

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: MANEJO EM IRRIGAÇÃO E
DRENAGEM

CARMEM CRISTINA MARECO DE SOUSA

AVALIAÇÃO DO USO DE ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO
NA IRRIGAÇÃO DO CAPIM TIFTON 85, AQUIRAZ – CE

FORTALEZA
2009

CARMEM CRISTINA MARECO DE SOUSA

**AVALIAÇÃO DO USO DE ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO
NA IRRIGAÇÃO DO CAPIM TIFTON 85, AQUIRAZ – CE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Ciência Agrárias, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Manejo em Irrigação e Drenagem.

Orientador: Prof. Francisco Marcus Lima Bezerra, Dr. – UFC.

**FORTALEZA
2009**

Esta dissertação foi submetida a julgamento como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Agrícola – área de concentração Manejo em Irrigação e Drenagem, outorgado pela Universidade Federal do Ceará, e encontra-se à disposição dos interesses na Biblioteca de Ciências e Tecnologia da referida Universidade.

A citação de qualquer trecho desta dissertação é permitida desde que feita de conformidade com as normas da ética científica.

Carmem Cristina Mareco de Sousa

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 30/01/2009

Prof. Francisco Marcus Lima Bezerra, Dr. – UFC
(Orientador)

Prof. Francisco Suetônio Basto Mota, DEHA – UFC
(Conselheiro)

Profa. Marisete Dantas de Aquino, DEHA – UFC
(Conselheiro)

À Deus, pela graça da vida e concessão
das vitórias no seu decorrer.

DEDICO

OFEREÇO

A minha família pelas experiências e
ensinamentos.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Ceará, pela oportunidade de concluir este curso.

Ao Prof. Francisco Marcus Lima Bezerra por ter aceitado ser meu orientador durante todo o curso.

Aos Profs. Suetônio Mota e Marisete de Aquino como conselheiros.

Ao CTHidro/CNPq pelo financiamento da bolsa e do projeto.

Ao Prosab e a CAGECE pelo espaço cedido em Aquiraz, Ceará, para o desenvolvimento do experimento.

Aos Professores do Departamento de Engenharia Agrícola pelo exemplo e dedicação para comigo.

Ao Senhor Assis , Edi, Maria do Carmo e Onesimio pela ajuda em campo e transporte.

Aos Laboratórios de Saneamento, Nutrição Animal, Solos e Nutrição de Plantas e Microbiologia de Alimentos pelo apoio e estrutura cedida para realização das análises necessárias para conclusão da dissertação.

Aos meus amigos e companheiros de sala: Cley Anderson Freitas, João Valdenor Filho, Alexandre Reuber e Daniel Feitosa “Soneca”.

Aos colegas de mestrado e doutorado, e funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola, pelo companheirismo.

RESUMO

A pesquisa teve como objetivo avaliar o uso de esgoto doméstico tratado na irrigação do capim *Cynodon* spp. cv. Tifton 85 no município de Aquiraz, CE. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com cinco tratamentos (T1, água do poço 75% ECA + adubação; T2, água de esgoto, 150 kg Na ha⁻¹ ano⁻¹; T3, água de esgoto, 300 kg Na ha⁻¹ ano⁻¹; T4, água de esgoto, 600 kg Na ha⁻¹ ano⁻¹; T5, água de esgoto, 1200 kg Na ha⁻¹ ano⁻¹) e quatro repetições. Foram realizadas quatro coletas de amostras do capim, quando o mesmo atingia uma altura aproximada de 0,45 m do solo. Foram realizadas as análises químico-bramatológicas, microbiológicas e químicas do capim, análises de água e solo nas camadas de 0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m. Os dados 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, utilizando-se o programa computacional “SAEG 9.1” (UFV, 2001). Os resultados encontrados nas análises químico-bramatológicas para os parâmetros nitrogênio, proteína bruta e fósforo apresentaram, para o capim Tifton 85, níveis de concentração satisfatórios quando aplicado às lâminas 265, 530 e 1061 mm ano⁻¹. Conclui-se que o efluente de esgoto doméstico tratado pode ser utilizado na fertirrigação de culturas, sem a necessidade de adubação suplementar, nos dois primeiros cortes da forrageira. O efluente de esgoto tratado pode ser utilizado na irrigação de culturas, de preferência em sistemas abertos, para que não haja acúmulo de sódio no solo, e utilizando a menor lâmina de esgoto, para menor gasto de energia. Em vista do acúmulo de macro e micronutrientes no solo, é recomendável o monitoramento das características químicas do solo em estudo, a fim de que, possam-se avaliar os riscos de contaminação ambiental. Com base nas análises microbiológicas realizadas no efluente, concluiu-se que são insignificantes os riscos de contaminação, por organismos patogênicos no manejo do capim Tifton 85.

