



UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE – UERN  
FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS – FANAT  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS NATURAIS – PPGCN  
MESTRADO EM CIÊNCIAS NATURAIS - MCN



**SAYONARA MICHELLE MESQUITA PAIVA SOUZA**

**APLICAÇÃO DE ÁGUA CINZA NO CULTIVO DA ALFACE**

***(Lactuca sativa L.) E RÚCULA (Eruca sativa Mill)***

MOSSORÓ - RN

2018

SAYONARA MICHELLE MESQUITA PAIVA SOUZA

**APLICAÇÃO DE ÁGUA CINZA NO CULTIVO DA ALFACE**

***(Lactuca sativa L.) E RÚCULA (Eruca sativa Mill)***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Naturais (PPGCN) da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN) para obtenção do título de Mestre em Ciências Naturais.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Henrique Catunda Pinto

MOSSORÓ - RN

2018

© Todos os direitos estão reservados a Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. 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. 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.

**Catálogo da Publicação na Fonte.  
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte.**

S729a Souza, Sayonara Michelle Mesquita Paiva  
APLICAÇÃO DE ÁGUA CINZA NO CULTIVO DA  
ALFACE (*Lactuca sativa* L.) E RÚCULA (*Eruca sativa* Mill).  
/ Sayonara Michelle Mesquita Paiva Souza. - Mossoró,  
2018.

58p.

Orientador(a): Prof. Dr. Carlos Henrique Catunda  
Pinto.

Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-  
Graduação em Ciências Naturais). Universidade do  
Estado do Rio Grande do Norte.

1. Efluente. 2. Tratamento. 3. Reuso na agricultura. 4.  
Hortaliças. I. Pinto, Carlos Henrique Catunda. II.  
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. III.  
Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pela Diretoria de Informatização (DINF), sob orientação dos bibliotecários do SIB-UERN, para ser adaptado às necessidades da comunidade acadêmica UERN.

SAYONARA MICHELLE MESQUITA PAIVA SOUZA

**APLICAÇÃO DE ÁGUA CINZA NO CULTIVO DA ALFACE**

*(Lactuca sativa L.) E RÚCULA (Eruca sativa Mill)*

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Naturais (PPGCN) da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN) para obtenção do título de Mestre em Ciências Naturais.

Aprovada em: 18 de abril de 2018.

**BANCA EXAMINADORA**



Prof. Dr. Carlos Henrique Catunda Pinto

Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN



Prof.ª Dr.ª Janete Jane Fernandes Alves

Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN



Dr.ª Ana Kaline da Costa Ferreira

Universidade Federal Rural do Semiárido - UFRSA

Dedico

A minha mãe Maria do Rosário, minha avó Francisca Paiva (*In Memoriam*), as minhas filhas Ana Laura e Maria Luísa e ao meu esposo Cleilson por todo apoio, amor e compreensão.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus, por me proporcionar a realização de tantos sonhos.

A minha mãe Maria do Rosário, por ter sido tão guerreira e ter me ensinado a nunca desistir dos meus sonhos, por mais difíceis que eles parecessem. Por todo o apoio desde sempre, pelo amor, pelo cuidado e proteção. Te amo mãe!

As minhas filhas Ana Laura e Maria Luísa por serem minha força diária, por me fazerem uma pessoa melhor a cada dia.

A minha avó Francisca Paiva (*In Memoriam*) por ter acreditado em mim com tanta intensidade até os últimos dias de sua vida. Obrigada por tudo minha avó querida!

A minha família linda e aos meus amigos que sempre me apoiaram em todos os momentos da minha vida.

Ao meu esposo Cleilson Aquino por todo amor, apoio e compreensão de sempre.

Ao meu orientador Carlos Henrique Catunda pela oportunidade e parceria na realização dessa pesquisa.

A Ana Kaline da Costa Ferreira pela disponibilidade e contribuições para essa pesquisa.

A empresa Hortívoda, na pessoa de Rodrigo Benjamim pela doação das mudas e por toda a ajuda e orientação na condução do experimento.

Ao Laboratório Hidrolab em Natal, Laboratório Central de Monitoramento de Efluentes da CAERN, Laboratório de Análise de Solo, Água e Planta – LASAP, Laboratório de Eletroquímica e Química Analítica – LEQA e Laboratório de Catálise Ambiente e Materiais – LACAM pela realização das análises de água e plantas.

Aos colegas Isaura Raquel, Eric Soares, Mikhael Rangel, Rutilene Rodrigues e Marília Cristina por toda a ajuda durante a realização desse trabalho.

A todos os docentes que fazem parte do Programa de Pós Graduação em Ciências Naturais em especial a Janete Jane Fernandes Alves e a professora Cynthia Cavalcanti de Albuquerque.

Aos colegas por serem a melhor turma a qual fiz parte.

## RESUMO

Na atualidade, a situação da água é bastante preocupante, não somente no que diz respeito à quantidade de recursos hídricos disponíveis, como também em relação à qualidade da água. Diante desse cenário, o uso de efluentes de esgotos tratados na agricultura pode se tornar importante ferramenta no gerenciamento da água por apresentar diversas vantagens, como redução da demanda de água de abastecimento e presença de nutrientes que podem ser utilizados como fonte nutricional para as culturas. Este trabalho visa à caracterização do efluente doméstico conhecido como água cinza, que é proveniente de pias, lavatórios e chuveiros, com o intuito de utilizá-lo em usos menos restritos, particularmente, na irrigação da alface (*Lactuca sativa L.*) variedade Crespa Elba e rúcula (*Eruca sativa Mill*), variedade Cultivada. Foram realizadas análises da água em termos de Cor, Temperatura, Condutividade Elétrica, Potencial Hidrogeniônico, Fósforo, Cálcio, Sódio, Nitrogênio, Turbidez, Sólidos Totais, Demanda Bioquímica de Oxigênio e Demanda Química de Oxigênio, Coliformes Totais e Coliformes Termotolerantes da água cinza e da água de abastecimento. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, composto por três tratamentos T1 (100% água de reuso), T2 (100 % de água de abastecimento) e T3 (50% de água de reuso + 50% de água de abastecimento), cinco blocos com quatro unidades experimentais para cada tratamento, perfazendo um total de 12 unidades por bloco e 60 plantas de cada espécie. O desenvolvimento das plantas foram monitorados aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias por meio da avaliação dos parâmetros altura de planta e número de folhas, e posterior a colheita foi realizada análise microbiológica e nutricional da planta produzida. A concentração de coliformes totais e termotolerantes na água de reuso foi superior ao permitido para irrigação. A alface apresentou concentração de coliformes acima dos padrões microbiológicos e a rúcula mostrou-se dentro do permitido para consumo. A irrigação com água cinza não interferiu no crescimento e na quantidade de folhas para as culturas estudadas em relação a irrigação com água de abastecimento. A análise química do tecido vegetal não indicou diferença significativa para a maioria dos nutrientes entre a irrigação com a água de reuso e a água de abastecimento na absorção pela planta. Portanto, pode-se concluir que o reuso de águas cinzas tratadas é uma importante alternativa para irrigação de culturas em tempos de escassez, assim como para conservação dos recursos hídricos e preservação ambiental.

Palavras – chave: Efluente. Tratamento. Reuso na Agricultura. Hortaliças.

## ABSTRACT

At present, the water situation is very worrying, not only with regard to the quantity of available water resources, but also with respect to water quality. Considering this scenario, the use of sewage treated effluents in agriculture can become an important tool in water management because it has several advantages, such as the reduction of water supply demand and the presence of nutrients that can be used as a nutritional source for crops. This work aims to characterize the domestic effluent known as gray water, which comes from sinks, lavatories and showers, with the purpose of using it in less restricted uses, particularly in the irrigation of lettuce (*Lactuca sativa* L.) variety Crespa Elba and arugula (*Eruca sativa* Mill), cultivated variety. The water was analyzed in terms of Color, Temperature, Electrical Conductivity, Hydrogenion Potential, Phosphorus, Calcium, Sodium, Nitrogen, Turbidity, Total Solids, Biochemical Oxygen Demand and Chemical Oxygen Demand, Total Coliform and Thermotolerant Coliform of Gray Water and of the water supply. The experimental design was a randomized block design, consisting of three treatments T1 (100% reuse water), T2 (100% water supply) and T3 (50% reuse water + 50% supply water), five blocks with four experimental units for each treatment, making a total of 12 units per block and 60 plants of each species. The plants were monitored at 7, 14, 21, 28 and 35 days by means of the evaluation of plant height and leaf number parameters, and after the harvest, a microbiological and nutritional analysis of the plant produced was performed. The concentration of total and thermotolerant coliforms in the reuse water was higher than allowed for irrigation. The lettuce presented concentration of coliforms above the microbiological standards and the arugula showed within the allowed for consumption. Irrigation with gray water did not interfere with the growth and quantity of leaves for the crops studied in relation to irrigation with water supply. The chemical analysis of the plant tissue did not indicate a significant difference for the majority of the nutrients between the irrigation with the reuse water and the water of supply in the absorption by the plant. Therefore, it can be concluded that the reuse of treated gray water is an important alternative for irrigation of crops in times of scarcity, as well as for the conservation of water resources and environmental preservation.

Key words: Effluent. Treatment. Reuse in Agriculture. Vegetables.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Alface repolhuda lisa.....	29
Figura 2. Alface repolhuda crespa ou americana. ....	30
Figura 3. Alface solta crespa. ....	30
Figura 4. Alface romana .....	30
Figura 5. Rúcula. ....	31
Figura 6. Localização da estufa na UFERSA onde o experimento foi conduzido. ....	33
Figura 7. Vista externa da estufa. ....	34
Figura 8. Delineamento experimental. ....	35
Figura 9. Sistema de tratamento de águas cinzas .....	36
Figura 10. Diferença entre a Cor da Água de Abastecimento e Água Cinza .....	40
Figura 11. Comparação entre Rúcula e Alface.....	43
Figura 12 - Altura de planta aos 7, 14, 21, 28 e 35 DAT da alface irrigada com água cinza tratada, água de abastecimento e diluição .....	44
Figura 13 – Número de folhas aos 7, 14, 21, 28 e 35 DAT da alface irrigada com água cinza tratada, água de abastecimento e diluição .....	45
Figura 14 - Altura de planta aos 7, 14, 21, 28 e 35 DAT da rúcula irrigada com água cinza tratada, água de abastecimento e diluição .....	46
Figura 15 – Número de folhas aos 7, 14, 21, 28 e 35 DAT da rúcula irrigada com água cinza tratada, água de abastecimento e diluição .....	48

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Faixas de valores máximos ou níveis críticos de diferentes parâmetros na água de irrigação para hortaliças .....	24
Tabela 2. Grau de restrição de uso da água de irrigação em relação aos problemas que pode ocasionar ao solo .....	25
Tabela 3 – Caracterização do Composto Orgânico utilizado no experimento .....	34
Tabela 4 – Caracterização da qualidade da água utilizada no experimento .....	39
Tabela 5 – Qualidade microbiológica das plantas produzidas .....	42
Tabela 6- Resumo das análises de variância para a variável altura de planta (AP) da alface irrigada com água cinza tratada, água de abastecimento e diluição medidas aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após transplantio (DAT).....	43
Tabela 7- Resumo das análises de variância para a variável número de folhas (NF) da alface irrigada com água cinza tratada, água de abastecimento e diluição medidas aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após transplantio (DAT).....	44
Tabela 8 - Resumo das análises de variância para a variável altura de planta (AP) da rúcula irrigada com água cinza tratada, água de abastecimento e diluição medidas aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após transplantio (DAT).....	46
Tabela 9- Resumo das análises de variância para a variável número de folhas (NF) da rúcula irrigada com água cinza tratada, água de abastecimento e diluição medidas aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após transplantio (DAT).....	47
Tabela 10- Resumo das análises de variância dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) do tecido foliar da alface irrigada com água cinza tratada, água de abastecimento e diluição.....	48
Tabela 11 - Média dos macronutrientes no tecido foliar da alface.....	49
Tabela 12- Resumo das análises de variância dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) do tecido foliar da rúcula irrigada com água cinza tratada, água de abastecimento e diluição.....	49
Tabela 13 - Média dos macronutrientes no tecido foliar da rúcula .....	50

