Tabela 6 – devidamente homogeneizado, usando como medida baldes plásticos de 8 L. Para que ocorresse a drenagem os vasos foram perfurados e receberam uma camada de brita n° 1 em sua base, para evitar que o substrato e a brita se misturassem foi colocada uma tela de nylon separando um do outro (Figura 12).

Tabela 6 – Caracterização do Composto Orgânico utilizado no experimento.

Composto orgânico	N (%)	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn
		.....g kg <sup>-1</sup> .....				.....mg kg <sup>-1</sup> .....			
Esterco + poda de árvore	0,7	1,34	0,97	3,67	1,43	1387	2,55	73,15	33,5

N = Nitrogênio; P = Fósforo; K = Potássio; Ca = Cálcio; Mg = Magnésio; Fe = Ferro; Cu = Cobre; Mn = Manganês; Zn = Zinco.

Figura 12 – Preparação dos vasos para montagem do experimento.



Fonte: Acervo da pesquisa (2016).

No dia 01 de agosto de 2016 foram semeadas 4 sementes (aquênios) por vaso a uma profundidade de aproximadamente 2 cm, os vasos com as sementes foram irrigados diariamente pela manhã com 100 ml de água de abastecimento. Aos 8 dias após a semeadura (DAS) foram considerados 100% de germinação e iniciou-se a irrigação com os respectivos tratamentos. Aos 12 DAS foi realizado o desbaste ficando apenas uma planta por vaso nas quais foram realizadas as avaliações biométricas aos 15 dias após a germinação (DAG). Foram realizadas mais três avaliações aos 30, 45 e 60 DAG, totalizando 4 avaliações durante todo o ciclo.

#### 4.2.4 Irrigação

Durante o período experimental, realizou-se irrigações diárias, sempre pela manhã com o turno de rega de 1 dia, através de irrigação manual (Figura 13). No início da fase vegetativa foi aplicada uma lâmina de 300 mL em cada vaso, aos 20 DAS aumentou-se mais 100 ml.

Figura 13 – Irrigação do experimento.



Fonte: Acervo da pesquisa (2016).

As plantas não apresentaram desenvolvimento uniforme, portanto algumas apresentavam maior porte que as outras e uma maior necessidade hídrica, sendo assim, a irrigação aumentou gradualmente de acordo com o porte da planta e sua fase de desenvolvimento, pois algumas iniciaram a fase reprodutiva mais rapidamente.

#### 4.2.5 Tratos Culturais

Foram realizadas capinas manuais nos vasos para remover plantas indesejadas que nasceram espontaneamente. Para o controle de pragas, principalmente a mosca branca (*Bemisia spp.*) foi aplicado o inseticida natural de nim (*Azadirachta indica*) três vezes por semana.

#### 4.2.6 Parâmetros de Avaliação da Planta

##### 4.2.6.1 Parâmetros de crescimento

Para monitorar o desenvolvimento das plantas foram avaliados aos 15, 30, 45 e 60 DAG os seguintes parâmetros: Altura de planta, diâmetro do caule, número de folhas e área foliar.

- a) Altura de planta: A altura de planta (AP) foi mensurada do colo da planta à gema apical utilizando-se uma trena.
- b) Diâmetro do caule: O diâmetro do caule foi utilizado um paquímetro digital com leituras sempre a 2 cm acima do colo da planta.
- c) Número de folhas: Na contagem do número de folhas (NF), foram consideradas as folhas que obtiverem comprimento mínimo de 2 cm.
- d) Área Foliar: A área foliar (AF) foi estimada pela metodologia sugerida por Maldaner et al. (2009) utilizando a equação 3, para isso foram medidos o comprimento da nervura central de todas as folhas maiores que 2 cm.

$$AF = 0,1328 * C^{2,5569} \quad \text{Eq. 3}$$

em que:

C = Comprimento da nervura central da folha sendo que o somatório final das áreas por folha fornece o valor da área foliar total da planta (cm<sup>2</sup>).

#### 4.2.6.2 Fitomassa

Ao atingir a fase reprodutiva R<sub>7</sub> as plantas foram cortadas rente à superfície do substrato, posteriormente, foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e levadas para o Laboratório de Análises de Solos, Águas e Plantas - LASAP para a separação do caule, folhas e capítulo para posteriormente serem pesados obtendo assim o valor da fitomassa fresca da parte aérea (FFPA). Após a pesagem foram acondicionados em sacos de papel devidamente identificados e levados para secar em estufa com circulação forçada de ar (65 °C até peso constante), após a secagem foram pesados novamente para obter o valor da fitomassa seca da parte aérea (FSPA).

#### 4.2.6.3 Avaliação de produção de flores

Para avaliar a produção de flores sob as condições dos diferentes tratamentos foram avaliadas as variáveis: diâmetro externo do capítulo (DE), número de pétalas no capítulo (NP), início do florescimento (IF) e a duração pós o florescimento (DPF).

O diâmetro externo (DE) foi medido com o auxílio de uma régua graduada no dia em que a planta iniciava a fase reprodutiva R<sub>5.2</sub>. Para o DE foi considerada a linha imaginária que une as duas extremidades das pétalas passando pelo centro do capítulo na horizontal e vertical e depois obtida uma média dessas duas medidas (Figura 14).

Figura 14 – Demonstração das medias de diâmetro externo capítulo.



Fonte: Acervo da pesquisa (2016).

Para a variável início de florescimento (IF) foi considerado o intervalo entre a germinação e a abertura da flor ou início da fase R<sub>5.2</sub> e para a variável duração pós

florescimento (DPF) foi considerado o intervalo de tempo entre o florescimento e o início da perda das pétalas.

#### 4.2.6.4 Teores de macronutrientes do tecido foliar

Os teores de N, P, K, Ca e Mg do tecido vegetal foram determinados a partir do material utilizado para determinar a fitomassa seca da parte aérea, depois de seco e pesado o material foi triturado e armazenado até o dia das análises. As análises foram realizadas no LASAP, conforme a metodologia proposta pelo manual de análises de solo, plantas e fertilizantes da Embrapa (SILVA, 2009).

#### 4.2.6.5 Análise e interpretação dos dados

Os dados obtidos no experimento foram submetidos à análise de variância ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico ASSISTAT 7.7 beta (SILVA, 2009), e em seguida os gráficos foram plotados utilizando o programa Microsoft Excel 2010.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUA CINZA

#### 5.1.1 Parâmetros Físicos

A temperatura da água cinza bruta (ACB) e água cinza tratada (ACT) não apresentaram altas variações ao longo dos seis meses de monitoramento, sendo os menores valores registrados de 27 e 28 °C para ACB e ACT, respectivamente. Já o maior valor alcançado foi 29 °C para ambas, isso mostra que mesmo na ACB não houve grandes atividades de microorganismos.

Borges (2003) registrou valor máximo de temperatura de água cinza de 27 °C, enquanto Rampelotto (2014) encontrou uma ampla variação de 21 a 31,5 °C. Os dois autores excluem os efluentes da cozinha de suas pesquisas. Pode-se inferir que tanto a ACB quanto a ACT estão dentro do padrão de lançamento de efluentes de sistema de esgoto sanitário de acordo com a Resolução CONAMA 430/11 (40 °C).

Tabela 7 - Temperatura da água cinza bruta e tratada aferida simultaneamente às coletas.

Data da Coleta	Hora	Temperatura (°C)	
		ACB	ACT
24/05/16	8h30m	27	28
14/06/16	8h35m	29	29
12/07/16	8h30m	28	28
16/08/16	8h53m	28	28
14/09/16	9h10m	28	28
11/10/16	9h45m	28	28
Maior Valor	-	29	29
Menor Valor	-	27	28
Nº de dados	-	6	6
Média	-	28	28,16
Desvio padrão	-	0,632456	0,408248

ACB= água cinza bruta, ACT= água cinza tratada.

Fonte: Autora, 2016.

A turbidez e a cor da ACB apresentaram grandes variações ao longo dos seis meses de monitoramento, os valores variaram entre 97,8 e 724 NTU para turbidez e 1.340 e 5.880 uC para cor aparente. Na pesquisa realizada por Bazzarella (2005) os valores mínimo e máximo de turbidez aferidos foram 90 e 289 NTU, respectivamente. Borges (2003) avaliou água cinza sem o efluente da cozinha e encontrou variações de 189 a 197 NTU para turbidez e 9,0 a 300

uC para a cor (Tabela 8). Observou-se, também, altas taxas de redução dos dois parâmetros, chegando ao máximo de 99,17% para turbidez e 97,69% para a cor.

Tabela 8 - Valores de turbidez e cor da água cinza bruta e água cinza tratada.