Palavras-chave: *Cynodon* sp. , reúso, sulcos fechados.

ABSTRACT

The research had as objective to evaluate the use of domestic sewer treated in the irrigation to grass *Cynodon* spp. cv. Tifton 85 in the city of Aquiraz, CE. The experimental delineation block-type was casualizados, with five treatments (T1, water of well 75% ECA + fertilization; T2, water of sewer, 150 Kg Na ha⁻¹ year⁻¹; T3, water of sewer, 300 Kg Na ha⁻¹ year⁻¹; T4, water of sewer, 600 Kg Na ha⁻¹ year⁻¹; T5, water of sewer, 1200 kg Na ha⁻¹ year⁻¹) and four repetitions. Four collections of samples of grass had been carried through, when the same m of the ground reached an approach height of 0,45. The analyses chemistry-bromatologys, microbiological and chemical of grass, water analyses and ground in the layers of 0 - 0,20 and 0,20 had been carried through - 0,40 m. The data had been submitted to the analysis of variance for test F 5%. When verified significant effect in the variance analysis, the averages gotten in the different treatments had been compared by the test of Tukey in level of 5% of probability, using themselves computational program "SAEG 9,1" (UFV, 2001). The results found in the analyses chemistry-bromatologys for the parameters nitrogen, rude protein and match had presented, for grass Tifton 85, satisfactory levels of concentration when applied to blades 265, 530 and 1061 mm year⁻¹. One concludes that the effluent one of treated domestic sewer can be used in the fertirrigation of cultures, without the necessity of supplemental fertilization, in the two first cuts of the grass. The effluent one of treat sewer can be used in the irrigation of cultures, preference in opened systems, so that it does not have accumulation of sodium in the ground, and using the lesser blade of sewer, for lesser expense of energy. In sight of the accumulation of macro and micronutrients in the ground, the monitorament of the chemical characteristics of the ground in study is recommendable, so that, can be evaluated the risks of ambient contamination. On the basis of the carried through microbiological analyses in the effluent one, were concluded that the contamination risks are insignificant, for pathogenic organisms in the handling of grass Tifton 85.

Key words: *Cynodon* sp., reuse, closed ridges.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01. Lagoas anaeróbias e facultativas da ETE de Aquiraz, Ceará, 2008.....	47
Figura 02. Decaimento da quantidade de coliformes fecais no capim Tifton 85.....	60
Figura 03. Médias diárias da precipitação pluvial, registradas durante a condução do experimento no período de março/2008 a agosto/2008 na Estação de Tratamento de Esgoto, Aquiraz – CE, 2008.....	68
Figura 04. Lagoas de estabilização da ETE de Aquiraz, Ceará, 2008.....	70
Figura 05. Instalação da manta preta de polietileno nas unidades de cada tratamento.....	71
Figura 06. Distribuição dos tratamentos no campo experimental, Aquiraz, CE.....	72
Figura 07. Aplicação da adubação orgânica e calagem antes do plantio, Aquiraz – CE.....	73
Figura 08. Visualização do tanque classe A na área experimental, Aquiraz – CE.....	75
Figura 09. Visualização dos registros que liga a linha de derivação da água do poço com a do esgoto tratado, Aquiraz – CE.....	76
Figura 10. Coleta das mudas do capim Tifton 85 no Departamento de Zootecnia, da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE.....	77
Figura 11. Realização do plantio do capim Tifton 85 na área experimental, Aquiraz – CE.....	78
Figura 12. Detalhe do corte amostral da forragem.....	79
Figura 13. Teor de cálcio do capim Tifton 85 em função de diferentes lâminas de esgoto e água do poço, Aquiraz – CE.....	83
Figura 14. Disposição das coletas de solo na área experimental, Aquiraz, Ceará, 2008.....	93

Figura 15. Coleta das amostras de solo na área experimental, Aquiraz, Ceará, 2008.....	94
Figura 16. Concentrações da condutividade elétrica, em função de diferentes lâminas de irrigação na profundidade de 0 – 0,20 m, Aquiraz – CE, 2008.....	102
Figura 17. Concentração de sódio, em função de diferentes lâminas de irrigação na profundidade de 0 – 0,20 m, Aquiraz – CE, 2008.....	103
Figura 18. pH em função das lâminas de esgoto na profundidade de 0,20 – 0,40 m, Aquiraz – CE, 2008.....	105