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

OMS – Organização Mundial de Saúde  
SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento  
CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos  
UERN – Universidade do Estado do Rio Grande do Norte  
UFERSA – Universidade Federal Rural do Semi - Árido  
ACREVI - Associação Comunitária Reciclando para Vida  
LASAP - Laboratório de Análise de Solo, Água e Planta  
LEQA - Laboratório de Eletroquímica e Química Analítica  
LACAM – Laboratório de Catálise Ambiente e Materiais  
CACIM - Centro de Análises Clínicas e Imunológicas  
DAS – Dias após semeadura  
DAT – Dias após transplântio  
AP – Altura de planta  
NF – Número de folhas  
CE - Condutividade Elétrica  
PH - Potencial Hidrogeniônico  
P - Fósforo  
Ca - Cálcio  
Na - Sódio  
N - Nitrogênio  
Mg - Magnésio  
K - Potássio  
DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio  
DQO - Demanda Química de Oxigênio  
NMP – Número mais provável  
NTU - Unidades Nefelométricas de Turbidez

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	14
2.1	OBJETIVO GERAL .....	14
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	15
3.1	ASPECTO GERAL DO SANEAMENTO BÁSICO .....	15
3.2	REUSO DE ÁGUA .....	17
3.3	ASPECTOS LEGAIS SOBRE O REUSO DE ÁGUA .....	18
3.4	ÁGUA CINZA .....	22
3.5	QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO .....	23
3.6	PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA CINZA .....	25
<b>3.6.1</b>	<b>Parâmetros Físico-Químicos</b> .....	25
3.6.1.1	Cor .....	25
3.6.1.2	Temperatura .....	26
3.6.1.3	Condutividade Elétrica (CE) .....	26
3.6.1.4	Potencial Hidrogeniônico (pH) .....	26
3.6.1.5	Fósforo .....	26
3.6.1.6	Nitrogênio .....	27
3.6.1.7	Cálcio .....	27
3.6.1.8	Sódio .....	27
3.6.1.9	Turbidez .....	27
3.6.1.10	Sólidos Totais .....	28
3.6.1.11	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) .....	28
3.6.1.12	Demanda Química de Oxigênio (DQO) .....	28
<b>3.6.2</b>	<b>Parâmetros Microbiológicos</b> .....	28
3.6.2.1	Coliformes Totais .....	28
3.6.2.2	Coliformes Termotolerantes .....	28
3.7	CULTURA DA ALFACE .....	29
3.8	CULTURA DA RÚCULA .....	31
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	33
4.1	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL .....	33
4.2	DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO E DELINEAMENTO .....	34

4.3	ÁGUA DE REUSO UTILIZADA .....	36
4.4	ANÁLISES DA ÁGUA .....	37
4.5	PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO DA PLANTA .....	38
4.6	ANÁLISES E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS .....	38
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>39</b>
5.1	QUALIDADE DA ÁGUA UTILIZADA NA IRRIGAÇÃO .....	39
5.2	CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DA ALFACE E DA RÚCULA .....	42
5.3	VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO DA ALFACE E DA RÚCULA .....	43
<b>5.3.1</b>	<b>Variáveis de crescimento da alface .....</b>	<b>43</b>
5.3.1.1	Altura de Planta .....	43
5.3.1.2	Número de Folhas .....	44
<b>5.3.2</b>	<b>Variáveis de crescimento da rúcula .....</b>	<b>45</b>
5.3.2.1	Altura de Planta .....	45
5.3.2.2	Número de Folhas .....	47
5.4	COMPOSIÇÃO DO TECIDO FOLIAR .....	48
<b>5.4.1</b>	<b>Teores de Macronutrientes na alface .....</b>	<b>48</b>
<b>5.4.2</b>	<b>Teores de Macronutrientes na rúcula .....</b>	<b>49</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>51</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>52</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional desordenado, a ocupação urbana e o conjunto de atividades humanas têm resultado em graves crises de abastecimento de água. Uma importante contribuição para esse cenário de escassez de água é a falta de tratamento de esgotos e de efluentes industriais e a grande demanda de água para irrigação agrícola. Por esses motivos, se faz necessário a busca por soluções práticas, econômicas e eficientes para tratamento e reuso de água.

No Brasil, o reuso tem sido incentivado como forma de minimizar a escassez de água potável e a degradação de mananciais causada pelo despejo direto de esgotos e resíduos. Nesse contexto, associado aos problemas de qualidade da água, surge como alternativa a reutilização da água para vários usos, inclusive para a irrigação que representa aproximadamente 72% do consumo de água no Brasil (ALVES, 2015).

Dentre as alternativas de reuso de água, pode-se mencionar o reuso de água cinza. As águas cinzas são aquelas provenientes dos lavatórios, chuveiros, tanques e máquinas de lavar roupa e louça (FIORI *et al.*, 2006). As águas cinzas são bastante eficientes na prática do reuso, visto que as mesmas apresentam alto volume e matéria orgânica de fácil degradação (COHIM, 2007).

O reuso de água na agricultura traz vários benefícios, como por exemplo, a substituição parcial de fertilizantes químicos, que diminui o impacto ambiental, uma vez que reduz a contaminação dos cursos d'água e economia de água direcionada para a irrigação, podendo essa demanda ser utilizada para fins mais nobres, como por exemplo, para abastecimento público (BERNARDI, 2003).

No Brasil ainda não existe uma norma específica para o reuso de águas residuárias. Este pode ser um fator que dificulta a prática de reuso no país, pois a falta de legislação e normatização específica dificulta o trabalho dos profissionais e ainda pode comprometer a saúde da população devido à falta de orientação na implementação, manuseio e manutenção do sistema.

Frente à necessidade de fontes alternativas de água com qualidade, esta pesquisa busca contribuir para o conhecimento científico quanto à viabilidade do reuso de água, principalmente na irrigação de culturas, promovendo um manejo sustentável e preservação ambiental.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

- Avaliar a eficiência da água cinza no desenvolvimento das plantas de alface (*Lactuca Sativa L.*) e rúcula (*Eruca sativa Mill.*).

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a qualidade da água cinza por meio de análises físico-químicas e microbiológicas;
- Avaliar as variáveis de crescimento da alface e da rúcula irrigado com água cinza e água de abastecimento;
- Avaliar a qualidade microbiológica das cultivares estudadas;
- Determinar o teor de nutrientes absorvidos pelas culturas.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 ASPECTO GERAL DO SANEAMENTO BÁSICO

Saneamento ambiental é o conjunto de ações que têm por objetivo proteger e melhorar as condições de vida urbana e rural, por meio de abastecimento de água potável, coleta e disposição sanitária dos resíduos, drenagem urbana, controle de doenças transmissíveis e demais serviços e obras especializadas (FUNASA, 2004).

Essas ações integradas são indispensáveis para que várias enfermidades não ocorram em uma comunidade (MOTA & BOTTO, 2008). Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), a ausência de saneamento é considerada o 11º fator de risco para mortes no mundo. A oferta de saneamento básico é fundamental em termos de qualidade de vida, pois sua ausência acarreta poluição dos recursos hídricos, trazendo prejuízo à saúde da população (IBGE, 2010).

O Brasil passou por mudanças com a globalização de seus produtos em âmbito internacional. No entanto, o País precisa avançar nas questões relativas ao saneamento ambiental, principalmente na coleta e no afastamento ou no tratamento de esgotos (BITTENCOURT *et al.*, 2014).

Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2014), cerca de 93,2% das cidades brasileiras são atendidas por rede de água, destaque para as regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, em que os índices médios são de 97,3, 96,8 e 96,7%, respectivamente. Ainda segundo o SNIS (2014), em relação ao atendimento por redes de esgotos, o índice médio de atendimento é de 57,6% nas áreas urbanas das cidades brasileiras, destacando-se a região Sudeste, com média de 83,3%. Quanto ao tratamento dos esgotos, observa-se que o índice médio do país chega a 40,8% para a estimativa dos esgotos gerados e 70,9% para os esgotos que são coletados, em ambos os casos com destaque para região Centro-Oeste, com 46,4 e 91,1%, respectivamente.

A característica dos esgotos domésticos varia de acordo com o uso da água, mas normalmente eles contêm 99,9% de água e 0,1% de sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos, além dos micro-organismos (FUNASA, 2015). As características mais acentuadas dos esgotos domésticos estão vinculadas às substâncias presentes nos resíduos descartados por serem inúteis, ou prejudiciais ao funcionamento do organismo. Os micro-organismos eliminados nas fezes humanas são de diversos tipos, sendo que os coliformes (*Escherichia coli*, *Aerobacter aerogenes* e o *Aerobacter cloacae*) estão presentes em grande quantidade, podendo atingir um bilhão por grama de fezes (FUNASA, 2015).

O lançamento de efluentes in natura nos recursos hídricos resulta além de vários problemas socioambientais, em impactos significativos sobre a vida aquática e o meio ambiente como um todo. O efluente precisa ser coletado, tratado e ter um destino adequado. De forma geral, não existe um sistema de tratamento padrão para ser utilizado. Vários fatores irão influenciar na escolha das opções tecnológicas, tais como, disponibilidade de área, qualidade desejada para o efluente tratado, da legislação referente ao local, entre outros (PIMENTA *et al.*,2002).

Em termos práticos, há os seguintes tipos de padrão ou diretriz de interesse direto dentro da Engenharia Ambiental no que tange à qualidade da água em corpos d'água e ao reuso de efluentes tratados: Padrões de lançamento no corpo receptor; Padrões de qualidade do corpo receptor e Padrões ou diretrizes de qualidade para determinado uso do efluente tratado (VON SPERLING, 2014).

O lançamento de esgotos sem tratamento nos corpos hídricos ocasiona impactos ambientais negativos, como aponta Mota e Botto (2008):

Devido ao lançamento de efluentes de esgoto sem tratamento, com elevada carga de poluição, nos recursos hídricos e suas proximidades, a população está sujeita a captar água de poços ou de mananciais superficiais, imprópria sanitariamente para consumo humano.

Isso acontece quando não possuem esgotamento sanitário adequado ou ativo nos municípios, a partir daí surgem diversos tipos de doenças ocasionados por veiculação hídrica, como, diarreias, hepatite, cólera, parasitoses intestinais e febre tifoide (CUNHA, 2015).

Geralmente, as comunidades rurais não são contempladas com o sistema de esgotamento sanitário pelas concessionárias, ficando como alternativa para o descarte dos efluentes, a fossa e/ou o lançamento no solo sem tratamento prévio. Por esse motivo, tem-se buscado soluções econômicas e eficientes para o tratamento e reuso de águas servidas.

Neste contexto Batista *et al.* (2013) relataram que “o saneamento rural é muito importante, tanto para a qualidade de vida das populações que vivem no campo, quanto para a preservação do ambiente, devendo ser tratado com a mesma prioridade do saneamento urbano”.

No Brasil, o reuso tem sido incentivado como forma de minimizar a escassez de água potável e a degradação de mananciais causada pelo despejo direto de esgotos e resíduos (BERTONCINI, 2008).

### 3.2 REUSO DE ÁGUA

O termo água de reuso passou a ser utilizado com maior frequência na década de 1980, quando as águas de abastecimento foram se tornando cada vez mais caras, onerando o produto final quando usadas no processo de fabricação (MANCUSO *et al.*, 2003).

As primeiras práticas de disposição de águas residuárias em solo norte-americano datam de 1880. Com a chegada das redes de esgoto no século XIX, as águas começaram a ser descartadas nas chamadas “fazendas de esgoto”, existente em países como Austrália, Estados Unidos, Inglaterra, Alemanha, Índia e México (LEITE, 2003).

No Brasil, o uso de águas residuárias iniciou-se nos engenhos de cana-de-açúcar, com a utilização do efluente originário das destilarias de álcool para irrigar as plantações de cana (LEITE, 2003). Merecem destaque no Brasil quanto ao reuso de água: em 1934 a Estação experimental de Jesus Netto, da SABESP, tratava 60 L/s de esgotos sanitários; em 1993 fábricas do Polo Industrial de Cubatão em São Paulo iniciaram o reuso de água para refrigeração de seus processos de fabricação e a Fábrica da General Motors tratava e reutilizava 100% da água que utilizava; em 1999 o Parque Temático localizado próximo a São Paulo fazia o reuso de água e descarte final em jardins e gramados do parque (LEITE, 2003); já em 2014, na construção da Arena Palmeiras, em São Paulo, foi executado um sistema de filtragem de águas pluviais para reuso em irrigação do gramado e descarga em vasos sanitários (BRASIL ENGENHARIA, 2016).