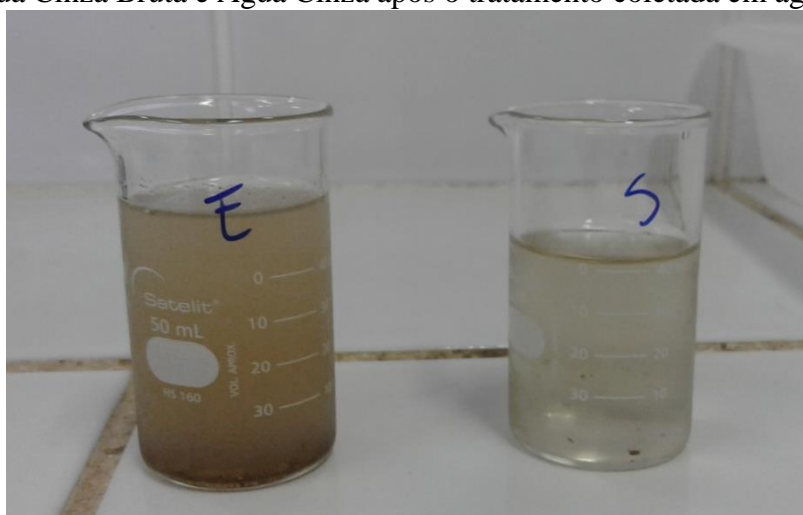
Data da Coleta	Turbidez (NTU)			Cor aparente (uC)		
	ACB	ACT	TR (%)	ACB	ACT	TR (%)
24/05/16	97,8	7,94	91,88	2.290	192	91,62
14/06/16	562	6,38	98,86	5.880	136	97,69
12/07/16	243	4,06	98,32	1.340	93	93,06
16/08/16	569	9,03	98,41	1.730	282	83,7
14/09/16	471	8,16	98,26	2.600	162	93,77
11/10/16	724	6,01	99,17	4.760	870	81,72
Maior Valor	724	9,03	99,17	5.880	870	97,69
Menor Valor	97,8	4,06	91,88	1.340	93	81,72
Nº de dados	6	6	6	6	6	6
Média	444,47	6,93	97,48	3.100	289,17	90,26
Desvio padrão	231,919	1,807141	2,767646	1809,121	291,5383	6,215783

ACB= água cinza bruta, ACT= água cinza tratada, TR= taxa de remoção, NTU= unidade nefelométrica de turbidez, uC= unidade de cor.

Fonte: Autora, 2016.

A Figura 15 ilustra a diferença da cor da água cinza antes e após o tratamento. Nos últimos meses houve um aumento nas unidades de cor na água mesmo após o tratamento devido à presença da borra de café que era descartada na pia da cozinha, atribuindo uma cor escura a água e que o sistema não foi capaz de remover.

Figura 15 - Água Cinza Bruta e Água Cinza após o tratamento coletada em agosto de 2016.



Fonte: Acervo da pesquisa.

Quanto à condutividade elétrica (CE) da ACB, houve variação entre 617 e 1394  $\mu\text{S cm}^{-1}$  (média de 802,33  $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) (Tabela 9) Bazzarella (2005) encontrou média de CE de 430



$\mu\text{S cm}^{-1}$ . A concentração dos sais presentes na água cinza depende dos tipos de alimentos e produtos usados nas residências, seja na pia, chuveiros, máquinas de lavar roupa etc.

Ainda em relação à Tabela 9, houve aumento da CE e do teor de sólidos dissolvidos totais (SDT) na ACT em relação da ACB devido, provavelmente, ao fato do sistema de tratamento reter os sólidos suspensos e sedimentáveis, que por sinal apresentaram grandes taxas de redução. No entanto, ao diminuir a concentração destas frações de sólidos aumentou-se a concentração de SDT com valores médios de 555,16 e 569,83  $\text{mg L}^{-1}$  na ACB e ACT, respectivamente.

A WHO (2006) estabelece critérios para a restrição do uso de águas residuárias na irrigação, os intervalos para a CE de 700 a 3.000  $\mu\text{S cm}^{-1}$  e de SDT de 450 a 2.000  $\text{mg L}^{-1}$  correspondem ao grau de restrição ligeiro a moderada, os valores de CE e SDT da água cinza após o tratamento enquadram-se nestes intervalos.

Tabela 9 - Valores de condutividade elétrica (CE) e concentração de sólidos dissolvidos totais (SDT) da água cinza bruta e tratada.

Data da coleta	CE ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )		SDT ( $\text{mg L}^{-1}$ )	
	ACB	ACT	ACB	ACT
24/05/16	628	728	402	466
14/06/16	1394	1429	892	915
12/07/16	694	728	694	466
16/08/16	617	721	395	461
14/09/16	748	828	479	530
11/10/16	733	908	469	581
Maior Valor	1394	1429	892	915
Menor Valor	617	721	395	461
Nº de dados	6	6	6	6
Média	802,33	890,33	555,17	569,83
Desvio padrão	294,722	274,1304	197,52	175,6467

CE= condutividade elétrica, SDT= sólidos dissolvidos totais, ACB= água cinza bruta, ACT= água cinza tratada.  
Fonte: Autora, 2016.

Os dados da Tabela 10 são referentes às frações de sólidos totais (ST), sólidos suspensos totais (SST) e sólidos sedimentáveis (SS) na água cinza bruta e tratada. A concentração de ST na água cinza bruta aumentou gradualmente ao longo dos seis meses de monitoramento, sendo a menor concentração de 541,5  $\text{mg L}^{-1}$  no mês de maio e a maior de 1.563  $\text{mg L}^{-1}$  no mês de outubro. Bazzarella (2005) obteve valores significativamente maiores sendo o mínimo 686  $\text{mg L}^{-1}$  e máximo 4.691  $\text{mg L}^{-1}$ . A concentração de SST também aumentou gradualmente, porém foi registrada redução na coleta do mês de julho, na mesma coleta em que se alcançou a taxa de 100% de redução. No tocante aos SS um fato que chama atenção é a redução de 100% de sua concentração em todas as amostras coletadas durante o monitoramento, evidenciando a eficiência do sistema de tratamento na retenção de sólidos, atividade atribuída à segunda câmara do tanque séptico.



No que diz respeito à concentração de SST, a ACT está apta ao reuso para a irrigação de culturas não alimentícias, pastagens para rebanho de leite, forrageiras, cereais, fibras e grão de acordo com a United States Environmental Protection Agency – UESPA (2004) que estabelece para este fim a concentração de SST deve ser menor que 30 mg L<sup>-1</sup>.

Tabela 10 - Concentração de sólidos totais, sólidos suspensos totais e sólidos sedimentáveis na água cinza bruta e tratada.

Data da coleta	ST (mg L <sup>-1</sup> )			SST (mgL <sup>-1</sup> )			SS (mg L <sup>-1</sup> )		
	ACB	ACT	TR (%)	ACB	ACT	TR (%)	ACB	ACT	TR (%)
24/05/16	541,5	439	18,93	106	12	88,68	2	0	100
14/06/16	991	432,5	56,36	444	20	95,5	4	0	100
12/07/16	713	409,5	42,57	214	0	100	11	0	100
16/08/16	1.291	534	58,64	568	16	97,18	8	0	100
14/09/16	1.352	516	61,83	599	0	100	10	0	100
11/10/16	1.563	538,5	65,55	644	20	96,9	6	0	100
Maior Valor	1563	538,5	65,55	644	20	100	11	0	100
Menor Valor	542	409,5	18,93	106	0	88,68	2	0	100
Nº de dados	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Média	1075,25	478,25	50,64	429,16	11,33	96,38	6,83	0	100
Desvio padrão	396,0431	57,4863	17,40627	221,461	9,266427	4,175728	3,48807	0	0

ST= sólidos totais, SST= sólidos suspensos totais, SS= sólidos sedimentáveis, ACB= água cinza bruta, ACT= água cinza tratada, TR= taxa de remoção.

Fonte: Autora, 2016.

### 5.1.2 Parâmetros Químicos

Os valores de pH da ACB foram relativamente baixos (mínimo de 4,94 e máximo de 6,64), principalmente nas últimas coletas (Tabela 11). Bazzarella (2005) obteve valor mínimo de 5,99 e máximo de 7,58 enquanto Borges (2003) obteve mínimo de 6,7 e máximo de 8,5. Uma das razões que contribuem para estes valores de pH na ACB da pesquisa, é o fato de não haver o uso constante de produtos que elevem o valor deste parâmetro na sede da ACREVI, aonde o sistema de tratamento foi instalado, diferente do que ocorre nas pesquisas citadas. Além disso, observou-se o aumento do valor do pH na água cinza após o tratamento, apresentando um valor médio de 7,38 próximo da neutralidade. Este valor se enquadra no intervalo estabelecido pela UESPA (2004) para o reuso agrícola de esgoto sanitário, no que diz respeito a este parâmetro o efluente estará apto para o reuso desde que apresente valor de pH entre 6 e 9.

Tabela 11 - Valores de pH da água cinza bruta e tratada.

Data da Coleta	pH	
	ACB	ACT
24/05/2016	6,64	7,57
14/06/2016	6,52	7,71
12/07/2016	6,36	7,47
16/08/2016	5,69	6,87
14/09/2016	5,58	7,34
11/10/2016	4,94	7,3
Maior Valor	6,64	7,71
Menor Valor	4,94	6,87
Nº de dados	6	6
Média	5,95	7,38
Desvio padrão	0,662352	0,290218

ACB=água cinza bruta, ACT= água cinza tratada.

Fonte: Autora, 2016.

