

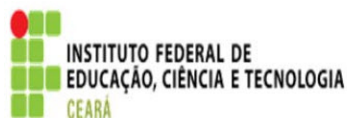
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA E GESTÃO AMBIENTAL

FRANCISCO NILSON DE ARAÚJO

**ASPECTOS AGRONÔMICOS E SANITÁRIOS DO SORGO FORRAGEIRO IRRIGADO
COM EFLUENTE TRATADO EM LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO**

FORTALEZA -CEARÁ

2011



FRANCISCO NILSON DE ARAÚJO

**ASPECTOS AGRONÔMICOS E SANITÁRIOS DO SORGO FORRAGEIRO IRRIGADO
COM EFLUENTE TRATADO EM LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso
de Pós-Graduação em Tecnologia e Gestão
Ambiental do Instituto Federal do Ceará como
requisito para obtenção do título de Mestre em
Tecnologia e Gestão Ambiental

Orientadora: Prof. Dra. Mabel Calina de França Paz
Co-Orientador: Prof. Dr. Francisco Marcos Lima Bezerra

**FORTALEZA – CEARÁ
2011**

A663a

Araújo, Francisco Nilson de.

Aspectos agronômicos e sanitários do sorgo forrageiro irrigado com efluente tratado em lagoas de estabilização [manuscrito] / Francisco Nilson de Araújo. - 2011. 103f: il.

Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Gestão Ambiental) – Instituto Federal do Ceará, 2011.

Orientadora: Prof. Dr.^a Mabel Calina de França Paz.

1. Águas Residuárias - reúso. 2. Sorghum bicolor L. Moench – aspectos agronômicos e sanitários. 3. Lagoas de estabilização – Fortaleza (CE). I. Título. II. Instituto Federal do Ceará – IFCE.

CDD 628.38

FRANCISCO NILSON DE ARAÚJO

**ASPECTOS AGRONÔMICOS E SANITÁRIOS DO SORGO FORRAGEIRO IRRIGADO
COM EFLUENTE TRATADO EM LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO.**

Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Gestão Ambiental do Instituto Federal do Ceará como requisito para obtenção do título de Mestre em Tecnologia e Gestão Ambiental

Aprovada em __/__/__

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dra. Mabel Calina de França Paz (Orientadora)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – PGTGA/IFCE
Universidade Federal de Campina Grande - UFCG

Prof. Dr. Hugo Leonardo de Brito Buarque
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE

Prof. Dr. Francisco Marcus Lima Bezerra
Universidade Federal do Ceará - UFC

A meu pai.
in memoriam

“...Água que o sol evapora, pro céu vai embora virar nuvens de algodão
Gotas de água da chuva, alegre arco-íris sobre a plantação
Gotas de água da chuva, tão tristes, são lágrimas na inundação
Águas que movem moinhos são as mesmas águas que encharcam o chão
E sempre voltam tranquilas pro fundo da terra, pro fundo da terra
Terra, planeta água.”

Guilherme Arantes

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, pelo Seu amor incondicional que me fortalece todos os dias.

Aos meus pais, Neide pelo amor incondicional, pelo incentivo constante, e João Paulino (*in memoriam*), que mesmo em outra dimensão, me norteia na busca do conhecimento.

A minha esposa, Silvana, companheira de todas as horas, pelo apoio, carinho, compreensão e paciência a mim dedicados, ao longo destes anos de caminhada.

Às jóias raras deste mundo, meus queridos filhos, Neysa, Dimitri e Virna.

Aos meus irmãos, Aparecida, Geraldo, Nailde, Neudo, Niêdia, Nilo, Paulino pelo apoio e incentivo ao longo dessa caminhada.

A Professora, Dra. Mabel Calina de França, dedicada orientadora, pelo incentivo sem o qual não seria possível a realização deste trabalho.

Ao Professor, Dr. Francisco Marcus Lima Bezerra, pelas sugestões e apoio prestados.

Ao Professor, Dr. Eduardo Bosco Mattos Cattony, pela amizade e participação na banca da qualificação.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, pela oportunidade de me aperfeiçoar realizando este curso de Pós-Graduação em Tecnologia e Gestão Ambiental.

A todos os professores e funcionários do Mestrado em Tecnologia e Gestão Ambiental do IFCE – campus Fortaleza, que contribuíram para a realização desta dissertação.

A todos os colegas de magistério do Departamento da Construção Civil, pela amizade e respeito no dia a dia do nosso trabalho com a educação do país.

Ao colega de IFCE - Campus Fortaleza Prof. MSc. José Djalma Batista de Freitas, pelas sugestões esclarecedoras e dúvidas elucidadas durante os experimentos.

A todos que não estão aqui citados, mas que contribuíram de alguma forma, meu agradecimento.

RESUMO

A presente pesquisa aconteceu no município de Fortaleza e teve como tema o reúso de água para a agricultura. Avaliou-se os aspectos agrônômicos e sanitários do sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* L. Moench) irrigado com efluente tratado em lagoas de estabilização. O experimento foi realizado no conjunto Renascer, bairro Dias Macêdo, Fortaleza, Ceará. O tipo de solo utilizado na cultura foi classificado como um solo de textura franca arenosa. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro tratamentos (T₁ - água da rede de abastecimento; T₂ - água de esgoto; T₃ - água de esgoto + 30-90-150 kg de NPK ha⁻¹; T₄ - água de esgoto + ½ adubação com 30-90-150 kg de N/P/K/ha) e quatro repetições. As irrigações obedeceram a um turno de rega de dois dias. O plantio das sementes foi executado em vasos, realizado no mês de junho de 2010. Foram realizadas duas coletas de amostras de biomassa do sorgo forrageiro. A primeira com o corte das plantas aos 60 dias, e a segunda após a rebrota da cultura, quando a mesma completou 120 dias de idade. Foram realizadas análises microbiológicas e físico-químicas: na água e no efluente tratado da ETE Renascer. Executaram-se análises de solo antes e depois da implantação do experimento, a fim de se comparar o acúmulo de nutrientes no solo, advindos da irrigação com o esgoto tratado, nos tratamentos utilizados na pesquisa. Outras análises também foram executadas na planta, com o propósito de se avaliar a qualidade para o consumo e digestibilidade do sorgo forrageiro pelos animais, através das análises químico-bromatológicas de Matéria Seca (MS), Proteína Bruta (PB), Fósforo (P), Extrato Etéreo (EE), e Material Mineral (MM). Na análise da planta procurou-se determinar a quantidade de macro e micronutrientes existentes na mesma, bem como a produtividade de massa verde, nos dois estágios da cultura: primeiro de 0 a 60 dias, o segundo de 60 a 120 dias de idade da planta. As análises microbiológicas realizadas no efluente utilizado nesta pesquisa indicaram uma qualidade satisfatória sendo que os riscos de contaminação por organismos patogênicos no manejo da cultura são mínimos. Nos tratamentos irrigados com esgoto a produção de matéria verde foi bem superior ao tratamento irrigado com água. Os dados coletados foram submetidos à análise de variância pelo Teste F a 5%. Quando verificado efeito significativo na análise de variância, as médias obtidas nos diferentes tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade. As análises e interpretação dos resultados foram baseadas e apurados através do programa estatístico “SPSS – Statistical Package for the social Sciences (19.0). Em vista dos resultados positivos de produtividade de matéria verde advindos dos tratamentos irrigados com efluente de esgoto tratado obtidos nesta pesquisa, é importante que se tenha o monitoramento das características químicas do solo para que não haja acúmulo de sódio no mesmo, vindo acarretar problemas futuros decorrente desta prática.

Palavras-chave: Reúso, *Sorghum bicolor*, Águas residuárias, Qualidade sanitária.

ABSTRACT

This survey took place in Fortaleza and it had “the water reuse for agriculture” as a subject. Agronomic and sanitary aspects of sorghum were evaluated (*Sorghum bicolor* L. Moench) irrigated with treated wastewater in stabilization ponds. The experiment was conducted in Fortaleza, Ceará, in the Renascer urban community, in the district Dias Macedo. The soil used in the culture was classified as a sandy type of soil. The experiment delimitation was in randomized blocks with four treatments (T1 - water supply network, T2 - sewage, T3 - sewage + 30-90-150 kg N/P/K/ha, T4, Sewage + ½ fertilization 30-90-150 kg N/P/K/ha) and four replications. The irrigation obeyed an irrigation interval of two days. The seeds planting were carried out in pots, held in June 2010. There were two sampling of biomass sorghum forage. The first involves cutting the plants after 60 days, the second with the regrowth of the crop when it completed 120 days. Microbiological and physical-chemical analyses were performed in water and treated effluent from the ETE Renascer. Soil analyses were performed before and after the implementation of the experiment, in order to compare the accumulation of nutrients in the soil, caused by irrigation with treated sewage, in the treatments used in research. Other tests were also performed on the plant, with the purpose of evaluating the quality for consumption and digestibility of the sorghum forage by the animals throughout the analysis with chemical analysis of Dry Matter (DM), Crude Protein (CP), Phosphorus (P), Ether Extract (EE), and Mineral Material (MM). In the analysis of plant it was sought to determine the amount of macro and micronutrients exist in this plant and also the productivity of green mass in two stages of the culture: the first between 00 to 60 days, the second from 60 to 120 days old of the plant. The microbiological analysis performed on the effluent used in this study indicated a satisfactory quality, being the risks of contamination by pathogenic organisms in crop management are minimal. In the treatments irrigated with sewage the green matter production was higher than that irrigated with treated water. The data collected were subjected to the analysis of variance by F Test at 5%. When a significant effect was checked on the analysis of variance, the averages in the different treatments were compared by the Tukey test at 5% probability. The analysis and interpretation of results were based on and determined by the system "SPSS - Statistical Package for the Social Sciences (19.0). Because of the positive results of productivity of green matter from treatments irrigated with treated sewage effluent from this research, it is important to keep monitoring the soil chemical characteristics, so there is no accumulation of sodium in it, causing future problems coming from this practice.

Keywords: Reuse, *Sorghum bicolor*, wastewater, sanitary quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Cultura do sorgo no estágio de floração da planta.	41
Figura 2 -	Cultura do sorgo no estágio de desenvolvimento da planta.	41
Figura 3 -	Localização geográfica da pesquisa no conjunto Renascer.	43
Figura 4 -	Esquema da planta de tratamento de águas residuárias domésticas da ETE Renascer.	44
Figura 5 -	Detalhes dos vasos para plantio do sorgo forrageiro na área do experimento.	47
Figura 6 -	Distribuição dos tratamentos no campo experimental, Fortaleza-CE, 2010.	48
Figura 7 -	Recipiente para armazenamento de água na área do experimento, Fortaleza-CE, 2010.	50
Figura 8 -	Irrigação da cultura com regador na área do experimento, Fortaleza-CE, 2010.	50
Figura 9 -	Início da emergência das plântulas (A) e cultura aos 20 dias de idade (B) na área do experimento, Fortaleza-CE, 2010.	51
Figura 10-	Corte das plantas aos 60 e 120 dias de idade na área do experimento.	53
Figura 11-	Corte das plantas aos 60 e 120 dias de idade na área do experimento.	53
Figura 12-	Porcentagem de matéria seca (MS) presente no sorgo forrageiro, Fortaleza-CE, 2010.	64
Figura 13-	Teor de proteína bruta (PB) na matéria seca (MS) do sorgo forrageiro, Fortaleza-CE, 2010.	65
Figura 14-	Teor de extrato etéreo (EE) na matéria seca (MS) do sorgo forrageiro, Fortaleza-CE, 2010.	66
Figura 15-	Teor de resíduo mineral (RM) na matéria seca (MS) do sorgo forrageiro, Fortaleza-CE, 2010.	67

Figura 16-	Concentrações de fibra em detergente ácido (FDA) na matéria seca (MS) do sorgo Forrageiro, obtido em diferentes tratamentos, Fortaleza-CE, 2010.	68
Figura 17-	Concentrações de fibra em detergente neutro (FDN) na matéria seca (MS) do sorgo forrageiro, Fortaleza-CE, 2010.	69
Figura 18-	Amostras de solo retiradas dos vasos para análises, Fortaleza-CE, 2010.	70
Figura 19-	Corte das plantas efetuadas para análises de produtividade de matéria verde na área do experimento, Fortaleza-CE, 2010..	76
Figura 20-	Produção de massa verde de sorgo forrageiro.	78
Figura 21-	Rebrota de sorgo forrageiro.	78
Figura A1-	Altura média das plantas de sorgo forrageiro (0-60 dias).	101
Figura A2-	Altura média das plantas de sorgo forrageiro (0-120 dias).	102

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Exemplos de países que utilizam efluentes de esgotos para fins agrícolas.	29
Tabela 2 -	Diretrizes microbiológicas recomendadas para uso de esgotos na agricultura.	32
Tabela 3 -	Características típicas do efluente secundário de esgoto tratado no mundo.	38
Tabela 4 -	Características do sistema de lagoas do Conjunto Renascer.	44
Tabela 5 -	Dimensões das lagoas de estabilização da ETE Renascer.	45
Tabela 6 -	Composição granulométrica e classificação textural do solo usado no experimento, Fortaleza – CE, 2010.	46
Tabela 7 -	Atributos químicos do solo da área experimental, Fortaleza – CE, 2010.	46
Tabela 8 -	Quantidade de macronutrientes aplicados na cultura na área do experimento, Fortaleza - CE, 2010.	49
Tabela 9 -	Análises físico-químicas e microbiológicas da água e esgoto tratado.	52
Tabela 10-	Valores médios dos principais atributos físico-químicos e microbiológicos da água e do efluente da 3ª lagoa de maturação da ETE Renascer.	55
Tabela 11-	Resultados das análises de CTT e <i>Salmonella sp</i> do sorgo forrageiro, Fortaleza- CE.	59
Tabela 12-	Resultados das análises de <i>E. Coli</i> e ovos de helmintos do sorgo forrageiro, Fortaleza- CE, 2010.	60
Tabela 13-	Quantidade de macro e micro nutrientes na planta de sorgo aos 60 dias de idade, Fortaleza- CE, 2010.	61

Tabela 14-	Quantidade de macro e micronutrientes na planta de sorgo aos 120 dias de idade, Fortaleza- CE, 2010.	62
Tabela 15-	Resultado das análises químico-bromatológicas da 1ª coleta da planta (aos 60 dias de idade), Fortaleza- CE, 2010.	62
Tabela 16-	Resultado das análises químico-bromatológicas da 2ª coleta (rebrotas), do sorgo forrageiro, Fortaleza- CE, 2010.	63
Tabela 17-	Níveis de fertilidade para interpretação dos resultados da análise de solo utilizados pelos laboratórios do Estado do Ceará.	70
Tabela 18-	Atributos químicos do solo (inicial), antes da implantação do experimento, Fortaleza- CE, junho/2010.	71
Tabela 19-	Características do solo: com valor inicial (Vi) e do tratamento T ₁ após a colheita definitiva, Fortaleza- CE, 2010.	72
Tabela 20-	Características do solo: com valor inicial (Vi) e do tratamento T ₂ após a colheita definitiva, Fortaleza- CE, 2010.	73
Tabela 21-	Características do solo: com valor inicial (Vi) e do tratamento T ₃ , após a colheita definitiva, Fortaleza- CE, 2010.	74
Tabela 22-	Características do solo: com valor inicial (Vi) e do tratamento T ₄ , após a colheita definitiva, Fortaleza- CE, 2010.	75
Tabela 23-	Produção de massa verde do sorgo forrageiro nos quatro tratamentos usados no experimento e nos dois ciclos da cultura do sorgo, Fortaleza- CE, 2010.	77
Tabela 24-	Resumo das análises de variâncias da produtividade de massa verde do sorgo forrageiro, Fortaleza-CE, 2010.	79
Tabela 25-	Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes.	80
Tabela 26-	Quadro de análise.	80
Tabela 27-	Médias de bloco.	80
Tabela 28-	Médias de tratamento.	81

Tabela A1-	Altura média das plantas de sorgo durante o desenvolvimento (0-60 dias de idade), em relação aos 4 tratamentos utilizados na cultura.	100
Tabela A2-	Altura média das plantas de sorgo durante o desenvolvimento (60-120 dias de idade), em relação aos 4 tratamentos utilizados na cultura.	101

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

CAGECE – Companhia de Água e Esgoto do Ceará
CE - Condutividade Elétrica
DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO – Demanda Química de Oxigênio
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ETE – Estação de Tratamento de Esgoto
EUA – Estados Unidos da América
EE - Extrato Etéreo
FDA - Fibra em Detergente Ácido
FDN - Fibra em Detergente Neutro
FNS – Fundo Nacional de Saúde
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFCE – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará
MS - Matéria Seca
OD – Oxigênio Dissolvido
PB - Proteína Bruta
pH – Potencial Hidrogeniônico
PMF – Prefeitura Municipal de Fortaleza
PST - Percentual de Sódio Trocável
RAS – Razão de Adsorção de Sódio
RM - Resíduo Mineral
RMF – Região Metropolitana de Fortaleza
UFC – Universidade Federal do Ceará
USA – United States of America

SUMÁRIO

	RESUMO	<i>vi</i>
	ABSTRACT	<i>vii</i>
	LISTA DE FIGURAS	<i>ix</i>
	LISTA DE TABELAS	<i>xi</i>
	LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS	<i>xiv</i>
1.	INTRODUÇÃO	18
2.	OBJETIVOS	22
2.1	Geral	22
2.2.	Específicos	22
3.	REVISÃO DE LITERATURA	23
3.1.	Desenvolvimento Agrícola-Sustentável	23
3.2.	Escassez e Poluição dos Recursos Hídricos no Brasil	24
3.3.	Reuso de Água na Agricultura	26
3.4.	Tratamento de Efluentes por Lagoas de Estabilização	34
3.5.	Uso de Águas Residuárias em Plantas Forrageiras	39
3.6.	Sorgo Forrageiro (<i>Sorghum bicolor</i> L. Moench)	40
4.	MATERIAL E MÉTODOS	43
4.1.	Localização da Região do Projeto	43
4.2.	Características Gerais da Área	43
4.3.	Características do Sistema de Tratamento Existente	45
4.4.	Clima	45
4.5.	Solo	46
4.6.	Delineamento Experimental	47
4.7.	Adubação Utilizada	48
4.8.	Sistema e Manejo de Irrigação	49
4.9.	Semeadura e Tratos Culturais	51
4.10.	Análises Realizadas na Água, no Esgoto Tratado e na Planta	51
4.11.	Análise de Biomassa da Planta do Sorgo Forrageiro	52
4.12.	Produção de Amostras	53
4.13.	Análises Microbiológicas do Sorgo Forrageiro	54
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
5.1.	Características da Água da Rede de Abastecimento e do Efluente da ETE	55
5.2.	Análise Microbiológica do Sorgo Forrageiro	58
5.3.	Análise de Biomassa da Planta	60
5.4.	Análise Químico-Bromatológica	62
5.4.1.	Matéria Seca (MS)	63
5.4.2.	Proteína Bruta (PB)	64
5.4.3.	Extrato Etéreo (EE)	65
5.4.4.	Resíduo Mineral (RM)	66
5.4.5.	Fibras em Detergente Ácido (FDA)	67
5.4.6.	Fibras em Detergente Neutro (FDN)	68
5.5.	Análises do Solo Efetuadas Antes e Depois do Experimento	69

5.5.1.	Características iniciais do solo na instalação do experimento	69
5.5.2.	Características do solo após o término do experimento	71
5.6.	Produtividade de Massa Verde do Sorgo Forrageiro	75
5.7.	Análise Estatística dos Resultados	79
5.7.1.	Análise de variância	79
5.7.2.	Teste-t	79
5.7.3.	Teste de Tukey	80
6.	CONCLUSÕES	82
7.	RECOMENDAÇÕES	84
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
	APÊNDICE	96
	APÊNDICE A: Cidade de Fortaleza-CE, mostrando a área da pesquisa.	96
	APÊNDICE B: Local da pesquisa, Bairro Dias Macêdo, Fortaleza-CE, 2010	97
	APÊNDICE C: Desenvolvimento da cultura do sorgo forrageira na área da pesquisa, Fortaleza-CE, 2010	98
	APÊNDICE D: Corte e colheita aos 60 dias	99
	APÊNDICE E: Rebrotas do sorgo forrageiro	99
	APÊNDICE F: Altura média das plantas do sorgo forrageiro	100

1. INTRODUÇÃO

Desde os primórdios de vida no planeta Terra e da história da espécie humana, a água sempre foi essencial. Os estudiosos fazem previsões de que em breve a água será uma das causas principais de conflitos entre as nações do mundo. Já há sinais desta tensão em regiões do planeta em transição para resolver problemas, como no Oriente Médio e África. A Califórnia (EUA) é um dos Estados com a taxa mais elevada de reutilização da água. A água de efluentes domésticos e industriais tem sido reutilizada para irrigação de parques e campos de golfe, resfriamento industrial, barreira como intrusão de águas costeiras e salobras, e aplicação em certos tipos de agricultura. No início do novo milênio, o grande desafio da humanidade é conviver com a baixa disponibilidade de água causada pelo uso excessivo e poluição dos corpos hídricos (TUNDISI, 2005).

No Brasil não é diferente, pois apesar dos brasileiros que sempre se consideraram dotados de fontes inesgotáveis, vêm algumas de suas cidades sofrer a escassez de água, principalmente no semiárido nordestino. Algumas destas cidades localizadas em diferentes regiões do país, principalmente no Nordeste brasileiro, quando necessitam de água potável, são abastecidas por caminhões-pipa, talvez uma das únicas maneiras de sobrevivência em consequência do déficit hídrico.

A distribuição desigual é consequência de problemas sociais, econômicos e culturais, já que o país é privilegiado e detém 12% da água doce superficial do mundo. A Amazônia, onde se encontram as mais baixas concentrações populacionais, detém 78% da água superficial. Na Região Sudeste, há uma inversão nesta relação: a maior concentração populacional do País tem disponível apenas 6% do total da água. Na última década, a quantidade de água distribuída aos brasileiros cresceu 30%, no entanto quase dobrou a proporção de água sem tratamento; passou de 3,9% para 7,2%. O desperdício ainda assusta. De toda a água ofertada pelos sistemas públicos, há um desperdício de 45% (ISA, 2005).