O reuso antes era visto como uma opção exótica, porém, hoje é uma alternativa que não pode ser ignorada. O tratamento de água deve ser visto como um meio de purificar a água de qualquer grau de impureza para um grau de pureza adequado para o uso pretendido (MANCUSO *et al.*, 2003).

De acordo com a WHO (1973) o reuso pode ocorrer de forma direta e indireta, de forma planejada ou não. Tem-se que:

I - Reuso indireto: ocorre quando a água usada, uma ou mais vezes, é descarregada nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente à jusante de forma diluída;

II - Reuso direto: uso planejado de esgotos tratados para certas finalidades como irrigação, uso industrial, recarga de aquífero e água potável;

III - Reciclagem interna: reuso de água internamente, tendo como objetivo a economia e controle da poluição.

Nas regiões áridas e semiáridas, a água tornou-se um fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola. Essa condição tem levado à busca por recursos

hídricos complementares. As águas de qualidade inferior, como esgoto, principalmente de origem doméstica, águas de drenagem agrícola e águas salobras, sempre que possível, devem ser utilizadas para fins menos restritos (HESPANHOL, 2003). Ainda segundo Hespanhol (2003), durante as duas últimas décadas, o uso de esgotos para irrigação de culturas aumentou significativamente em razão de alguns fatores como dificuldade de identificar fontes alternativas de águas para irrigação; custo elevado de fertilizantes; riscos de saúde pública e impactos mínimos sobre os solos quando as precauções são devidamente tomadas; custo elevado dos sistemas de tratamento para descarga de efluentes em corpos receptores; aceitação sociocultural do reuso agrícola e reconhecimento dos órgãos gestores sobre a importância da prática.

Segundo Alves (2015), 72% da demanda de água é para o setor agrícola, sendo, portanto, de extrema importância que se atribua prioridade para institucionalizar, promover e regulamentar o reuso para fins agrícolas.

A área irrigada no Brasil está em torno de três milhões de hectares, que representa apenas 1,9% dos 155,0 milhões de hectares cultivados. A região Sul apresenta 35% da área irrigada, seguida da região Sudeste com 30%, Nordeste com 24% e as regiões Centro-Oeste e Norte, juntas, com 11% do total (BERTONCINI, 2008).

Os sistemas de reuso de água para fins agrícolas adequadamente planejados e administrados proporcionam melhorias ambientais e melhorias nas condições de saúde (HESPANHOL, 2003).

Dentre as melhorias, Hespanhol (2003) cita: a minimização das descargas de esgotos em corpos d'água; preservação dos recursos subterrâneos; conservação do solo pela acumulação de húmus, aumentando a resistência à erosão; aumenta a concentração de matéria orgânica no solo, possibilitando maior retenção de água e contribui para o aumento da produção de alimentos em áreas carentes.

### 3.3 ASPECTOS LEGAIS SOBRE O REUSO DE ÁGUA

No fim do século XIX e início do século XX, com a mudança do modelo econômico agrário para o industrial, houve a necessidade de utilizar a água para geração de riquezas por meio da energia elétrica (BITTENCOURT *et al.*, 2014). Diante dessa situação, surge o Código de Águas Brasileiro.

O Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934, aprovou o Código de Águas Brasileiro com o objetivo de regularizar a utilização do recurso hídrico para geração de energia elétrica (BITTENCOURT *et al.*, 2014). O Código de Águas previa a propriedade privada de corpos

d'água, assegurava o uso gratuito de qualquer corrente ou nascente e tratava os conflitos sobre o uso de águas como meras questões de vizinhança (SANTOS, 2003). Assim, embora avançado para a época em que surgiu, o Código de Águas não foi complementado pelas leis e pelos regulamentos nele previstos, necessários para a completa aplicação de várias de suas disposições (LEITE, 2003). Diante dessa deficiência normativa, houve retrocesso ao cumprimento desse Código.

O tratamento jurídico das águas no Brasil, até o advento da Constituição Federal de 1988, sempre considerou a água um bem inesgotável, passível de utilização abundante e farta. A consciência de que os recursos hídricos têm fim e merecem um tratamento jurídico mais atento, ganha contorno com a própria Constituição Federal de 1988 e a lei que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (SANTOS, 2003).

A Política Nacional de Recursos Hídricos foi instituída pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 e valoriza a água por meio de seu Artigo 1º, baseando-se nos seguintes fundamentos:

- I – A água é um bem de domínio público;
- II – A água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;
- III – Em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;
- IV – A gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;
- V – A bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;
- VI – A gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

E em seu Artigo 2º, são objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos:

- I – Assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;
- II – A utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável;
- III – A prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

O Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), definido pela Lei nº 9.433/97 estabelece alguns pontos para fazer a gestão das águas, como diretrizes, metas e programas, com a participação e mobilização da sociedade (BITTENCOURT *et al.*, 2014).

No Artigo 7º, os Planos de Recursos Hídricos são de longo prazo, com horizonte de planejamento compatível com o período de implantação de seus programas e projetos e terão o seguinte conteúdo mínimo:

IV – Metas de racionalização de uso, aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos disponíveis.

E no Artigo 19º, a cobrança pelo uso de recursos hídricos objetiva:

II – Incentivar a racionalização do uso da água.

Apesar dos avanços legais no que diz respeito à água, o tema reuso da água não foi eleito como um dos objetivos instituídos pela Lei nº 9.433/97, apesar de a mesma acenar para a necessidade de racionalizar a água.

A ausência de preocupação específica com o reuso de água, pode passar a impressão de que, após a utilização, o descarte da água na forma de esgoto domésticos ou efluentes industriais, seria um problema secundário (LEITE, 2003). Diante disso, é pertinente comentar a respeito da outorga de uso e reuso.

O regime de outorga de direitos de uso de recursos hídricos tem como objetivos assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água (SANTOS, 2003).

Segundo SANTOS, 2003:

A importância da outorga para o reuso de água reside no fato de que, a partir da implantação do reuso direto no processo produtivo, fica o usuário automaticamente dispensado de qualquer autorização por parte do poder público para o próprio reuso da água, uma vez que sua reutilização não se enquadra em nenhuma das hipóteses legais desse tipo de concessão.

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.

O artigo 3º dessa Resolução abrange as modalidades de reuso direto não potável de água, são elas:

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;

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

O Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA em sua Resolução nº 357/2005, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. A Resolução CONAMA nº 430/2011 complementa e altera a Resolução nº 357/2005. Nesta resolução destacam-se dois artigos sobre a disposição final de efluentes:

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. 21º. 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:

a) pH entre 5 e 9;

b) 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;

c) materiais sedimentáveis: até 1 mL/L 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;

d) Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO 5 dias, 20 °C: máximo de 120 mg/L, 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.

e) substâncias solúveis em hexano (óleos e graxas) até 100 mg/L; e

f) ausência de materiais flutuantes.

No Artigo 15º da Resolução CONAMA nº 357/2005 aplicam-se os seguintes parâmetros para as condições de lançamento de efluentes:

I - coliformes termotolerantes: para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA nº 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

A Portaria nº154, de 22 de Julho de 2002 do Estado do Ceará dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras (CEARÁ, 2002). No Artigo 6º constam as diretrizes para a reutilização de efluentes de origem doméstica em atividades agronômicas (irrigação e drenagem, dessedentação de animais e aquicultura), são elas:

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

- a) Coliformes fecais < 1.000 CF/100 mL.
- b) Ovos de geohelmintos < 1 ovo/L de amostra.
- c) Condutividade elétrica < 3.000 µS/cm

II - Atividades Tipo 2: aquelas não referidas no inciso anterior, conforme se segue:

- a) Coliformes fecais < 5.000 CF/100 mL.
- b) Ovos de geohelmintos < 1 ovo/L de amostra.
- c) Condutividade elétrica < 3.000 µS/cm

A RDC nº 12, define critérios e padrões microbiológicos para alimentos destinados ao consumo humano e é utilizada para a interpretação dos resultados quando a irrigação de culturas é através de água de reuso. A mesma estabelece que para culturas frescas “in natura”, inteiras, selecionadas ou não, deve ter ausência de *Salmonella sp.* 25g e valores de até 10<sup>2</sup> de coliformes a 45 °C/g (ANVISA, 2001).

### 3.4 ÁGUA CINZA

Uma das fontes consideradas adequadas para reuso são as chamadas águas cinzas. Água cinza é o efluente doméstico que não possui contribuição da bacia sanitária e pia de cozinha (SAUTCHUK, 2005).

As águas cinzas são aquelas provenientes do uso de lavatórios, chuveiros, banheiras, pias de cozinha, máquina de lavar roupa e tanque e que não possuem contribuição de efluentes de vasos sanitários (FEITOSA *et al.*, 2011).

Mesmo não havendo contribuição do vaso sanitário, a presença de matéria orgânica e inorgânica são bastante significativas. A matéria orgânica é oriunda de resíduos corporais, cabelo, sabão, óleos, graxas e etc., já a matéria inorgânica é oriunda, principalmente, dos produtos químicos e detergentes, utilizados para limpeza (MAY, 2009).

O conceito para água cinza diverge entre os autores no que diz respeito ao efluente de pia de cozinha. Uns utilizam em seu conceito a adição desse efluente e outros as descartam. O nível de tratamento dessas águas cinzas dependerá da sua qualidade e o fim a que se destina. Por isso é necessário à caracterização da água cinza gerada, para que se possa escolher a forma de tratamento mais adequada.

Para água cinza, técnicas de tratamento simples como infiltração no solo, filtro de cascalho, *wetlands* construídos ou lagoas podem resultar em redução de níveis de patógenos de acordo com os parâmetros estabelecidos (WHO, 2006).

No Brasil, a utilização indireta de águas residuárias em atividades agrícolas é uma realidade, particularmente nos cinturões verdes dos grandes aglomerados urbanos, onde o pequeno agricultor usa as águas superficiais poluídas por esgotos de diversas origens, para irrigar culturas. O reuso dos efluentes só será bem-sucedido por meio dos quatro pilares que sustentam uma agricultura sustentável: o tipo de solo, a qualidade da água de irrigação, a cultura a ser utilizada e o melhor método de irrigação (FUNASA, 2007).

### 3.5 QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

Em geral, o Brasil não possui ainda uma legislação ou critérios recomendados com padrões de qualidade para água de reuso. Existe a Resolução nº 54, de 28/11/2005, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH, que indica as modalidades de reuso, apresentando diretrizes e critérios gerais, sem, no entanto, esclarecer parâmetros e padrões de qualidade (JORDÃO & PESSOA, 2014).

De maneira geral, não se observa preocupação dos produtores de hortaliças, quanto às características da água de irrigação, a não ser quando há ocorrência de problemas como queima das plantas, entupimento dos orifícios dos gotejadores ou microaspersores (TRANI *et al.*, 2011).

Na Tabela 1 são apresentados parâmetros para avaliação da qualidade da água de irrigação para hortaliças, referentes aos níveis críticos acima dos quais poderão ocorrer danos ao desenvolvimento das hortaliças, ou possibilidade de formação de resíduos causando problemas nos sistemas de irrigação, ou ainda possibilidade de reações químicas, afetando a disponibilidade de elementos minerais, entre outras consequências.

Tabela 1. Faixas de valores máximos ou níveis críticos de diferentes parâmetros na água de irrigação para hortaliças.

Parâmetros *	Valores máximos	Parâmetros *	Valores máximos
pH	7,0 - 7,5	Si	5,0 - 10,0
C.E. (mS cm <sup>-1</sup> )	0,5 - 1,2	Pb	0,1
RAS	3,0 - 6,0	Co	0,05 - 0,10
Bicarbonatos	60 - 120	Ni	0,2 - 0,5
Sólidos sol. Totais (TDS)	480 - 832	Al	5
Na	50 - 70	F	0,2 - 1,0
Ca	80 - 110	Mo	0,01 - 0,1
Mg	50 - 110	Se	0,01 - 0,02
N total	5,0 - 20	V	0,1
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	5,0 - 10,0	Li	0,07 - 2,50
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,5 - 5,0	Cr	0,05 - 0,10
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	1,0	Be	0,1 - 0,5
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	100 - 250	As	0,05 - 0,10
H <sub>2</sub> S	0,2 - 2,0	Ba	1
K	5 - 100	Hg	0,002
P	30,0	Cd	0,01
Cl	70 - 100	CN <sup>-</sup>	0,2
Fe	0,2 - 1,5	Sn	2
Mn	0,2 - 2,0	Fenois	0,001
Cu	0,2 - 1,0	Col. Fecal **	1.000
Zn	1,0 - 5,0	Col. Total **	5.000
B	0,5 - 1,0		

\*: Valores em mg.L<sup>-1</sup> com exceção do pH, C.E. e RAS.