O pH é um indicador de características ácidas ou básicas da água residuária, seu valor normalmente tende a diminuir onde há processos de oxidação biológica, em contrapartida alguns produtos químicos usados em lavanderias como sabão em pó e amaciante podem elevar esse valor atribuindo um caráter alcalino (VON SPERLING, 2005 ; BAZZARELLA, 2005).

A concentração de fósforo total na ACB apresentou pequena oscilação durante o monitoramento em função de um maior uso dos produtos citados anteriormente (Tabela 12).

Ao comparar os valores mínimo (1,13 mg L<sup>-1</sup>) e máximo (2,52 mg L<sup>-1</sup>) de concentração de fósforo na ACB aos valores obtidos em outras pesquisas como a de Bazzarella (2005) com concentração mínima de 1,1 e máxima de 13,2 mg L<sup>-1</sup>, observa-se que a água cinza produzida na ACREVI apresenta baixa concentração de fósforo sempre aproximando-se do valor mínimo obtido nas demais pesquisas, isto ocorre em virtude da escassez de produtos químicos disponíveis para o uso na sede da associação.

A eficiência do sistema de tratamento na redução da concentração de fósforo atingiu 70,67% de remoção deste elemento (Tabela 12).

Tabela 12 - Concentração de fósforo total (P) na água cinza bruta e tratada.

Data da Coleta	P total (mg L <sup>-1</sup> )		
	ACB	ACT	TR (%)
24/05/2016	1,24	0,54	56,45
14/06/2016	1,98	0,73	63,13
12/07/2016	1,13	0,49	56,64
16/08/2016	2,08	0,61	70,67
14/09/2016	2,39	0,87	63,6
11/10/2016	2,52	1,1	56,35
Maior Valor	2,52	1,1	70,67
Menor Valor	1,13	0,49	56,35
Nº de dados	6	6	6
Média	1,89	0,723333	61,14
Desvio padrão	0,581584	0,229928	5,76234

P= fósforo ACB= água cinza bruta, ACT= água cinza tratada, TR= taxa de remoção.  
 Fonte: Autora, 2016.

As concentrações de nitrogênio total mínima e máxima nesta pesquisa foram 34,02 e 37,72 mg L<sup>-1</sup> respectivamente, são superiores aos valores obtidos em pesquisas como a de May e Hespanhol (2009) que obteve concentração média de 17,4 mg L<sup>-1</sup> ou Bazzarella (2005) com mínimo de 0,7 mg L<sup>-1</sup> e máximo de 21,2 mg L<sup>-1</sup>. Os valores de nitrogênio amoniacal também foram altos sendo mínimo 33,72 mg L<sup>-1</sup> e máximo de 65,61 mg L<sup>-1</sup>, May e Hespanhol (2009) obtiveram valores médio de nitrogênio amoniacal de 11,3 mg L<sup>-1</sup>, já Bazzarella obteve valor máximo de 21,2 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente.

Quanto as taxas de remoção os maiores valores alcançados foram 64,78% para nitrogênio total e 46,71% para nitrogênio amoniacal, foram as menores taxas de redução ao comparar com os outros parâmetros avaliados nesta pesquisa, no entanto, como a destinação final deste efluente é a irrigação é importante que se mantenha uma carga de nutrientes como o fósforo e o nitrogênio minimizando a necessidade do incremento de fertilizantes industriais e promovendo a reciclagem de nutrientes.

Tabela 13 - Concentração de nitrogênio total (N) e nitrogênio amoniacal na água cinza bruta e tratada.

Data da Coleta	N Total (mg/L)			NH <sub>3</sub> (mg/L)		
	ACB	ACT	TR (%)	ACB	ACT	TR (%)
24/05/2016	-	-	-	-	-	-
14/06/2016	34,02	14,28	58,02	57,51	37,82	34,24
12/07/2016	37,72	13,29	64,78	63,28	33,72	46,71
16/08/2016	35,23	16,70	52,59	60,35	34,86	42,25
14/09/2016	37,23	15,34	58,81	65,61	39,27	40,15
11/10/2016	-	-	-	-	-	-
Maior Valor	37,72	16,70	64,78	65,61	39,27	46,71
Menor Valor	34,02	13,29	52,59	57,51	33,72	34,24
Nº de dados	4	4	4	4	4	4
Média	36,05	14,90	58,55	61,69	36,42	40,84
Desvio padrão	1,733339	1,463174	4,989422	3,519946	2,568343	5,179481

N= nitrogênio, NH<sub>3</sub>= nitrogênio amoniacal, ACB= água cinza bruta, ACT= água cinza tratada, TR= taxa de remoção.

Fonte: Autora, 2016.

O Nitrogênio (N) total assim como o fósforo, é um elemento presente nas águas cinzas e é um nutriente indispensável para o crescimento dos microorganismos presentes nas estações de tratamento, a amônia (NH<sub>3</sub>), é uma das formas predominantes do nitrogênio que é produzido como o primeiro estágio da decomposição do nitrogênio orgânico (VON SPERLING, 2005). No esgoto bruto a maior contribuição de N é proveniente da urina, no entanto na água cinza a fonte de N é proveniente dos restos de alimentos (BAZZARELLA, 2005).

O teor de óleos e graxas presente nas ACB produzida na sede da ACREVI (Tabela 14) é consideravelmente baixo (mínimo de 4,6 mg L<sup>-1</sup> e máximo de 6,2 mg L<sup>-1</sup>). May (2009) encontrou concentração média de 65,9 mg L<sup>-1</sup>. O desempenho do sistema de tratamento na remoção destes poluentes foi satisfatório, alcançando o máximo de 75,81% de redução, quando a destinação final do efluente é o reuso agrícola é de suma importância o teor de óleos e graxas seja reduzido, para que não haja problemas com entupimento das tubulações utilizadas na irrigação e para que não dificulte a absorção de nutriente pelas raízes das plantas.

Tabela 14 -Teor de óleos e graxas na água cinza bruta e tratada.

Data da Coleta	O&G (mg L <sup>-1</sup> )		
	ACB	ACT	TR (%)
24/05/2016	-	-	-
14/06/2016	5	2	60
12/07/2016	6,2	1,5	75,81
16/08/2016	4,6	2,5	45,65
14/09/2016	6	2,6	56,67
11/10/2016	-	-	-
Maior Valor	6,2	2,6	75,81
Menor Valor	4,6	1,5	45,65
Nº de dados	4	4	4
Média	5,45	2,15	59,53
Desvio padrão	0,772442	0,506623	12,46453

O&G= óleos e graxas, ACB= água cinza bruta, ACT= água cinza tratada, TR= taxa de remoção.  
 Fonte: Autora, 2016.

Os óleos e graxas são a fração dos esgotos domésticos que não se dissolve em água, são originados dos óleos e gorduras utilizados no preparo das comidas bem como de resíduos presentes no corpo e nas roupas devido a transpiração humana (BAZZARELLA, 2005).

### 5.1.3 Parâmetros Bioquímicos

Os valores mínimo e máximo de DQO obtidos foram de 345,7 e 3.012 mg L<sup>-1</sup> respectivamente, já os valores mínimo e máximo de DBO foram, 148 e 1.188 mg L<sup>-1</sup> respectivamente (Tabela 15). Um fato que chama atenção foram as altas taxas de remoção dos parâmetros bioquímicos, sendo um valor médio de 90,12% para DQO e 95,24% para DBO. Assim, a ACT tornou-se adequada para a irrigação de culturas não alimentícias como pastagens para rebanho de leite, forrageiras, cereais, fibras e grãos (UESPA, 2004) que estabelece que para este fim a água para reuso apresente DBO menor que 30 mg L<sup>-1</sup>.

Tabela 15 - Valores de demanda química de oxigênio (DQO) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO) da água cinza bruta e tratada.

Data da Coleta	DQO (mg L <sup>-1</sup> )			DBO (mg L <sup>-1</sup> )		
	A.C.B	A.C.T	T.R (%)	A.C.B	A.C.T	T.R (%)
24/05/2016	345,7	105,9	69,37	148	28	81,08
14/06/2016	1001,5	61,5	93,86	394	11	97,21
12/07/2016	616,8	64,8	89,49	233	4	98,28
16/08/2016	1.449	58	96	744	22	97,04
14/09/2016	1.908	92	95,18	993	12	98,79
11/10/2016	3.012	96	96,81	1.188	11	99,07
Maior Valor	3.012	105,9	96,81	1.188	28	99,07
Menor Valor	345,7	58	69,37	148	4	81,08
Nº de dados	6	6	6	6	6	6
Média	1.388,83	79,7	90,12	616,67	14,67	95,24
Desvio padrão	973,8597	20,62794	10,48695	424,427	8,710147	6,987694

DQO= demanda química de oxigênio, DBO= demanda bioquímica de oxigênio, ACB= água cinza bruta, ACT= água cinza tratada, TR= taxa de remoção.

Fonte: Autora, 2016.

#### 5.1.4 Parâmetros microbiológicos

Com relação a eficiência do sistema de tratamento na remoção destes patógenos, registrou-se 81,48 e 91,43% de remoção para coliformes totais e coliformes termotolerantes, respectivamente na Tabela 16. Quanto a concentração de coliformes termotolerantes a ACT apresentou qualidade satisfatória de acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005 que estabelece limite máximo de 1.000 UFC/100 ml para água destinadas à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.