Frente à escassez de água no Nordeste do Brasil, recomenda-se fortemente o reúso, por se constituir uma fonte de suprimento de água, incrementando a disponibilidade e melhorando a qualidade hídrica para fins de abastecimento público (MOTA et al., 1997). Outro aspecto de grande interesse para os estudos deste impacto é que os corpos receptores das Estações de Tratamento de Esgoto - ETE, em geral são contribuintes de reservatórios utilizados como fonte de captação de água para abastecimento público (ARAÚJO, 2000).

O uso de reservatórios de estabilização pode ser uma opção de armazenamento e tratamento de águas residuárias nas regiões áridas e semiáridas, seja de origem doméstica, salina ou de drenagem, principalmente quando se pretende reutilizá-las na irrigação de culturas, possibilitando assim, tanto aos solos como aos vegetais, água, nutrientes e matéria orgânica, sem apresentar riscos à saúde pública, podendo, enfim, melhorar os aspectos econômicos e ambientais da região de estudo (SOUSA, 2009).

O uso do efluente proveniente do tratamento em lagoas de estabilização tem aumentado o potencial no aproveitamento desses efluentes para a produção de alimentos, no entanto há uma grande resistência do poder público e da própria sociedade, na execução desta atividade, devido à existência de certos parâmetros químicos, físicos e microbiológicos, principalmente a existência de bactérias do grupo coliformes, que são consideradas indicadoras de contaminação fecal, e desta forma, sua presença alerta a qualidade sanitária dos efluentes e dos respectivos produtos irrigados com eles. Há que se vencer esse “preconceito”, já que, aparentemente, a qualidade de água de alguns corpos hídricos é equivalente à dos efluentes de sistemas de lagoas (SILVA, SILVA, 2010).

O aproveitamento de esgotos sanitários tratados é uma excelente opção para atender a crescente demanda na agricultura, além da racionalização de fertilizantes. Por outro lado há que se observar a qualidade sanitária dessas águas, de modo que elas estejam dentro dos padrões estabelecidos pelas normas regulamentares, a fim de garantir o uso seguro na irrigação (SOUSA et al., 2005).

Segundo Bernardi (2003) a água de reúso tende a apresentar um custo de produção mais baixo, com isto aumentando o rendimento líquido por hectare. Além do mais, com a reutilização dessas águas no setor agrícola, há a possibilidade de garantir a recarga do lençol freático, servir para a fertirrigação de diversas culturas de interesse agrícola, bem como servir para fins de dessedentação de animais (BREGA FILHO; MANCUSO, 2002), apresentando-se como uma solução sanitariamente segura, economicamente viável e ambientalmente sustentável.

Desta maneira, a qualidade do esgoto tratado, seja em lagoas ou qualquer outro tipo de tratamento, tem que ser estabelecida a fim de garantir o uso na irrigação, visto que não há normas nem critérios próprios para reúso de água de qualidade inferior. Apesar da utilização de esgoto doméstico na agricultura ser uma atividade milenar em todos os continentes, no

Brasil, o reúso indireto ou direto do esgoto bruto é uma prática bastante utilizada por lavradores ribeirinhos, que usam motobombas de pequeno porte para levar águas contaminadas para fazer irrigação de suas culturas (KONIG et al., 2010).

Bevilacqua e Bastos (2009) relatam que são pouco investigados os aspectos relacionados com a qualidade dos efluentes, considerada segura do ponto de vista da proteção da saúde da população animal, ou dos consumidores dos produtos de origem animal. Outro aspecto importante são as questões relacionadas com a produtividade e a qualidade bromatológica das culturas irrigadas. Apesar de representarem avanços importantes, os dois pesquisadores acham que ainda são necessários estudos complementares ou mais aprofundados que discutam a complexidade desse tema, de forma que a prática do reúso para fins agropecuários seja revestida da adequada segurança sanitária e de aceitação pública.

Sua prática associa-se à produção de alimentos e a proteção ambiental, em virtude de suas características desejáveis, agronomicamente, no que se refere ao seu potencial de fertilização, pois são ricos principalmente, em nitrogênio e fósforo. Além dos macro e micronutrientes que possuem como, cálcio e enxofre, estes muitas vezes não são disponibilizados nos fertilizantes químicos, onde os mesmos, em excesso, associados em grande volume de água causam impactos ambientais negativos (SOUSA et al., 2001).

Gomes Filho et al. (2001) referindo-se ao assunto afirmam que, deve-se considerar também que efluentes de águas residuárias em geral, apresentam nutrientes em quantidades suficientes a fim de que possam serem aproveitadas na fertirrigação de culturas agrícolas, em consequência aumentando a produção e a produtividade. Aproximadamente dois terços do nitrogênio, um terço do fósforo e quase 100% do potássio, encontram-se na água residuária na forma mineral, justamente na forma assimilável pelas plantas.

O uso de águas residuárias tratadas em atividades agrícolas é um fato, no entanto é necessário um estudo mais aprofundado no manejo adequado dessa alternativa hídrica, principalmente em relação ao sistema solo-planta-efluente. Segundo Correa et al. (2007), o uso dessas águas é uma prática que vem atendendo à necessidade de reciclagem, desde que adotada de forma razoável, favorecendo os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, além de melhorar o desenvolvimento e a produtividade das culturas irrigadas a partir dessa fonte hídrica.

A irrigação com efluentes tratados é bastante promissora, demandando, no entanto, que todos os riscos envolvidos sejam adequadamente mensurados e que estratégias específicas de manejo sejam aplicadas, objetivando a minimização de possíveis efeitos deletérios à qualidade do solo e à estabilidade da produtividade dos cultivos, garantindo a sustentabilidade da prática do reúso. São necessárias as avaliações de longo prazo, no perfil do solo, e nas águas subterrâneas, a fim de que, se avaliem riscos de contaminação ambiental. Estudos mais detalhados que reúnam a totalidade dos parâmetros relacionados à qualidade do solo, e desta forma possa fundamentar recomendações e adoções generalizadas ao reúso agrícola de efluentes tratados (LEAL, 2007).

Em face da importância do reúso de águas, a degradação do meio ambiente, a poluição e a escassez dos recursos hídricos, o presente trabalho buscou avaliar os aspectos agrônômicos e sanitários do sorgo forrageiro irrigado com esgoto doméstico tratado em lagoas de estabilização da ETE Renascer, localizada na cidade de Fortaleza, Estado do Ceará.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar os aspectos agronômicos e sanitários do Sorgo Forrageiro (*Sorghum bicolor* L. Moench) irrigado com efluente tratado em lagoas de estabilização.

2.2 Objetivos Específicos

Avaliar a qualidade sanitária e agronômica no emprego dos efluentes domésticos tratados primariamente na “fertirrigação” do sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* L. Moench) .

Acompanhar o desenvolvimento do sorgo forrageiro irrigado com o efluente final, proveniente de um sistema de lagoas e com a água de abastecimento, quanto a produção de biomassa.

Avaliar os efeitos dos fertilizantes comerciais no desenvolvimento do sorgo forrageiro irrigado com efluente doméstico, tratado, e água de abastecimento, por meio de análises químicas, nutricionais e de produtividade e suas interações.

Estimar os prováveis impactos da “fertirrigação” no solo e no ambiente em geral, através de análises biológicas, agronômicas do solo e da biomassa produzida.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Desenvolvimento Agrícola-Sustentável

Após a realização da Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento (Eco'92), a noção de Desenvolvimento Sustentado adquiriu grande aceitabilidade. Portanto, o relatório Nosso Futuro Comum conseguiu enraizar, em pouco tempo, tanto a expressão sustentabilidade como desenvolvimento sustentável no vocabulário internacional, tanto de organizações da sociedade civil como de governos, ainda que a expressão seja vaga e tenha múltiplas interpretações e desdobramentos operativos (MEBRATU, 1998).

Também para Buarque (1997), as críticas de conteúdo social e, principalmente, ambiental aos modelos de crescimento econômico do capitalismo contemporâneo convergiram, nas últimas décadas, para a formulação de uma alternativa de desenvolvimento sustentável, mesmo ganhando conceitos e nomes diversos, de acordo com o autor ou a instituição. Segundo a definição consagrada e simplificada do Relatório “Nosso futuro comum” (Comissão Brundtland), desenvolvimento sustentável deve ser entendido como “aquele que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades (CMMAD, 1991), ressaltando, dessa forma, uma solidariedade necessária em cada sociedade e entre as gerações, de modo a configurar um novo paradigma de desenvolvimento.

Santos (2004) afirma que, a sustentabilidade do uso de efluentes tratados em agrossistemas depende do manejo adequado da irrigação, monitoramento das características do solo, da solução do solo e da cultura utilizada, já que, o acúmulo de Na^+ no solo é um dos principais obstáculos para o uso de efluente na irrigação.

O desenvolvimento agrícola sustentável tem como eixo central a melhoria da qualidade de vida humana, dentro dos limites da capacidade dos ecossistemas e na sua consecução, envolver as pessoas, pois as mesmas são beneficiárias e instrumentos do processo, sendo seu envolvimento fundamental para o alcance do sucesso desejado. (ASSIS, 2006). Ainda segundo Assis (2006), os sistemas alternativos de produção, baseados em princípios agro-ecológicos têm sido cada vez mais aceitos e respaldados pela comunidade científica como opção para garantia de segurança alimentar, combate a pobreza, e conservação ambiental, sendo para isto, a agricultura familiar considerada como espaço ideal

para a prática destes princípios, que preenchem a lacuna, até então existente, de tecnologias adaptadas às reais necessidades dos agricultores familiares.

No Brasil, a questão ambiental está tomando novos rumos superando a fase heroica e resistente, na qual o ambientalismo e o desenvolvimento eram tidos como adversários. Neste sentido, com a introdução de novos conceitos de desenvolvimento sustentado, iniciou-se um novo ciclo, baseado na elaboração e implementação de políticas ambientais, na busca de negociação e do entendimento entre a preservação do meio ambiente e os processos de produção. Os avanços podem ser notadamente verificados com o novo estatuto das águas (Lei Federal - 9.433/97), Protocolo Verde (dispositivo institucional de introdução da variável ambiental como critério relevante nas decisões de política econômica e de financiamento de projetos) e outros dispositivos de dimensão ambiental inseridos nas decisões de políticas públicas. (PAZ et al., 2000).

O uso racional de águas residuárias, considerando uma política de recursos hídricos, é um importante instrumento para evitar a contaminação das águas superficiais, fomentar a agricultura sustentável, incentivar a economia de águas superficiais, não poluídas, reduzindo significativamente a contaminação ambiental, doenças de veiculação hídrica, que representam 65% das internações no Brasil (SOUSA et al., 2006).

Desde que realizada de forma controlada, a irrigação com esgotos tratados é altamente atrativa, pois além de possibilitar a liberação de recursos hídricos de melhor qualidade para outras atividades humanas, serve como uma forma de pós-tratamento dos efluentes pelo sistema solo-planta, o qual atua absorvendo e retendo nutrientes, poluentes e organismos patogênicos remanescentes. O sistema solo-planta exerce o papel de um reator renovável, no qual os esgotos passam ser fonte de energia e não um problema ambiental (PAGANNI, 1997).

3.2. Escassez e Poluição dos Recursos Hídricos no Brasil

O Brasil é um dos países mais ricos em água doce do planeta, possuindo uma ampla diversificação climática, devido a sua configuração geográfica, a extensão territorial, a altitude, ao relevo e à dinâmica das massas de ar. Consequentemente, recebe uma enorme pluviosidade anual que varia entre 1.000mm e mais de 3.000mm, sobre mais de 90% do seu território. Apesar disto a água é um recurso natural, escasso, devido ao desperdício, aumento

da demanda, do mau uso, associados à poluição ou degradação do meio ambiente e da grande disponibilidade hídrica, distribuída de forma desigual em relação à densidade populacional (REBOUÇAS, 2003)

Borsoi e Torres (2010) relatam que o motivo da escassez da água no país pode estar associado à baixa disponibilidade específica na região Nordeste (3%) e a altas densidades demográficas das regiões Sul e Sudeste (maior consumo de água), onde os conflitos estão situados em áreas de grandes densidades demográficas e intensa concentração industrial. Como consequência, nas regiões citadas, a poluição dos recursos hídricos aumenta os custos de captação de água, em virtude de os mananciais estarem localizados mais distante dos centros urbanos, sendo necessária, a exploração de fontes alternativas.

Vale ressaltar que a escassez de água se dá de duas formas: qualitativa e quantitativamente. Como escassez quantitativa, Tucci (2010) cita os aumentos populacionais, industriais, agrícolas e a contaminação de rios, aquíferos e outras fontes, onde o total de água consumida aumenta nove vezes, enquanto o uso por pessoa dobra, e a população cresce três vezes. No entanto, não se deve considerar apenas ao abastecimento quantitativo, mas deve-se também estar atento à qualidade, que depende da limpeza urbana e da frequência, devido ao aumento e sua distribuição temporal e espacial, da época do ano e do tipo de uso da área urbana e rural, pois os dejetos advindos da pecuária e os agrotóxicos alteram, em muito, a qualidade das águas.

De acordo com Goellner (2007) o uso excessivo de água pode resultar na diminuição do volume, ou no esgotamento dos aquíferos subterrâneos, tornando-se um problema crucial, pois grande parte da população depende destas fontes de abastecimento. Goellner (2007) afirma ainda que, no Brasil apenas 49% dos municípios são abastecidos, total ou parcialmente, com água de poços profundos ou rasos; por conseguinte o uso e a ocupação do solo também interferem na qualidade da água devido à infiltração e ao escoamento superficial, resultante da precipitação atmosférica, pode contribuir para a melhoria da produtividade de culturas, no entanto a interferência humana, quer de forma dispersa (poluição de origem agrícola) quer de forma concentrada (geração de despejos domésticos), tem uma influência direta na qualidade deste recurso.

Outra questão que se antepõe às entidades gestoras de recursos hídricos está associada ao balanço entre oferta e demanda de água para o atendimento das necessidades

crescentes da agricultura irrigada, constatando, ainda que as águas residuárias, tratadas, quando são lançadas a um corpo d'água ou mesmo infiltradas no solo sofrem naturalmente diluição e aeração, podendo ser novamente captadas, tratadas e reutilizadas como água potável, pois a água é uma fonte renovável, tanto do ponto de vista quantitativo como qualitativo, desde que haja planejamento e um gerenciamento criterioso e cuidadoso a fim de que se torne um ciclo sustentável (SOUSA et al., 2001).

Segundo Mancuso e Santos (2007) as tecnologias de tratamento que permitem a reutilização da água, despontam em todo o mundo como uma alternativa marcante para minorar o panorama da escassez, cada vez mais evidente em diversos países

Albinati et al. (2003) afirmam que o abandono e o desperdício de recursos tão preciosos quanto a água, principalmente em regiões carentes, como o Nordeste brasileiro, excedem os limites da ignorância técnico-científica, e origina o desenvolvimento de um planejamento estratégico de segurança alimentar e a adoção de políticas que possibilitem o rápido desenvolvimento de tecnologia apropriada para o resgate destes recursos, gerando renda e melhoria da qualidade de vida de comunidades indigentes do semiárido brasileiro.

3.3. Reúso de água na agricultura

Em todo o mundo há uma crescente competição pelo uso da água entre diversos setores da sociedade, de tal modo que o consumo de água na agricultura irrigada é extremamente elevado em relação a outros tipos de uso. No Brasil, a agricultura consome atualmente cerca de 61% da água doce total, havendo previsão de atingir 70% na próxima década, considerando-se o elevado crescimento do agronegócio (CHRISTOFIDES, 2001).

No Brasil, ainda não há uma legislação específica para utilização de efluentes tratados em cultivos agrícolas, porém existem vários estudos em relação à disposição de lodos de esgoto no solo. Em pesquisa com resíduos, incluindo lodo de esgoto de tratamento anaeróbio, em solos do Rio Grande do Sul, Kray (2005) e Sousa (2006) expõem que o solo fornece condições para a biodegradação do lodo e para retenção dos metais pesados e outros compostos com potencial poluente, atuando como um filtro biológico, reciclando o lodo e não apenas servindo como um depósito de poluentes. Esta prática considera o resíduo como um insumo potencial, que, se bem manejado, beneficia as propriedades dos solos, como por exemplo o suprimento de nitrogênio para as plantas.

Experiências desenvolvidas em todo o mundo indicam que o uso de esgoto doméstico tratado contribui para a redução da utilização de fertilizantes artificiais na irrigação e hidroponia, e na economia de ração na piscicultura. Os nutrientes presentes nos efluentes de estações de tratamento de esgoto são aproveitados pelas plantas e animais, alcançando-se, muitas vezes, bons desenvolvimentos das culturas e dos peixes, mesmo sem o fornecimento de fertilizantes artificiais ou rações comerciais (Mota e Von Sperling, 2009). Ainda sobre o assunto, Mota e Von Sperling (2009) afirmam que, desta forma uma gestão integrada dos efluentes de estações de tratamento de esgoto, em que se considere a prática do reúso, constitui uma medida importante para evitar a poluição dos corpos d'água por nutrientes, no mesmo tempo em que proporciona o seu uso em atividades produtivas

O uso de fontes alternativas de água pura para a agricultura é altamente desejável, favorecendo a realocação dos recursos hídricos utilizados para outros fins. Convém assinalar que se estima que uma economia de apenas 10% de água utilizada na agricultura aumentaria em 60% a oferta deste recurso para o uso doméstico (PHILLIPI Jr. e MALHEIROS, 2004).

O desenvolvimento agrícola depende da disponibilidade de água, principalmente do seu uso adequado, já que a utilização da água para irrigação e o abastecimento rural são desafios relevantes para as áreas com escassez deste recurso, como as regiões áridas e semiáridas, onde as pressões sobre os recursos hídricos são bem maiores, em virtude da baixa oferta. Em vista disto, muitas atitudes são tomadas, como administração das bacias hidrográficas locais, aumento no tratamento de esgotos sanitários provenientes de centro urbanos, adaptação do reúso de esgotos tratados para diversas atividades, como: irrigação, piscicultura, recreação, paisagismo e o uso industrial. (SOUSA, 2005).

Bouwer (2000) afirma que muitos países já incluem a reutilização da água no planejamento de recursos hídricos, visto que os efluentes devem ser integrados aos recursos de água global.

No Brasil, a experiência com estudos de irrigação de culturas com esgoto tratado, embora tenha demonstrado viabilidade e eficiência, sua aplicação em larga escala permanece incipiente. Suas aplicações resumem-se a algumas instalações informais, já que não há regulamentação em nosso país para esta prática (MOTA e VON SPERLING, 2009).

Em relação ainda ao Brasil, Mota (2000) afirma que a prática do reúso de água ainda é considerada pequena, no entanto, em regiões onde ocorre carência de água, o reúso

torna-se uma prática que deve ser estimulada, pois é uma atividade que pode reforçar a produtividade agrícola em regiões áridas, considerando que esse tipo de água contém uma quantidade de nutrientes essenciais aos vegetais; no entanto, seu uso na agricultura, deve ser cuidadosamente planejado, em longo prazo, atentando para os efeitos da sodicidade, salinidade, nutrientes e oligoelementos, sobre os solos e as culturas.

O panorama internacional apresenta situações díspares em termo de quantidades e cuidados no que se refere à utilização de esgoto tratado, merecendo atenção à irrigação com esgoto de 1.330.000ha na China, contra 4.000ha nos EUA e 10.000ha em Israel. Há também a prática do reúso nos países em desenvolvimento como o México, Peru e Índia, como pode se observar na Tabela 1, que apresenta o levantamento realizado em diversos países que utilizam os efluentes de Estação de Tratamento de Esgotos – ETE para o uso agrícola. Em muitos destes países o reúso é regulamentado em legislação específica e faz parte de programas governamentais de irrigação e gestão de recursos hídricos (BASTOS, 1999).

Tabela 1 - Exemplos de países que utilizam efluentes de esgotos para fins agrícolas.

Local	Cultivo	Tratamento	Área irrigada
América Latina			
• México Mexicali	Hortaliças	Sistema australiano	250.000
• Peru <i>ICA</i> <i>San Juan</i> <i>(Lima)</i>	Algodão, uva, hortaliças	Lagoas facultativas Lagoa facultativa e de maturação	4.300
EUA			
• Muskegon, Michigan Lubbock Texas	Vários Algodão	Lagoa aerada e de maturação Tratamento primário, secundário e desinfecção	14.000
Europa			
• Alemanha	Hortaliças	Tratamento primário, secundário e desinfecção	28.000
• Israel	Vários	Lagoa anaeróbia, facultativa e de maturação	10.000
Ásia			73.000
• Índia Calcutá	Vários	Lagoas	
Austrália	Forrageiros	Lagoas	10.000
• Melbourne			
África e Oriente Médio	Vários	Lagoas	7.350
• Tunísia			
• Kuwait	Vários	Tratamento primário, secundário e desinfecção	12.000
• Sudão	Bosques	Tratamento primário e secundário	2.800

Fonte: Adaptado de Bastos, 1999.

Além dos países relacionados na Tabela 1, Bastos (1999) também relaciona outros países que utilizam os efluentes de ETEs na agricultura, podendo dar destaque a Arábia Saudita com 4.400ha; Argentina com 3.700ha e Chile com 16.000ha de área irrigada.

Há também na América Latina, exemplos significativos de países que utilizam o reúso como o Peru e o Chile. No Chile, todo o esgoto da cidade de Santiago (aproximadamente 5 milhões de habitantes) é usado para irrigação em áreas periféricas. Em épocas de estiagem, normalmente se pratica o reúso direto para irrigação maciça de olerícolas.

O Peru é um dos exemplos de utilização de águas residuárias, estimando-se a área em 4.022ha irrigados, produzindo mais de 126.000t anuais de produtos variados, sendo 92% com o cultivo de hortaliças. Já para o cultivo de culturas industriais, como mamona, algodão, forrageiras, milho e alfafa, não há necessidade de efluentes de alta qualidade. A irrigação da cana-de-açúcar com águas residuárias brutas é de pouco risco (a não ser para os trabalhadores), por se tratar de um produto industrializado.