\*\* : coliformes em nmp (número mais provável) em 100 ml de água

Fonte: Trani et al. (2011).

A adequação da água de irrigação não depende unicamente do teor total, mas também do tipo de sais e os riscos de danos ao solo a longo prazo. Os problemas de solo mais comuns, segundo os quais se avaliam os efeitos da qualidade da água relacionados à salinidade (afeta a disponibilidade de água para as plantas), são a velocidade de infiltração da água no solo e a toxicidade (AYERS & WESTCOT, 1999).

Como indicativo de salinidade do solo, Ayers & Westcot (1999) sugerem que seja analisada a CE da água de irrigação (Ce<sub>ai</sub>) e o total de sólidos solúveis. Os valores podem ser vistos na Tabela 2.

Tabela 2. Grau de restrição de uso da água de irrigação em relação aos problemas que pode ocasionar ao solo.

Problemas e constituintes relacionados com:	Unidades	Grau de restrição ao uso		
		Nenhuma	Moderada	Severa
<u>Salinidade</u>				
CE da água de irrigação ( $CE_{ai}$ )	dS $m^{-1}$	< 0,7	0,7 a 3,0	> 3,0
TDS (total de sais dissolvidos)	mg $L^{-1}$	< 450	450 a 2000	> 2000
<u>Capacidade de infiltração do solo</u>				
RAS = 0 a 3 e $CE_{ai}$		$\geq 0,7$	0,7 a 0,2	< 0,2
RAS = 3 a 6 e $CE_{ai}$		$\geq 1,2$	1,2 a 0,3	< 0,3
RAS = 6 a 12 e $CE_{ai}$		$\geq 1,9$	1,9 a 0,5	< 0,5
RAS = 12 a 20 e $CE_{ai}$		$\geq 2,9$	2,9 a 1,3	< 1,3
RAS = 20 a 40 e $CE_{ai}$		$\geq 5,0$	5,0 a 2,9	< 2,9
<u>Toxicidade</u>				
<u>Sódio (Na)</u>				
Irrigação por superfície	RAS	< 3,0	3,0 a 9,0	> 9,0
Irrigação por aspersão	mmol <sub>c</sub> $L^{-1}$	< 3,0	> 3,0	-
<u>Cloro (Cl)</u>				
Irrigação por superfície	mmol <sub>c</sub> $L^{-1}$	< 4,0	4,0 a 10,0	> 10,0
Irrigação por aspersão	mmol <sub>c</sub> $L^{-1}$	< 3,0	> 3,0	-
<u>Boro (B)</u>				
	mmol <sub>c</sub> $L^{-1}$	< 0,7	0,7 a 3,0	> 3,0
<u>Miscelâneas</u>				
Nitrogênio ( $NO_3^- - N$ )	mmol <sub>c</sub> $L^{-1}$	< 5,0	5,0 a 30,0	> 30,0
Bicarbonato $HCO_3^-$ (irrigação por aspersão)	mmol <sub>c</sub> $L^{-1}$	< 1,5		> 8,5
pH	Amplitude normal de 6,5 a 8,4			

Fonte: Ayers & Westcot (1999).

### 3.6 PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA CINZA

#### 3.6.1 Parâmetros Físico-Químicos

##### 3.6.1.1 Cor

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

### 3.6.1.2 Temperatura

A temperatura é um indicador que mede a intensidade de calor da água. É importante se avaliar esse parâmetro porque elevações da mesma aumentam a taxa das reações físicas, químicas e biológicas; diminuem a solubilidade dos gases (ex: oxigênio dissolvido) e aumentam a taxa de transferência de gases (o que pode gerar mau cheiro, no caso da liberação de gases com odores desagradáveis) (VON SPERLING, 2014).

### 3.6.1.3 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).

### 3.6.1.4 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Ele representa a concentração de íons hidrogênio  $H^+$  (em escala antilogarítmica), dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água (VON SPERLING, 2014).

No caso das águas de irrigação, o pH normal está compreendido entre 6,5 e 8,4 (ALMEIDA, 2010).

### 3.6.1.5 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. O fósforo dos detergentes pode representar até 50% da concentração de fósforo total nos esgotos domésticos.

É um elemento indispensável para o crescimento de algas e, quando em elevadas concentrações em lagos e represas, pode conduzir a um crescimento exagerado desses organismos (eutrofização) e também é um nutriente essencial para o crescimento dos microrganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica (VON SPERLING, 2014).

#### 3.6.1.6 Nitrogênio

O Nitrogênio é um elemento que se altera entre várias formas e estados de oxidação, como resultado de diversos processos bioquímicos. É um componente indispensável para o crescimento dos microrganismos responsáveis pelo tratamento de esgotos (VON SPERLING, 2014).

O nitrogênio contido na água de irrigação tem o mesmo efeito para as plantas que o nitrogênio aplicado com os fertilizantes, não obstante, a aplicação de quantidades excessivas com a irrigação pode chegar a causar problemas relacionados com um crescimento vegetativo excessivo, uma desigual e tardia maturação dos frutos, ou frutos de inferior qualidade (ALMEIDA, 2010).

#### 3.6.1.7 Cálcio

Outro índice que às vezes se costuma encontrar nos estudos de águas é o grau de dureza, que se refere ao conteúdo de cálcio delas (ALMEIDA, 2010).

A dureza em determinadas concentrações, causa um sabor desagradável e pode ter efeitos laxativos; também reduz a formação de espuma, implicando num maior consumo de sabão e pode causar incrustações nas tubulações de água quente, caldeiras e aquecedores (VON SPERLING, 2014).

#### 3.6.1.8 Sódio

A sodicidade vem dada pelo conteúdo de sódio ( $\text{Na}^+$ ) na água. Seu uso como parâmetro de qualidade é devido a seu efeito sobre a permeabilidade do solo, e sobre a nutrição e toxicidade das plantas. É o elemento mais abundante e perigoso das águas salinas. Sua toxicidade se manifesta na planta em forma de queimaduras nas folhas (ALMEIDA, 2010).

#### 3.6.1.9 Turbidez

A turbidez representa o grau de interferência com a passagem da luz através da água, prejudicando a fotossíntese e conferindo uma aparência turva à mesma. Não traz inconvenientes sanitários diretos, porém é esteticamente desagradável na água potável, e os sólidos em suspensão podem servir de abrigo para microrganismos patogênicos, diminuindo a eficiência da desinfecção (VON SPERLING, 2014).

#### 3.6.1.10 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, 2014).

#### 3.6.1.11 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).

#### 3.6.1.12 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

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. O descarte de efluente industrial é o principal causador do aumento da concentração de DQO em um corpo hídrico (DERISIO, 2012).

### **3.6.2 Parâmetros Microbiológicos**

#### 3.6.2.1 Coliformes Totais

O grupo Coliformes Totais constitui-se em um grande grupo de bactérias que poderiam ser entendidos, de forma simplificada, como coliformes “ambientais”, dada a sua possível incidência em águas e solos não contaminados, representando, portanto, outros organismos de vida livre, e não intestinal, por esta razão, os coliformes totais não devem ser utilizados como indicadores de contaminação fecal (VON SPERLING, 2014).

#### 3.6.2.2 Coliformes Termotolerantes

Coliformes Termotolerantes são um grupo de bactérias indicadores de organismos originários predominantemente do trato intestinal humano e outros animais. A *Escherichia coli* é a principal bactéria do grupo de coliformes termotolerantes, sendo abundante nas fezes

humanas e animais e é a única que dá garantia de contaminação exclusivamente fecal (VON SPERLING, 2014).

### 3.7 CULTURA DA ALFACE

A alface é originária da região mediterrânea. Ao redor do ano 4.500 a.C. já era conhecida no antigo Egito, onde foi domesticada, chegando ao Brasil no século XVI, trazida pelos portugueses. É diurética, depurativa e usada contra insônia. Destaca-se pelo conteúdo de vitaminas A, C e minerais (AGUIAR *et. al.*, 2014).

A alface (*Lactuca sativa L.*) é uma planta anual, originária de clima temperado, pertencente à família Asteracea, certamente uma das hortaliças mais populares e consumidas no Brasil e no mundo (HENZ, 2009).

No Brasil, as alfaces mais conhecidas e consumidas são as crespas e as lisas, algumas das quais foram melhoradas para o cultivo de verão ou adaptadas para regiões tropicais, com temperaturas e pluviosidade elevadas e podem ser agrupadas em cinco tipos: repolhuda lisa, repolhuda crespa ou americana, solta lisa, solta crespa e romana, conforme Figuras 1, 2, 3 e 4 (HENZ, 2009). Desenvolvem-se melhor em temperaturas entre 12 e 22 °C e suportam frio de até 7 °C (MAKISHIMA, 2004).

Figura 1. Alface repolhuda lisa.



Fonte: HENZ (2009).

Figura 2. Alface repolhuda crespa ou americana.



Fonte: HENZ (2009).

Figura 3. Alface solta crespa.



Fonte: HENZ (2009).

Figura 4. Alface romana.



Fonte: HENZ (2009).

A alface lisa apresenta folhas lisas, delicadas e macias, com nervuras pouco salientes, com aspecto oleoso (“manteiga”), formando uma cabeça típica e compacta, já a crespa ou Americana apresenta folhas crespas, consistentes e crocantes, cabeça grande e bem compacta (HENZ, 2009).

No plantio recomenda-se espaçamento de 0,20 a 0,35m x 0,20 a 0,35 m entrelinhas e entre plantas, respectivamente; a irrigação deve ser frequente, por aspersão ou gotejamento e a colheita é feita entre 30 e 45 dias após o transplante das mudas. A colheita é manual, cortando-se as plantas à altura do coleto, logo abaixo das folhas basais (AGUIAR *et. al.*, 2014).

### 3.8 CULTURA DA RÚCULA

A rúcula (*Eruca sativa Mill*) é originária e muito cultivada na região mediterrânea e conhecida desde a antiguidade, sendo que o primeiro registro data do século I. Na Itália, é apreciada pela sua pungência e no Brasil é consumida na forma de salada crua e em pizzas. Tem propriedades nutracêuticas, sendo um bom depurativo, fonte de vitamina C e de ferro (AGUIAR *et. al.*, 2014).

É uma hortaliça herbácea anual, baixa, possuindo normalmente altura de 15 a 20 cm. Apresenta folhas relativamente espessas e divididas (Figura 5) (TRANI *et. al.*, 1992).

Figura 5. Rúcula.



Fonte: O autor (2017).

As cultivares mais consumidas são a Cultivada que possui bordas mais recortadas e a Folha Larga que são mais lisas e com o limbo foliar maior. No plantio recomenda-se

espaçamento de 0,15 a 0,25m entrelinhas e de 0,05 a 0,10m entre plantas; a irrigação deve ser frequente, por aspersão ou gotejamento e a colheita é feita entre 30 e 40 dias após a semeadura (AGUIAR *et. al.*, 2014).

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

A pesquisa foi conduzida em estufa do Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, localizada no Campus Oeste da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), em Mossoró/RN, sob coordenadas geográficas 5°12' 03.0" S e 37°19' 37.2" O (Figura 6), no período compreendido entre os meses de agosto e setembro de 2017.

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo BSwH', seco, muito quente, com precipitação pluviométrica bastante irregular, com média anual de 673,9 mm, temperatura média de 27 °C e umidade relativa do ar média de 68,9% (CARMO FILHO e OLIVEIRA, 1995).

Figura 6. Localização da estufa na UFERSA onde o experimento foi conduzido.



Fonte: Google Maps (2017).

A estufa, onde o experimento foi conduzido, é do tipo capela constituída por piso de terra batida, com pé direito de 3,0 m, 12,0 m de comprimento e 16,0 m de largura, coberto com filme de polietileno de baixa densidade, com aditivo anti raios ultravioleta e espessura de 150 micras, protegida nas laterais com tela preta, permitindo a passagem de 50% da luz solar e protegendo de ventos intensos (Figura 7).

Figura 7. Vista externa da estufa.