Tabela 16 - Concentração de coliformes totais e coliformes termotolerantes na água cinza bruta e tratada.

Data da Coleta	Coliformes totais (UFC/100 ml)			Coliformes termotolerantes (UFC/100 ml)		
	ACB	ACT	TR (%)	ACB	ACT	TR (%)
01/11/2016	27.000	5.000	81,48	7.000	600	91,43

UFC= unidade formadora de colônia, ACB= água cinza bruta, ACT= água cinza tratada, TR= taxa de remoção.  
Fonte: Autora, 2016.

A presença de microorganismos patogênicos está associada às águas negras devido a contribuição dos efluentes de vaso sanitário que contém fezes e urina, no entanto as águas cinzas também podem conter estes microorganismos, fato preocupante, principalmente quando o destino final do efluente é o uso agrícola.

## 5.2 CULTIVO DO GIRASSOL IRRIGADO COM ÁGUA CINZA TRATADA

### 5.2.1 Variáveis de crescimento do girassol

De acordo com análise de variância, observa-se que não houve efeito significativo para a altura de planta (AP) decorrente das concentrações de água cinza tratada na solução de irrigação do girassol ornamental em nenhuma das quatro avaliações (Tabela 17).

Tabela 17- Resumo das análises de variância para a variável altura de planta (AP) do girassol fertirrigado com água cinza e diluições medidas aos 15, 30, 45 e 60 dias após germinação (DAG).

Fator de Variação	GL	Quadrados médio			
		15 DAG	30 DAG	45 DAG	60 DAG
Bloco	3	0,95 <sup>ns</sup>	31,52 <sup>ns</sup>	21,47 <sup>ns</sup>	96,75 <sup>ns</sup>
Tratamento	4	6,16 <sup>ns</sup>	50,57 <sup>ns</sup>	44,87 <sup>ns</sup>	247,53 <sup>ns</sup>
Resíduo	12	3,07	27,73	101,19	179,04
CV %		11,97	13,09	11,47	11,67

ns= não significativo ( $p > .05$ ). FV = fonte de variação; GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação.

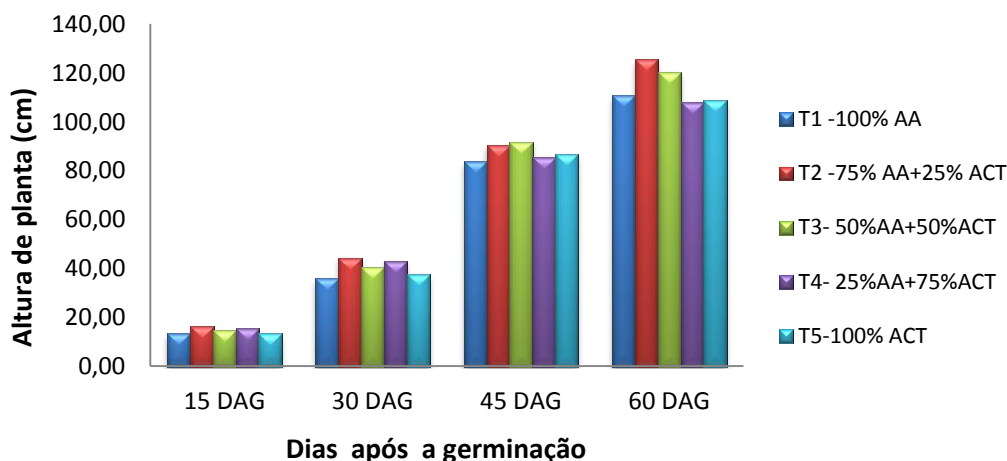
A solução de irrigação contendo 75% água de abastecimento + 25% água cinza tratada (tratamento 2) apresentou maiores valores médios de altura de planta em todas as avaliações realizadas, exceto aos 45 DAG em que o tratamento 3 apresentou maior média 91,83 cm, seguindo do tratamento 2 apresentou 90,55 cm. Ao fim do experimento, na avaliação dos 60 DAG a os girassóis ornamentais apresentaram altura média de 114,70 cm (Figura 16).

Andrade et al (2012) avaliando 4 genótipos de girassol irrigado com água residuária e água de abastecimento observaram efeito significativo para altura de planta em razão do tipo de água de irrigação, a partir dos 38 DAS as plantas pertencentes as parcelas irrigadas com água residuária apresentaram maiores valores médios de altura do que as plantas irrigadas com água de abastecimento, os autores atribuem este comportamento devido as elevadas carga de nitrogênio e fósforo presentes no efluente.

Cruz et al (2016) em sua pesquisa, avaliaram o crescimento do girassol ornamental Sol Noturno cultivado em três tipos de substrato, sendo S<sub>1</sub> (33% solo + 33% esterco bovino + 33% húmus de minhoca), S<sub>2</sub> (50% solo + 50% húmus de minhoca), S<sub>3</sub> (50% solo + 50% esterco bovino) e sob diferentes lâminas de água. Os autores observaram que não houve diferença estatística na altura de planta em relação as lâminas de água, porém, no que diz respeito aos substratos o S<sub>1</sub> diferiu estatisticamente do S<sub>3</sub>. As plantas cultivadas no substrato contendo solo, esterco e húmus de minhoca apresentaram maiores valores médios de altura, chegando a 102,27 cm ao fim do experimento na avaliação dos 75 DAS.

Costa (2009) observou efeito positivo sobre a altura das plantas com o uso de água residuária na agricultura, no entanto, no que diz respeito a altura, os resultados desta pesquisa mostraram melhores resultados com as menores concentrações.

Figura 16 - Altura de planta aos 15, 30, 45 e 60 DAG do girassol Sol Noturno fertirrigado com água cinza bruta e diluída em água de abastecimento.



De acordo com análise de variância, não houve efeito significativo para diâmetro do caule (DC) decorrente das concentrações de água cinza tratada na água de irrigação do girassol em nenhuma época de coleta (Tabela 18).

Tabela 18 - Resumo das análises de variância para a variável diâmetro de caule (DC) do girassol fertirrigado com água cinza e diluições medidas aos 15, 30, 45 e 60 dias após germinação (DAG).

Fator de Variação	GL	Quadrados médio			
		15 DAG	30 DAG	45 DAG	60 DAG
Bloco	3	0,68 <sup>ns</sup>	1,65 <sup>ns</sup>	1,91 <sup>ns</sup>	1,93 <sup>ns</sup>
Tratamento	4	0,16 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>	0,19 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>
Resíduo	12	0,41	0,99	0,91	1,20
CV %		16,46	12,11	9,06	9,40

ns= não significativo ( $p > .05$ ). FV = fonte de variação; GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação.

Costa (2012), em sua pesquisa usando águas negras tratadas para irrigar o girassol, observou maiores diâmetros nos tratamentos com 100 e 25% de água residuária, segundo a autora este fato ocorre pelo aporte de nutrientes fornecido pela água residuária para o incremento no diâmetro de caule de plantas.

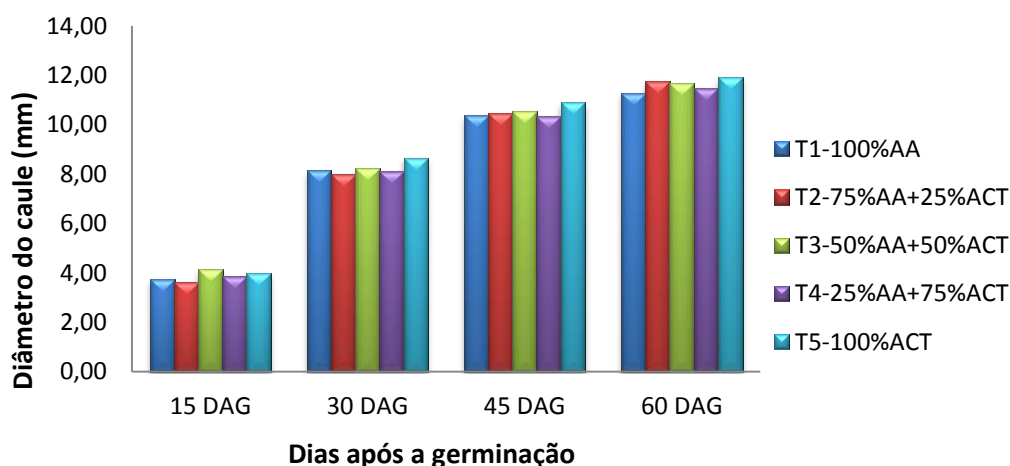
Galbiatti et al. (2007), também observaram em sua pesquisa efeito positivo da irrigação com água residuária sobre a cultura do alface na variável diâmetro de caule, em que a superioridade foi de 10,7% sobre as plantas irrigadas com água de abastecimento.



Na presente pesquisa, mesmo sem efeito significativo estatisticamente observa-se que os tratamentos 5 e 3 apresentaram maiores valores médios de diâmetro de caule ao longo das três primeiras avaliações, no entanto na avaliação dos 60 DAG o tratamento 2 também conseguiu se destacar (Figura 17).