O maior risco de uso de águas residuárias não tratadas é a irrigação de hortaliças, como é o caso dos 3.078ha situados em Lima, capital do Peru. (LEÓN E CAVALLINI, 1999)

Ainda segundo León e Cavallini (1999) estas práticas são antigas mundialmente, e de acordo com a Associação Nacional Brasileira de Normas Técnicas (2007) a prática de reúso de águas no Brasil, principalmente na irrigação e/ou agricultura, encontra-se bem difundida, no entanto, é um procedimento não constitucionalizado e vem se desenvolvendo sem nenhuma forma de controle ou planejamento.

Um bom manejo de irrigação com esgoto urbano deve procurar evitar o desenvolvimento de vetores de doenças e desenvolver seu controle. Isto vai implicar a mínima presença de águas livres, adequada construção, manutenção de canais, drenagem eficaz e a distribuição econômica (AYERS; WESTCOT, 1991).

O reúso de águas residuárias pode ser conduzido de quatro maneiras diferentes (COSTA; BARROS JÚNIOR, 2005):

- a) Reúso indireto não planejado de água: a água utilizada em atividades humanas é descarregada no meio ambiente e reutilizada a jusante, de maneira não intencional e não controlada. Ao caminhar até o ponto de captação para o novo usuário, a mesma está sujeita à diluição e depuração;
- b) Reúso indireto planejado de água: neste caso, os efluentes depois de tratados, são descarregados de forma planejada nos corpos de águas superficiais ou subterrâneas, para ser utilizada a jusante, de maneira controlada, no atendimento de algum uso benéfico;

- c) Reúso direto planejado de águas: após o tratamento, os efluentes são despejados diretamente no local do reúso, não sendo descarregados no meio ambiente. É o caso de maior ocorrência, destinando-se a uso em indústria ou irrigação;
- d) Reciclagem de água: é o caso mais comum de reúso interno de água, antes mesmo de sua descarga em um sistema geral de tratamento ou outro local de deposição. Este é o caso particular de reúso direto planejado.

Algumas vantagens se apresentam quando do reúso de água tais como: minimiza a poluição hídrica dos mananciais; propicia o uso sustentável de recursos hídricos; incentiva o uso racional de águas de boa qualidade; a tendência de erodibilidade do solo fica minimizada e controla processos de desertificação. Por meio da irrigação e fertilização de cinturões verdes, possibilita a economia de dispêndios com fertilizantes e matéria orgânica; há um aumento de produtividade das culturas; e permite maximizar a infraestrutura de abastecimento de água e tratamento de esgoto pela utilização múltipla de água aduzida (BERNARDI, 2003).

Sandri et al. (2007) afirmaram que o uso de águas residuárias revela-se uma fonte de nutrientes para as plantas, interferindo principalmente na formação de massa fresca e, por consequência, na área foliar das culturas irrigadas.

No cultivo da cultura da melancia, Rego et al. (2005), afirmaram que a irrigação com efluentes tratados foi equivalente à irrigação com água de poço mais a adubação química, demonstrando a possibilidade de utilização apenas de esgoto tratado sem adubação, economizando não somente o adubo, mas também a água do poço, tornando a irrigação e o cultivo economicamente viáveis.

Como toda atividade, o reúso de água também apresenta os efeitos negativos, que não devem ser ignorados, como: risco à saúde dos trabalhadores que estejam em contato prolongado com o efluente; contaminação dos lençóis freáticos; inserção de poluentes químicos no solo; habitat de vetores de doenças; crescimento desordenado de algas e vegetação em canais que transportem o efluente, devido ao fenômeno da eutrofização (SNEL, 2002).

Metcalf e Eddy (2003) afirmaram que além destas desvantagens, dois outros problemas podem ser considerados: proteção da saúde pública e nível de aceitação do público. Devido a isto é fundamental que se tenha um manejo eficiente e rigoroso para o sucesso no uso de efluentes tratados.

De acordo com Guidolin (2000) é de fundamental importância considerar, também, a quantidade dos elementos minerais presentes em efluentes brutos urbanos, destacando os macro e micronutrientes, tão necessários ao desenvolvimento dos vegetais, como também os elementos fitotóxicos, já que é uma prática, muito utilizada para produção e consumo humano. Para tal, existe uma legislação que normatiza o reúso para agricultura, conforme indica a Tabela 2.

Tabela 2 - Diretrizes microbiológicas recomendadas para uso de esgotos na agricultura.

<i>Categoria</i>	<i>Condições de reúso</i>	<i>Grupos de risco</i>	<i>Nematódeos intestinais⁽¹⁾ (n° ovos/L)⁽²⁾</i>	<i>Coliformes fecais (NMP/100ml)⁽³⁾</i>	<i>Sistemas de tratamento recomendado para atingir a qualidade microbiológica</i>
A	Irrigação de culturas a serem ingeridas cruas, campos esportivos, parques públicos ⁽⁴⁾	Operários, Consumidores públicos	≤ 1	≤ 1000	Lagoas de estabilização em série ou tratamento equivalente
B	Irrigação de cereais, culturas industriais, forragem, pastos e árvores ⁽⁵⁾	Operários	≤ 1	Não se aplica	Retenção de lagoas de estabilização por 8 a 10 dias ou remoção equivalente de helmintos e coliformes fecais

Continuação Tabela 2.

C	Irrigação localizada de culturas da categoria B, se não ocorrer exposição de trabalhadores e do público	Nenhum	n.a	Não se aplica	Pré-tratamento requerido pela técnica de irrigação aplicada, mas não menos do que tratamento primário
---	---	--------	-----	---------------	---

Fonte: Adaptado de WHO, 1989.

*Em casos específicos, fatores epidemiológicos, sócios culturais ou ambientais devem ser levados em consideração e essas diretrizes de acordo; ⁽¹⁾*Ascaris Trichuris, Necator americans e Ancilostomus duodenalis*; ⁽²⁾Média aritmética durante o período de irrigação; ⁽³⁾Média geométrica durante o período de irrigação; ⁽⁴⁾Um valor diretormal restritivo (200 coliformes fecais por 100mL) é apropriado para gramados públicos, com os quais o público tenha contato direto; ⁽⁵⁾No caso de árvores frutíferas, a irrigação deve cessar duas semanas antes de os frutos serem colhidos, não devem ser colhidos frutos do chão. Irrigação por sistema de aspersão não deve ser utilizada. Fonte: Adaptado de WHO, 1989.

Devido às condições de reúso e os riscos, a população, de um modo geral, apresenta preconceito e determinado escrúpulo, quanto ao consumo de culturas irrigadas por águas residuais, todavia muito ainda em decorrência da falta de tradição, informação, bem como educação (SILVA et al., 2009).

Segundo Rodrigues (2005) o reúso de água pode ser considerado sob dois aspectos: a) É um instrumento para diminuir o consumo de água; b) Esta água pode ser considerada como um recurso hídrico complementar, a ser utilizada em algumas aplicações, possibilitando a disponibilização das águas de melhor qualidade, para os fins mais nobres. A irrigação de culturas favorece a assimilação do nitrogênio na forma de nitrato e na forma de íon amônio, elemento presente em águas residuárias tratadas, quando reutilizadas, mostra o mesmo efeito do nitrogênio aplicado na forma de fertilizantes, com as seguintes vantagens: suprime a provável contaminação de águas subterrâneas e superficiais por fertilizantes, dispensa fertilizantes minerais, e supre a escassez de água para fins domésticos (SOUZA et al., 2001).

Cabe, então, institucionalizar, regulamentar e promover o reúso de água no Brasil, fazendo com que a prática se desenvolva de acordo com os princípios técnicos adequados,

seja economicamente viável, socialmente seguro e aceito, em termos de preservação ambiental e de proteção dos grupos de riscos envolvidos (SOUSA, 2009). Mancuso e Santos (2007) relatam que o aumento da extensão de terras e a escassez de fertilizantes nas regiões áridas e semiáridas, é mais uma razão para não rejeitar estes efluentes, mas sim, fazer o aproveitamento dos nutrientes contidos nestes.

De acordo com Bastos (2003) apesar do grande potencial do reúso de esgotos domésticos na irrigação, o gerenciamento inadequado deste pode ser muito pernicioso à saúde, efeitos deletérios no solo e na planta, além do impacto ambiental, como a lixiviação dos poluentes e contaminação das águas subterrâneas. Estes fatos ocorrem particularmente em regiões áridas, com solos rasos e permeáveis, e, em assim sendo, considerado um problema sério, visto que as medidas de descontaminação são extremamente lentas.

Sousa (2006) acrescenta que o reúso carece de um uso criterioso dessas águas, de forma que torne uma atividade sustentável, especialmente nos projetos de irrigação onde o monitoramento deve ser regular e com aplicações cautelosas, respeitando o método de irrigação, bem como as formas de fertilização.

Dentre as diversas alternativas utilizadas pela sociedade, para solucionar ou diminuir o problema da escassez de água, possibilitando a expansão de áreas irrigadas, visando à utilização racional e eficiente desse precioso recurso natural e minimizando a contaminação de corpos receptores; o reúso de água é uma opção econômica, viável e ambientalmente correta, favorecendo a utilização das águas residuárias originadas das ETE na irrigação de culturas, em que os solos, juntamente com as plantas, podem atuar como “filtros vivos”, absorvendo e retendo nutrientes e poluentes (SOUSA, 2009).

3.4. Tratamento de Efluentes por Lagoas de Estabilização

Os despejos domésticos de pequenas comunidades vêm sendo tratados há séculos por meio de processos semelhantes aos que ocorrem nas lagoas de estabilização. Mesmo sem os especialistas se darem conta, este tratamento começou a ser realizado à medida que estes despejos, embora acidentalmente, foram encaminhados para lagos naturais ou artificiais (BENEVIDES, 2007).

De acordo com Jordão e Pessoa (2005) acredita-se que as primeiras lagoas criadas de forma acidental foram as de Santa Rosa na Califórnia (USA) em 1924, e a de Fessenden na

Dakota do Norte (USA), em 1928. No caso de Santa Rosa, na tentativa de se evitar o custo da construção de uma estação de tratamento, o esgoto foi passado sobre um leito de pedras, acreditando-se que este teria um efeito de filtro percolador. Porém, não se obteve resultados satisfatórios, pois a passagem do esgoto acabou entupindo os vazios do leito causando um acúmulo de esgoto que chegou a 0,90 m de altura; no entanto o efluente obtido a partir desta “lagoa” apresentou características semelhantes às de um filtro biológico. Já em Fessenden, como não foi possível construir um corpo coletor adequado, o efluente da rede foi conduzido a uma depressão do terreno, localizado fora da cidade; meses depois, foi constatado que a qualidade do efluente era equivalente à de um esgoto de tratamento secundário.

Jordão e Pessoa (2005) relataram ainda, que foi apenas nos últimos cinquenta anos que experimentos objetivos e critérios racionais de projetos começaram a ser desenvolvidos, de modo a se instituir parâmetros de carga orgânica, tempo de retenção, profundidade e outras características, também consideradas importantes. Na década de 1940 apareciam lagoas com acompanhamento operacional, sendo que, a partir do qual se preocupava conhecer melhor, parâmetros para dimensionamento e melhor entendimento de seu funcionamento.

As primeiras pesquisas objetivas nos Estados Unidos aconteceram nos estados da Dakota do Norte e Dakota do Sul, em 1948, quando entrou em operação a primeira lagoa projetada especificamente para receber e tratar esgoto bruto (lagoa de Maddock). Na mesma época, na Austrália, foram desenvolvidos estudos, para realizar tratamento de esgotos em lagoas. Este país foi o pioneiro no uso de lagoas em série, que alguns chamam de “lagoas australianas” (JORDÃO, PESSOA, 2005).

No Brasil, a primeira lagoa construída foi a de São José dos Campos, São Paulo, no sistema australiano, ou seja, duas lagoas em série; uma anaeróbia seguida de uma facultativa. Embora o acompanhamento da operação tenha sofrido descontinuidade, esta lagoa foi a primeira experiência de tipos de lagoas em nosso país. Em 1963, no Rio de Janeiro, foi construída uma lagoa também pioneira, na cidade de Deus; inicialmente facultativa e depois aerada (VON SPERLING, 1997). Desde então, muitas lagoas para o tratamento esgotos, tanto urbano como rural, têm sido construídas no território nacional, assim como muitas pesquisas sobre os processos de tratamento nestes sistemas têm sido desenvolvidas.

As lagoas de estabilização são sistemas de tratamento biológico satisfatório, especialmente indicadas para tratar esgoto sanitário de pequenas comunidades, em função da

área requerida. Nestes sistemas a estabilização da matéria orgânica é realizada pela oxidação bacteriológica (oxidação aeróbia ou fermentação anaeróbia) e/ou redução fotossintética das algas. Sua operação é simples, exige poucos equipamentos e possui uma manutenção relativamente barata. São reservatórios escavados, diretamente no solo, com a proteção dos taludes e do fundo, variando de acordo com o tipo de terreno utilizado. Devido à ausência de equipamentos mecânicos e a simplicidade construtiva, apresentam baixo custo de investimento e operação (COSTA et al., 2006).

Os sistemas de lagoas de estabilização, que incluem lagoas anaeróbias, facultativas e de maturação, são considerados eficientes na remoção de organismos patogênicos do esgoto. Não provocam grandes remoções de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo. Por isto, são duplamente qualificados para terem os efluentes utilizados em projetos de irrigação de culturas (MOTA e VON SPERLING, 2009).

De acordo com Oliveira et al. (2010) esses reservatórios de estabilização, com dispositivos de acumulação e tratamento de águas residuais brutas e/ou pré-tratadas, revestem-se de uma fonte de água de importância fundamental, nas regiões áridas e semiáridas, mormente quando se tem pretensão de reutilizar esses efluentes na irrigação de culturas, sem representar riscos à saúde pública.

Segundo Jordão e Pessoa (2005) de acordo com forma predominante pela qual se dá a estabilização da matéria orgânica, as lagoas costumam ser classificadas em:

a) Anaeróbias: São lagoas com profundidade da ordem de 3 a 5 metros, cujo objetivo é minimizar ao máximo a entrada de oxigênio para que a estabilização da matéria orgânica ocorra estritamente em condições anaeróbias. Estas lagoas possuem uma área menor, pois são dimensionadas para altas cargas orgânicas. O ambiente anaeróbio gera subprodutos de alto poder energético (biogás). Neste caso, o biogás não pode ser aproveitado, e pode ser destacado como uma desvantagem, pois pode ser causador de maus odores provenientes da liberação do gás sulfídrico e outros gases. Devido a isto, aconselha-se que tais lagoas sejam instaladas em áreas afastadas dos bairros residenciais. Seu efluente normalmente passa por tratamento complementar, em lagoas facultativas, pelo processo conhecido como “Sistema australiano”, pelo qual o efluente da lagoa anaeróbia segue para a lagoa facultativa, melhorando, muito, a eficiência global do sistema.

b) Facultativas: Nas lagoas facultativas a remoção da matéria orgânica se dá por meios dos fenômenos da fermentação anaeróbia (na zona do fundo) e da oxidação aeróbia e redução fotossintética, nas camadas líquidas superiores. As lagoas facultativas são uma variante mais simples dos sistemas de lagoas de estabilização. O esgoto efluente entra em uma extremidade da lagoa e sai na extremidade oposta. Ao longo deste percurso, que demora vários dias, uma série de mecanismos contribui para purificação do esgoto. Estes mecanismos ocorrem nas três zonas das lagoas denominadas: zona anaeróbia; zona aeróbia; zona facultativa. As lagoas facultativas são chamadas primárias quando recebem esgoto bruto, e lagoas secundárias quando recebem o efluente de outra lagoa, em geral anaeróbia.

c) Estritamente aeróbias: Neste processo consegue-se um sistema predominantemente aeróbio e de dimensões reduzidas. O oxigênio é fornecido por equipamentos mecânicos, os aeradores, ou por ar comprimido por meio de um difusor submerso. A remoção da DBO é função do período de aeração, da temperatura e da natureza do esgoto. O despejo de efluente deve ser controlado para não prejudicar a eficiência do processo. Os sólidos dos esgotos e as bactérias sedimentam, indo para o lodo do fundo, ou são removidos parte em uma lagoa de decantação secundária. O processo tem baixa produção de maus odores, sendo a eficiência na remoção de DBO de 70 a 90%, enquanto a eficiência na eliminação de patógenos vai de 60 a 99%. Requerem menos áreas do que os sistemas naturais; no entanto ocupam mais espaço que os demais sistemas mecanizados. O consumo de energia é razoavelmente elevado. Em períodos entre 2 a 5 anos é necessária a remoção do lodo da lagoa de decantação.

d) De maturação: São lagoas com profundidade de 0,8m a 1,5m e sua principal função é destruir os organismos patogênicos. Isto ocorre devido à boa penetração de radiação solar, elevado pH e elevada concentração de oxigênio dissolvido. Reduzem bactérias, vírus, cistos de protozoários e ovos de helmintos; a parcela de redução de sólidos em suspensão e da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) pode-se negligenciar.

e) De polimento: o objetivo principal deste tipo é o refinamento de outro processo biológico, em particular de um reator anaeróbio de fluxo ascendente, tendo por finalidade uma remoção adicional de DBO, nutrientes e organismos patogênicos.

f) Aeradas: Aqui se introduz oxigênio no meio líquido por meio de um sistema mecanizado de aeração; as lagoas aeradas devem ser seguidas de uma lagoa de sedimentação.

A Tabela 3 mostra as características típicas de um efluente secundário de um esgoto tratado utilizando lagoas de estabilização.

Tabela 3 - Características típicas do efluente secundário de esgoto tratado no mundo.

<i>Constituintes</i>	<i>Varição (mg L⁻¹)</i>
Sólidos totais	400 – 1200
Sólidos suspensos	10 – 100
Sólidos dissolvidos	400 – 1100
DBO (demanda bioquímica de oxigênio)	10 – 80
DQO (demanda química de oxigênio)	30 – 160
Carbônico orgânico total	10 – 30
N – total	10 – 50
N – NO ₃ ⁻	0 – 10
N – NH ₄ ⁺	1 – 40
P – total	6 – 17
Alcalinidade (como CaCO ₃)	200 – 700
Na	50 – 250
K	10 – 40
Ca	20 – 120
Mg	10 – 50
B	0 – 1
Concentração total de sais	100 – 800
pH	7,8 – 8,1
RAS (razão adsorção de sódio)- mmol.L ⁻¹	4,5 – 7,9

Fonte: Adaptada de FEIGIN et al., 1991.

Os esgotos tratados constituem-se de um material líquido, de modo que as características que os fazem diferentes das águas, são: presença de matéria orgânica, expressa em DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e em DQO (Demanda Química de Oxigênio) de

metais pesados essenciais e não essenciais às plantas, patógenos, macros e micronutrientes (SOUSA, 2009).

A Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) conta com 18 Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), do tipo lagoas de estabilização, sendo nove sistemas configurados em série. Todos os sistemas de lagoas de estabilização da RMF tratam esgotos somente de origem domiciliar, com exceção apenas do Sistema Integrado do Distrito de Maracanaú – SIDI, e os localizados nas áreas, que são servidas pelo sistema de disposição oceânica (ARAÚJO, 2000).

Os sistemas de lagoas da RMF atendem a cerca de 280.000 habitantes, representando uma população o equivalente a 11% da população total. As potencialidades de aproveitamento destes efluentes como recursos hídricos no incremento às atividades agrícolas, principalmente na produção de alimentos, são grandes, apesar e haver, ainda, alguma resistência por parte da sociedade, bem como do poder público (SILVA e SILVA, 2010).

3.5. Uso de Águas Residuárias em Plantas Forrageiras

A aplicação de efluentes de ETE na irrigação tem tido sucesso na produção de plantas forrageiras, devido ao elevado acúmulo de nutrientes, abastecimento de água, longa estação de crescimento e a capacidade de recobrimento do solo, além de ser uma forma de minimizar o impacto causado pelo nitrogênio e pelo fósforo, dos efluentes de sistemas de tratamento de esgoto doméstico (SOUSA, 2009).

De acordo com Leite (2006) a prática da adubação com fertilizantes fosfatados vem, há algum tempo, se destacando como uma das alternativas para incrementar a produção de volumosos, com efeitos marcantes sobre o crescimento e a produtividade de plantas forrageiras.

O aproveitamento de águas residuárias em culturas forrageiras no preparo nutritivo, proporcionou produtividade de até 31.500 kg ha⁻¹ano⁻¹ de aveia forrageira e melhoria significativa na qualidade do efluente (GOMES FILHO et al., 2001).

Segundo Azevedo et al. (2010) em culturas como o milho, que podem servir igualmente para alimentação animal e humana, a água residuária promoveu um incremento na sua produção de 78,73% em relação à água de abastecimento, comprovando a sua capacidade de “fertirrigação”.

A importância da produção das gramíneas forrageiras para o Brasil é inquestionável. Estima-se que 75% da superfície utilizada pela agricultura sejam ocupadas por pastagens, o que corresponde a aproximadamente 20% da área de todo o país (FARIA et al., 1996). Além do aspecto físico, as plantas forrageiras são importantes pelo papel que desempenham na alimentação de bovinos, uma vez que 88% da carne produzida no país é proveniente de rebanhos mantidos exclusivamente a pasto (ARRUDA, 1997).

O valor nutritivo de uma pastagem depende basicamente da composição química desta, da quantidade de nutrientes ingeridos pelo animal e da digestibilidade de tais animais (SILVA, 1996).

3.6. Sorgo Forrageiro (*Sorghum bicolor* L. Moench)

O sorgo é uma espécie da família das gramíneas, que apresenta grande número de genótipos distribuídos nos grupos granífero, forrageiro e vassoura, todos classificados como *Sorghum bicolor* L. Moench (VIEIRA, 2006). Originário da África, mais precisamente da Etiópia, o sorgo por ordem de importância, é o quinto cereal mais produzido no mundo depois do trigo, do arroz, do milho e da cevada (FAO, 2010), sendo um dos principais alimentos para milhões de habitantes das regiões semiáridas da África, da Ásia e do Oriente Médio. Na América Latina a cultura assumiu importância econômica após 1950. De acordo com Lira (1981) o sorgo chegou ao Brasil no século XVIII, com os escravos, embora se tenha tornado cultura comercial apenas a partir de 1980.