Fonte: O autor (2017).

#### 4.2 DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO E DELINEAMENTO

Cada unidade experimental da alface foi constituída por um vaso plástico com capacidade para 2 L contendo 50% de substrato de fibra de coco e 50% de composto orgânico, ambos adquiridos em comércio, no município de Mossoró; já a unidade experimental da rúcula foi constituída por um saco plástico com capacidade para 2 L contendo o mesmo material da unidade experimental da alface, cuja caracterização do composto orgânico pode ser visto na Tabela 3.

Tabela 3 – Caracterização do Composto Orgânico utilizado no experimento

Nitrogênio Total	13% peso/peso
Umidade	50% peso/peso
Carbono Orgânico	21%
pH	6,0
C/N	15,8
CTC/C	17,6
CTC/C	371 mmolc.dm <sup>3</sup>

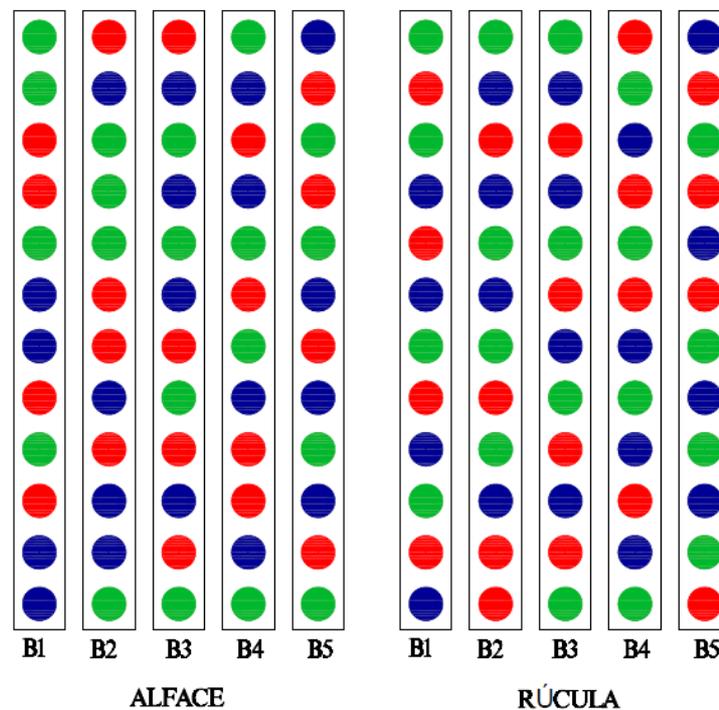
Fonte: Embalagem do produto (2017).

As cultivares trabalhadas no experimento foram a alface crespa Elba e a rúcula Cultivada e ambas foram produzidas em bandejas de poliestireno expandido de 200 células preenchidas com substrato composto por fertilizante orgânico, pela empresa de produtos orgânicos Hortivida. As mudas de alface foram transplantadas para os vasos aos 22 dias após semeadura (DAS) com espaçamento de 30 cm entre vasos e as rúculas foram transplantadas para os sacos aos 15 DAS e com o mesmo espaçamento usado para as plantas da alface. As

plantas foram irrigadas com água de abastecimento durante 3 dias após o transplântio (DAT), até o início dos tratamentos (T1, T2 e T3). Foram realizadas avaliações de altura de planta e número de folhas aos 7, 14, 21, 28 e 35 DAT.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, composto por três tratamentos T1 (100% água de reuso), T2 (100 % de água de abastecimento) e T3 (50% de água de reuso + 50% de água de abastecimento), cinco blocos com quatro unidades experimentais para cada tratamento, perfazendo um total de 12 unidades por bloco e 60 plantas de cada espécie, conforme Figura 8.

Figura 8. Delineamento experimental.



Legenda: ● T1 = 100% de água de reuso, ● T2 = 100% de água de abastecimento, ● T3 = 50% de água de abastecimento + 50% de água de reuso.

Fonte: O autor (2017).

Durante o período experimental, realizaram-se irrigações diárias, sempre pela manhã e final de tarde, através de irrigação manual. A colheita ocorreu aos 35 DAT, onde uma parte das amostras foi coletada, transportada para o Laboratório de Fisiologia e Bioquímica de Plantas da UERN e submetida à secagem em estufa de circulação forçada de ar com temperatura de 70 °C. Depois da secagem, as amostras foram transportadas para o Laboratório de Análise de Solo, Água e Planta - LASAP da UFERSA para análise de macro nutrientes.

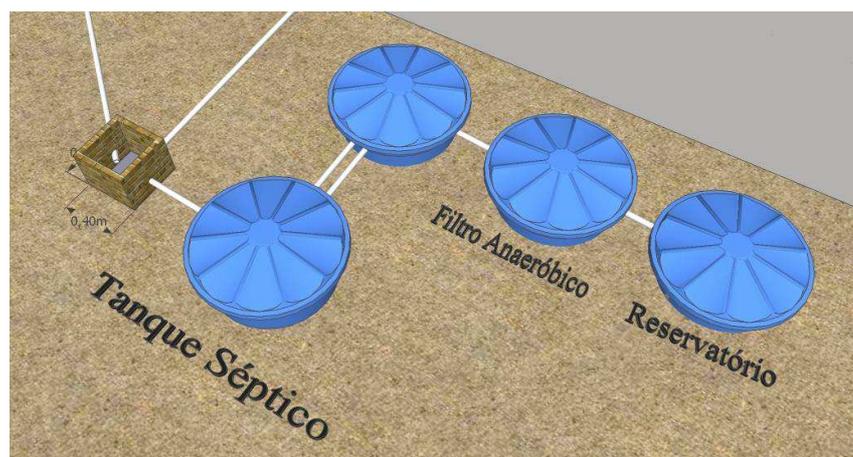
A outra parte das amostras foi encaminhada para o Centro de Análises Clínicas e Imunológicas de Mossoró - CACIM para análise microbiológica.

#### 4.3 ÁGUA DE REUSO UTILIZADA

A água de reuso utilizada foi oriunda de um sistema de tratamento existente na ACREVI – Associação Comunitária Reciclando para Vida que está situada na rua Francisco Pereira de Azevedo, 61, Bairro Nova Vida, sob coordenadas geográficas 5°14'19,1" S e 37°18'40" O, no município de Mossoró / RN.

O sistema de tratamento de águas cinzas instalado na ACREVI (Figura 9) é dotado dos seguintes componentes: a) uma caixa de passagem; b) tanque séptico de duas câmaras; um filtro anaeróbio de fluxo ascendente e c) um reservatório para armazenar a água tratada.

Figura 9. Sistema de tratamento de águas cinzas.



Fonte: FERNANDES (2017).

- a) Caixa de passagem: As águas servidas, provenientes de pias de cozinhas e destinadas aos tanques sépticos e ramais condominiais, devem passar por uma caixa especialmente construída com a finalidade de reter as gorduras (FUNASA, 2015). Foi construída em alvenaria de tijolos, com dimensões 0,40 m de largura, 0,40 m de comprimento e 0,40 m de profundidade.
- b) Tanque séptico: Unidade cilíndrica ou prismática retangular de fluxo horizontal, para tratamento de esgotos por processos de sedimentação, flotação e digestão (NBR 7229/1993). Foram utilizadas duas caixas de polietileno de 500 L.
- c) Filtro anaeróbio: Unidade destinada ao tratamento de esgoto, mediante afogamento do meio biológico filtrante (NBR 7229/1993). O funcionamento baseia-se na

aplicação do efluente sobre leito filtrante, no qual o líquido é tratado por meio de processos físicos, químicos e biológicos (BERTONCINI, 2008). O filtro anaeróbio é em fluxo ascendente, onde foi utilizada uma caixa de polietileno de 500 L e o meio filtrante foi constituído de brita nº 1 (diâmetro entre 9,5 e 19mm) até 90% de sua altura.

A NBR 13969/1997 considera que os filtros anaeróbios em conjunto com o tanque séptico são capazes de remover de 40% a 75% da DBO.

- d) Reservatório ou Tanque de Reuso: Onde a água ficará armazenada depois de filtrada. Foi utilizada uma caixa de polietileno de 500 L.

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

#### 4.4 ANÁLISES DA ÁGUA

Para a caracterização da água residuária foram analisados os seguintes parâmetros: Temperatura e Potencial Hidrogeniônico (pH) onde foi utilizado um medidor multiparamétrico portátil Orion 5 Star da Thermo Scientific, Sólidos Totais foi determinado gravimetricamente utilizando estufa microprocessada de secagem Quimis Q317M na temperatura de 105° C, Nitrogênio (N) e Fósforo (P) foi determinado por espectroscopia no UV- Visível, ambos realizados no LACAM. Para a Condutividade Elétrica (CE) foi utilizado o instrumento Multiparamétrico Orion 5 Star Thermo Scientific e para a Turbidez foi utilizado o instrumento Turbidímetro Portátil TB-1000p MS TecnoPON, ambos realizados no LEQA. A concentração de Cálcio (Ca) foi determinada pelo método de titulometria e o Sódio (Na) pelo método da fotometria de chama, Coliformes Totais e Termotolerantes pelo método do substrato enzimático cromogênio – fluorogênico 9223 B, ambos realizados no Laboratório HIDROLAB. A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) foi determinada pelo método de Wikler e Demanda Química de Oxigênio (DQO) pelo método do refluxo fechado, realizados no Laboratório Central de Monitoramento de Efluentes da CAERN.

#### 4.5 PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO DA PLANTA

Foram realizadas avaliações de crescimento (altura da planta e número de folhas), onde a altura da planta foi mensurada entre o solo e a parte mais alta da planta utilizando-se uma trena e a contagem do número de folhas foi feita partindo-se da folha basal até a última aberta. Também foi realizada análise microbiológica da planta produzida em termos de coliformes e *salmonella* pelo método de tubos múltiplos no Laboratório CACIM. Foram realizadas ainda análises de macro nutrientes segundo a metodologia de Donagema *et. al.*, (2011): Nitrogênio (N), Fósforo (P), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Potássio (K) no LASAP.

#### 4.6 ANÁLISES 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 (SILVA, 2017).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 QUALIDADE DA ÁGUA UTILIZADA NA IRRIGAÇÃO

Os resultados qualitativos referentes aos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água cinza tratada e de abastecimento estão expressos na Tabelas 4.

Tabela 4 – Caracterização da qualidade da água utilizada no experimento.

Parâmetro	Unidades	Água de Abastecimento	Água Cinza	Valores recomendados	Referência
Cor	mg Pt/L	0,00	16,00	até 75 mg Pt/L	CONAMA 357/2005
Temperatura	(°C)	22,30	22,00	Inferior a 40 °C	CONAMA 430/2011
Condutividade Elétrica	µS/ cm	409,00	407,00	< 700 µS/ cm	Ayers & Westcot (1999).
pH	-	7,80	7,50	Entre 6 e 9	CONAMA 430/2011
Fósforo	mg/L <sup>-1</sup>	0,17	0,25	Até 30 mg/L	Trani (2011)
Cálcio	mg/L <sup>-1</sup>	8,00	35,00	80 - 110 mg/L	Trani (2011)
Sódio	mg/L <sup>-1</sup>	15,15	71,50	50 - 70 mg/L	Trani (2011)
Turbidez	NTU	0,01	4,75	Até 40 NTU	CONAMA 357/2005
Nitrogênio Total	mg/L <sup>-1</sup>	2,10	14,13	5 - 20 mg/L	Trani (2011)
Sólidos Totais	mg/L <sup>-1</sup>	-	474,00	480 - 832 mg/L	Trani (2011)
DBO	mg/L <sup>-1</sup>	1,00	27,20	< 30 mg/L	USEPA (2004)
DQO	mg/L <sup>-1</sup>	1,90	160,00		
Coliformes Totais	NMP 100 ml/L	Ausente	120x10 <sup>3</sup>	10 <sup>5</sup> NMP 100 ml/L	Trani (2011)
Coliformes Termotolerantes	NMP 100 ml/L	Ausente	75x10 <sup>3</sup>	10 <sup>2</sup> NMP 100 ml/L	CONAMA 357/2005

Fonte: O autor (2017).