O diâmetro de caule é uma característica da planta que depende de um aporte de nutrientes para se desenvolver, como foi citado no tópico 5.1.2 as concentrações de fósforo e nitrogênio na ACT tratada foram baixas em relação aos valores encontrados em outras pesquisa de mesma natureza. O maior suprimento de nutrientes disponibilizados para o Girassol Sol Noturno neste caso foi proveniente da adubação orgânica do substrato em que foram cultivados, sendo que sua proporção se manteve a mesma em todos os tratamentos (50% de composto orgânico + 50% de fibra de coco) explicando o fato de não haver diferença estatística para esta variável.

Figura 17 - Diâmetro do caule aos 15, 30, 45 e 60 DAG do girassol Sol Noturno fertirrigado com água cinza bruta e diluída em água de abastecimento.



Observa-se na Tabela 19 que de acordo com a análise de variância, não houve efeito significativo na variável número de folhas em decorrência das diferentes concentrações de água residuária.

Tabela 19- Resumo das análises de variância para a variável número de folhas (NF) do girassol fertirrigado com água cinza e diluições medidas aos 15, 30, 45 e 60 dias após germinação (DAG).

Fator de Variação	GL	Quadrados médio			
		15 DAG	30 DAG	45 DAG	60 DAG
Bloco	3	2,82*	8,49 <sup>ns</sup>	43,20 <sup>ns</sup>	60,38*
Tratamento	4	1,60 <sup>ns</sup>	9,11 <sup>ns</sup>	7,85 <sup>ns</sup>	5,52 <sup>ns</sup>
Resíduo	12	0,79	5,33	13,18	16,33
CV %		8,78	10,58	12,24	12,66

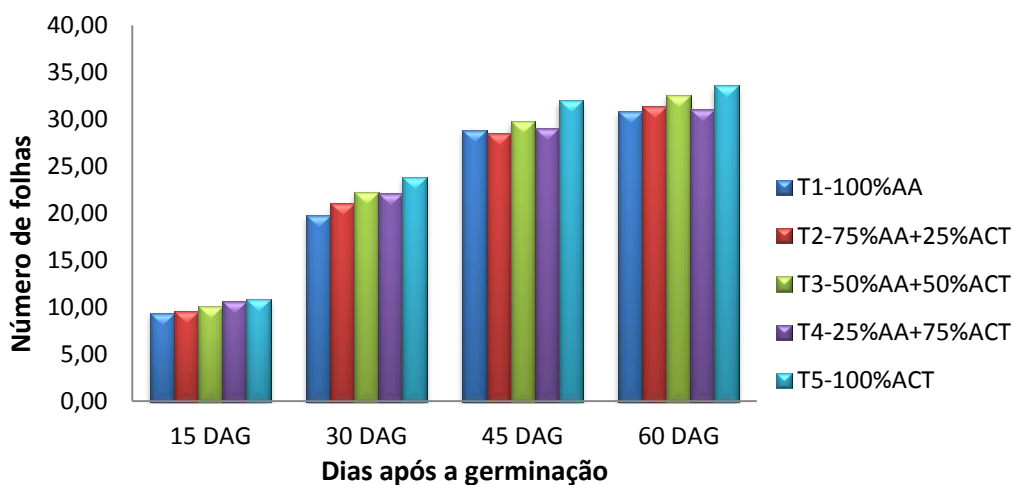
\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 < p < .05$ ); ns não significativo ( $p > .05$ ). FV = fonte de variação; GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação.

De uma forma geral, os tratamentos 5 e 3 apresentaram melhores resultados em número de folhas (Figura 18). As médias para número de folhas no decorrer das avaliações foram 10,13; 21,83; 29,66 e 31,91 aos 15, 30, 45 e 60 DAG, respectivamente.

Os resultados desta pesquisa corroboram com os resultados obtidos por Freitas et al (2012) que ao desenvolver sua pesquisa na irrigação do girassol com água de poço e água residuária tratada, observou maior número de folha nos tratamentos que utilizavam água residuária, porém, na pesquisa citada os resultados obtidos com água residuária diferiram estatisticamente dos resultados obtidos nos tratamentos com água de poço.

Andrade et al (2012) observou efeito significativo para a variável número de folhas do girassol em relação ao tipo de água, ao final do experimento as plantas irrigadas com água de abastecimento apresentaram média de 14,29 folhas enquanto aquelas irrigadas com água residuária apresentaram média de 19,67 folhas. Valores notavelmente inferiores aos resultados obtidos nesta pesquisa.

Figura 18- Número de folhas aos 15, 30, 45 e 60 DAG do girassol Sol Noturno fertirrigado com água cinza bruta e diluída em água de abastecimento.



Com relação a área foliar (AF) do girassol ornamental, não houve efeito significativo em função da concentração da água cinza tratada em nenhuma das avaliações realizadas (Tabela 20).

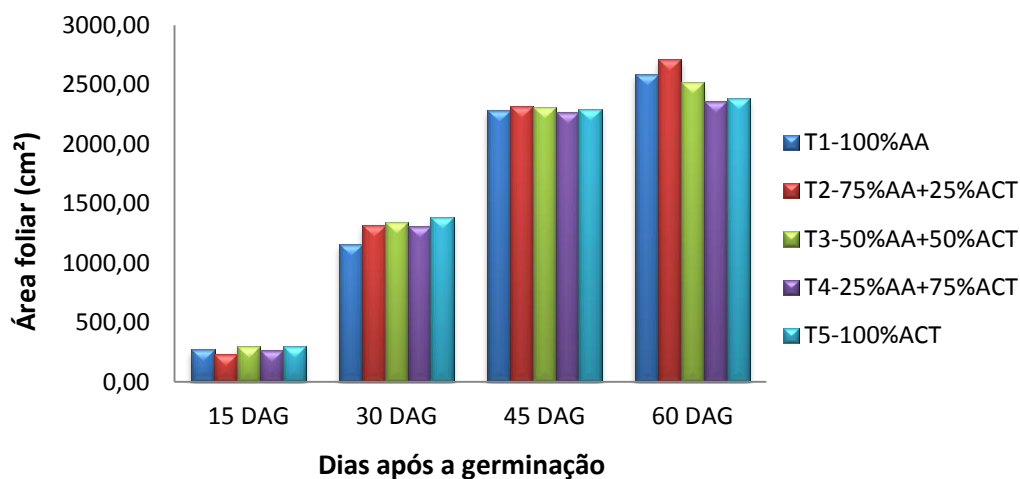
Tabela 20 - Resumo das análises de variância para a variável área foliar (AF) do girassol fertirrigado com água cinza e diluições medidas aos 15, 30, 45 e 60 dias após germinação (DAG).

Fator de Variação	GL	Quadrados médio			
		15 DAG	30 DAG	45 DAG	60 DAG
Bloco	3	5378,10 <sup>ns</sup>	44769,98 <sup>ns</sup>	176900,44 <sup>ns</sup>	89713,79 <sup>ns</sup>
Tratamento	4	2825,58 <sup>ns</sup>	29836,89 <sup>ns</sup>	1753,85 <sup>ns</sup>	83201,32 <sup>ns</sup>
Resíduo	12	8050,29	100521,81	248241,00	358111,26
CV %		32,99	24,36	21,71	23,81

ns não significativo ( $p > = .05$ ). FV = fonte de variação; GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação.

Os valores médios de área foliar ao longo das avaliações foram 271,94; 1.479,70; 2.294,87 e 2.512,90 cm<sup>2</sup> aos 15, 30, 45 e 60 DAS, respectivamente (Figura 19). Neves et al (2005) em sua pesquisa avaliou a viabilidade em cultivar o girassol ornamental Sunbright em solução nutritiva usando dois substratos diferentes, sendo eles brita e sílica e comparar com o desenvolvimento da planta cultivado em sistema convencional em vasos contendo solo, os valores máximos de área foliar obtidos foram aos 42 dias após a emergência para a brita e sílica sendo 1.210 dm<sup>2</sup> e 1.103 dm<sup>2</sup> respectivamente e 596 dm<sup>2</sup> para as plantas cultivadas em vaso com solo. Os autores afirmam que as plantas apresentaram desenvolvimento excessivo para a comercialização em vasos, sendo esses valores acima do padrão desejável.

Figura 19 - Área foliar 15, 30, 45 e 60 DAG do girassol Sol Noturno fertirrigado com água cinza bruta e diluída em água de abastecimento.



## 5.2.2 Fitomassa

De acordo com a ANOVA, o peso das massas fresca e seca da parte aérea do girassol não deferiu significativamente em nenhuma das avaliações em função das concentrações de água cinza tratada.

Tabela 21 - Resumo das análises de variância para as variáveis fitomassa fresca da parte aérea (FFPA) e fitomassa seca da parte aérea (FSPA) do girassol fertirrigado com água cinza e diluições.