O sorgo forrageiro é uma gramínea rústica, de rápido crescimento, que suporta seca prolongada, opção forrageira com possibilidade de rebrotas (duas ou mais) podendo ainda ser usado como planta de cobertura. O consumo de água dessa cultura durante o seu ciclo varia de 375mm a 625mm, dependendo das condições climáticas dominantes sendo que, o consumo de água varia com o estágio fenológico da cultura. Vale ressaltar a importância da água, pois o “déficit” tem influência direta na taxa fotossintética que está associada diretamente com a produção de grãos e sua importância varia com o estágio fisiológico em que se encontra a planta (EMBRAPA, 2008).

As Figuras 1 e 2 mostram dois estágios de desenvolvimento da cultura de sorgo.



Figura 1 - Cultura do sorgo no estágio de floração da planta. Fonte: Google Mapas, 2009 [Adaptado].



Figura 2 - Cultura do sorgo no estágio de desenvolvimento da planta. Fonte: Google Mapas, 2009 [Adaptado].

Em relação à salinidade, Rhoades et al. (2000) afirmam que o sorgo tem sua salinidade limiar em torno de $6,8 \text{ dS m}^{-1}$ (condutividade elétrica do extrato de saturação do solo) e $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ (condutividade elétrica da água de irrigação) com as plantas já estabelecidas. Entretanto, os níveis de salinidade necessários para que ocorra uma redução de 50% tanto na emergência como na produção variam de 13 a 15 dS m^{-1} .

O Nordeste brasileiro compreende uma área de $1.548.672 \text{ km}^2$, da qual 52% correspondem a região do semiárido, com secas periódicas que afetam sua estrutura social e econômica (Lira et al., 1989). Esta gramínea é cultivada em áreas e situações ambientais muito secas e/ou muito quentes, onde a produtividade de outros cereais é antieconômica. A cultura é feita na estação das chuvas ou “de inverno”. Mais recentemente, tem sido observado o plantio de sorgo sob irrigação suplementar, tanto no Nordeste como no Centro-Oeste. É

entre as espécies alimentares, uma das mais versáteis e mais eficientes, tanto do ponto de vista fotossintético, como em velocidade de maturação. Sua reconhecida versatilidade se estende desde o uso dos seus grãos como alimento humano e animal; como matéria prima para produção de álcool anidro, bebidas alcoólicas, colas e tintas; o uso de suas panículas para produção de vassouras e extração de açúcar dos seus colmos (EMBRAPA, 2008).

O *Sorghum bicolor* L. Moench apresenta características tais como: a de porte alto (podendo chegar acima de 2,70 metros de altura) o que confere a esses cultivares um excelente potencial de produção de massa verde. A produção dos híbridos é expressiva, podendo variar de 20.000kg a 60.000kg ha⁻¹ (1º corte) de massa verde, e 4.000kg a 10.000kg ha⁻¹ de massa seca. São inúmeras as aplicações de sua forragem na nutrição de ruminantes. Este gênero apresenta uma grande capacidade de adaptação a diferentes ambientes, vegetando em latitudes de até 45° N ou S. Isto só foi possível graças aos trabalhos dos pesquisadores que visam ao melhoramento de plantas, e que desenvolveram cultivares com adaptação fora da zona tropical (EMBRAPA, 2008).

Quando se trata da fertilização desta forrageira, Taiz e Zeiger (2004) afirmam que o fósforo aumenta a eficiência do nitrogênio absorvido o qual se une às cadeias carbônicas, incrementando, assim, a formação de novos tecidos, elevando, conseqüentemente, o índice de área foliar e a longevidade das folhas fotossinteticamente ativas, as quais, sob condições ambientais favoráveis, elevam a eficiência do uso de radiação solar, aumentando o acúmulo de matéria seca e produção de grãos.

A silagem de milho é tida como padrão e, geralmente, considerada referência para comparação de valor com outras silagens (HENRIQUE et al., 1998). Contudo, sua qualidade e produtividade são incertas, de ano para ano, por serem influenciadas, dentre outros fatores, pela disponibilidade de água no solo (NÚSSIO, 1991). Neste contexto, o sorgo é uma cultura promissora, devido ao sistema radicular desenvolvido e outras características relacionadas à seca (ALVARENGA, 1994).

Segundo Valente (1992) além de produzir mais forragem do que com o milho, com o sorgo se tem menor custo de produção, considerando-se o menor consumo e preço de sementes. Geralmente, o valor nutritivo da silagem de sorgo é equivalente de 85% a 90% da silagem de milho, havendo, no entanto, referências mais elásticas, variáveis de 72% a 92%.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Localização da Região do Projeto

A pesquisa foi realizada na zona urbana de Fortaleza, Conjunto Habitacional Renascer, situado no bairro Dias Macêdo, localizado a 10 km do centro da cidade, com coordenadas ($3^{\circ} 43' 02''$) de latitude sul e ($38^{\circ} 32' 35''$) de longitude oeste, com limites ao norte e ao leste com o Oceano Atlântico e com os municípios de Eusébio e Aquiraz, ao sul com os municípios de Pacatuba e Itaitinga e a oeste com os municípios de Caucaia e Maranguape. A área de Fortaleza é de $313,6\text{km}^2$, ocupada por uma população estimada de 2.505.552 habitantes (IBGE, 2009). A altitude é de 16 metros acima do nível do mar, cuja localização geográfica está indicada na Figura 3.

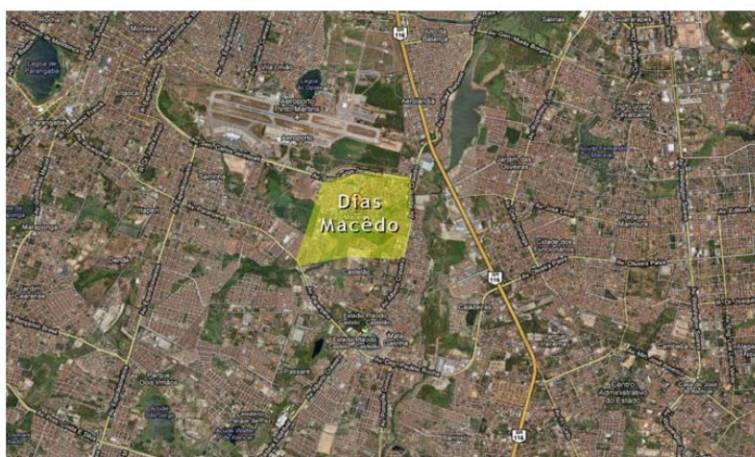
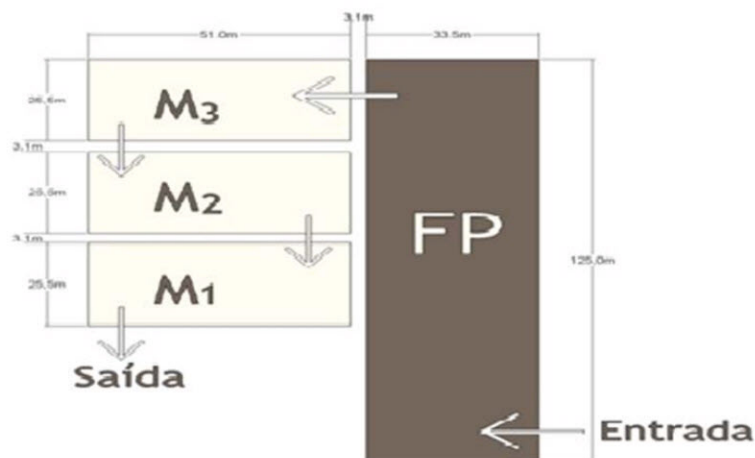


Figura 3 - Localização geográfica da pesquisa no conjunto Renascer. Fonte: Google Maps, 2010 [Adaptado].

4.2. Características Gerais da Área

A área apresenta um sistema de tratamento das águas residuárias geradas a partir de 470 unidades habitacionais e uma população de 3.500 habitantes, composto por quatro lagoas de estabilização em série (uma facultativa e três de maturação), construídas pela Prefeitura Municipal de Fortaleza (PMF), e operada sob a responsabilidade do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) e a Associação de Moradores. Na Figura 4 encontra-se um esquema do tratamento das águas residuárias da ETE Renascer – Lagoas em série.



FP= Facultativa Primária; M= Lagoa de Maturação (1, 2 e 3).

Figura 4 – Esquema da planta de tratamento de águas residuárias domésticas da ETE Renascer – Sistema em série. Fonte: Pontes Filho, 2002.

Aproveita-se a vazão média diária tratada de $5,88 \text{ L s}^{-1}$ e uma área residual no entorno da ETE de 6,8ha, que permite viabilizar o plantio do sorgo forrageiro, utilizando efluentes do sistema de lagoas de estabilização em série.

A Tabela 4 mostra as características das lagoas de estabilização na ETE Renascer.

Tabela 4 - Características do sistema de lagoas do conjunto da ETE Renascer.

<i>Parâmetros</i>	Características	
	Lagoa Facultativa	Lagoas de Maturação
Forma	Retangular	Retangular
Área a ½ altura da lâmina (m^2)	4.188	1.300
Comprimento(m)	125	51
Largura(m)	33,5	25,5
Volume (m^3)	6.700	1.951
Relação L/B	3,7	2
Profundidade média(m)	1,5	1,5
Tempo de detenção hidráulico (dias)	23,76	6,92

Fonte: CEPIS, 2002.

4.3. Características do Sistema de Tratamento Existentes

O sistema foi projetado em 1991 para atender a uma população de 2.350 habitantes e é do tipo separador, formado basicamente por uma rede coletora do tipo condominial, assentada pelos fundos dos lotes conectados a outra situada no passeio dos quarteirões, com uma profundidade variando entre 0,50 m e 1,40 m, que conduz o esgoto bruto por gravidade no sistema de tratamento. A Tabela 5 mostra as dimensões de cada uma das quatro lagoas existentes na área da pesquisa.

Tabela 5 - Dimensões das lagoas de estabilização da ETE Renascer.

<i>Tipo de Lagoa</i>	<i>Facultativa</i>	<i>Maturação1</i>	<i>Maturação2</i>	<i>Maturação 3</i>
Nº de Ordem	1	2	3	4
Comprimento (m)	125	51	51	51
Largura (m)	33,5	25,5	25,5	25,5
Profundidade(m)	1,60	1,50	1,50	1,50
Profundidade de lodos (m)	0,20	0,20	0,20	0,20
Borda livre (m)	1,50	1,50	1,50	1,50
Profundidade total(m)	1,80	1,70	1,70	1,70
Inclinação dos taludes	1:3	1:3	1:3	1:3
Área de espelho de água (m²)	4.188	1.300	1.300	1.300
Volume de água (m³)	6.700	1.951	1.951	1.951

Fonte: CEPIS, 2002.

4.4. Clima

O clima é predominantemente equatorial e intertropical, favorecido por suave e constante brisa vinda do mar, que proporciona uma temperatura média de 27°. Na região ocorrem anos de chuvas excessivas e anos de precipitações escassas, com período de estiagem prolongada. A distribuição de chuvas durante o ano é muito irregular, onde cerca de 90% das precipitações ocorrem no primeiro semestre, sendo o período de março a maio o mais chuvoso (ARAÚJO, 1999). A temperatura média anual variou de 25°C a 28°C, com máxima em torno de 32° (FUNCEME, 2010).

4.5. Solo

O solo utilizado neste experimento foi coletado de uma área do Parque Adahil Barreto as margens do Rio Cocó, em Fortaleza-CE. Após as análises que foram executadas no Laboratório de Solos e Água da UFC, o mesmo foi classificado como um solo de textura franca arenosa, fase caatinga hiper-xerófila relevo plano. Este tipo de solo apresenta um regular desempenho agrícola, com limitações decorrentes da baixa fertilidade e da textura arenosa em superfície, porém houve uma resposta satisfatória para a pesquisa estudada. Nas Tabelas 6 e 7 são apresentados dados em relação às características físicas e químicas do solo utilizado no experimento.

Tabela 6 – Composição granulométrica e classificação textural do solo usado no experimento, Fortaleza – CE, 2010.

Prof.(m)	Composição granulométrica (g/kg)					Classificação Textural
<i>0 - 0,20</i>	Areia Grossa	Areia Fina	Argila	Silte	Argila Natural	Areia
	617	328	23	32	7	

Fonte: Laboratório de Solos e Água (UFC).

Tabela 7 - Atributos químicos do solo da área experimental, Fortaleza – CE, 2010.

Fósforo (mg.dm ³)	Potássio (mg.dm ³)	Ca + Mg (cmol _c .dm ³)	Ca (cmol _c .dm ³)
3,0	13,0	1,8	1,0
Mg (cmol _c .dm ³)	Al (cmol _c .dm ³)	Sódio (mg.dm ³)	pH
0,8	0,0	10	6,4

Fonte: Laboratório de Solos e Água (UFC).

4.6. Delineamento Experimental

No arranjo experimental, foi utilizado o delineamento em blocos casualizados, com quatro tratamentos e quatro repetições, totalizando 16 unidades experimentais.

A área total do experimento resultou em $3,52\text{m}^2$ ($0,55 \times 0,40 \times 16$). O conjunto de vasos foi dividido em quatro módulos com quatro tratamentos diferentes.

Os tratamentos utilizados foram caracterizados conforme descrição a seguir:

- T_1 – Irrigação com água da rede de abastecimento
- T_2 – Irrigação com água do efluente
- T_3 – Irrigação com água do efluente + adubação recomendada da análise de solo
- T_4 – Irrigação com efluente + 1/2 adubação recomendada da análise de solo

A área total do experimento foi de $3,52\text{m}^2$ ($0,55 \times 0,40 \times 16$), sendo que a área de cada módulo foi de $0,88\text{m}^2$ ($0,55\text{m} \times 0,40\text{m} \times 4$). O conjunto de vasos foi dividido em quatro módulos com quatro tratamentos diferentes: o primeiro com água da rede de abastecimento, o segundo com irrigação do esgoto, o terceiro e o quarto com irrigação do esgoto e dosagens diferenciadas de fertilizantes. Figura 5 mostra a distribuição dos vasos de plantio na bancada suspensa na área do experimento.



Figura 5 - Distribuição dos vasos de plantio na bancada na área do experimento, Fortaleza - CE, 2010. Fonte: Dados da pesquisa.

Ao longo da pesquisa as posições dos vasos na bancada suspensa, foram sendo permutadas de modo que, todos tivessem as mesmas condições de insolação e ventos, a fim de que pudessem produzir sem interferência dessas variáveis.

Na Figura 6 é mostrado um croqui da disposição dos vasos na bancada suspensa na área da pesquisa com os respectivos tratamentos.

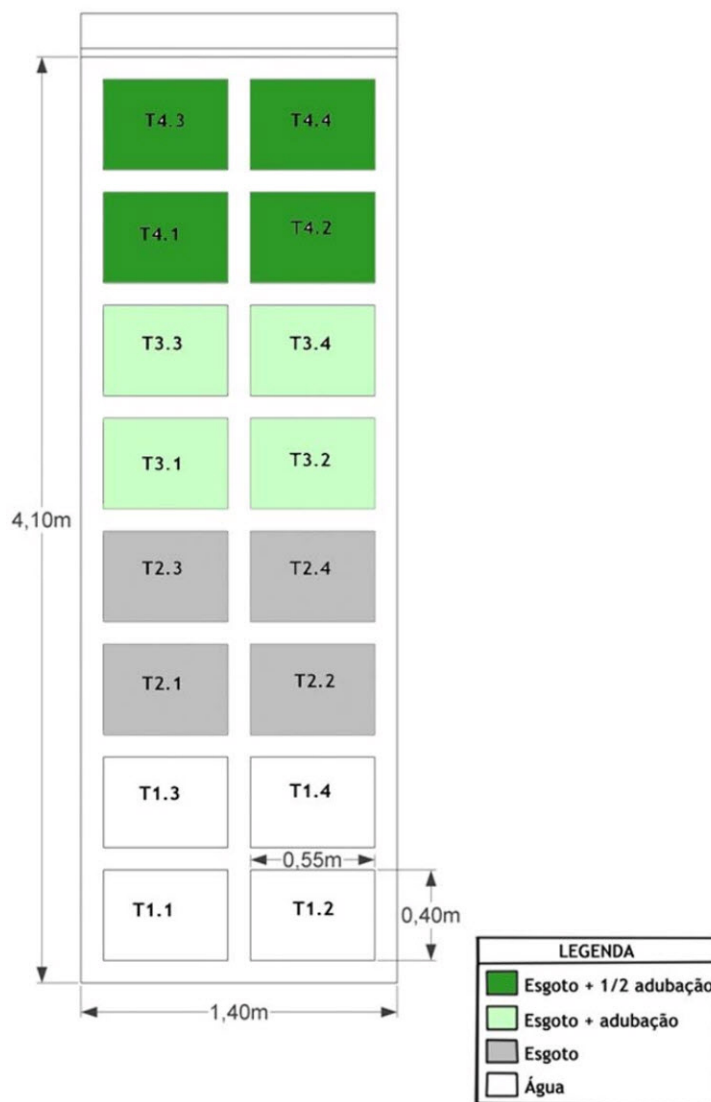


Figura 6 - Distribuição dos tratamentos no campo experimental, Fortaleza-Ce, 2010.

Fonte: Dados da pesquisa

4.7. Adubação Utilizada

De posse dos resultados da análise química do solo, realizou-se a recomendação de adubação para o sorgo forrageiro. Tendo em vista que o pH do solo analisado foi de 6,5, portanto próximo ao neutro, não houve necessidade de se proceder a calagem. A recomendação de adubação para os macronutrientes fósforo e potássio, foi definida de acordo

com os teores médios desses elementos presentes na profundidade amostrada, conforme recomenda (UFC, 1993). Durante o ciclo da cultura foram realizadas adubações, de plantio e em cobertura nos tratamentos T₃ e T₄. As quantidades utilizadas encontram-se dispostos na Tabela 8.

Tabela 8 - Quantidade de Macronutrientes aplicados na cultura na área do experimento, Fortaleza - CE, 2010.

<i>Macronutriente</i>	Quantidade (plantio) (kg ^{-ha})	Cobertura (kg ^{-ha})		Fontes de nutrientes
		30 dias	45 dias	
Nitrogênio	30	90	120	Uréia
Fósforo	90	-	-	Superfosfato simples
Potássio	150	-	-	Cloreto de Potássio

Fonte: Laboratório de Solos e Água (UFC).

4.8. Sistema e Manejo da Irrigação

A aplicação da água residuária de esgoto tratado e a água da rede de abastecimento, foi aplicada sobre a cultura por meio de regadores manuais, não acarretando perigo de erosão e nem a saturação demasiada do solo. Utilizou-se como amostra de fertirrigação água tratada da Companhia Estadual de Água e Esgoto – CAGECE, para se observar a influência da cada tipo de amostra. Na irrigação com água, foi utilizado um recipiente para armazenamento com capacidade para 100 litros. A Figura 7 mostra o recipiente onde era captado a água para irrigação do tratamento T₁.



Figura 7 - Recipiente para armazenamento de água na área do experimento, Fortaleza, CE, 2010. Fonte: Dados da pesquisa.

As lâminas de esgotos referentes aos tratamentos T_1 , T_2 , T_3 e T_4 foram de $2,7L\ m^{-2}$ o equivalente a uma chuva de $81\ mm.mês^{-1}$, conforme preconiza a literatura para as necessidades desta cultura (EMBRAPA, 2008). As irrigações foram efetuadas observando um turno de rega de 2 dias. Durante o desenvolvimento da cultura as irrigações foram realizadas sempre entre 7 horas e 8 horas da manhã. A irrigação do efluente dos outros tratamentos (T_2 , T_3 e T_4), foi captada da 3ª lagoa de maturação da ETE Renascer.

A Figura 8 mostra a irrigação da cultura através de regadores manuais, utilizada na área do experimento.



Figura 8 - Irrigação da cultura com regador na área do experimento. Fortaleza, CE, 2010. Fonte: Dados da pesquisa.

4.9. Semeadura e Tratos Culturais

As sementes foram dispostas nos vasos em sulcos a uma profundidade de 3,0cm, sendo uma linha por vaso, com uma densidade de semeadura de 7 – 10 sementes por metro linear. Desde a emergência das plantas até o estágio de colheita, foram realizados tratos culturais como o controle das ervas daninhas, o qual foi realizado manualmente, durante todo o ciclo da cultura. Executou-se apenas uma vez o controle fitossanitário, com o aparecimento aos 35 dias de idade da planta, uma praga denominada lagarta do cartucho, a *Spodoptera frugiperda*. Esta praga foi controlada com uma única dose de um inseticida piretróide, cujo ingrediente ativo é a Deltametrina, utilizando-se 0,25mL do produto para cada litro d'água. Na Figura 9 observam-se os vasos com a cultura: no início da emergência das plântulas e aos 20 dias de idade.



Figura 9 - Início da emergência das plântulas (A) e cultura aos 20 dias de idade (B) na área do experimento, Fortaleza, CE, 2010. Fonte: Dados da pesquisa.

4.10. Análises Realizadas na Água, no Esgoto Tratado e na Planta

Durante a condução do experimento foram efetuadas análises periódicas da água, da rede de abastecimento da CAGECE, e do esgoto tratado. Havia também a captação da solução (efluente + solo) dos vasos, onde foram feitos furos em cada um deles, que serviu como drenos. A captação destas soluções (solo + efluente) a partir dos drenos. Essas análises foram executadas no Laboratório da CAGECE, Laboratório Integrado de Água de Mananciais e Residuárias – LIAMAR, Laboratório de Química Analítica – LQA, pertencentes ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE, sendo que, as análises microbiológicas e de características agrônômicas foram desenvolvidas no Laboratório de

Nutrição Animal, Laboratório de Água e Solos, Laboratório de Microbiologia de Alimentos, todos pertencentes à Universidade Federal do Ceará - UFC. As análises realizadas seguiram a metodologia aplicada pelo *Standart Methods* (APHA et al., 2005). Estes parâmetros encontram-se na Tabela 9.

Tabela 9 - Análises físico-químicas e microbiológicas da água e esgoto tratado.