A Figura 10 demonstra a diferença na cor entre a água cinza tratada e a água de abastecimento. A Cor da água cinza apresentou valor de 16,00, se enquadrando no que determina a Resolução CONAMA 357/2005 que estabelece o valor até 75 mg Pt/L. Borges (2003), quando qualificava a água cinza para promoção da sustentabilidade dos recursos hídricos encontrou valores mínimos de 9,0 e máximo de 300,0 para a cor. Para turbidez o valor encontrado foi de 4,75 NTU, próximo ao que foi encontrado por Fernandes (2017) quando encontrou valores entre 4,06 e 9,03 NTU. Segundo Borges (2003) a Cor e a Turbidez

estão intimamente relacionados ao aspecto estético do efluente, além do que as partículas sólidas em suspensão podem servir de abrigo aos microrganismos.

Figura 10. Diferença entre a Cor da Água de Abastecimento e Água Cinza.



A = Água de Abastecimento; B = Água Cinza Tratada.

Fonte: O autor (2017).

A temperatura da água cinza tratada atingiu valor de 22 °C, o valor da temperatura está dentro do padrão de lançamento de efluentes de sistema de esgoto sanitário de acordo com a Resolução CONAMA 430/11 que estabelece que a mesma deve ser inferior a 40 °C. Borges (2003) registrou valor máximo de temperatura de água cinza de 27 °C e Rampelotto (2014) encontrou uma variação de 21 a 31,5 °C em sua pesquisa.

Assim como a temperatura, o valor do pH da água cinza encontrado na pesquisa (7,5) atende ao que estabelece a Resolução CONAMA 430/11 (pH entre 6 e 9), ao mesmo passo que segue as recomendações de Trani (2011) para fertirrigação em hortaliças (pH com valores máximos de 7,0 a 7,5). Borges (2003) obteve pH mínimo de 6,7 e máximo de 8,5 e Urbano (2013) obteve valor médio de 7,72.

A CE apresentou valor de 407,00  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , o que representa nenhum grau de restrição ao uso de acordo com Ayers & Westcot (1999). Bazzarella (2005) encontrou em sua pesquisa média de CE de 430  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

A concentração de Fósforo foi de 0,25 mg/L, valor semelhante ao que encontrou Rebêlo (2011) em sua pesquisa (0,02 a 2,3 mg/L). De acordo com Resolução CONAMA 357/2005, o teor de fósforo da pesquisa está acima do permitido para a Classe 1, indicada para a irrigação de hortaliças consumidas cruas, onde o valor máximo de fósforo total permitido é de 0,025 mg/L.

A concentração de Nitrogênio Total foi de 14,13 mg/L, cujo valor se enquadra nos valores máximos descritos por Trani (2011) que é de 5,0 a 20,0 mg/L. Outros trabalhos revelaram resultados semelhantes que variaram de 13,29 mg/L a 16,7 mg/L (Fernandes, 2017) e 17,19 mg/L (May, 2009).

A concentração de Cálcio encontrada na água cinza foi de 35,0 mg/L, se enquadrando nos valores máximos descritos por Trani (2011) que são de 80,0 a 110 mg/L. Já o Sódio apresentou valor de 71,5 mg/L, Trani (2011) estabelece valor máximo de 50,0 a 70,0 mg/L. A quantidade de sódio na água é usado como parâmetro de qualidade da água devido a seu efeito sobre a permeabilidade do solo, e sobre a nutrição e toxicidade das plantas (ALMEIDA, 2010).

O valor para Sólidos Totais foi de 474,0 mg/L, valor próximo às concentrações máximas descritas por Trani (2011) que é uma faixa de 480,0 a 832,0 mg/L. Fernandes (2017) encontrou valor mínimo de 409,5 e máximo de 538,5 mg/L. Já May (2009) encontrou valores entre 323,0 e 710,0 mg/L, estando o valor detectado nesse trabalho entre os encontrados pelos autores.

A DQO apresentou valor de 160,0 mg/ L e a DBO de 27,2 mg/L. Rebêlo (2011) encontrou valores médios de DQO de 131,2 mg/ L e de DBO de 19,0 mg/ L. Já Fernandes (2017) encontrou valores para DQO entre 58,0 e 105,9 mg/ L e para DBO valores entre 4,0 e 28,0 mg/ L.

A concentração de Coliformes Totais e Termotolerantes apresentaram valores de  $120 \times 10^3$  NMP 100 ml/L e  $75 \times 10^3$  NMP 100 ml/L, respectivamente. A pesquisa de Bazzarella (2005), apresentou concentração de coliformes totais e termotolerantes na ordem de  $10^4$  NMP 100 ml/L. Já as pesquisas de Rebêlo (2011) e Rampelotto (2014) encontraram valores de coliformes totais e termotolerantes na ordem de  $10^5$  NMP 100 ml/L. Para o uso de água na irrigação de hortaliças, a Resolução CONAMA nº 357/2005 determina que não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros, portanto os padrões microbiológicos da água cinza dessa pesquisa estão em desacordo, sendo importante incluir no sistema uma unidade de pós-tratamento com desinfecção.

## 5.2 CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DA ALFACE E DA RÚCULA

Os valores encontrados para as análises microbiológicas referentes à alface e rúcula encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5 – Qualidade microbiológica das plantas produzidas.

Micro-organismos	Alface		Rúcula		Recomendação RDC nº 12 (ANVISA, 2001)
	AA	ACT	AA	ACT	
Coliformes (a 45 °C) (UFC/g)	15,00	120,00	5,00	6,00	10 <sup>2</sup> UFC/g
<i>Salmonella</i>	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausência

AA = Água de Abastecimento; ACT = Água Cinza Tratada

Fonte: O autor (2017).

Os valores encontrados para Coliformes na alface produzida está acima do que determina a RDC nº 12 (ANVISA, 2001) que estabelece os padrões microbiológicos sanitários para alimentos, a qual permite para hortaliças até 10<sup>2</sup> UFC/g e ausência de *Salmonella*, no entanto a rúcula encontra-se dentro dos padrões sanitários para consumo tanto em termos de coliformes quanto em termos de *Salmonella*. Urbano (2013) avaliando também o cultivo de alface com aplicação de água tratada, encontrou valores para coliformes na ordem de 3x10<sup>3</sup> UFC/g.

Um fato curioso quanto a presença de coliformes, é que, mesmo a água cinza utilizada na irrigação não se enquadrar no que determina a Resolução CONAMA nº 357/2005, a rúcula não apresentou contaminação no que diz respeito aos padrões da RDC nº 12 (ANVISA, 2001), ao contrário do que aconteceu com a alface. Esse fato pode ter provavelmente ocorrido devido ao manejo na irrigação, pois a alface é uma planta que tem folhas largas e espalhadas, já a rúcula tem folhas mais estreitas (Figura 11). Portanto, com o decorrer do experimento, apesar da cautela para que a cultura não entrasse em contato com a água da irrigação, em determinado estágio foi ficando cada vez mais difícil devido ao tamanho e largura das folhas da alface.

Figura 11. Comparação entre Rúcula e Alface



A = Rúcula; B = Alface.

Fonte: O autor (2017).

### 5.3 VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO DA ALFACE E DA RÚCULA

#### 5.3.1 Variáveis de crescimento da alface

##### 5.3.1.1 Altura de Planta

De acordo com análise de variância (Tabela 6), observa-se que não houve efeito significativo para a variável altura de planta (AP) da alface nos tratamentos T1 (100% água de reuso), T2 (100% de água de abastecimento) e T3 (50% de água de reuso + 50% de água de abastecimento) nas cinco avaliações realizadas durante o experimento.

Tabela 6- Resumo das análises de variância para a variável altura de planta (AP) da alface irrigada com água cinza tratada, água de abastecimento e diluição medidas aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após transplântio (DAT).

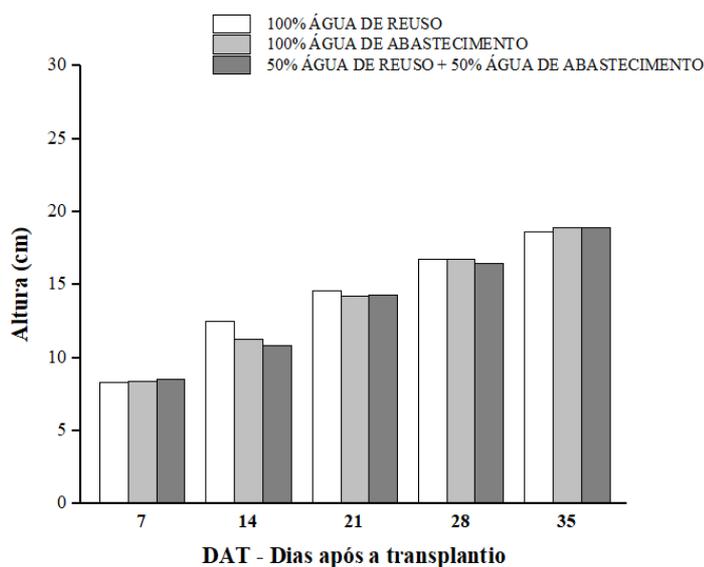
Fator de variação	GL	Quadrados Médio				
		7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS	35 DIAS
TRATAMENTOS	2	0,051 ns	3,726 ns	0,162 ns	0,104 ns	0,104 ns
BLOCOS	4	0,086 ns	0,206 ns	1,415 **	2,423 **	2,503 ns
RESÍDUO	8	0,336	1,135	0,138	0,242	0,708
CV (%)		6,85	9,19	2,57	2,95	4,46

ns= não significativo ( $p \geq 0,05$ ); \*= significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0,01 \leq p < 0,05$ ); \*\*= significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ); GL= Grau de Liberdade; CV= Coeficiente de Variação.

Urbano (2003) observou o mesmo feito, quando analisou a aplicação de água residuária em dois ciclos de cultivo de alface e verificou que não houve diferença significativa nos dois tratamentos aplicados (água residuária e água de abastecimento).

O tratamento T1 apresentou as maiores médias na variável AP quando comparado aos tratamentos T2 e T3 aos 14 e 21 DAT. Ao fim do experimento, na avaliação aos 35 DAT as alfaces apresentaram altura média de 18,90 cm (Figura 12).

Figura 12 - Altura de planta aos 7, 14, 21, 28 e 35 DAT da alface irrigada com água cinza tratada, água de abastecimento e diluição.



### 5.3.1.2 Número de Folhas

De acordo com análise de variância (Tabela 7), observa-se que não houve efeito significativo para a variável número de folhas (NF) da alface nos tratamentos T1, T2 e T3 nas cinco avaliações realizadas durante o experimento.

Tabela 7- Resumo das análises de variância para a variável número de folhas (NF) da alface irrigada com água cinza tratada, água de abastecimento e diluição medidas aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após transplante (DAT).

Fator de variação	GL	Quadrados Médio				
		7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS	35 DIAS
TRATAMENTOS	2	0,304 ns	0,316 ns	0,104 ns	0,237 ns	0,529 ns
BLOCO	4	1,422 *	2,454 **	1,879 **	2,027 **	7,197 **
RESÍDUO	8	0,351	0,317	0,245	0,133	0,545
CV (%)		6,38	4,51	3,31	2,11	3,16

ns= não significativo ( $p \geq 0,05$ ); \*= significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0,01 \leq p < 0,05$ );

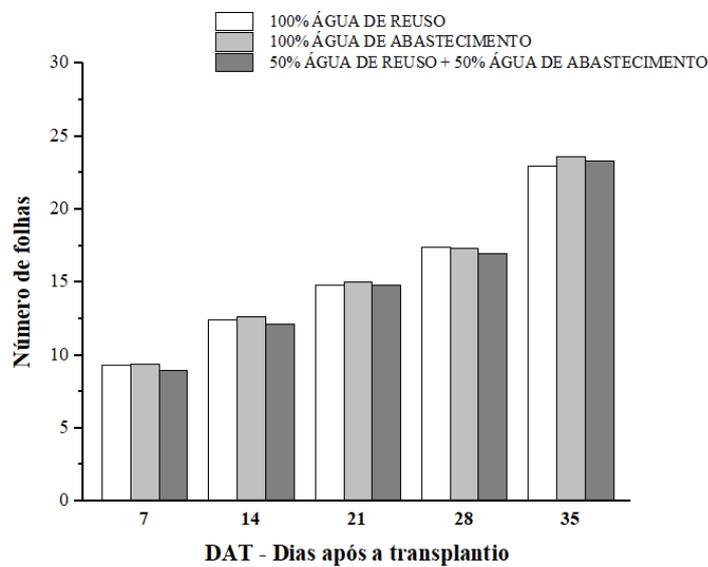
\*\*= significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ); GL= Grau de Liberdade; CV= Coeficiente de Variação.