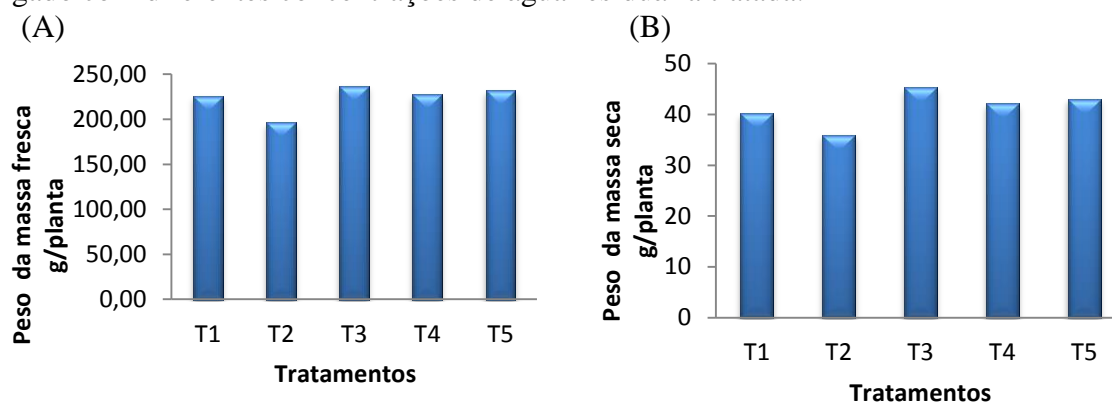
Fator de Variação	GL	Quadrados médio	
		FFPA	FSPA
Bloco	3	1462,53 <sup>ns</sup>	104,82 <sup>ns</sup>
Tratamento	4	1076,18 <sup>ns</sup>	47,06 <sup>ns</sup>
Resíduo	12	1857,67	92,28
CV %		19,18	23,02

ns= não significativo ( $p > = .05$ ). FV = fonte de variação; GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação.

Os pesos médio da FFPA e FSPA obtidos nesta pesquisa foram 229,35 e 42,35 g, respectivamente (Figura 20).

Andrade et al (2012) observaram em sua pesquisa que a água residuária favoreceu mais a produção de FFPA na variedade Sol Noturno em detrimento dos outros genótipos, quanto a produção de FSPA a diferença estatística foi observada dos genótipos Sol Noturno e Sol Vermelho em relação as demais. Os autores obtiveram médias de FFPA de 27,57 g para o genótipo Sol Noturno quando irrigado com água de abastecimento e 165,46 g quando irrigado com água residuária, quanto a FSPA o peso médio foi de 2,34 g quando irrigadas com água de abastecimento e 12,74 g quando irrigadas com água residuária.

Figura 20- Fitomassa fresca (A) e fitomassa seca (B) da parte aérea do girassol Sol Noturno irrigado com diferentes concentrações de água residuária tratada.



T1 = 100% de água de abastecimento, T2 = 75% de água de abastecimento + 25% de água residuária tratada, T3 = 50% de água de abastecimento + 50% de água residuária tratada, T4 = 25% de água de abastecimento + 75% de água residuária tratada, e T5 = 100% de água residuária tratada.

### 5.2.3 Produção de flores

A produção das flores do girassol colorido foram avaliadas com base nas variáveis diâmetro externo do capítulo (DE) e número de pétalas (NP). De acordo com a análise de variância, não há efeito significativo do fator concentrações de água cinza na solução de irrigação sob as variáveis DE e NP.

Tabela 22 - Resumo das análises de variância para as variáveis diâmetro externo de capítulo (DE) e número de pétalas (NP) do girassol fertirrigado com água cinza e diluições.

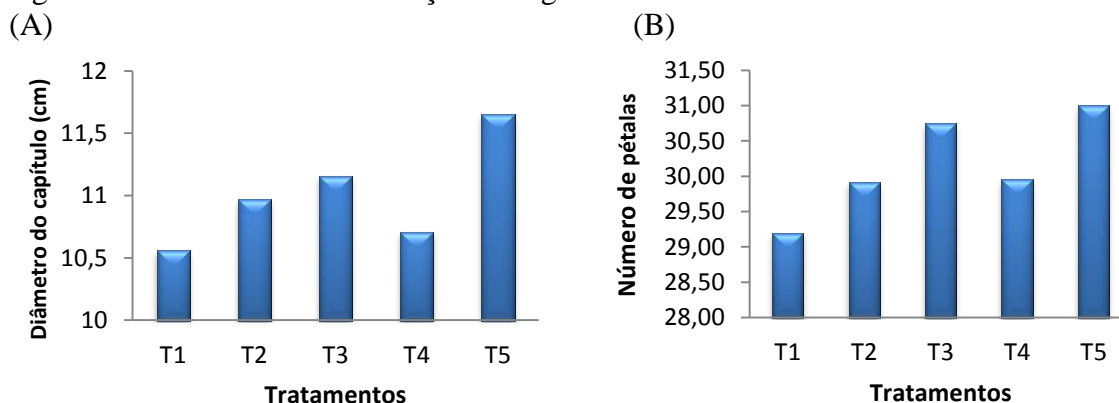
Fator de Variação	GL	Quadrados médio	
		DE	NP
Bloco	3	1,82 <sup>ns</sup>	24,67 <sup>ns</sup>
Tratamento	4	0,72 <sup>ns</sup>	2,06 <sup>ns</sup>
Resíduo	12	1,39	11,67
CV %		10,70	11,33

ns= não significativo ( $p \geq .05$ ). FV = fonte de variação; GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação.

As médias de diâmetro externo do capítulo obtidas nesta pesquisa para os tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5 foram 10,56; 10,97; 11,16; 10,71 e 11,65 cm, respectivamente (Figura 21). Esse resultado corrobora com a pesquisa de Freitas et al (2012) em que a maior média de diâmetro de capítulo foi obtida no tratamento com água de reuso, obtendo inclusive diferença estatística. Travassos et al. (2011) em sua pesquisa, verificou os efeitos da salinidade na água de irrigação na produção de flores do girassol, para a variável diâmetro de capítulo não houve diferença estatística obtendo médias de 17,5 cm para plantas irrigadas com baixa salinidade e 14,3 cm em plantas com alta salinidade. Os valores médios de diâmetro de capítulo desta pesquisa enquadram-se no intervalo estabelecido por Sakata Seed Corporation (2003) que considera que o diâmetro do capítulo deva estar entre 10 a 15 cm.

Quanto ao número de pétalas por capítulo o maior valor médio foi obtido pelas plantas irrigadas com tratamento 5 e 3 com médias de 31,00 e 30,75, respectivamente. Sousa et al. (2010) avaliando as variáveis da flor do girassol irrigado com água residuária e água de abastecimento obteve maior número de pétalas e um caráter precoce nas flores das plantas irrigadas com o primeiro tipo de água.

Figura 21 - Diâmetro externo de capítulo (A) e número de pétalas (B) do girassol Sol Noturno irrigado com diferentes concentrações de água residuária tratada.



T1 = 100% de água de abastecimento, T2 = 75% de água de abastecimento + 25% de água residuária tratada, T3 = 50% de água de abastecimento + 50% de água residuária tratada, T4 = 25% de água de abastecimento + 75% de água residuária tratada, e T5 = 100% de água residuária tratada.

Com relação a variável início da inflorescência e duração pós-florescimento, as soluções de irrigação não interferiram nestas variáveis (Tabela 23).

Tabela 23 - Resumo das análises de variância para a variáveis início da floração (IF) e duração pós florescimento (DPF) do girassol fertirrigado com água cinza e diluições.

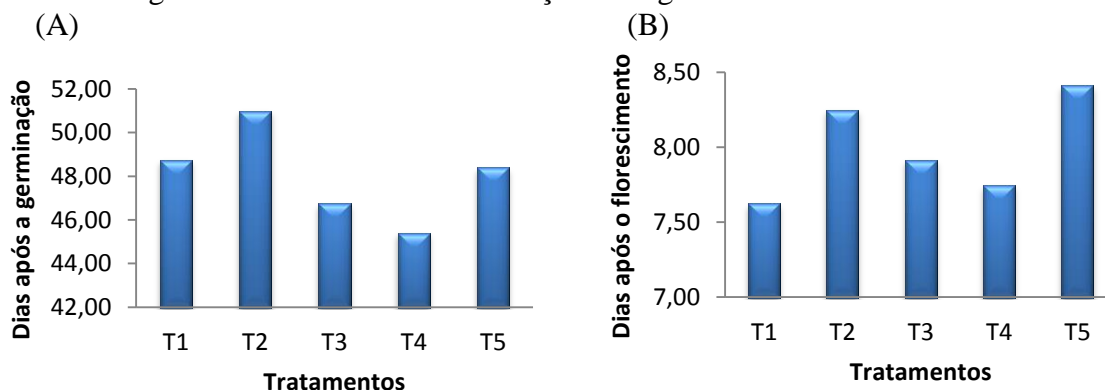
Fator de Variação	GL	Quadrados médio	
		IF	DPF
Bloco	3	18,70 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>
Tratamento	4	17,93 <sup>ns</sup>	0,44 <sup>ns</sup>
Resíduo	12	25,57	0,79
CV %		10,52	11,17

ns= não significativo ( $p > .05$ ). FV = fonte de variação; GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação.

O florescimento se deu mais precoce nos tratamentos T4 e T3 aos 45,42 e 46,75 dias, respectivamente. Já para a variável DPF observa-se que não houve grandes variações, as flores referentes a todos os tratamentos duraram em média 8 dias (Figura 22).