LISTA DE TABELAS

Tabela 01. Diretrizes microbiológicas recomendadas para uso de esgotos na agricultura.....	24
Tabela 02. Redução de patógenos alcançada por várias medidas de proteção sanitária.....	25
Tabela 03. Fatores que afetam a escolha sobre o processo de irrigação e as medidas de proteção requeridas quando se utiliza esgotos.....	27
Tabela 04. Características típicas do efluente secundário de esgoto tratado no mundo.....	29
Tabela 05. Remoção de organismos patogênicos em sistemas de tratamento de esgotos.....	31
Tabela 06. Principais parâmetros da qualidade da água para reuso.....	34
Tabela 07. Dimensões das lagoas de estabilização da ETE de Aquiraz, CE.....	46
Tabela 08. Valores médios dos principais atributos físico-químicos e microbiológicos da água e do efluente da última lagoa de estabilização, Aquiraz, CE, 2007 – 2008.....	55
Tabela 09. Resultados microbiológicos do capim Tifton 85 coletados no período chuvoso, Aquiraz, Ceará, 2008.....	58
Tabela 10. Resultados microbiológicos do capim Tifton 85 coletados no período de estiagem, Aquiraz, Ceará, 2008.....	58
Tabela 11. Atributos físicos do solo da área experimental, Aquiraz, CE, 2008.....	69
Tabela 12. Atributos químicos do solo da área experimental, Aquiraz, CE, 2008.....	69
Tabela 13. Resumo das análises de variâncias da matéria seca e produtividade, Aquiraz, CE, 2008.....	81
Tabela 14. Resumo das análises das variâncias dos parâmetros químicos-bramatológicas do capim Tifton 85, Aquiraz – CE, 2008.....	83
Tabela 15. Teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e proteína bruta (PB), em função das lâminas de esgotos, Aquiraz – CE, 2008.....	84

Tabela 16. Resultados das análises químicas da água e do efluente de esgoto utilizados para irrigação do capim Tifton 85 de janeiro a agosto/2008, Aquiraz – CE.....	96
Tabela 17. Graus de restrição para uso de água e de efluente de esgoto tratado para irrigação de culturas por sulco conforme Ayers e Westcot (1985).....	97
Tabela 18. Atributos químicos do solo da área experimental na profundidade 0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m, antes da implantação do experimento, Aquiraz – CE, 2008.....	100
Tabela 19. Resumo das análises das variâncias para todos os dados químicos do solo nas profundidades 0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m, Aquiraz – CE, 2008.....	101
Tabela 20. pH em função das lâminas de esgoto na profundidade de 0 – 0,20 m, Aquiraz – CE, 2008.....	104

LISTA DE SIGLAS

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

ECA – Evaporação do Tanque Classe A

SUMÁRIO

RESUMO.....	6
ABSTRACT.....	7
LISTA DE FIGURAS.....	8
LISTA DE TABELAS.....	10
LISTA DE SIGLAS.....	12

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
2.1. Escassez e Poluição do Recursos Hídricos.....	18
2.2. Reuso de Água na Agricultura.....	20
2.3. Lagoas de Estabilização no Ceará.....	28
2.4. Águas residuárias de esgoto doméstico tratado.....	33
2.5. Plantas forrageiras.....	37
2.5.1. Tifton – 85.....	38

CAPÍTULO 2: Avaliação microbiológica do capim Tifton 85 irrigado com esgoto doméstico tratado

RESUMO.....	40
ABSTRACT.....	41
1. INTRODUÇÃO.....	42
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	46
2.1. Localização e características da área experimental.....	46
2.1.1. Clima.....	47
2.1.2. Solo.....	48
2.2. Delineamento experimental.....	48
2.3. Adubação utilizada.....	49
2.4. Sistema e manejo da irrigação.....	49
2.5. Plantio e tratos culturais.....	50
2.6. Produção das amostras.....	50
2.7. Análise realizadas na água de poço e no esgoto tratado.....	51

2.8. Análises microbiológicas do capim Tifton 85.....	52
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
3.1. Características da água do poço e do efluente da ETE.....	54
3.2. Análise microbiológica do capim Tifton 85.....	57
4. CONCLUSÕES.....	61