ANÁLISES / PARÂMETROS	REFERÊNCIA / TÉCNICA
pH	Potenciômetro
Condutividade elétrica	Condutivímetro
DBO ₅	Frascos padrões
DQO	Espectrofotômetro
Amônia	Método da destilação
Alcalinidade	Potenciômetro
Cloretos	Método de Mohr
Sódio	Espectrometria
Cálcio e Magnésio	Método EDTA
Fósforo total	Espectrofotômetro
E. Coli	Método Cromogênico Colliert
Ovos de helmintos	Método Bailanger Modificado

Fonte: APHA, 2005.

4.11. Análise de Biomassa da Planta do Sorgo Forrageiro

Após o ciclo da cultura, foram realizadas duas coletas: a primeira aos 60 dias de idade da planta; outra com 120 dias de idade, quando da rebrota das plantas. Foram avaliados parâmetros como: Matéria Seca (MS), Proteína Bruta (PB), Extrato Etéreo (EE), Fibra em Detergente Ácido (FDA), Fibra em Detergente Neutro (FDN), Matéria Mineral (MM). Em relação aos nutrientes contidos na planta, foram analisados: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe), cobre (Cu), zinco (Zn) e molibidênio (Mn).

4.12. Produção de Amostras

Após 60 dias do plantio, foi efetuado o corte da cultura manualmente com tesoura de poda a uma altura de 0,10 m do nível do solo nos vasos que continham as plantas, em todos os tratamentos (Figuras 10 e 11). Esta etapa ocorreu no mês de agosto/2010. Na época do corte do sorgo forrageiro, as irrigações foram suspensas por um período de 3 dias antes dessa colheita. Depois de efetuado o corte, foi coletado de cada tratamento (T_1 , T_2 , T_3 , T_4), 0,50kg da parte aérea da planta, triturado e enviado aos Laboratórios de Nutrição Animal e Solos e Água, da Universidade Federal do Ceará para procedimento das análises microbiológicas e foliares.



Figura 10 - Corte das plantas aos 60 e 120 dias de idade na área do experimento. Fonte: Dados da pesquisa



Figura 11 - Corte das plantas aos 60 e 120 dias de idade na área do experimento. Fonte: Dados da pesquisa

4.13. Análises Microbiológicas do Sorgo Forrageiro

Nas análises efetuadas do Sorgo Forrageiro, procurou-se determinar a presença de microrganismos patogênicos, especialmente *Salmonella* e Coliformes Termo Tolerantes-CTT, ovos de helmintos e *E. coli*. Foram coletadas amostras em todos os tratamentos, utilizando uma tesoura de poda, lavada com hipoclorito de sódio a 10%, a cada amostra coletada. Após coleta das amostras procedeu-se o armazenamento do sorgo em sacos de papel, devidamente identificados, para em seguida serem levados até os Laboratórios da UFC.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Características da Água da Rede de Abastecimento e do Efluente da ETE

Observando os resultados das análises dos principais parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água e do efluente da última lagoa de estabilização da ETE Renascer utilizados na cultura do sorgo forrageiro, pode-se avaliar a qualidade do esgoto tratado e da água, e também os aspectos microbiológicos importantes para determinar-se o possível uso do sorgo forrageiro na alimentação de animais, como pequenos ruminantes - ovinos, caprinos, até de bovinos. Estas análises foram realizadas com uma periodicidade de 30 dias, e utilizou-se a média aritmética para definir os valores de cada parâmetro. A Tabela 10 mostra os valores desses parâmetros, da água e do efluente da ETE renascer, na 3ª lagoa de maturação.

Tabela 10 - Valores médios dos principais atributos físico-químicos e microbiológicos da água e do efluente da 3ª lagoa de maturação da ETE Renascer.

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidades</i>	<i>Água da CAGECE</i>	<i>Esgoto Tratado</i>
pH	-	6,50	7,50
C.E_a	µScm ⁻¹	353,9	828,7
N-Amoniacal	mg L ⁻¹	0,15	2,59
Nitrato	mg L ⁻¹	0,05	0,075
N-total	MG L ⁻¹	0,66	9,45
P-total	mg L ⁻¹	0,03	8,06
K⁺	mg L ⁻¹	6,10	21,6
Na⁺	mg L ⁻¹	37,30	122,20
Ca²⁺	mg L ⁻¹	11,20	28,67
Mg²⁺	mg L ⁻¹	12,10	14,20
RAS	meq _c L ⁻¹	1,83	4,65
DBO₅	mgO ₂ L ⁻¹	1,00	92,40
DQO	mgO ₂ L ⁻¹	8,7	215,50
Alcalinidade	mgCaCO ₃ L ⁻¹	46,40	175,40
Cloretos	mgCl ⁻¹ L ⁻¹	95,7	175,70
E. Coli	(NMP /100mL)	ausente	<10
Ovos de helmintos	Ovos L ⁻¹	ausente	<1

Fonte: LIAMAR e LQA, 2010/ Laboratório CAGECE, 2010

Os valores encontrados de pH foram similares: o da água (6,5) o do efluente tratado (7,5). Nas águas de irrigação, o pH normal deve ficar entre 6,5 a 8,4. O de esgoto tratado pode ir de 5,0 a 9,0 – conforme a legislação da SEMACE (2002). As águas com pH ácido ou básico podem causar desequilíbrios de nutrição ou conter íons que venham a causar danos aos equipamentos de irrigação, podendo haver a deterioração do mesmo (Ayers e Westcot, 1999). Desta forma, o pH encontrado tanto na água como no esgoto tratado utilizados na irrigação dessa cultura, ficaram dentro da normalidade, e por conseguinte não trazendo nenhum prejuízo para o solo e no desenvolvimento da cultura.

Quando se considera o possível problema de salinização do solo, o nível elevado de condutividade elétrica é nocivo para um bom desenvolvimento da cultura. Ainda segundo Ayers e Westcot (1999), os valores normais de condutividade elétrica em água de irrigação estão entre 0 - 300 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$. De acordo com Reichardt (1990), o risco de salinidade é baixo quando a condutividade for menor 750 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ e o risco de salinidade médio quando variar de 750 - 1500 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$. Complementando, a SEMACE instituiu uma portaria de Nº 154/ 2002, estabelecendo para a condutividade elétrica de efluentes para reúso em atividades agrícolas, um valor menor que 3000 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$. Os valores médios encontrados nas análises foram de 353,9 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ para a água e de 828,7 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ no esgoto tratado. Em vista disso, pode-se avaliar que água encontra-se dentro dos padrões normais aceitáveis para seu uso, enquanto que o esgoto tratado possui um nível médio para a irrigação desta cultura, podendo vir a acarretar problemas de salinização a médio e longo prazo.

O sódio, cálcio e magnésio são analisados conjuntamente por meio da relação conhecida como RAS (Razão de Adsorção de Sódio). Desta maneira, conseguiu-se avaliar os efeitos dessa relação sobre a qualidade da água para irrigação. Segundo a classificação proposta pelo “U. S. SALINITY LABORATORY STAFF – U.S.D.A AGRICULTURE HANDBOOK Nº 60”, é baseado na condutividade elétrica, como indicador de perigo de salinização do solo, e na Razão de Adsorção de Sódio RAS), como indicadora do perigo de alcalinização ou sodificação do solo. A partir do diagrama usado pelo Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos para classificação das águas para irrigação, os resultados apontaram que a água usada neste experimento foi enquadrada como C_2S_1 , significando salinidade média e baixo conteúdo de sódio. O esgoto tratado enquadrado como C_3S_1 indicando água de alta salinidade e baixo teor de sódio. Isto implica que a água utilizada neste

experimento pode ser usada sempre que houver um grau moderado de lixiviação e que na maioria dos casos as plantas com moderada tolerância aos sais podem ser cultivadas, sem práticas especiais de controle de salinidade. Quanto ao esgoto, recomenda-se ser usado em solos com boa drenagem, e usar somente para irrigação de plantas com boa tolerância aos sais, como no caso de algumas gramíneas, como o sorgo forrageiro.

De acordo com a USEPA (2004) e Crook (1993), concentrações de até 99 mg Cl L^{-1} de cloretos na água de irrigação não acarretam nenhum efeito danoso à cultura. Valores acima deste, podem causar alguns problemas como a diminuição da taxa de crescimento. Em concentrações ainda maiores, haverá queimaduras nas folhas das plantas. O valor encontrado para cloreto, foi de $95,7 \text{ mg Cl L}^{-1}$ na água, o que está dentro da normalidade. Para o esgoto tratado o valor foi de $175,70 \text{ mg Cl.L}^{-1}$, encontrando-se assim, acima do normal. Provavelmente, pequenas queimaduras encontradas no limbo das folhas de algumas plantas dos tratamentos irrigados com a água do efluente, na fase 40 a 60 dias de idade da planta, ficaram adsorvidas no solo.

Segundo Ayers e Westcot (1999), os valores padrões encontrados para concentração de amônia em águas usadas para irrigação estão entre $0\text{-}5 \text{ mg NH}_3 \text{ L}^{-1}$. No experimento foram encontrados os valores médios nas análises de presença de amônia para a água de $0,15 \text{ mg NH}_3 \text{ L}^{-1}$, e de $2,59 \text{ mg NH}_3 \text{ L}^{-1}$ para o esgoto tratado. Segundo a legislação vigente para reúso USEPA (2004), os resultados encontram-se em valores aceitáveis.

Os valores médios de fósforo encontrados nas análises para a água e esgoto tratado forma de $0,03$ e $8,06 \text{ mg PL}^{-1}$, respectivamente. Ainda de acordo com Ayers e Westcot (1999), os valores normais para a concentração de fósforo em águas usadas para irrigação, estão entre $0\text{-}2 \text{ mg PL}^{-1}$. O nível elevado de fósforo encontrado no esgoto tratado é devido às substâncias presentes no esgoto doméstico, sendo que, essa concentração elevada traz benefícios para a nutrição das plantas.

As diferenças mais notáveis entre a água da rede de abastecimento e do efluente foram observadas nos teores de K, Na, Ca. O esgoto tratado apresentou concentrações destes nutrientes superiores aos da água, com diferenças da ordem de 28%, 30% e 39%, respectivamente.

Os valores médios encontrados de DBO na água e no esgoto tratado foram, $1,00 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$ e $92,40 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$, respectivamente. De acordo com USEPA (2004), o valor aceitável para

irrigação é de 30mg O₂ L⁻¹. O valor para água de 1,0mg O₂ L⁻¹ não é relevante, enquanto que o do esgoto tratado de 92,40mg O₂ L⁻¹ está bem acima do valor aceitável para irrigação. Os padrões utilizados pela USEPA são muito rígidos quando se faz uso de esgoto tratado para irrigação de culturas agrícolas. Logo para determinados tipos de cultivos de culturas e aplicações, esses padrões podem ser utilizados, desde que possam ser aumentados os cuidados, relativos aos riscos à saúde dos operários, no manejo da irrigação e os riscos na alimentação dos animais com forrageiras irrigadas.

Nas análises para determinação de DQO, os valores foram de 8,7mg O₂ L⁻¹ e 215,5mg O₂ L⁻¹, para água e esgoto tratado, respectivamente, níveis estes considerados aceitáveis. Segundo USEPA (2004) os valores médios giram em torno de 417mg O₂ L⁻¹.

De acordo com WHO (2006), os valores encontrados para *E. coli* e ovos de helmintos nas análises de água e esgoto tratado, encontram-se dentro dos padrões aceitáveis para irrigação de culturas forrageiras. Na legislação local, o da Superintendência Estadual do Meio Ambiente – SEMACE considera também aceitáveis os valores para os dois parâmetros anteriores. De acordo com a literatura, não há restrições em relação à concentração para coliformes termo tolerantes, porém para concentração de ovos de helmintos, devem ser menor ou igual à unidade. Os valores encontrados nas análises efetuadas apresentaram ausência para *Escherichia coli*. Para ovos de helmintos o valor foi menor que a unidade, portanto valores encontrados dentro do permitido conforme legislação para irrigação de plantas forrageiras. Dessa maneira, a cultura não apresenta riscos sanitários para o manejo dos animais, tornando assim a viabilidade até de se poder consumir carne proveniente daquele rebanho.

5.1. Análise Microbiológica do Sorgo Forrageiro

As análises microbiológicas foram realizadas para se determinar a concentração de Coliformes Termo Tolerantes - CTT, bem como a presença de *Salmonella sp* no sorgo forrageiro. A Tabela 11 mostra os resultados obtidos das análises dos grupos de amostras coletadas.

Tabela 11 – Resultados das análises de CTT e *Salmonella sp* do sorgo forrageiro, Fortaleza - CE.

<i>Tratamentos coletados</i>	<i>CTT a 45°C (NMP/g)</i>	<i>Pesquisa de Salmonella sp/25g</i>
Esgoto (1ª e 2ª coleta)	<3	Ausência
Esgoto + adubação (1ª e 2ª coleta)	<3	Ausência
Esgoto + ½ adubação (1ª e 2ª coleta)	<3	Ausência

Fonte: Laboratório de Microbiologia de Alimentos - LMA (UFC), 2010.

Nas amostras analisadas para determinar a presença ou ausência de *Salmonella sp* na biomassa de sorgo, tanto na primeira como na 2ª coleta não foi detectada presença da bactéria. A 1ª coleta feita aos 60 dias e a 2ª coleta após rebrota do sorgo Forrageiro, aos 120 dias de idade da planta. A ausência deste microrganismo possivelmente ocorreu devido aos fatores característicos da região Nordeste do Brasil, como os fortes níveis de insolação durante grande parte do ano, atuando com ação de desinfecção. Em regiões onde o clima é considerado propício a sua manutenção, a resistência da presença dessa bactéria pode ser mais acentuada.

Os resultados obtidos nas análises para a concentração de coliformes fecais ficaram dentro do que preconiza a legislação vigente, tendo sido encontrados níveis baixos nas duas coletas. Enfim, os valores encontrados tanto para *Salmonella sp* como para coliformes fecais no esgoto tratado, estiveram sempre de acordo com os padrões recomendados por WHO (2006). A Tabela 12 mostra os resultados destas análises.

Tabela 12 - Resultados das análises de *E. Coli* e ovos de helmintos do sorgo forrageiro, Fortaleza - CE. forrageiro.

<i>Coleta de Amostras</i>	<i>E. Coli</i> (UFC/g)	<i>Ovos de Helmintos</i> (ovo/ L)
Esgoto (1^a e 2^a coleta)	<10	Ausência
Esgoto + adubação (1^a e 2^a coleta)	<10	Ausência
Esgoto + ½ adubação (1^a e 2^a coleta)	<10	Ausência

Fonte: AMBIENGE - Engenharia Ambiental e Laboratório, 2010.

As cocentrções de *Salmonella*, *E. Coli* e ovos de helmintos encontrados nas análises sugere uma sanitização das amostras, que pode ter sido realizada pela solarização da cultura, além dos trataos culturais, ou até mesmo a ausência deste microrganismo no efluentes, pois sabe-se que os ovos de helmintos e algumas bactérias, sedimentam e passam a fazer parte da parte sólida dos esgotos, no caso o lodo.

5.2. Análise De Biomassa da Planta

Após 60 dias foi efetuado, manualmente, o primeiro corte da planta, numa altura aproximada de 0,10m do nível do solo (contido nos vasos). Depois de efetuado o corte dos tratamentos, o material foi enviado aos Laboratório de Nutrição Animal e Laboratório de Solos e Água pertencentes à UFC, para procedimento das análises microbiológicas e foliares.

O primeiro corte, de uniformização do sorgo forrageiro, ocorreu em agosto de 2010, o segundo corte (o definitivo), ocorreu 60 dias depois do primeiro, em outubro de 2010. Na época de cada corte do sorgo, as irrigações foram suspensas por um período de 3 dias. As amostras de fitomassas foram colhidas cortando-se o caule da planta, com uma tesoura de poda. Após a coleta de fitomassa em cada tratamento, a tesoura de poda era desinfetada com hipoclorito de sódio a 10%.

As amostras coletadas do sorgo forrageiro na área do exeprimento, foram armazenadas em sacos plásticos, previamente identificados e posteriormente, pesados e encaminhados para

o Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal do Ceará, para secagem em estufa com circulação de ar forçado a 65°C por um período de 72 horas, e pesadas novamente.

Em uma balança de precisão pesaram-se 5,0 gramas de amostra, as quais foram levadas à estufa por 24 horas, para a secagem definitiva, e novamente pesadas a fim de se determinar a produção de massa seca do sorgo forrageiro, e conseqüentemente a sua produtividade.

Na análise da planta procurou-se determinar a quantidade de macronutrientes e micronutrientes existentes nas duas etapas de colheita da planta: uma aos 60 dias de idade, outra aos 120 dias quando procedeu-se o corte definitivo. Após a realização de cada corte, retirou-se 0,50kg de biomassa das plantas em cada tratamento, procedendo-se o envio ao Laboratório de Solo/Água da UFC para análises dos macros e micronutrientes existentes na biomassa da planta. Nos tratamentos irrigados com esgoto e esgoto + adubação, as quantidades de N e P foram superiores ao tratamento irrigado com água, tanto na primeira colheita (0-60 dias) quanto na segunda colheita (60-120 dias) da cultura. O enriquecimento da biomassa, veio dos nutrientes contidos no esgoto, como já era esperado. Os resultados analíticos encontram-se nas Tabelas 13 e 14.

Tabela 13 - Quantidade de macro e micro nutrientes na planta de sorgo aos 60 dias de idade, Fortaleza - Ce, junho / 2010.

Tratamentos	<i>Macronutrientes (g/kg)</i>					<i>Micronutrientes (mg/kg)</i>			
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
I	8,4	1,5	9,8	15,8	8,9	61,0	0,1	25,0	50,4
II	13,7	2,0	9,2	13,4	9,3	71,8	0,1	25,3	43,7
III	21,3	2,4	13,2	19,1	7,7	67,9	0,1	48,3	84,5
IV	14,0	1,9	14,6	12,3	6,8	55,1	0,1	43,0	34,8

Fonte: Laboratório de Análises de Solo e água (UFC).

Tabela 14 - Quantidade de macro e micro nutrientes na planta de sorgo aos 120 dias de idade, Fortaleza - Ce, outubro / 2010.

Tratamentos	<i>Macronutrientes (g/kg)</i>					<i>Micronutrientes (mg/kg)</i>			
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
I	8,1	1,7	27,2	11,9	5,6	119,6	1,0	17,7	94,3
II	8,7	2,1	17,8	9,1	3,9	130,3	0,6	21,2	40,5
III	9,2	2,0	14,8	7,8	3,5	67,4	3,4	27,3	36,8
IV	8,7	1,8	15,2	7,9	3,2	68,6	33,2	17,6	21,6

Fonte: Laboratório de Análises de Solo e água (UFC).

5.3. Análises Químico-Bromatológicas

A primeira análise foi desenvolvida buscando-se determinar as possíveis diferenças entre os quatro tipos de tratamentos aplicados em relação ao nível de produtividade alcançado por cada um, levando-se em consideração parâmetros como matéria seca (MS), extrato etéreo (EE), resíduo mineral (RM), proteína bruta (PB), fibra em detergente ácido (FDA) e fibra em detergente neutro (FDN). A Tabela 15 mostra os resultados da coleta de biomassa no primeiro ciclo da cultura, de 0 a 60 dias.

Tabela 15 - Resultado das análises químico-bromatológicas da 1ª coleta da planta (aos 60 dias de idade), Fortaleza - CE, 2010.

<i>Amostras</i>	<i>MS (%)</i>	<i>PB (%)</i>	<i>EE (%)</i>	<i>RM (%)</i>	<i>FDA (%)</i>	<i>FDN (%)</i>
T₁	18,83	7,56	2,73	6,20	34,19	61,20
T₂	18,10	8,34	2,81	5,85	33,62	69,39
T₃	15,60	15,48	5,48	8,02	30,67	67,22
T₄	20,03	12,61	2,61	5,43	39,94	60,23

Fonte: Laboratório de Nutrição Animal (UFC).

A Tabela 16 mostra os resultados da coleta de biomassa no no segundo ciclo da cultura, de 60 a 120 dias.

Tabela 16 – Resultado das análises químico-bromatológicas da 2ª coleta (rebrotada), do sorgo forrageiro, Fortaleza - CE, 2010.

<i>Amostras</i>	<i>MS (%)</i>	<i>PB (%)</i>	<i>EE (%)</i>	<i>RM (%)</i>	<i>FDA (%)</i>	<i>FDN (%)</i>
T ₁	19,45	5,15	2,73	7,97	35,98	72,48
T ₂	23,94	6,89	3,20	5,12	33,10	67,38
T ₃	28,85	11,17	2,48	4,42	28,23	64,21
T ₄	23,60	6,53	2,01	4,76	31,88	65,30

Fonte: Laboratório de Nutrição Animal (UFC).

Legenda:

T₁ – Irrigação com água

T₂ – Irrigação com esgoto tratado

T₃ – Irrigação com esgoto tratado + adubação recomendada

T₄ – Irrigação com esgoto + ½ adubação recomendada.

As análises químico-bromatológicas da matéria seca (MS), extrato etéreo (EE), resíduo mineral (RM) e proteína bruta (PB) seguiram a metodologia descrita pela Association of Official Analytical Chemists – AOAC (1990), e os teores de fibra em detergente ácido (FDA) e fibra em detergente neutro (FDN) foram obtidos por intermédio do método de Van Soest descrito por SILVA e QUEIROZ (2002).

5.4.1. Matéria Seca (MS)

A matéria seca (MS) é a fração do alimento, excluída a umidade natural. Na matéria seca é que estão contidos os nutrientes: carboidratos, proteínas, minerais. O consumo de matéria seca (MS) das pastagens está diretamente ligado ao desempenho dos animais, visto que determina a quantidade de nutrientes ingeridos, os quais são necessários para atender as exigências de manutenção e produção animal. Assim uma planta com maior quantidade de matéria seca (MS) está associada a um maior potencial energético. O maior consumo de matéria de seca (MS) contribui para um melhor ganho de peso do animal (EMBRAPA, 2009).