Sandri (2007) pesquisando o desenvolvimento da alface em diferentes sistemas de irrigação com água residuária verificou que a altura das plantas e o número de folhas das

plantas de alface foram pouco influenciados pelo uso de água residuária, em todas as datas de amostragem.

O tratamento T1 apresentou maiores valores em termos de número de folhas aos 28 DAT, onde apresentou média de 17 folhas. Ao fim do experimento, na avaliação aos 35 DAT as alfaces apresentaram número médio de 23 folhas (Figura 13).

Figura 13 – Número de folhas aos 7, 14, 21, 28 e 35 DAT da alface irrigada com água cinza tratada, água de abastecimento e diluição.



### 5.3.2 Variáveis de crescimento da rúcula

#### 5.3.2.1 Altura de Planta

De acordo com análise de variância (Tabela 8), observa-se que não houve efeito significativo para AP da rúcula nos tratamentos T1, T2 e T3 nas cinco avaliações realizadas durante o experimento.

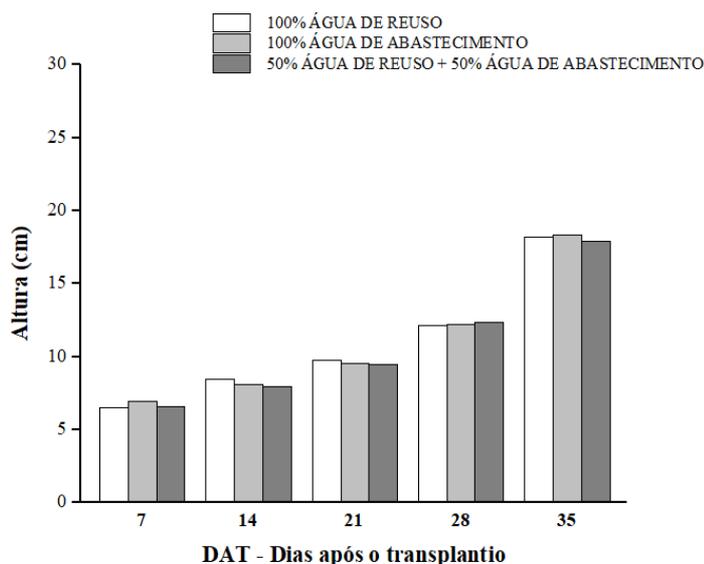
Tabela 8 - Resumo das análises de variância para a variável altura de planta (AP) da rúcula irrigada com água cinza tratada, água de abastecimento e diluição medidas aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após transplântio (DAT).

Fator de variação	GL	Quadrados Médio				
		7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS	35 DIAS
TRATAMENTOS	2	0,257 ns	0,329 ns	0,121 ns	0,038 ns	0,279 ns
BLOCOS	4	0,211 ns	2,871 **	3,954 **	0,738 ns	0,186 ns
RESÍDUO	8	0,098	0,267	0,473	0,529	0,309
CV (%)		3,93	6,3	7,13	5,92	3,06

ns= não significativo ( $p \geq 0,05$ ); \*= significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0,01 \leq p < 0,05$ ); \*\*= significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ); GL= Grau de Liberdade; CV= Coeficiente de Variação.

O tratamento com água de reuso aos 14 e 21 DAT apresentou maiores valores médios de AP em relação aos outros tratamentos e aos 35 DAT apresentou médias semelhantes ao tratamento com água de abastecimento. Ao fim do experimento, na avaliação aos 35 DAT as rúculas apresentaram altura média de 18,20 cm (Figura 14). Nikaido (2009) em sua pesquisa encontrou valores médios para AP da rúcula irrigada com água de reuso e de abastecimento de 25,26 cm e 24,45 cm, respectivamente, indicando que não houve grande diferença para esse parâmetro em relação aos tratamentos.

Figura 14 - Altura de planta aos 7, 14, 21, 28 e 35 DAT da rúcula irrigada com água cinza tratada, água de abastecimento e diluição.



Verifica-se pela Figura 14 que entre os 28 e 35 DAT a AP aumenta significativamente, algo em torno de 48%. Grangeiro *et. al.* (2011) constatou em sua pesquisa que o crescimento foi lento no início, onde até os 20 DAS a massa seca das plantas representava apenas 30% do total acumulado. O maior acúmulo foi observado no período de 25 a 30 DAS, sendo verificado nesse período um acúmulo de aproximadamente 56% do total acumulado pela planta.

### 5.3.2.2 Número de Folhas

De acordo com análise de variância, observou-se um efeito significativo para o número de folhas (NF) aos 35 DAT (Tabela 9).

Tabela 9- Resumo das análises de variância para a variável número de folhas (NF) da rúcula irrigada com água cinza tratada, água de abastecimento e diluição medidas aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após transplântio (DAT).

Fator de variação	GL	Quadrados Médio				
		7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS	35 DIAS
TRATAMENTOS	2	0,054 ns	0,054 ns	1,447 ns	1,212 ns	1,216 *
BLOCOS	4	0,035 ns	0,354 ns	0,447 ns	0,312 ns	0,097 ns
RESÍDUO	8	0,039	0,132	0,317	0,306	0,232
CV (%)		3,03	4,08	4,97	4,61	3,51

ns= não significativo ( $p \geq 0,05$ ); \*= significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0,01 \leq p < 0,05$ );

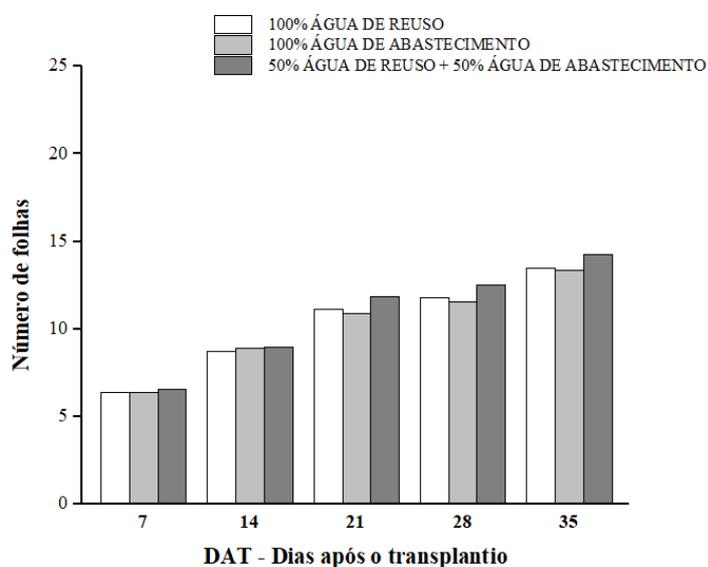
\*\*= significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ); GL= Grau de Liberdade; CV= Coeficiente de Variação.

Purquerio (2005) verificou em sua pesquisa com rúcula que dos 25 aos 31 DAS a área foliar e a massa de matéria seca mais que dobraram em todos os tratamentos e que dos 31 aos 37 DAS quase dobraram novamente, indicando que a partir de 25 DAS o aumento da área foliar e da massa de matéria seca da planta ocorreu com maior intensidade.

Chaves *et. al.* (2010) verificou que até os 14 DAS a rúcula apresentou pouco aumento da área foliar, baixo acúmulo de biomassa fresca e seca e após este período os valores destas características apresentaram um maior e mais rápido aumento, indicando que a rúcula tem um elevado incremento no seu crescimento depois dos 21 DAS.

Ao fim do experimento, na avaliação aos 35 DAT as plantas de rúcula apresentaram número médio de 14 folhas (Figura 15).

Figura 15 – Número de folhas aos 7, 14, 21, 28 e 35 DAT da rúcula irrigada com água cinza tratada, água de abastecimento e diluição.



## 5.4 COMPOSIÇÃO DO TECIDO FOLIAR

### 5.4.1 Teores de Macronutrientes na alface

De acordo com a análise de variância, observou-se diferença significativa ( $p < 0,01$ ) apenas para os teores de fósforo (P) na folha de alface. Já as concentrações de nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) não sofreram efeito significativo estatisticamente entre os tratamentos (Tabela 10).

Tabela 10- Resumo das análises de variância dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) do tecido foliar da alface irrigada com água cinza tratada, água de abastecimento e diluição.

FATOR DE VARIAÇÃO	GL	Quadrados Médio				
		N	P	K	Ca	Mg
TRATAMENTOS	2	22,074 ns	8,819 **	3,713 ns	13,077 ns	1,486 ns
BLOCOS	2	10,957 ns	0,218 ns	0,299 ns	2,816 ns	1,631 ns
RESÍDUO	4	4,409	0,236	0,852	4,432	0,763
CV (%)		7,49	6,63	11,37	16,22	16,46

ns= não significativo ( $p \geq 0,05$ ); \*= significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0,01 \leq p < 0,05$ ); \*\*= significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ); GL= Grau de Liberdade; CV= Coeficiente de Variação; N= Nitrogênio; P= Fósforo; K= Potássio; Ca= Cálcio; Mg= Magnésio.

De acordo com as faixas de teores adequados para macronutrientes nas folhas de alface, para N (30-50 g kg<sup>-1</sup>), P (3-7 g kg<sup>-1</sup>), K (50-80 g kg<sup>-1</sup>), Ca (15-25 g kg<sup>-1</sup>) e Mg (4-6 g kg<sup>-1</sup>) descritas por Trani *et. al.* (2014), os teores apresentados nas folhas de alface irrigadas com água cinza tratada estão adequados para o nitrogênio, fósforo e magnésio. O cálcio encontra-se próximo a faixa recomendada e para o potássio observa-se um déficit na quantidade desse nutriente (Tabela 11).

Tabela 11 - Média dos macronutrientes no tecido foliar da alface.

TRATAMENTOS	MACRONUTRIENTES - g.kg <sup>-1</sup>				
	N	P	K	Ca	Mg
T1	31,159	5,817	8,192	13,093	4,683
T2	26,541	9,190	9,190	15,012	6,071
T3	26,385	6,969	6,969	10,841	5,173

N= Nitrogênio; P= Fósforo; K= Potássio; Ca= Cálcio; Mg= Magnésio.

#### 5.4.2 Teores de Macronutrientes na rúcula

De acordo com a análise de variância, observa-se que os teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) não sofreram efeito significativo estatisticamente entre os tratamentos (Tabela 12).

Tabela 12- Resumo das análises de variância dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) do tecido foliar da rúcula irrigada com água cinza tratada, água de abastecimento e diluição.

FATOR DE VARIAÇÃO	GL	Quadrados Médio				
		N	P	K	Ca	Mg
TRATAMENTOS	2	0,282 ns	5,465 ns	243,047 ns	4,152 ns	6,050 ns
BLOCOS	4	36,526 ns	2,185 ns	1639,959 *	17,072 ns	5,875 ns
RESÍDUO	8	10,375	5,859	290,169	28,934	4,880
CV (%)		7,59	45,35	82,81	26,27	28,14

ns= não significativo ( $p \geq 0,05$ ); \*= significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0,01 \leq p < 0,05$ ); \*\*= significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ); GL= Grau de Liberdade; CV= Coeficiente de Variação; N= Nitrogênio; P= Fósforo; K= Potássio; Ca= Cálcio; Mg= Magnésio

De acordo com as faixas de teores adequados para macronutrientes nas folhas de rúcula para N (40-50 g kg<sup>-1</sup>), P (3-8 g kg<sup>-1</sup>), K (30-70 g kg<sup>-1</sup>), Ca (20-40 g kg<sup>-1</sup>) e Mg (4-7 g kg<sup>-1</sup>) descritas por Trani *et. al.* (2014), os teores apresentados nas folhas de rúcula irrigadas com água cinza tratada estão adequados para o nitrogênio, fósforo e cálcio. O magnésio encontra-se superior a faixa recomendada e para o potássio observa-se um déficit na quantidade desse nutriente (Tabela 13).

Tabela 13 - Média dos macronutrientes no tecido foliar da rúcula.

TRATAMENTOS	MACRONUTRIENTES - g.kg <sup>-1</sup>				
	N	P	K	Ca	Mg
T1	42,437	4,574	12,933	19,978	8,359
T2	42,218	4,908	26,595	19,913	8,614
T3	42,693	6,529	22,181	21,523	6,594

N= Nitrogênio; P= Fósforo; K= Potássio; Ca= Cálcio; Mg= Magnésio.