CAPÍTULO 3: Avaliação químico-bramatológica e produtividade do capim Tifton 85 fertirrigado com águas residuárias de esgoto doméstico tratado

RESUMO.....	62
ABSTRACT.....	63
1. INTRODUÇÃO.....	64
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	67
2.1. Localização e características da área experimental.....	67
2.1.1. Clima.....	67
2.1.2. Solo.....	68
2.1.3. Características da Estação de Tratamento de Esgoto.....	69
2.2. Delineamento Experimental.....	70
2.3. Adubação utilizada.....	72
2.4. Sistema e manejo da irrigação.....	73
2.5. Plantio e tratos culturais.....	76
2.6. Produção de forragem.....	78
2.7. Análises realizadas.....	80
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	81
3.1. Matéria seca e produtividade do capim Tifton 85.....	81
3.2. Análise químico-bramatológica do capim Tifton 85.....	83
4. CONCLUSÕES.....	85

CAPÍTULO 4: Efeito do efluente de esgoto tratado nas propriedades químicas do solo Argissolo cultivado com capim Tifton 85.

RESUMO.....	86
ABSTRACT.....	87
1. INTRODUÇÃO.....	88

2. MATERIAL E MÉTODOS	90
2.1. Localização e características da área experimental	90
2.1.1. Clima	90
2.2. Delineamento experimental	91
2.3. Adubação utilizada	91
2.4. Sistema e manejo da irrigação	92
2.5. Coleta das amostras de solo	93
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	95
3.1. Características químicas do efluente de esgoto tratado utilizado na irrigação	95
3.2. Características inicial do solo face à instalação do experimento	98
3.3. Efeito da irrigação com efluente de esgoto na química do solo	101
4. CONCLUSÕES	106
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	107

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO GERAL

O desenvolvimento agrícola depende exclusivamente da disponibilidade de água, para que enfim, ocorra um melhor abastecimento nas regiões escassas deste bem natural, onde a oferta por água é relativamente baixíssima. Fatores que influenciam na escassez de água são: o aumento da demanda, o desperdício e o uso inadequado, estes associados à poluição ou degradação do meio ambiente, ou seja, a escassez dos recursos hídricos ocorre de maneira quantitativa e qualitativa. Por isso, é interessante que atividades como agricultura e indústria invistam na otimização desse recurso, na redução dos desperdícios, no tratamento dos despejos e na sua reutilização.

O incentivo de utilizar águas residuárias na agricultura, seja de origem residual bruta ou tratada, como fontes alternativas de água, pode reforçar na melhoria da produtividade de culturas, visto que esse tipo de água contém bastante macro e micronutrientes, proporcionando uma economia de fertilizantes e matéria orgânica, principalmente em relação à assimilação do nitrogênio, importante elemento no crescimento vegetativo das plantas. Assim, o reúso torna-se uma atividade que pode reduzir a descarga de efluentes das Estações de Tratamento de Esgotos (ETE) em corpos d'água intermitentes, e os custos com fertilizantes, contribuindo para a preservação do meio ambiente.

As lagoas de estabilização, por serem uma tecnologia simples e bastante utilizada, podem oferecer águas residuárias, que utilizadas em atividades agrícolas, industriais e urbanas, minimizam o desperdício, a contaminação e a degradação dos mananciais, protegendo também o consumo de água futuro.

Apesar de esses efluentes apresentarem vantagens que possibilitam o uso na produção alimentar, há certo preconceito por parte da sociedade, porém muito devido à falta de tradição, informação e até mesmo de educação, já que normalmente essas águas residuárias passam por diversos tipos de tratamento antes do despejo ou reúso. Os tratamentos das águas residuárias de esgotos domésticos podem ser aeróbios ou anaeróbios, ambas as tecnologias consolidadas,

pois quando bem operadas garantem efluentes sem problemas em relação aos sólidos sedimentáveis.

O uso de reservatórios de estabilização pode ser uma opção de armazenamento e tratamento de águas residuárias nas regiões áridas e semi-áridas, 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 em fim, melhorar os aspectos econômicos e ambientais da região.

Além disso, 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. Tendo como destaque as gramíneas do gênero *Cynodon*, que apresentam uma excelente palatabilidade para alimentação animal e um bom desenvolvimento agrônomo, quando cultivado com efluentes de ETE, principalmente o híbrido Tifton 85, bastante aceitável por produtores, devido seu grande valor comercial e seu valor nutritivo.