Neste experimento com sorgo forrageiro, constatou-se que na 1ª coleta realizada, os níveis de matéria seca (MS) no tratamento T₄ (irrigado com esgoto + ½ adubação

recomendada), foi ligeiramente superior aos demais tratamentos. Já na 2ª coleta realizada, foi no tratamento T₃ (irrigado com esgoto + adubação recomendada), onde observou-se que o teor de matéria seca (MS) teve um percentual superior a 85%. Benevides (2007), trabalhando com o uso de esgotos domésticos tratados no cultivo do capim Tanzânia, em três coletas realizadas, encontrou aumento da 1ª. coleta em relação as outras duas, em torno de 45%, inferior portanto ao desta pesquisa. Logo, conclui-se que neste experimento a irrigação com esgoto, principalmente na rebrota da cultura, as plantas apresentaram uma maior produção de forragem e, conseqüentemente, proporcionando um melhor potencial energético do sorgo forrageiro. A Figura 12 mostra o comportamento da porcentagem de matéria seca (MS) presentes no sorgo forrageiro, para os quatro tratamentos aplicados durante as duas coletas realizadas na área da pesquisa.

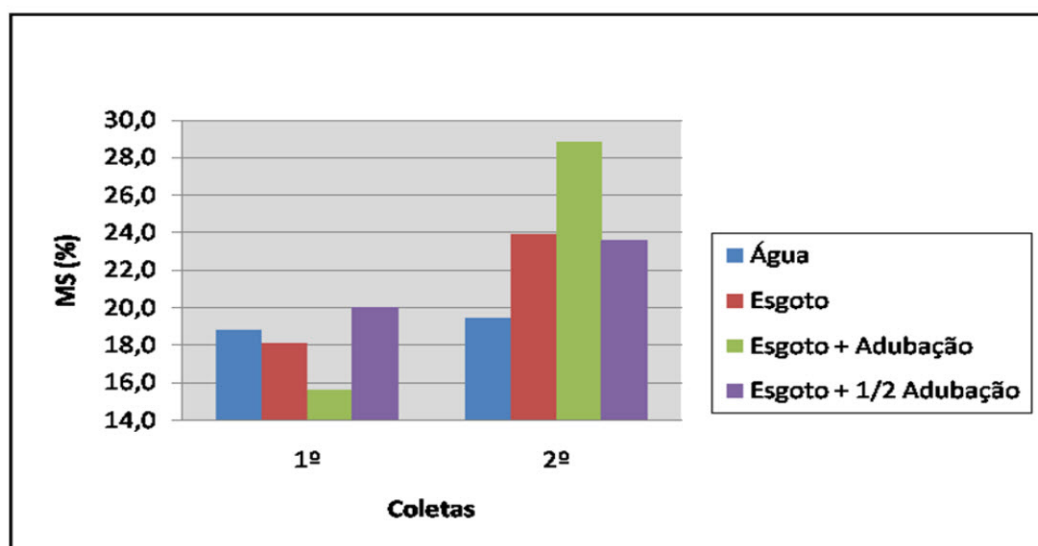


Figura 12 – Porcentagem de matéria seca (MS) presente no sorgo forrageiro, Fortaleza - CE, 2010. Fonte: Dados da pesquisa.

5.4.2. Proteína Bruta (PB)

Para ser considerada ideal a proteína ou a combinação não deve possuir aminoácidos em excesso. Assim, os aminoácidos devem estar presentes na dieta exatamente nos níveis exigidos para a manutenção e máxima deposição protéica. Fernandes (1981) estudando o

comportamento de 18 variedades de sorgo forrageiro, afirma que a percentagem de proteína bruta (PB) é considerada alta a partir de 8%, média de 6,4%, baixa de 5,4%.

Considerando que é recomendado de 8,5% a 10,7% de proteína bruta (PB) na matéria seca, para a manutenção e ganho de peso para bovinos (NRC, 1996), os valores encontrados de proteína bruta (PB) presentes o sorgo forrageiro, nos tratamentos T₃ e T₄, na primeira coleta, foram ligeiramente acima dos padrões exigidos, enquanto os demais T₁ e T₂ ficaram dentro do recomendável. Na segunda coleta das plantas os tratamentos que receberam esgoto tratado ficaram dentro dos padrões recomendáveis, porém o tratamento irrigado com água de abastecimento apresentou um valor abaixo do exigido. Na Figura 13 estão indicados os valores de proteína bruta (PB) nos quatro tratamentos aplicados, nas duas coletas realizadas.

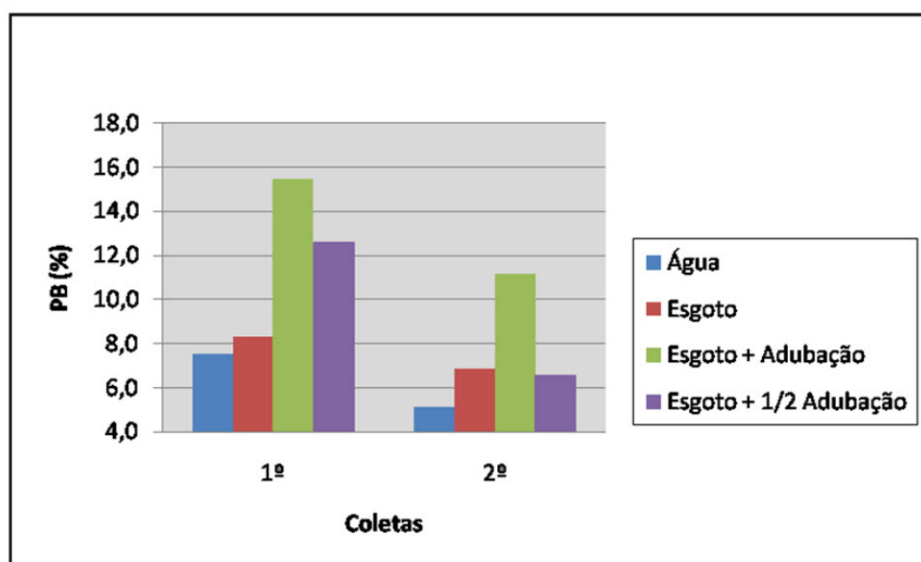


Figura 13 – Teor de proteína bruta (PB) na matéria seca (MS) do sorgo forrageiro, Fortaleza- CE, 2010. Fonte: Dados da pesquisa.

5.4.3. Extrato Etéreo (EE)

O extrato etéreo (EE) é definido como a soma de todas as substâncias extraídas pelo éter, sendo essas substâncias os ácidos graxos livres, o colesterol, os álcoois voláteis, os óleos voláteis e as resinas. Segundo Palmquist (1994), o nível máximo de extrato etéreo (EE) admitido para alimentação de ruminantes é de 5% na matéria seca (MS), sendo que o nível mínimo é de 2%.

Os resultados das análises para os teores de extrato etéreo (EE) na matéria seca (MS) do sorgo forrageiro (Figura 14), revelaram que todas as amostras coletadas dos quatro tratamentos, ficaram dentro dos padrões recomendados nas duas coletas. Apenas o tratamento T₃, da 1ª coleta, apresentou um valor 10% acima do recomendado, porém dentro dos padrões aceitáveis, não acarretando portanto, prejuízos para os animais.

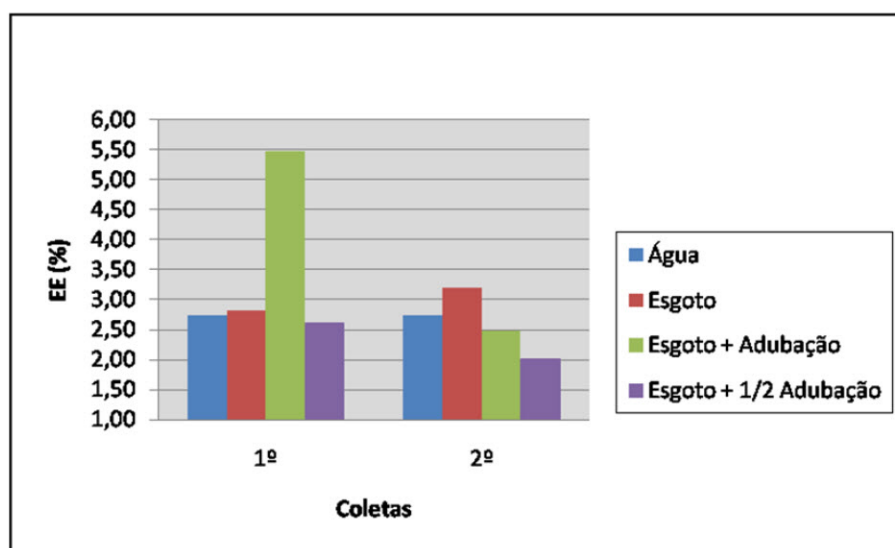


Figura 14 – Teor de extrato etéreo (EE) na matéria seca (MS) do sorgo forrageiro, Fortaleza - CE, 2010. Fonte: Dados da pesquisa.

5.4.4. Resíduo Mineral (RM)

O resíduo mineral (RM) engloba o cálcio, enxofre, ferro, manganês, potássio e zinco. Houve um decaimento da ordem de 44% no tratamento T₃, entre a 1ª e 2ª, em virtude da carência, principalmente dos macronutrientes cálcio, enxofre e potássio para as plantas, durante a rebrota da cultura.

De acordo com a NRC (1996), os resultados encontrados em todas as amostras possuem níveis aceitáveis para a alimentação de animais. Os teores de resíduo mineral encontrados nas análises ficaram próximos aos da média de 7,84% determinados por PEREIRA et al. (1996). Portanto em todos os tratamentos não houve resultados fora dos padrões exigidos pela NRC (1996).

A Figura 15 mostra os resultados obtidos para os teores de resíduo mineral (RM) nas análises das amostras do sorgo forrageiro, para os quatro tratamentos aplicados nas duas coletas realizadas.

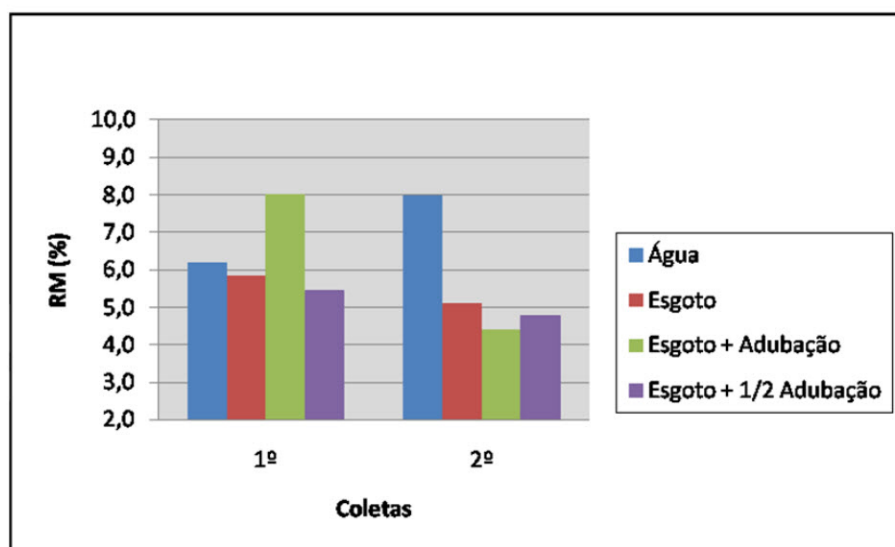


Figura 15 – Teor de resíduo mineral (RM) na matéria seca (MS) do sorgo forrageiro, Fortaleza - CE, 2010. Fonte: Dados da pesquisa.

5.4.5. Fibras em Detergente Ácido (FDA)

As fibras em detergente ácido (FDA) englobam a celulose e lignina, dando informações, respectivamente, sobre o consumo e digestibilidade. Barbosa e Euclides (1997) estudando o valor nutritivo de três espécies de *Panicum maximum* obtiveram teor médio de FDA de 34,2% na matéria seca (MS). Na pesquisa com o sorgo forrageiro, os resultados das análises apresentaram médias próximas ao da pesquisa dos dois autores citados anteriormente. Nos quatro tratamentos, nas duas coletas a média foi de 33,4%. A concentração de FDA correlaciona-se linear e negativamente com a digestibilidade da matéria seca (MS) da forragem (VAN SOEST, 1994). A Figura 16 mostra a concentração de FDA nas amostras analisadas nas duas coletas, para os tratamentos aplicados. O percentual de decaimento mais elevado foi no tratamento T₃, resultando em cerca de 20% de queda. Logo verifica-se que nas duas coletas, a concentração de FDA esteve dentro dos padrões, implicando numa maior digestibilidade da matéria seca (MS).

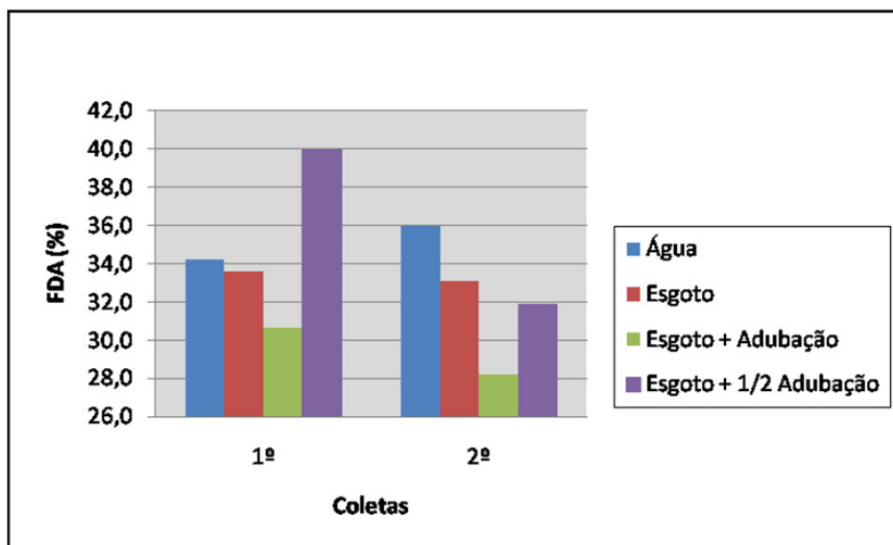


Figura 16 – Concentrações de fibra em detergente ácido (FDA) na matéria seca (MS) do sorgo forrageiro, obtido em diferentes tratamentos, Fortaleza-CE, 2010. Fonte: Dados da pesquisa.

5.4.6. Fibras em Detergente Neutro (FDN)

As fibras em detergente neutro (FDN) incluem a proteína solúvel, a hemicelulose, a lignina e a celulose, que influenciam no grau de digestibilidade da planta. Madsen et al. (1997) assumem que ingestão potencial de forragem está relacionada com a fibra em detergente neutro (FDN) presente na forragem. Van Soest (1994) afirmou que valores acima de 55% a 60% de FDN na matéria seca limitam o consumo. Barbosa e Euclides (1997) estudando o valor nutritivo de três espécies de *Panicum maximum* obtiveram teor médio e 70,6% na matéria seca (MS). Os resultados das concentrações de FDN para as amostras analisadas do sorgo forrageiro, nos quatro tratamentos, mostrou uma média de 64,15% na primeira coleta e 67,39% na segunda, níveis estes que estão superiores 8% a 10% aos exigidos, que é de 60%, portanto determinando cautela na alimentação de forragem aos animais, com o propósito de se evitar transtornos. Na Figura 17 encontram-se os resultados de FDN, da primeira e segunda coleta.

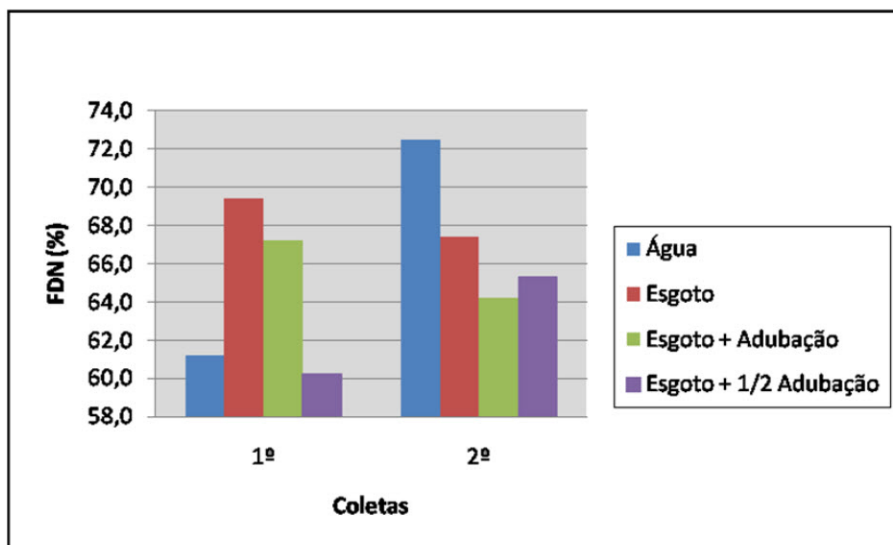


Figura 17 – Concentrações de fibra em detergente neutro (FDN) na matéria seca (MS) do sorgo forrageiro, Fortaleza - CE, 2010. Fonte: Dados da pesquisa.

5.4. Análises do Solo Efetuadas Antes e Depois do Experimento

5.4.1. Características iniciais do solo na instalação do experimento

O solo que foi utilizado na área experimental foi classificado de solo de textura franca arenosa, fase caatinga hiper-xerófila relevo plano (EMBRAPA, 1999). Os solos em questão são caracterizados com baixa e média saturação de bases, menor acidez, bem como conteúdo mineralógico que encerra, comumente, quantidade pouco significativa de minerais primários facilmente decomponíveis, os quais constituem fontes de nutrientes para as plantas.

Visando comparar o aumento de nutrientes advindos da irrigação nos três tratamentos irrigados com esgoto da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Renascer, foram feitas as análises do solo usado nos vasos de plantio, antes e depois da implantação do experimento. A partir dos valores usados pelo Laboratório de Solos e Água da UFC para medir os teores de nutrientes contidos nas amostras de solos, fez-se o comparativo com o intuito de uma nova classificação do solo pós-experimento. Na Figura 18 observam-se amostras de solo para análises, que foram retiradas dos vasos, pós-experimento.



Figura 18 – Amostras de solo retiradas dos vasos para análises, Fortaleza - CE, 2010.

Fonte: Dados da pesquisa.

A Tabela mostra os níveis de fertilidade para interpretação de resultados de análises de solo usados pelo referido Laboratório (UFC, 1993).

Tabela 17 – Níveis de fertilidade para interpretação dos resultados da análise de solo utilizados pelos laboratórios do Estado do Ceará.

Determinações	Unidade	Classificação			
		Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Alumínio (Al^{3+})	meq/100cm ³	0 – 0,5	0,5 – 1,0	>1,0	--
Cálcio (Ca^{2+})	meq/100cm ³	0 – 1,5	1,6 – 4,0	>4,0	--
Magnésio (Mg^{2+})	meq/100cm ³	0 – 0,5	0,6 – 1,0	>1,0	--
Potássio (K^+)	mg/dm ³	0 – 45	46 – 90	91 – 180	>180
Fósforo (P)	mg /dm ³	0 – 10	11 – 20	21 – 40	>40
Matéria Orgânica	%	0 – 1,5	1,6 – 3,0	>3,0	--

Fonte: UFC, 1993.

A Tabela 18 mostra os principais atributos do solo na área experimental, determinados a fim de caracterizar o estado químico do solo inicial, ou seja, antes da implantação do experimento.

Tabela 18 - Atributos químicos do solo (inicial), antes da implantação do experimento, Fortaleza - CE, junho/2010.

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>Valor inicial(Vi)</i>	<i>Classificação</i>
Fósforo	mg.dm ⁻³	3	Baixo
Potássio	mg.dm ⁻³	13	Baixo
Cálcio + Magnésio	cmol _c . dm ⁻³	1,8	Médio
Cálcio	cmol _c . dm ⁻³	1,0	-
Magnésio	cmol _c . dm ⁻³	0,8	-
Alumínio	cmol _c . dm ⁻³	0,0	-
Sódio	mg.dm ⁻³	10	-
pH	-	6,4	-

Fonte: Laboratório de Solo e Água (UFC).

Inicialmente o solo apresentou uma acidez próximo ao neutro, com valor de 6,4, portanto dentro da normalidade. Os teores de P e K apresentaram – se baixos, indicando ser um solo pobre, de baixa fertilidade. Os teores de Ca e Mg foram classificados como médio.

5.5.2. Características do solo após o término do experimento

Após a colheita definitiva do sorgo forrageiro, aos 120 dias, foram realizadas novas análises do solo contidos nos vasos de plantio, em cada um dos tratamentos, visando comparar o aumento de nutrientes nos três tratamentos irrigados com esgoto, bem como a nova classificação da fertilidade do solo.

Na Tabela 19 encontram-se os resultados da amostra composta do solo do tratamento T₁ e da amostra de solo com valor inicial (Vi), e a nova classificação do solo.

Tabela 19 - Características do solo: com valor inicial (Vi) e do tratamento T₁ após a colheita definitiva, Fortaleza - CE, outubro/2010.

Parâmetros	Unidade	Vi	Valor (T₁)	Classificação do solo pós-experimento
Fósforo	mg dm ⁻³	3	6	Baixo
Potássio	mg dm ⁻³	13	34	Baixo
Cálcio	+ cmol _c dm ⁻³	1,8	3,7	Médio
Magnésio				
Cálcio	cmol _c dm ⁻³	1,0	2,0	-
Magnésio	cmol _c dm ⁻³	0,8	1,7	-
Alumínio	cmol _c dm ⁻³	0,0	0,0	-
Sódio	g dm ⁻³	10	56	-
pH	-	6,4	6,4	-

Fonte: Laboratório de Solo e Água (UFC).

No tratamento irrigado com água aconteceram pequenas mudanças em relação aos nutrientes; fósforo, potássio e cálcio + magnésio, no entanto a classificação do solo ficou inalterada em relação ao início do experimento. O pH permaneceu o mesmo.

Na Tabela 20 encontram-se os resultados da amostra composta do solo do tratamento T₂, da amostra com valor inicial (Vi) e a nova classificação do solo.

Tabela 20 - Características do solo: com valor inicial (Vi) e do tratamento T₂ após a colheita definitiva, Fortaleza - CE, outubro/2010.