## 6 CONCLUSÕES

1. A concentração de coliformes totais e termotolerantes na água de reuso foi superior ao permitido para irrigação. Para um melhor resultado no tratamento da água cinza e principalmente se a água for destinada a irrigação de culturas consumidas cruas, deve ser inserido ao sistema uma unidade de desinfecção;
2. A alface apresentou concentração de coliformes acima dos padrões microbiológicos e a rúcula mostrou-se dentro do permitido para consumo, sendo necessário uma higienização com hipoclorito de sódio antes do consumo;
3. A utilização de efluente na irrigação de hortaliças que são consumidas cruas, necessita de monitoramento contínuo tanto do efluente quanto da hortaliça;
4. A irrigação com água cinza não interferiu no crescimento e na quantidade de folhas para as culturas estudadas em relação a irrigação com água de abastecimento;
5. A análise química do tecido vegetal não indicou diferença significativa para a maioria dos nutrientes entre a irrigação com a água de reuso e a água de abastecimento na absorção pela planta;
6. O reuso de águas cinzas tratadas é uma importante alternativa para irrigação de culturas em tempos de escassez, assim como para conservação dos recursos hídricos e preservação ambiental.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001**. Diário Oficial da União, Ministério da Saúde. Brasília, seção 1, p. 45-33, 2001.
- AGUIAR, Adriano Tosoni da Eira et al. **Boletim nº 200: Instruções Agrícolas para as principais culturas econômicas**. 7. ed. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas (IAC), 2014. 460 p.
- ALMEIDA, Otávio Álvares de. **Qualidade da Água de Irrigação**. Cruz das Almas: Embrapa, 2010. 227 p.
- ALVES, Raylton. **ANA e Embrapa concluem levantamento sobre irrigação com pivôs centrais no Brasil**. Brasília, 2015. Disponível em: <[http://www2.ana.gov.br/Paginas/imprensa/noticia.aspx?id\\_noticia=12669](http://www2.ana.gov.br/Paginas/imprensa/noticia.aspx?id_noticia=12669)>.
- 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.
- AZEVEDO, Leonardo Pretto de. **Avaliação da qualidade microbiológica e da produção de alface americana (Lactuca sativa L.) sob diferentes sistemas de irrigação, utilizando águas residuárias**. 2004. 77 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Botucatu, 2004.
- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. 2. Ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 218p. (Estudos da FAO: Irrigação e Drenagem, 29, Revisado 1).
- BATISTA, R. O.; DIAS, N. da S.; FREIRE, F. G. C.; SILVA, K. B. da. **Princípios e técnicas de tratamento de água e esgoto**. In: DIAS, N. da S.; BRÍGIDO, A. R.; SOUZA, A. C. M (Org.). **Manejo e conservação dos solos e da água**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2013.
- BAZZARELLA, Bianca Barcellos. **Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não-potável em edificações**. 2005. 165 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.
- BERNARDI, Cristina Costa. **Reuso de Água para Irrigação**. 2003. 52 f. Monografia (Especialização) - Curso de Gestão Sustentável da Agricultura Irrigada, FGV, Brasília, 2003.
- BERTONCINI, Edna Ivani. **Tratamento de efluentes e reuso da água no meio agrícola**. Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária, Piracicaba, 2008.
- BITTENCOURT, Claudia; PAULA, Maria Aparecida Silva de. **Tratamento de água e efluente: Fundamentos de Saneamento Ambiental e Gestão de Recursos Hídricos**. São Paulo: Érica, 2014. 184 p.

BLUM, J. R. C. Critérios e padrões de qualidade de água. In: MANCUSO, P. C. S.; DOS SANTOS, H. F. (Editores). **Reuso de água**. Barueri: Manole, 2003. cap.5.

BORGES, Luciana Zabrocki. **Caracterização da água cinza para promoção da sustentabilidade dos recursos hídricos**. 2003. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

**BRASIL ENGENHARIA**. São Paulo: Engenho Editora Técnica Ltda., 2016. Disponível em: <<http://www.brasilengenharia.com/portal/noticias/destaque/9410-empresa-de-sistema-de-reuso-de-agua-participa-de-obras-da-arena-palestra>>.

CARMO FILHO, F.; OLIVEIRA, O. F. de. **Mossoró**: um município do semi-árido nordestino, caracterização climática e aspecto florístico. Mossoró: ESAM, p. 62, 1995. (Coleção Mossoroense, série B).

CHAVES, Afonso Manoel S. et al. Avaliação de algumas características de crescimento em rúcula. **Horticultura Brasileira**, Guarapari, v. 8, n. 2, p.898-904, jul. 2010.

COHIM, E.; KIPERSTOK, A. **Uso de Água Cinza para Fins não Potáveis: um Critério Racional para Definição da Qualidade**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24, 2007, Belo Horizonte. Anais. Belo Horizonte: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007.

CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=2747>>.

\_\_\_\_\_. **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>.

CEARÁ (2002). PORTARIA Nº154, 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)>

CUNHA, Emanuela Magna da. **Monitoramento de estação de tratamento e aproveitamento agrícola de água cinza em assentamento rural**. 2015. 55 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal Rural do Semiárido – UFERSA, Mossoró, 2015.

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

DONAGEMA, Guilherme Kangussú et al. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 225 p.

FEITOSA, A. P.; LOPES, H. S. S.; BATISTA, R. O.; COSTA, M. S.; MOURA, F. N. **Avaliação do desempenho de sistema para tratamento e aproveitamento de água cinza em áreas rurais do semiárido brasileiro**. Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal, v. 8, n. 3, 2011.

FERNANDES, Isaura Raquel Dantas. **Tratamento de água cinza e sua aplicação na fertirrigação do girassol ornamental em ambiente semiárido**. 2017. 71 f. Dissertação

(Mestrado) - Curso de Manejo de Solo e Água, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2017.

FIORI, S. et al. **Avaliação qualitativa e quantitativa do reuso de águas cinzas em edificações**. Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 6, n. 1, jan/mar. 2006. Disponível em: <http://seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/view/3676/2042>.

FUNASA. **Aplicação controlada de água residuária e lodo de esgoto no solo, para melhorar e incrementara agricultura do semiárido nordestino**. Brasília: Funasa, 2007.

FUNASA. **Manual de saneamento**. Brasília: Funasa, 2004. Disponível em: [http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual\\_saneamento\\_3ed\\_rev\\_p1.pdf](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_saneamento_3ed_rev_p1.pdf).

FUNASA. **Manual de saneamento**. Brasília: Funasa, 2006. Disponível em: <http://www.saude.mg.gov.br/images/documentos/Mnl%20Saneamento.pdf>

FUNASA. **Manual de saneamento**. Brasília: Funasa, 2015. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/361936840/FUNASA-2016-Manual-de-Saneamento-4aEd>.

GUIMARÃES, Antônio Marcos et al. Frequência de enteroparasitas em amostras de alface (*Lactuca sativa*) comercializadas em Lavras, Minas Gerais. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, Lavras, p.621-623, out. 2003.

GRANGEIRO, Leilson C. et al. Crescimento e acúmulo de nutrientes em coentro e rúcula. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 1, p.11-16, mar. 2011.

HENZ, Gilmar Paulo; SUINAGA, Fábio. **Tipos de Alface Cultivados no Brasil**. Brasília: Embrapa, 2009.

HESPANHOL, Ivanildo. **Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos**. In: MANCUSO, Pedro Caetano Sanches; DOS SANTOS, Hilton Felício (Editores). **Reuso de água**. Barueri: Manole, 2003a. cap.3.

IBGE. **Pesquisa nacional de saneamento básico 2008**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/imprensa/ppts/0000000105.pdf>

JORDÃO, Eduardo Pacheco; PESSOA, Constantino Arruda. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 7. ed. Rio de Janeiro, 2014. 1050 p.

LEITE, Ana Maria Ferreira. **Reuso de água na gestão integrada de recursos hídricos**. 2003. 120 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Planejamento e Gestão Ambiental, Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2003.

LIMA, Suzana M. S. et al. Qualidade sanitária e produção de alface irrigada com esgoto doméstico tratado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, p.21-25, 2005.

MAKISHIMA, Nozomu. **O cultivo de hortaliças**. Brasília: Embrapa, 2004.

MANCUSO, Pedro Caetano Sanches; SANTOS, Hilton Felício dos. **Reuso de água**. São Paulo: Manole, 2003. 579 p.

MAY, Simone. **Caracterização, tratamento e reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações**. 2009. 223 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MOTA, S.; BOTTO, M. **Esgotamento sanitário no Brasil e sua relação com a saúde pública**. In: ZANTA, V. M.; JUCÁ, J. F. T.; GOMES, H. P.; CASTRO, M. A. H. de (Org.). **Esgotamento sanitário: Projetos e construção de sistemas de esgotamento sanitário: guia do profissional em treinamento**. Salvador: RECESA, 2008.

NIKAIDO, Meire. **Uso de águas residuárias tratadas na cultura de hortaliças: avaliação de enteroparasitas e metais pesados**. 2009. 138 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Enfermagem em Saúde Pública, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2009.

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.

PIMENTA, Handson Cláudio Dias; TORRES, Felipe Ruzo Macêdo; RODRIGUES, Bernardo Silva. **O ESGOTO: A importância do tratamento e as opções tecnológicas**. In: XXII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 22. 2002, Curitiba, 2002. p. 1 - 8.

PURQUERIO, Luis Felipe Villani. **Crescimento, produção e qualidade de rúcula (*Eruca sativa Miller*) em função do nitrogênio e da densidade de plantio**. 2005. 138 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Botucatu, 2005.

RAMPELOTTO, Geraldo. **Caracterização e tratamento de águas cinzas visando reuso doméstico**. 2014. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

REBÊLO, Marcelle Maria Pais Silva. **Caracterização de águas cinzas e negras de origem residencial e análise da eficiência de reator anaeróbio com chicanas**. 2011. 115 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Recursos Hídricos e Saneamento, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2011. Cap. 2011.

SANDRI, Delvio; MATSURA, Edson E.; TESTEZLAF, Roberto. Desenvolvimento da alface Elisa em diferentes sistemas de irrigação com água residuária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p.17-29, 2007.

SANTOS, Hilton Felício; FINK, Daniel Roberto. **A Legislação de reuso de água**. In: MANCUSO, Pedro Caetano Sanches; DOS SANTOS, Hilton Felício (Editores). **Reuso de água**. Barueri: Manole, 2003b. cap.8.

SAUTCHUK, Carla; FARINA, Humberto; HESPANHOL, Ivanildo. **Conservação e reuso da água em edificações**. São Paulo: Sinduscon, 2005. 151 p.

SNIS Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 2014**. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2014>>.

TRANI, Paulo Espínola et al. **Calagem e adubação da alface, almeirão, agrião d'água, chicória, coentro, espinafre e rúcula**. Campinas: IAC, 2014. 16p. Disponível em: [http://www.iac.sp.gov.br/imagem\\_informacoestecnologicas/97.pdf](http://www.iac.sp.gov.br/imagem_informacoestecnologicas/97.pdf).

TRANI, Paulo Espínola; FORNASIER, João Baptista; LISBÃO, Rogério Salles. **Boletim nº 146: Cultura da Rúcula**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), 1992. 15 p. Disponível em: [http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/publicacoes\\_online/pdf/Cultura%20da%20Rucula.pdf](http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/publicacoes_online/pdf/Cultura%20da%20Rucula.pdf).

TRANI, Paulo Espínola; TIVELLI, Sebastião Wilson; CARRIJO, Osmar Alves. **Boletim Técnico nº 196: Fertirrigação em Hortaliças**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), 2011. 58 p. Disponível em: [http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/publicacoes\\_online/pdf/BT\\_196\\_FINAL.pdf](http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/publicacoes_online/pdf/BT_196_FINAL.pdf).

URBANO, Vanessa Ribeiro. **Aplicação de água de reuso tratada no cultivo de alface (*Lactuca sativa L.*)**. 2003. 88 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agricultura e Ambiente, Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2013.

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

VON SPERLING, Marcos. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014. 472 p.

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

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Reuse of effluents: methods of wastewater treatment and health safeguards**. Report of a WHO Meeting of Experts. Geneva, World Health Organization (Technical Report Series No. 517), 1973.