Na pesquisa desenvolvida por Travassos et al (2011), foi observado que o florescimento mais tardio se deu aos 51,2 DAS no tratamento de menor salinidade, já no tratamento de maior salinidade o florescimento se deu em média aos 48,4 DAS. De acordo com a fornecedora ISLA Sementes o florescimento do girassol ornamental Sol Noturno ocorre por volta dos 70 DAS, no entanto uma série de fatores, entre eles a temperatura influencia diretamente no ciclo da cultura e consequentemente na época do florescimento.

Figura 22 – Início da inflorescência (A) e duração pós florescimento (B) do girassol Sol Noturno irrigado com diferentes concentrações de água residuária tratada.



T1 = 100% de água de abastecimento, T2 = 75% de água de abastecimento + 25% de água residuária tratada, T3 = 50% de água de abastecimento + 50% de água residuária tratada, T4 = 25% de água de abastecimento + 75% de água residuária tratada, e T5 = 100% de água residuária tratada.

#### 5.2.4 Composição mineral do tecido foliar

De acordo com a ANOVA, observa-se efeito significativo ( $p < 0,01$ ) apenas para os teores de potássio (K) na folha. Já as concentrações de nitrogênio (N), fósforo (P), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) não sofreram efeito significativo estatisticamente (Tabela 24).

Tabela 24 – Resumo das análises de variância dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) do tecido foliar do do girassol fertirrigado com água cinza e diluições.

Fator de Variação	GL	Quadrados médio				
		N	P	K	Ca	Mg
Bloco	3	9,23 <sup>ns</sup>	5,01 <sup>ns</sup>	2,64 <sup>ns</sup>	193,77 <sup>ns</sup>	13,41 <sup>ns</sup>
Tratamento	4	9,72 <sup>ns</sup>	18,07 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>**</sup>	43,01 <sup>ns</sup>	2,37 <sup>ns</sup>
Resíduo	12	18,22	7,09	2,89	66,15	7,45
CV %		20,04	133,43	17,14	23,89	30,16

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ ); ns não significativo ( $p > .05$ ). FV = fonte de variação; GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação, N= Nitrogênio, P= Fósforo, K= Potássio, Ca= Cálcio, Mg= Magnésio.

O nutriente mais absorvido pela folha do girassol foi o cálcio (Ca), seguido do N, K, Mg e P. O Ca é essencial para o desenvolvimento das raízes, resistência da cultura a pragas e no auxílio a fixação simbiótica de nitrogênio. Os teores adequados de macronutrientes para o desenvolvimento da cultura do girassol são 33-35, 4-7, 20-24, 17- 22 e 9 - 11 g kg<sup>-1</sup> para N, P, K, Ca e Mg, respectivamente (MALAVOLTA et al., 1997).

Com base nesta constatação, os teores de N e K estão abaixo das concentrações adequado para a cultura em todos os tratamentos com as diferentes concentração de água cinza na

solução de irrigação. Com relação ao P, apenas o tratamento 5 encontra-se dentro do adequado (Tabela 25) . Já para o Mg, somente os tratamentos 4 e 5 ficaram com valores médios abaixo do indicado. No que diz respeito aos teores de Ca, foi constatado que em todos os tratamentos os teores deste nutriente apresentou quantidades acima do adequado.

Tabela 25 - Média dos macronutrientes no tecido foliar do girassol Sol Noturno nos diferentes tratamentos.

Tratamentos	Macronutrientes g Kg <sup>-1</sup>				
	N	P	K	Ca	Mg
T1	19,47	0,97	9,88	35,29	9,47
T2	21,88	1,95	9,87	38,38	9,50
T3	20,56	0,85	10,01	34,65	9,79
T4	23,63	0,54	9,94	29,70	8,57
T5	21,00	5,60	9,98	32,20	7,95

N= Nitrogênio, P= Fósforo, K= Potássio, Ca= Calcio, Mg= Magnésio.



## 6 CONCLUSÕES

1. O sistema de tratamento instalado na sede da ACREVI mostrou-se eficiente na remoção dos principais poluentes presentes na água cinza tornando-a apta para ser utilizada na fertirrigação do girassol ornamental;
2. A solução de irrigação com água cinza bruta ou diluída em água de abastecimento não interferiu no crescimento, na produção e na qualidade das flores do girassol ornamental (variedade Sol Noturno) não havendo diferença estatística entre os tratamentos;
3. A água cinza tratada pode ser utilizada na forma bruta sem perdas de produção e qualidade das flores, conservando a água boa qualidade para outros fins.
4. A ordem decrescente de absorção dos nutrientes pela folha do girassol Sol Noturno foi: Ca>N>K>Mg>P.
5. O reuso de águas cinzas em ambientes periurbanos semelhante a ACREVI pode contribuir para minimizar problemas de saúde pública.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, L.O., GHEYI, H.R., NOBRE, R.G. DIAS, N.S., NASCIMENTO, E.C.S. Crescimento de girassóis ornamental em sistema de produção orgânica e irrigada com água residuária tratada. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial, p. 69 - 82, 2012.
- ANEFALOS, L.; GUILHOTO, J. **Estrutura do mercado brasileiro de flores e plantas ornamentais**. *Agricultura*. São Paulo, v. 50, n. 2, p. 41-63, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13.969. **Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação**. Rio de Janeiro: ABNT, 1997, 60 p.
- \_\_\_\_\_.NBR 7229. **Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos**. Rio de Janeiro: ABNT, 1993, 15 p.
- Asa Brasil. É no semiárido que a vida pulsa. Disponível em: <<http://www.asabrasil.org.br/semiariado>> acesso em : 28/11/2016
- BATISTA, R. F.; DIAS, N. S.; FREIRE, F. G. C.; SILVA, K. B. Princípios e técnicas de tratamento de água e esgoto. In: DIAS, N. S; BRÍGIDO, A. R; SOUZA, A.C.M. (Org.) **Manejo e Conservação dos Solos e da Água**. Editora Livraria, São Paulo, 2013.
- BAZZARELLA, B. B. **Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não-potável em edificações**. Dissertação, Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico. Vitória, 2005.
- BERNARDI, C.C. Reúso de água para irrigação, 2003. Monografia (PósGraduação), Gestão Sustentável da Agricultura Irrigada, Fundação Getúlio Vargas, Brasília-DF.
- BEZERRA, B. G.; FIDELES JUNIOR. J. Análise de crescimento da cultura do algodoeiro irrigada com águas residuárias. **Rev. Ciênc. Agron.**, Fortaleza, v. 40, n. 3, p. 339-345, jul-set, 2009
- BLUM, J. R. C. Critérios e padrões de qualidade de água. In: MANCUSO, P. C. S.; DOS SANTOS, H. F. (Editores). **Reúso de água**. Barueri: Manole, 2003. cap.5.
- BORGES, L. Z. **Caracterização da água cinza para promoção da sustentabilidade dos recursos hídricos**. Dissertação, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2003.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de orientações técnicas para elaboração de propostas para o programa de melhorias sanitárias domiciliares** - Funasa / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – Brasília : Funasa, 2014.
- BREGA FILHO, D.; MANCUSO, P. C. S. In: PHILIPPI JUNIOR, A. et al (Coord). **Reúso de Água**. Barueri: Manole, p. 21- 36, 2003.
- CAMPOS, J. N. B. Secas e políticas públicas no semiárido: ideias, pensadores e períodos. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 28, n. 82, p. 65-88, dec. 2014.

CARMO FILHO, F. et al. Dados climatológicos de Mossoró: um município semi-árido nordestino. Mossoró: ESAM, 1991. 121 p. (Coleção mossoroense, 30).

CASTRO, C.; CASTIGLIONI, V. B. R.; BALLA, A.; LEITE, R. M. V. B. C.; KARAM, D.; MELLO, H.C.; GUEDES, L. C. A.; FARIAS, J. R. B. **A cultura do girassol**. Londrina: EMBRAPA- CNPSo, 1996. 38p. (Circular Técnica, 13).

CASTIGLIONI, V. B. R.; BALLA, A.; CASTRO, C. de; SILVEIRA, J. M. Fases de desenvolvimento da planta de girassol. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1997. p 24. EMBRAPA-CNPSo. (Documentos, 59)

CEARÁ (2002). PORTARIA N°154, DE 22 DE JULHO DE 2002.

Disponível em:

<[http://antigo.semace.ce.gov.br/integracao/biblioteca/legislacao/conteudo\\_legislacao.asp?cd=95](http://antigo.semace.ce.gov.br/integracao/biblioteca/legislacao/conteudo_legislacao.asp?cd=95)> Acesso em: 14 de janeiro de 2017.

CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução N° 54, de 28 de novembro de 2005**. Disponível

em:<[http://www.aesa.pb.gov.br/legislacao/resolucoes/cnrh/54\\_2005\\_criterios\\_gerais\\_uso\\_agua.pdf](http://www.aesa.pb.gov.br/legislacao/resolucoes/cnrh/54_2005_criterios_gerais_uso_agua.pdf)> acesso em: 10 de novembro de 2016.

\_\_\_\_\_. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=2747>>. Acesso em: 10 de novembro de 2016..

\_\_\_\_\_. **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011**. Disponível em:

<<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>> Acesso em: 27 de janeiro de 2017.