Parâmetros	Unidade	Vi	Valor (T₂)	Classificação do solo pós experimento
Fósforo	mg dm ⁻³	3	14	Médio
Potássio	mg dm ⁻³	13	42	Baixo
Cálcio	+ cmol _c dm ⁻³	1,8	2,7	Médio
Magnésio				
Cálcio	cmol _c dm ⁻³	1,0	1,5	-
Magnésio	cmol _c dm ⁻³	0,8	1,2	-
Alumínio	cmol _c dm ⁻³	0,0	0,0	-
Sódio	mg dm ⁻³	10	188	-
pH	-	6,4	7,1	-

Fonte: Laboratório de Solo e Água (UFC).

No tratamento T₂ nota-se o aumento dos teores de P e K devido o enriquecimento do solo com os nutrientes advindos da irrigação com o esgoto tratado. Houve também um aumento significativo do Na⁺ em decorrência do uso da água do esgoto, sinalizando cuidados e um constante monitoramento para não causar a alcalinização ou sodificação do substrato e em consequência afetar as plantas. Houve uma ligeira alteração no pH, porém permanecendo dentro da neutralidade.

Na Tabela 21 encontram-se os resultados da amostra composta do solo do tratamento T₃ e da amostra de solo com valor inicial (Vi), bem como a nova classificação do solo.

Tabela 21 – Características do solo: com valor inicial (Vi) e do tratamento T₃, após a colheita definitiva, Fortaleza - CE, outubro/2010.

Parâmetros	Unidade	Vi	Valor(T₃)	Classificação do solo pós experimento
Fósforo	mg dm ⁻³	3	15	Médio
Potássio	mg dm ⁻³	13	112	Alto
Cálcio	+ cmol _c dm ⁻³	1,8	3,5	Médio
Magnésio				
Cálcio	cmol _c dm ⁻³	1,0	2,0	-
Magnésio	cmol _c dm ⁻³	0,8	1,5	-
Alumínio	cmol _c dm ⁻³	0,0	0,0	-
Sódio	mg dm ⁻³	10	246	-
pH	-	6,4	5,7	-

Fonte: Laboratório de solo e água (UFC).

No tratamento T₃ quando foi acrescido adubação no solo, como era de esperar, houve a elevação dos nutrientes P e K, caracterizando um solo com boa fertilidade. O teor de Na⁺ teve um valor elevado, sinalizando portando um monitoramento e muita cautela em decorrência do perigo de sodificação do substrato, trazendo prejuízos para o solo e a cultura.

No tratamento T₄ foi acrescido ao esgoto, a metade da adubação utilizada em T₃. Na Tabela 22 encontram-se os resultados encontrados.

Tabela 22 - Características do solo: com valor inicial (Vi) e do tratamento T₄, após a colheita definitiva, Fortaleza - CE, outubro/2010.

Parâmetros	Unidade	Vi	Valor	Classificação do solo pós experimento
Fósforo	mg dm ⁻³	3	25	Alto
Potássio	mg dm ⁻³	13	53	Alto
Cálcio	+ cmol _c dm ⁻³	1,8	3,9	Médio
Magnésio				
Cálcio	cmol _c dm ⁻³	1,0	2,0	-
Magnésio	cmol _c dm ⁻³	0,8	1,9	-
Alumínio	cmol _c dm ⁻³	0,0	0,0	-
Sódio	mg dm ⁻³	10	162	-
pH	-	6,4	6,3	-

Fonte: Laboratório de Solo e Água (UFC).

No tratamento T₄ houve um aumento ainda maior no teor de fósforo sendo que, o potássio também aumentou, ficando assim esta nova classificação como um solo de alta fertilidade, quando levam-se em consideração os teores destes dois macronutrientes. Em todos os tratamentos irrigados com esgoto os teores de cálcio + magnésio sofreram pequenas oscilações em relação à classificação inicial do solo.

5.6. Produtividade de Massa Verde do Sorgo Forrageiro

Foram realizadas duas colheitas na cultura: uma quando a cultura completou 60 dias de idade deu-se início o corte das plantas; outra, com a rebrota da cultura aos 120 dias fazendo-se a colheita definitiva. A partir destas produções de matéria verde em cada tratamento, comparando a influência da irrigação nos tratamentos irrigados com esgoto em relação ao tratamento irrigado com água.

A Figura 19 mostra o corte das plantas em cada vaso de plantio, nos quatro tratamentos da pesquisa.



Figura 19 – Corte das plantas efetuadas para análises de produtividade de matéria verde na área do experimento, Fortaleza-CE, 2010. Fonte: Dados da pesquisa.

No final de cada ciclo da cultura foi realizado o corte e efetuado o peso em balança de precisão a fim de se obter a produção em cada tratamento. Em seguida os estes dados foram extrapolados para a unidade básica, o hectare. Na Tabela 23 encontra-se a produção de massa verde da cultura, nos dois ciclos: de 0-60 dias e de 60-120 dias.

Tabela 23 - Produção de massa verde do sorgo forrageiro nos quatro tratamentos usados no experimento e nos dois ciclos da cultura.

Tratamentos	(0 – 60 dias)	(60 – 120 dias)
	Produção(g)	Produção(g)
T(1) ₁	350	75
T(1) ₂	396	73
T(1) ₃	188	80
T(1) ₄	154	88
T(2) ₁	662	420
T(2) ₂	660	392
T(2) ₃	656	388
T(2) ₄	484	418
T(3) ₁	530	396
T(3) ₂	526	398
T(3) ₃	387	395
T(3) ₄	421	437
T(4) ₁	734	598
T(4) ₂	798	585
T(4) ₃	694	583
T(4) ₄	712	592

Fonte: Laboratório de Nutrição Animal (UFC).

A partir deste dado foram feitos estimativas da produção por hectare. A Figura 20 mostra os resultados obtidos na produção de biomassa do sorgo forrageiro aos 60 dias (1^a colheita) e aos 120 dias de idade da cultura (2^a colheita).

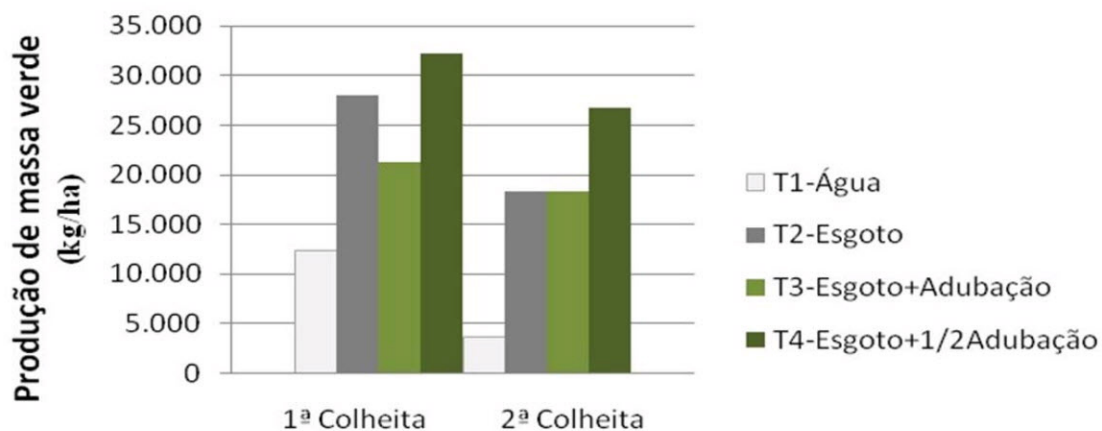


Figura 20 – Produção de massa verde de sorgo forrageiro. Fonte: Dados da pesquisa.

Comparando as duas etapas de cultivo da cultura, foram feitas avaliações dos percentuais de produção de colheita de massa verde, entre o primeiro ciclo da cultura (0-60 dias) e o segundo ciclo (60-120 dias). Desta forma obteve-se os resultados comparativos em cada tratamento, para cada hectare produzido, estimando assim o percentual de rebrota para o sorgo forrageiro. A Figura 21 mostra o percentual de rebrota da cultura a partir da produtividade em ambos os ciclos da cultura.

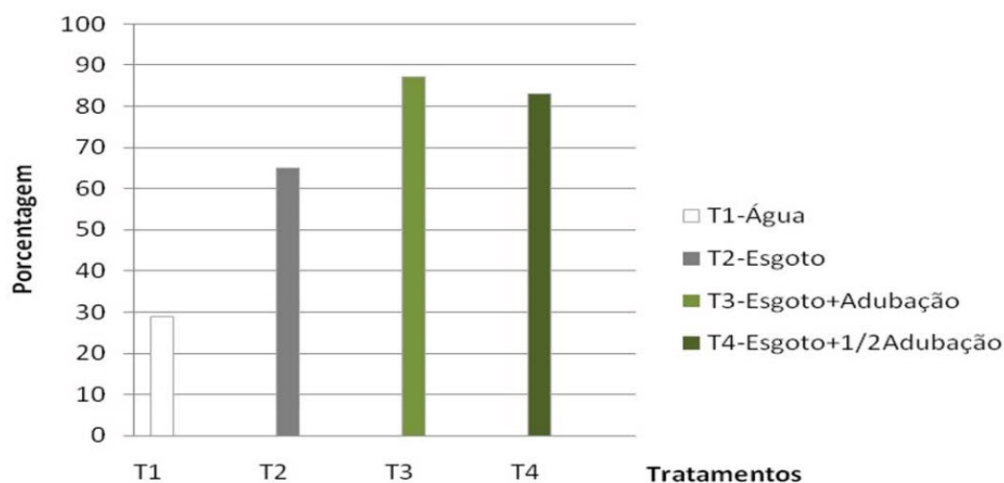


Figura 21 – Rebrota de sorgo forrageiro. Fonte: Dados da pesquisa.

5.7. Análise Estatística dos Resultados

5.7.1 Análise de variância

De acordo com a análise de variância da produção de massa verde do sorgo forrageiro dentro dos quatro tratamentos verificou-se nos dois ciclos (0 – 60 dias) e (60 -120 dias) que houve uma diferença significativa, conforme nos mostra os níveis de significância da estatística do teste aplicado, o que nos garantem tais diferenças com o mínimo de 99% de confiabilidade. A Tabela 24 mostra o resumo das análises de variância da produtividade de biomassa do sorgo forrageiro.

Tabela 24 - Resumo das análises de variâncias da produtividade de massa verde do sorgo forrageiro, Fortaleza-Ce, 2010.

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>Gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>Valor -P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	541534,8	3	180511,6	913,5972	2,00858E-14	3,490295
Dentro dos grupos	2371	12	197,5833			
Total	543905,8	15				

5.7.2. Teste-t

Quando aplicamos o teste-t, a fim de compararmos a produção de massa verde do sorgo forrageiro entre os dois ciclos, verifica-se através do nível de significância-p do teste que, houve diferença significativa, apurada com uma confiabilidade de 96,8%. As análises e interpretação dos dados estatísticos e os tratamentos das informações foram baseadas e apuradas através do sistema SPSS – Statistical Package for the social Sciences (19.0). Na Tabela 25 é mostrado o teste-t.

Tabela 25 - Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes.

<i>Parâmetros</i>	<i>1º CICLO</i>	<i>2º CICLO</i>
Média	522	369,875
Variância	37719,6	36260,38333
Observações	16	16
Variância agrupada	36989,99167	
Hipótese da diferença de média	0	
Gl	30	
Stat t	2,237193084	
P(T<=t) uni-caudal	0,016427384	
t crítico uni-caudal	1,697260887	
P(T<=t) bi-caudal	0,032854769	
t crítico bi-caudal	2,042272456	

5.7.3. Teste de Tukey**Tabela 26 - Quadro de Análise**

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Blocos	3	7995415. 17149	2665138. 72383	7.2165 **
Tratamentos	3	61743023. 68595	20581007. 8953	55.7281 **
Resíduo	9	3323798. 13430	369310. 90381	
Total	15	73062237. 99174		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

Ns? não significativo ($p \geq .05$)

Tabela 27 - Médias de bloco

1	6465. 90900	a
2	6761. 36400	a
3	54568. 75000	ab
4	5031. 25000	b

DMSB = 1343. 03800

Tabela 28 - Médias de tratamento

1	3090.90900 d
2	6994.31800 b
3	5295.45500 c
4	8346.59100 a

$$DMS = 1343.03800$$

$$MG = 5931.81819$$

$$CV\% = 10.24491$$

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

SIGLAS E ABREVIACÕES:

- F. V. = Fonte de Variação
- G. L. = Graus de liberdade
- S. Q. = Soma de quadrado
- Q. M. = Quadrado médio
- F = Estatística do teste F
- M. G. = Média geral
- CV% = Coeficiente de variação
- DMS = Diferença mínima significativa

6. CONCLUSÕES

Ao final deste estudo conclui-se:

6.1. Nas condições usadas neste experimento, as lagoas de estabilização pode apresentar efluentes com qualidade indicada para reuso em irrigação, principalmente em culturas com alto grau de tolerância aos sais, como é o caso do sorgo forrageiro, mostrando ser o reuso uma prática viável desde que, seja respeitada a legislação ambiental, as condições sanitárias do efluente, bem como a importância sócio-econômica desta prática;

6.2. Os efluentes de lagoas de estabilização, mesmo operando com dificuldades, apresentaram adequadas condições nutricionais para a cultura de ciclo curto como a do sorgo forrageiro, e outras culturas pertencentes a família das gramíneas, além de outras plantas com alto grau de tolerância aos sais;

6.3. Os níveis de RAS indicam cautela na aplicação de uma lâmina maior da que foi aplicada na pesquisa (81mm mês^{-1}) para que seja evitado futuros problemas de salinidade e sodicidade do solo;

6.4. Com base nas análises microbiológicas realizadas no efluente, cuidados devem ser adotados na utilização de esgotos tratados em irrigação, de forma a evitar a ocorrência de outros possíveis problemas ambientais, e a contaminação de trabalhadores.

6.5. Prioritariamente, recomenda-se o uso de efluentes tratados em irrigação de culturas não alimentícias, somente irrigando-se as olerícolas e fruteiras nos casos em que haja um rigoroso controle no tratamento e na aplicação destes esgotos;

6.6. Os resultados obtidos nas análises realizadas no esgoto tratado utilizado na irrigação do sorgo forrageiro mostraram que a qualidade do efluente tratado em lagoas de estabilização estava dentro dos padrões aceitáveis para irrigação desta cultura, não influenciando de maneira danosa no desenvolvimento da mesma;

6.7. Nas condições desta pesquisa, e com base nas análises microbiológicas realizadas no efluente, conclui-se que são mínimos os riscos de contaminação por organismos patogênicos aos animais que consumirem esta ração;

6.8. Os resultados encontrados nas análises químico-bromatológicas para os parâmetros matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), resíduo mineral (RM), fibras em detergente ácido (FDA) e fibras em detergente neutro (FDN) apresentaram para o sorgo forrageiro níveis de concentração satisfatório, principalmente nos tratamentos irrigados com esgoto e esgoto + adubação;

6.9. Há que se destacar que os tratamentos que receberam esgoto + adubação não foram tão superiores ao tratamento irrigado apenas com esgoto, indicando uma qualidade de nutrientes já satisfatórias neste;

6.10. Houve um acréscimo significativo de nutrientes no solo (contido nos vasos) que foram utilizados nesta pesquisa, como ficou demonstrado nas análises agrônômicas realizadas, antes e depois do experimento, comprovando assim o enriquecimento do solo quando se cultiva plantas usando efluente tratado na produção de culturas, especialmente forrageiras que são tolerantes a solos com certo grau de salinidade, como a cultura do sorgo forrageiro usada neste experimento. Isto é muito importante tendo em que vista que este substrato poderá ser utilizado para o plantio de outra cultura, sem necessidade de revolver o solo, aplicar fertilizantes, etc. Em síntese, mais economia e uma renda líquida maior que será auferida pelo produtor rural.

6.11. A produtividade alcançada pelos tratamentos irrigados com esgoto + adubação, foram superiores a média nacional que fica em torno de 16 toneladas por hectare. Isto vem corroborar com o estudo de outros pesquisadores que, irrigar algumas culturas agrícolas com efluente tratado, traz enormes benefícios para produtores, barateando assim o custo das rações, principalmente quando se produz forrageiras irrigadas para administrar a animais como bovinos, ovinos, caprinos e equídeos.

7. RECOMENDAÇÕES

Com base nas condições em que foi desenvolvido e nos resultados obtidos, o presente trabalho permite as seguintes recomendações:

7.1. Avaliar os possíveis níveis de contaminação do solo e da(s) cultura(s) instalada(s) por metais pesados, verificando possíveis impactos ambientais;

7.2. Comparar a influência de diferentes métodos de irrigação com esgoto tratado, sobre os aspectos agronômicos e sanitários no desenvolvimento do sorgo forrageiro;

7.3. Avaliar a influência da irrigação com efluente tratado sobre o aumento da salinidade do solo e as consequências para o desenvolvimento das culturas;

7.4. Estudar e avaliar os impactos sociais e econômicos sobre a população, tendo em vista a utilização de esgotos tratados na irrigação;

7.5. Avaliar a utilização de esgotos tratados a partir de outros métodos de tratamento de esgotos, e verificar o mais adequado para a irrigação das culturas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBINATI, R. C. B.; ALBINATI, A. C. L.; MEDEIROS, Y. D. **Utilização de águas desprezadas para a produção de alimentos no semiárido**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 15. Acesso em 19 jan. 2010.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Disponível em http://www.enge.com.br/reuso_agua.htm. Acesso em 20 mai. 2010.

APHA – American Public Health Association. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. In: EUA. 19 ed. Washington: D.C. APHA/AWWA-WPCF, 2005.

ARAÚJO, L. F. P. **Lagoas de estabilização na região metropolitana de Fortaleza – RMF. Qualidade e potencialidade de reúso de efluente final**. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 117p, 1999.

ARAÚJO, L. F. P. **Reúso com lagoas de estabilização** – potencialidade no Ceará. Fortaleza: Governo do Estado do Ceará, 132p, 2000.

ARRUDA, Z. J. **A pecuária bovina de corte no Brasil e resultados econômicos de sistemas alternativos de produção**. In: SIMPÓSIO SOBRE PECUÁRIA DE CORTE, 4, Piracicaba. **Anais....** Piracicaba: FEALQ, 1997.

ASSIS, R. L. de. Desenvolvimento rural sustentável no Brasil: perspectivas a partir da integração de ações públicas e privadas com base na agroecologia. **Economia Aplicada**, v. 10, n. 1, p. 75-89, 2006.

ALVARENGA, M. C. V. **Consumo e digestibilidade aparente de silagens de sorgo (*Sorghum vulgare Pers*) em três momentos de corte e dois tamanhos de partículas, em carneiros.** 1994. 82 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1994.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A. **A qualidade da água na agricultura.** Paraíba: livro. **Tradução...** Paraíba: UFPB, 218p, 1991.

AZEVEDO, M. R. Q. A.; KONIG, A.; BELTRÃO, N. E. M.; CEBALLOS, B. S. O.; TAVARES, T. L. **Análise comparativa da produção de milho irrigado com água residuária tratada.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes23/II-130.pdf>.. Acesso em 26 mar. 2010.

BARBOSA, R. A.; EUCLIDES, V. P. B. **Valores nutritivos de três ecotipos de *Panicum maximum*.** In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora, SBZ, 1997.

BASTOS, R. K. X. **Utilização agrícola de esgotos sanitários.** São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 84 p, 1999.

BASTOS, R. K. X. **Utilização de esgotos tratados em fertirrigação. hidroponia e piscicultura.** PROSAB 3. Rio de Janeiro. ABES, 2003.

BERNARDI, C. C. **Reúso de água para a agricultura.** Monografia (Especialização Lato Sensu, com área de concentração em Planejamento Estratégico) – ISEA/FGV/ECOBUSINESS SCHOOL, BRASÍLIA, 625p, 2003.

BENEVIDES, R. M. **Aspectos sanitários e agrônômicos do uso de esgotos tratados na irrigação do capim Tanzânia**. Dissertação(Mestrado em Engenharia Civil / saneamento ambiental). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 113 p, 2007.

BEVILACQUA, P. D.; BASTOS, R.K.X. Utilização de esgotos sanitários para a produção de alimentos animais: aspectos sanitários e produtivos. **CERES**, v. n. p. 480-487, 2009.

BORSOI, Z. M. F.; TORRES, S. D. A. **A política de recursos hídricos no Brasil**. Disponível em: < <http://www.bndes.gov.br/conhecimento/revists/res806pdf>>. Acesso em 19 jan. 2010.

BOUWER, H. Integrated water management: emerging issues and challenges. **Agricultural Water Management**. v. 45, p. 217-228, 2000.

BREGA FILHO, D.; MANCUSO, P. C. S. **Conceito de reúso de água**. In: Reúso de água. Cap.2, São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES, Universidade de São Paulo – Faculdade de Saúde Pública, São Paulo, 2002.

BUARQUE, S. C. Metodologia de planejamento do desenvolvimento sustentável. Recife, IICA, 1995 (mimeografado de palestra). **Publicado pelo IICA como desarrollo sostenible – metodologia de planejamento experiencias del Nordeste de Brasil**, San José, Costa Rica:BMZ7GTZ-IICA, 1997.

CHRISTOFIDIS, D. Os recursos hídricos e a prática da irrigação no Brasil e no mundo. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v.9, n.3, p. 8-13, 2001.

CORREA, J. C.; CRUSCIOL, C. A. C.; TECCHIO, M. A. Correção de acidez e mobilidade de íons em latossolo com aplicação superficial de escória de aciaria, lama cal, lodos de esgoto e calcário. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 1307 - 1317, 2007.

COSTA, D. M. A. ; BARROS JÚNIOR, A. C. Avaliação da necessidade do reúso de águas residuais. **Holos**, ano 21, p. 81-101, 2005.

COSTA, M. C. **Avaliação dos aspectos sanitários, agronômicos e de qualidade em melancia irrigadas com esgoto tratado**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE,. 143p, 2006.

CROOK, J. Critérios de qualidade da água para reúso. **Revista DAE**, v. 53, n. 174, p. 10-18, 1993.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo –CNPMS (Sete Lagoas-MG). **Cultivo do Sorgo**. 127p, 2008.

EMBRAPA SOLOS. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 412 p, 1999.