Em face da importância do reúso de águas, bem como da escassez dos recursos hídricos, poluição e degradação do meio ambiente, foi instalado um experimento com os seguintes objetivos:

- a) Avaliar a eficiência do tratamento preliminar de água residuárias utilizando a irrigação de capineiras, por superfície;
- b) Identificar as alterações químicas ocorridas no solo;
- c) Avaliar a qualidade e produtividade da forragem das plantas sujeitas à aplicação de águas residuárias;
- d) Avaliar o uso de águas residuárias na fertirrigação de capineiras.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Escassez e Poluição dos Recursos Hídricos

A água é um recurso natural essencial, seja como componente bioquímico dos seres vivos, como meio de vida de inúmeras espécies vegetais e animais ou como fator de produção de vários bens de consumo, tanto final como intermediário (ROSA et al., 2000).

O Brasil, um dos países mais ricos em água doce do planeta, possui uma ampla diversificação climática, devido sua configuração geográfica, altitude, extensão territorial, relevo e dinâmica das massas de ar. Conseqüentemente recebe uma abundante pluviometria que varia entre 1.000 e mais de 3.000 mm ano⁻¹, sobre mais de 90% do seu território (Rebouças, 2003). Apesar disso, a água é um recurso natural escasso, devido ao aumento da demanda, do desperdício, 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. Além disso, o planeta vem sendo mudado ao longo do tempo por meio de desmatamentos, da agricultura praticada em regiões ecologicamente frágeis, de monocultivos de espécies arbóreas, da criação intensiva de animais, da urbanização, e também pela alteração dos ciclos hidrológicos.

Sabe-se que a distribuição de água na terra não é homogênea, variando muito entre os continentes em razão das peculiaridades climáticas e geográficas. Borsoi; Torres (2007) relatam que o motivo de escassez da água no país pode estar associado à baixa disponibilidade específica na região Nordeste (3%) e altas densidades demográficas das regiões Sul e Sudeste (maior consumo de água), onde os conflitos estejam situados em áreas de grandes densidades demográficas e intensa concentração industrial. Além disso, nessas regiões, a poluição dos recursos hídricos aumenta os custos de captação de água, devido os mananciais estarem mais distante dos centros urbanos, sendo necessário, assim, a exploração de fontes alternativas.

Segundo Tundisi (2003), além da distribuição mundial ser desigual, há ainda a variabilidade natural das medidas dos volumes e vazões dos rios em

determinadas bacias e microbacias hidrográficas. Essas variabilidades determinam os principais usos da água e as estratégias de gerenciamento. Sobretudo, as águas superficiais têm sido contaminadas por todos os tipos de atividades humanas como urbanização, desmatamento, agricultura, indústrias e ainda estão sujeitas aos ciclos cada vez mais instáveis de estiagem e inundações.

É importante ressaltar que a escassez de água ocorre de duas formas: quantitativa e qualitativamente. Com exemplo da escassez quantitativa, Tucci (2007) cita os aumentos populacionais, industriais, agrícolas e a contaminação de rios, aquíferos e outras fontes, onde o total de água consumida aumenta 9 vezes, enquanto o uso por pessoa dobra e a população cresce 3 vezes. Contudo, não se pode prender apenas ao abastecimento quantitativo da água, mas deve-se estar atenta a sua qualidade, que depende da limpeza urbana e sua frequência devido o aumento e sua distribuição temporal e espacial, da época do ano e do tipo de uso da área urbana e rural, pois os dejetos 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 questões cruciais, pois grande parte da população depende dessas fontes de abastecimento. No Brasil, cerca de 49% dos municípios são abastecidos total ou parcialmente com água de poços profundos ou rasos. Além disso, o uso e ocupação do solo também interferem na qualidade da água devido o escoamento superficial e infiltração, resultante da precipitação atmosférica. Porém, a interferência humana, quer de forma concentrada (geração de despejos domésticos) quer de forma dispersa (poluição de origem agrícola), tem uma implantação direta na qualidade desse recurso.

Outra grande 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 lançadas em 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, isso, desde que haja planejamento e um gerenciamento cuidadoso e criterioso para tornar um ciclo sustentável (SOUSA et al., 2001).

Albinati et al. (2008) afirmam que o abandono e o desperdício de recursos tão preciosos quanto à água, principalmente em regiões carentes, como o Nordeste brasileiro, ultrapassa os limites da ignorância técnico-científica e suscita 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 carentes do semi-árido brasileiro.