COSTA, F.G.B. **O uso de água residuária de origem doméstica no cultivo do girassol no assentamento milagres, Apodi-RN**. Dissertação, Universidade Federal Rural do Semi-árido. Mossoró, 2012.

COSTA, F. X. ; LIMA, V. L. A.; BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, C. A. V.; SOARES, F. A. L.; ALVA, I. D. M. Efeitos residuais da aplicação de biossólidos e da irrigação com água residuária no crescimento do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n.6, p.687-693, 2009.

CRUZ, M.P., ANDRADE, L.O., CRUZ, K.R.P., PESSOA, A.M., SOUZA, J.T.A., SOARES, E.B. da S., CARVALHO, M.G., ANDRADE JÚNIOR, M.R. Crescimento do Girassol Ornamental submetido à substratos orgânicos em diferentes volumes de águas. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 15, n. 3, jul./set., p. 312-319, 2016.

DERISIO, J. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. São Paulo, 4ª Ed. Oficina de Textos, 2012.

FLORÊNCIO, L.; AISSE, M. M.; BASTOS, R. K. X.; PIVELI, R. P. **Utilização de Esgotos Sanitários: marcos conceituais e regulatórios**. PROSAB 4. Recife, PE. 2006.

FREITAS C. A. S.; SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; ANDRADE, R. R.; MOTA, F. S. B; AQUINO, B. F. Crescimento da cultura do girassol irrigado com diferentes tipos de água e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina

Grande, v.16, n.10, p.1031-1039, 2012.

GALBIATTI, J.A.; CAVALCANTE, I.H.L.; RIBEIRO, A.G.; BECKMANN; M.Z. Fertilização e qualidade da água de irrigação no crescimento e desenvolvimento da alface. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.8, n.1, p.181-188, 2007.

GARDEN MANIA. Sementes de Girassol Noturno. Disponível em: <<http://gardenmania.com.br/products/sementes-de-girassol-noturno-%23-helianthus-annuus-%23.html>> Acesso em: 23 de fevereiro de 2017.

GONÇALVES, R. F. et al. **Caracterização e Tratamento de diferentes tipos de águas residuárias de origem residencial após segregação**. In: Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Sección Uruguay. Rescatando antiguos principios para los nuevos desafíos del milenio. AIDIS, 2006. 10 p., 2006. Punta del Este, Montevideo, Uruguay.

HARTMANN, P. **A cobrança pelo uso da água como instrumento econômico na política ambiental**: Estudo comparativo e avaliação econômica dos modelos de cobrança pelo uso da água bruta propostos e implementados no Brasil. Porto Alegre – RS: AEBA, 2010. 532 p.

HESPANHOL, I. Reúso integrado à gestão de recursos hídricos bases para planejamento. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Vitória, 1997.

KOLM. V. **Análise de Esgoto Doméstico**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2002.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas, 3ª Ed. SP: Editora Átomo, 2010.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, A. S. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 1997.

MALDANER, I. C.; HELDWEIN, A. B.; LOOSE, L. H.; LUCAS, D. D. P.; GUSE, F. I.; BORTOLUZZI, M. P. Métodos de determinação não-destrutiva da área foliar em girassol, **Ciência Rural**, v. 39, n. 5, p. 1356-1361, 2009.

MAY, S.; HESPANHOL, I. . Tratamento de Águas Cinzas Claras para Reuso não Potável em Edificações. REGA. Revista de Gestão de Águas da América Latina, Vol. 5, n.º. 2, p. 15-24, 2009.

MENDONÇA, P. A. O. **Reuso de água em edifícios públicos o caso da escola politécnica**. 2004. 164f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2004.

MONTENEGRO, A. A. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L. **Olhares sobre as políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido**. In: Recursos hídricos em regiões semiáridas. GHEYI, H.R., PAZ, V.P.S., MEDEIROS, S.S. GALVÃO, C.O. (Editores). Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido, Cruz das Almas, BA: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2012.

NEVES, M.B., BUZETTI, S., CASTILHO, R.M.M., BOARO, S.F. Desenvolvimento de plantas de girassol ornamental (*Helianthus annuus* L.) em vasos, em dois substratos com solução nutritiva e em solo. **Científica**, Jaboticabal, v.33, n.2, p. 127-133, 2005.

NSWHEALTH. Greywater reuse in sewerred single domestic premises. 2000. Disponível em: <<http://www.health.nsw.gov.au/environment/domesticwastewater/Documents/greywater-reuse-policy.pdf>>. Acesso em: 18 de jan. 2017.

PÁDUA, V. L. de; FERREIRA, A. C. da S. Qualidade da água para consumo humano. In: HELLER, Léo; PÁDUA, Valter Lúcio de (Org.). **Abastecimento de água para consumo humano**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006. cap. 4.

PELEGRINI, B. **Girassol**: uma planta solar que das Américas conquistou o Mundo. São Paulo: Ícone, 1985. 117p.

PLANETA SUSTENTÁVEL. **Água: a escassez na abundância**. São Paulo: PS, 2012. Disponível em: <<http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/ambiente/populacao-falta-agua-recursos-hidricos-graves-problemas-economicos-politicos-723513.shtml>>. Acesso em: 10 nov. 2016.

PUTT, E. D. Early history of sunflower. In: SCHNEITER, A. A. (Ed.). **Sunflower technology and production**. Madison: American Society of Agronomy, p. 1-19, 1997.

RAMPELOTTO, G. **Caracterização e tratamento de águas cinzas visando reúso doméstico**. Dissertação, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

RAPOPORT, B. **Águas cinzas: caracterização, avaliação financeira e tratamento para reúso domiciliar e condominial**. Dissertação, Escola nacional de Saúde Pública – Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2004.

RICE, E. W.; BAIRD, R. B.; CLESCERI, A. D. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22. ed. Washington: APHA, AWWA, WPCR, p. 1496, 2012.

ROSSI, R. O. **Girassol**. Curitiba: Tecnagro. Curitiba, 1998. 333p.

SAKATA SEED CORPORATION. Sakata's reliable seeds: Flower seed catalogue 2001-2003. Bragança Paulista: **Sakata Sementes Agroflora**, p.99, 2003.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, planta e fertilizantes** / (Ed) – 2. ed. Ver. Ampl. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p

SOUSA, A. B. **Remoção de cor aparente e turbidez de água cinza utilizando unidades biológicas filtrantes de baixo custo, instaladas em residências rurais no semiárido do Rio Grande do Norte**. Monografia, Universidade Federal Rural do Semi-árido. Mossoró, 2013.

TRAVASSOS, K.D., SOARES, F. A. L., GHEYI, H. R., DIAS, N. da S., NOBRE, R.G.. Crescimento e produção de flores de girassol irrigado com água salobra. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 5, p. 123-133, n. 2011.

VIEGAS, E. C. **Gestão da água e princípios ambientais**. 2ª ed. rev. e ampl. Caxias do Sul: EDUCS, p. 23-61, 2012.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. Ed. Belo Horizonte: Departamento de Energias Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and graywater. Wastewater use in agriculture. v.II. Geneva: World Health Organization, 2006.

UESPA. United States Environmental Protection Agency. Guidelines for water reuse. Washington DC. UESPA, 2004.

## APÊNDICE

Apêndice 1- Contribuição diária de esgoto (C) e de lodo fresco (Lf) por tipo de prédio e de ocupante

Prédio	Unidade	Contribuição de esgotos(C) e lodo fresco (Lf)	
<b>1. Ocupantes permanentes</b>			
-residência			
Padrão alto	Pessoa	160	1
Padrão médio	Pessoa	130	1
Padrão baixo	Pessoa	100	1
- hotel (exceto lavanderia e cozinha)	Pessoa	100	1
- alojamento provisório	Pessoa	80	1
<b>2. Ocupantes temporários</b>			
- fábrica em geral	Pessoa	70	0,30
-escritório	Pessoa	50	0,20
- edifícios públicos ou comerciais	Pessoa	50	0,20
- escolas (externatos) e locais de longa permanência	peessoa	50	0,20
- bares	peessoa	6	0,10
- restaurantes e similares	Refeição	25	0,10
- cinemas, teatros e locais de curta permanência	Lugar	2	0,02
- sanitários públicos <sup>(A)</sup>	Bacia sanitária	480	4,0

Apenas de acesso aberto ao público (estação rodoviária, ferroviária, logradouro público, estádio esportivo, etc.).

Apêndice 2- Período de detenção dos despejos, por faixa de contribuição diária.

Contribuição diária (L)	Tempo de detenção	
	Dias	Horas
Até 1500	1,00	24
De 1501 a 3000	0,92	22
De 3001 a 4500	0,83	20
De 4501 a 6000	0,75	18
De 6001 a 7500	0,67	16
De 7501 a 9000	0,58	14
Mais que 9000	0,50	12

Apêndice 3- Taxa de acumulação total de lodo (K), em dias, por intervalo entre limpezas e temperatura do mês mais frio

Intervalo entre limpezas (anos)	Valores de K por faixa de temperatura ambiente (t), em °C		
	t ≤ 10	10 ≤ t ≤ 20	t > 20
1	94	65	57
2	134	105	97
3	174	145	137
4	214	185	177
5	254	225	217