FARIA, V. P.; PEDREIRA, C. G. S.; SANTOS F. A. P. **Evolução dos uso de pastagens para bovinos**. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 13. Piracicaba, 1996. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1996.

FERNANDES, A. P. M. **Utilização do sorgo forrageiro**. In: Curso de Extensão sobre a cultura do sorgo. Brasília: EMBRAPA/IPA, p. 97-107. (Documentos, 1), 1981.

FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Anuário Estatístico do Ceará**. Fortaleza, 2010. <http://www.funceme.br>. Acesso em 20 dez. 2010.

GOELLNER, C.. **O uso da água e a agricultura**. Disponível em: <http://www.bvsde.ops.oms.org/bvsair/e/repindex/rep184/rleh/fulltext/Goellner.pdf>. Acesso em 15 jan. 2010.

GOMES FILHO, R. R.; MATOS, A. T.; SILVA, D. T.; MARTINEZ, H. E. P. Remoção de carga orgânica e produtividade da aveia forrageira em cultivo hidropônico com águas residuárias da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 5, n. 1. p. 131 – 134, 2001.

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

HENRIQUE, W.; ANDRADE, J. B.; SAMPAIO, A. A. M. **Silagem de milho, sorgo, girassol e suas consorciações**. II. Composição bromatológica. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, Botucatu. **Anais...** Botucatu, 1998.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Atlas e Saneamento**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Rio de Janeiro, 2009.

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 4ª. Edição – Rio de Janeiro. ABES, 2005.

KONIG, A.; CEBALLOS B. S. O.; SANTOS, A. V.; CAVALCANTE, R. B.; ANDRADE, J. L.S.; TAVARES, J. L. **Uso de esgoto tratado como fonte de água não convencional para irrigação de forrageiras**. In: 19º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL,. Disponível em: <http://bvsde.per.paho.org/bvsacd/abes97/uso.pdf>. Acesso em 21 set. 2010.

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

LEAL, R. M. P. **Efeito da irrigação com efluente de esgoto tratado em propriedades químicas de um latossolo cultivado com cana-de-açúcar.** Dissertação (Mestrado em Agronomia), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 109p, 2007.

LEITE, M. L. V. **Crescimento vegetativo do sorgo sudão (*Sorghum sundabebse (Piper) stapf*) em função da disponibilidade de água no solo e fontes de fósforo.** Dissertação (Mestrado em Zootecnia), 123 p, UFPB, Areia, PB. 2006.

LÉON, G. S.; CAVALLINI, J. M. **Tratamento e uso de águas residuárias.** Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 110p, 1999.

LIRA, M. A.; BRANDÃO, A. R.; TABOSA, J. N.; BRITO, G. Q. Estudos preliminares de resistência à seca em genótipos de sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor (L) Moench*). **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia.** v. 18, p. 1-12, 1989.

LIRA, M. A. **Considerações sobre o potencial de sorgo em Pernambuco.** In: CURSO DE EXTENSÃO SOBRE A CULTURA DO SORGO, 1980, Vitória de Santo Antão, PE. Curso de Extensão. Brasília, DF. EMBRAPA, DID, p. 87-88 (Documento 1), 1981.

MADSEN, J.; HAVELPLUND, T.; WEISBJERG, M. R. **Appropriate methods for evaluation of tropical feeds for ruminants.** Anim. Feed Sci Tachol., v. 69, n. 1-3, p. 53-66, 1997.

MEBRATU, D. **Sustainability and sustainable development: conceptual review.** Environ Impact Asses Rev., v. 18, p. 493-520, 1998.

METCALF, L.; EDDY, H. P. **Wastewater Engineering: Treatment and Reuse:** 4 ed. New York: Mc Graw Hill, 1819p, 2003.

MOTA, F. S. B.; BEZERRA, F. C. ; TOMÉ, L. M. **Avaliação de desempenho de culturas irrigadas com esgoto tratado**. In: 19º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Anais. Foz do Iguaçu. Paraná, Brasil, 1997.

MOTA, F. S. (Organizador). **Reúso de água**. Experiência na Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. DEHA/UFC, 2000.

MOTA, F. S. B.; SPERLING, M. V. (coordenadores). **Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção**. Rio de Janeiro. ABES, p. 52 -119. Projeto (PROSAB), 2009.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. (editores). **Reúso de águas**. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública/USP, São Paulo, 2007.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Domestic Animals**. Number 4. Nutrients requirements of beef cattle. 5 ed. Washington, DC: National academy of Science, 1996.

NÚSSIO, L. G. **Cultura do milho para produção de silagem de alto valor alimentício**. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4., 1991, Piracicaba. **Anais...**Piracicaba:FEALQ, p.59-168, 1991.

OLIVEIRA, R.; SILVA, J. B.P.; JÚNIOR, G. B. A.; SILVA, S. A.; SILVA, S. T. A. **Velocidade de remoção de coliformes fecais em um reservatório de estabilização alimentado com esgotos domésticos bruto**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20. Disponível em: <http://www.bvsde.ops_oms.org/brsaidis/brasil20/i-115.pdf>. Acesso em 04 fev. 2010.

PAGANNI, W. S. **Disposição de esgotos no solo por escoamento superficial**. 2ª. edição. Fundo Editorial da AESABESP, São Paulo, 1997.

PALMQUIST, D.L. The role of dietary fats in efficiency of ruminants. Conference: regulating lipids metabolism to increase productive efficiency. **Journal of Nutrition**, v.124, p.1377-1382, 1994.

PAZ, V. P. S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**.v. 4, n. 3, p. 1-14, 2000.

PEREIRA, O. G.; GARCIA, R.; FILHO, S. C. V.; LOUDES, E. G.; NEIVA, J. N. M.; QUEIROZ, J. H. Valor nutritivo da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) sob diferentes formas, com ovinos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**. v. 25, n. 1, p. 58-71, 1996.

PHILLIPPI Jr, A.; MALHEIROS, T. F. Águas residuárias: visão de saúde pública e ambiental. PHILLIPPI Jr., A (org) **Saneamento, Saúde e Ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. Barueri, SP: Manole, p. 181-219, 2005.

REBOUÇAS, A. C. Água no Brasil: abundância, desperdício e escassez. **Bahia Análise & Dados**, v.13, n.especial, p. 341-345, 2003.

REGO, J. L.; OLIVEIRA, E. L. L.; ARAÚJO, A.P. B.; BEZERRA, F. M. L.; SANTOS, A. B.; MOTA, S. Uso de esgoto doméstico tratado na irrigação da cultura da melancia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, (suplemento), p. 155-159, 2005.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo.1ª ed., Ed. Manole, 1990.

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALL, A. M. Uso de águas salinas para produção agrícola. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v. 7, n. 2, p. 169-174, 2000.

RODRIGUES, R. S. **As dimensões legais e institucionais do reúso de água no Brasil: proposta de regulamentação do reúso no Brasil**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 187p, 2005.

SANDRI, D.; MATSURA, E. E.; TESTEZLAF, R. Desenvolvimento de alface Elisa em diferentes sistemas de irrigação com águas residuárias. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.1. p. 17-29, 2007.

SANTOS, A. P. R. **Efeito da Irrigação com efluente tratado, rico em sódio, em propriedades químicas e físicas de um Argissolo Vermelho distrófico cultivado com capim Tiffon 85**. 2004. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 138p, 2004.

SANTOS, M. B. H; LIMA, V. L. A.; VAN HAANDEL, A. C.; BELTRÃO, N. E. M.; SOUZA, A P. **Salinidade de um solo, irrigado com água residuária e adubado com biossólido**. *Agropecuária Técnica*. v. 27. n.1. p. 30-36, 2006.

SILVA, E. A.; RIBEIRO, T. R.; PEREIRA, J. C. **Avaliação da qualidade de uma pastagem natural utilizando novilhos fistulados no estômago e o corte manual**. Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia. **Anais...** Fortaleza, CE, 1996.

SILVA, F. J. A.; SILVA, S. A. **Lagoas de estabilização no Ceará: prospecto e tendência**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20. Disponível em: http://www.bvsde.ops_oms.org/bvsaidis/brasil20/i-124.pdf. Acesso em 09 mar. 2010.

SILVA, S. A.; NASCIMENTO JÚNIOR, E. N.; OLIVEIRA, R. **Comportamento de forma de enxofre, fósforo e nitrogênio em um reservatório profundo de estabilização tratando águas residuárias domésticas.** In: 27º CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Disponível em: <<http://www.ingenioroambiental.com/new3informes/nutrientes.pdf> >. Acesso em 10 nov. 2009.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de Alimentos: métodos químicos e biológicos.** 3a ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, MG. 235 p, 2002.

SNEL, Dr. M. **Reuse of wastewater** – in advantages and disadvantages specifically from an institutional and sócio-cultural perspective. International Water and Sanitation Centre, Delft, The Netherlands, 7p, 2002.

SOUSA, C. C. M. **Avaliação do uso de esgoto doméstico tratado na irrigação do capim Tifton 85.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola com área de concentração em Manejo de Irrigação e Drenagem). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 117p, 2009.

SOUSA, J. T.; LEITE, V. D.; LUNA, J. G. Desempenho da cultura do arroz irrigado com esgotos sanitários previamente tratados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** v. 5, n. 1, p. 107 - 110, 2001.

SOUSA, J. T.; HENRIQUE, I. N.; LEITE, V. D.; LOPES, W. S. Tratamento de esgoto para uso na agricultura do semi-árido nordestino. **Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental.** v.10, n.3, p.260-265, 2005.

SOUZA, J. T.; HENRIQUE, I. N.; LEITE, V. D.; LOPES, W. S. Tratamento de águas residuárias: uma proposta para a sustentabilidade ambiental. **Revista de Biologia e Ciências da Terra.** n. 1, suplemento especial, p. 90-97, 2006.

SEMACE - Superintendência Estadual do Meio Ambiente. Portaria n.154, de 22 de julho de 2002. Dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras. **Diário Oficial do Estado do Ceará**, Fortaleza, n.187, Caderno 11, p.32-34, 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3^a ed. Porto Alegre: Artmed, 526p, 2004.

TUCCI, C. E. M. **Águas Urbanas**. Disponível em http://www.foneagua.org.py/livro%20inundações%20urbanos/cap2_1.pdf. Acesso em 19 jan. 2010.

TUNDISI, J. G. **Água no Século XXI: Enfrentando a Escassez**. 2.ed. São Carlos: RiMa, 2^a.Edição. 248p, 2005.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. **Recomendação de adubação e calagem para o Estado do Ceará**. In: Ceará. Fortaleza: UFC/CCA, 248p, 1993.

USEPA - UNITED STATES ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY. **Guidelines for water reuse**. Technical Rpor N° EPA/625/R-04/108. Washing, DC: USEPA, 2004.

WHO. Guidelines for the safe use of wastewaster, excreta and greywater. Volume 2. **Wastewaster use in agriculture**. Geneva: World Health Organization, 2006.

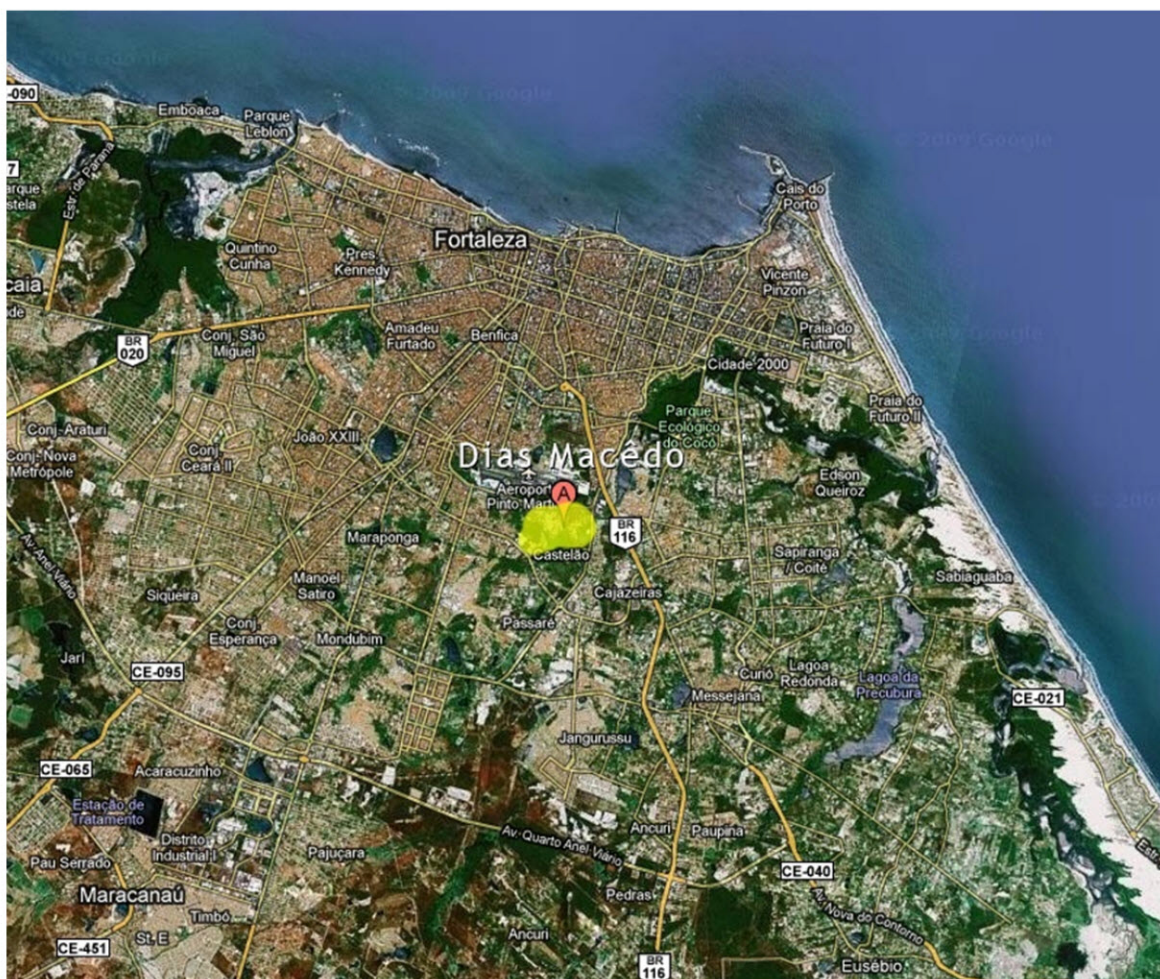
VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. New York. Cornell University, 1994.

VALENTE, J. O. **Manejo cultural de sorgo para forragem: Introdução**. Sete Lagoas, MG: EMBRAPA/CNPMS, P. 5-8. (Circular Técnica, 17), 1992.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. UFMG, 1.ed. 416p, 1997.

APÊNDICE

APÊNDICE A: Cidade de Fortaleza-CE, mostrando a área da pesquisa.



APÊNDICE B: Local da pesquisa, Bairro Dias Macêdo, Fortaleza- CE, 2010.



APÊNDICE C: Desenvolvimento da cultura do sorgo forrageiro na área da pesquisa.
Fortaleza-CE, 2010.

Na germinação



Aos 20 dias



Aos 45 dias de idade



Aos 45 dias de idade



60 dias de idade



60 dias de idade



Fonte: Dados da pesquisa

APÊNDICE D: Corte e colheita aos 60 dias



Fonte: Dados da pesquisa

APÊNDICE E: Rebrota do sorgo forrageiro

10 dias de idade



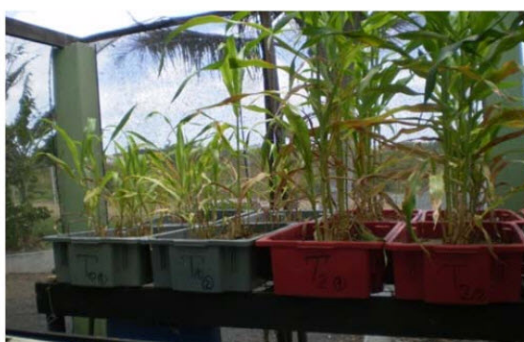
20 dias de idade



60 dias de idade



60 dias de idade



Fonte: Dados da pesquisa

APÊNDICE F: Altura média das plantas do sorgo forrageiro

A planta do sorgo é muito frágil do estágio de emergência aos 20 dias de idade, devido às diminutas reservas de alimento da semente, acarretando numa velocidade inicial de crescimento muito baixa. Quando o sistema radicular já está bem desenvolvido e a planta passa a alimentar-se dos nutrientes do solo, tem-se uma velocidade de crescimento bem acentuada. Isto acontece a partir dos 20 dias de idade da planta. Neste estudo procuramos mostrar um aspecto importante da planta que foi altura média das plantas, em cada tratamento, durante desenvolvimento da cultura (EMBRAPA, 2008). A frequência da medida da altura média das plantas deu-se a cada 10 dias. Na Tabela A₁ encontram-se os dados da altura média das plantas em cada tratamento.

Tabela A1 - Altura média das plantas de sorgo durante o desenvolvimento (0 - 60 dias de idade), em relação aos 4 tratamentos utilizados na cultura.

Altura média das plantas (cm)				
Tempo (dias)	T1	T2	T3	T4
10	13,5	15,0	15,5	16
20	21,0	27,0	28,5	28,5
30	40,5	53,5	55,0	57,5
40	63,5	88,0	89,0	92,0
50	110,0	141,5	144,8	146,5
60	126,0	154,0	169,0	151,0

Fonte: Dados da pesquisa

Com a rebrota da cultura foi medido, também, a altura média das plantas de 60-120 dias. Na Tabela A₂ observa-se a altura média das plantas nos 4 tratamentos.

Tabela A2 - Altura média – Rebrotada do Sorgo Forrageiro (60- 120 dias de idade) da planta.

Altura média das plantas (cm)				
Tempo (dias)	T1	T2	T3	T4
70	19,5	20,5	21,5	22,0
80	41,0	47,0	48,5	48,5
90	63,5	73,5	63,0	64,5
100	80,0	96,0	80,0	97,5
110	85,5	106,0	108,0	108,0
120	93,0	122,0	155,0	139,0

Fonte: Dados da pesquisa

A partir das Tabelas A₁ e A₂, foram gerados as Figuras A₁ e A₂ com os resultados da altura média das plantas, com a frequência de 10 dias, nos dois períodos de cultivo da cultura. Observar que a altura média das plantas de 0-60 dias, foi superior em todos os tratamentos quando comparadas ao ciclo de 60-120 dias, e que a altura média das plantas irrigadas com esgoto e esgoto + fertilizantes foram sempre superiores ao tratamento irrigado com água

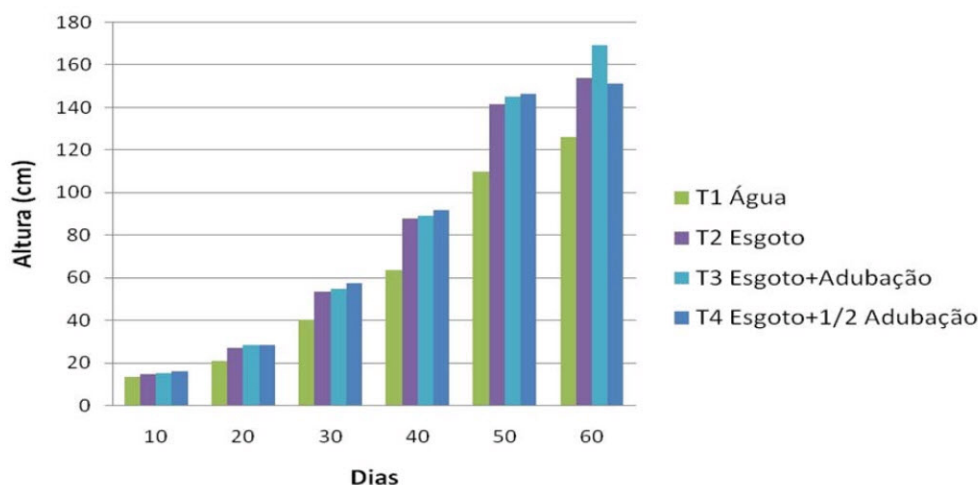


Figura A1 - Altura média das plantas de sorgo forrageiro (0-60 dias).

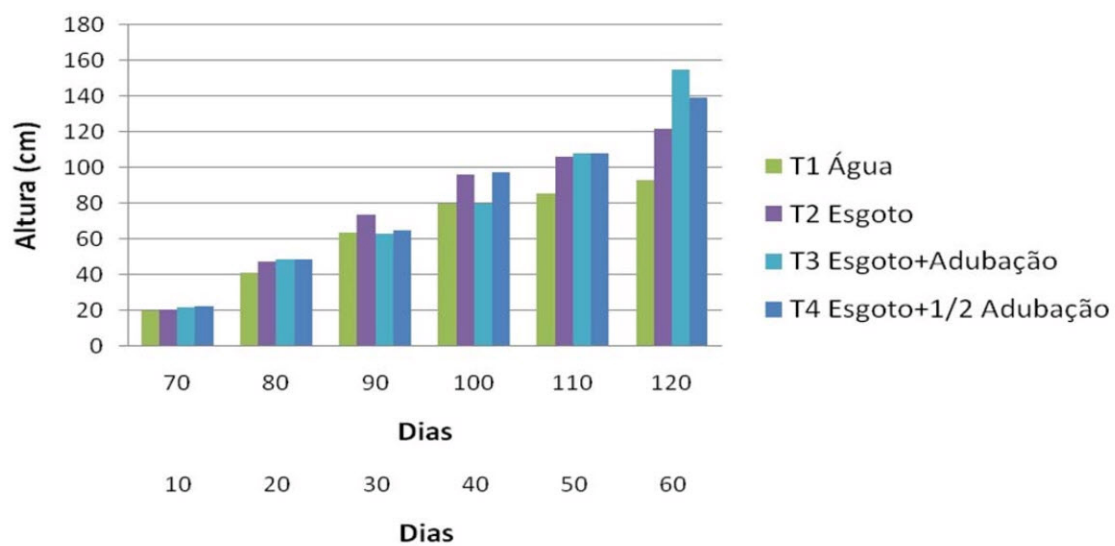


Figura A2 - Altura média das plantas de sorgo forrageiro (60-120 dias).