2.2. Reúso de Água na Agricultura

A escassez dos recursos hídricos é um fato atual e crescente, já que se refere a uma questão ambiental e que acompanha as atividades de urbanização, desmatamento, agricultura, pecuária e indústria, e que promove todo o tipo de contaminação, sendo necessário enfatizar as atividades alternativas que possam minimizar esse fato, protegendo assim, o consumo de água para o futuro.

O desenvolvimento agrícola depende da disponibilidade de água e principalmente de seu uso adequado, já que a utilização da água para a irrigação e o abastecimento rural é um desafio relevante para as áreas com escassez desse recurso, como as regiões áridas e semi-áridas, onde as pressões sobre os recursos hídricos são bem maiores, devido à baixa oferta. Logo, muitos estudos são realizados, como administração das bacias hidrográficas locais, aumento no tratamento de esgotos sanitários provenientes de centros urbanos, adaptação do reuso de esgotos tratados para diversas atividades, como: irrigação, piscicultura, recreação, paisagismo e o uso industrial (SOUZA, 2006).

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

Estima-se que apenas 49% da população da América Latina seja beneficiadas com rede de esgoto, despejando diariamente cerca de aproximadamente 40 milhões de metros cúbicos de águas residuárias em rios, lagos ou mares, causando impactos ecológico, social e econômico (LÉON; CAVALLINI, 1999).

O incentivo do uso, na irrigação, de águas de péssima qualidade, como as de esgoto doméstico, de drenagem agrícola e águas salinas, as quais podem ser subterrâneas, residual bruta ou tratada, devem ser consideradas como fontes alternativas de uso. Além do mais, são práticas antigas mundialmente e de acordo com Associação Nacional Brasileira de Normas Técnicas (2007), no Brasil a prática de reuso de águas, principalmente na irrigação, está sendo bastante difundida, contudo, é um procedimento não constitucionalizado e vem se desenvolvendo sem nenhuma forma de planejamento ou controle.

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

O reuso de águas residuais pode ser conduzido de quatro maneiras diferentes (COSTA; BARROS JÚNIOR, 2005).

- **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;
- **Reúso indireto planejado de água:** neste caso, os efluentes, depois de tratados, são descarregados de forma planejada nos corpos de águas superficiais ou subterrâneos, para serem utilizadas a jusante, de maneira controlada, no atendimento de algum uso benéfico. O reúso indireto planejado admite que exista algum controle sobre as novas descargas, portanto, os requisitos de qualidade de reuso objetivado;
- **Reúso direto planejado de água:** os efluentes, após tratamento, são jogados diretamente no local de reúso, não sendo descarregados no meio ambiente. É o caso de maior ocorrência, destinando-se a uso em indústria ou irrigação;
- **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 disposição. Este é o caso particular de reúso direto planejado.

No Brasil a prática de reúso de água ainda é considerada pequena, porém, em regiões onde ocorre carência de água, o reúso torna-se uma prática que deve ser incentivada (Mota, 2000), pois é uma atividade que pode reforçar a produtividade agrícola em regiões áridas e semi-áridas, visto que esse tipo de água contém bastantes nutrientes essenciais para as plantas. Entretanto, seu uso na agricultura deve ser cuidadosamente planejado, para controlar, em longo prazo, os efeitos da salinidade, sodicidade, nutrientes e oligoelementos, sobre os solos e as culturas.

A aplicação do reúso de água apresenta algumas vantagens como: propicia o uso sustentável de recursos hídricos; minimiza a poluição hídrica dos mananciais; estimula o uso racional de águas de boa qualidade; permite evitar a tendência de erosão do solo e controla processos de desertificação, por meio da irrigação e fertilização de cinturões verdes; possibilita a economia de dispêndios com fertilizantes e matéria orgânica; provoca aumento da produtividade agrícola; gera aumento da produção de alimentos; e permite maximizar a infra-estrutura de abastecimento de água e tratamento de esgoto pela utilização múltipla de água aduziva (BERNARDI, 2003).

Sandri et al. (2007) afirmam que o uso de águas residuárias demonstra ser uma fonte de nutrientes para as plantas, interferindo principalmente na formação de massa fresca e, por conseqüência, na área foliar das culturas irrigadas.

E como toda atividade, o reúso de água também apresenta os efeitos negativos, que não podem ser ignorados (Snel, 2002), como: risco à saúde dos trabalhadores do sistema implantado que estejam em contato prolongado com o efluente; contaminação dos lençóis freáticos; inserção dos poluentes químicos no solo; criação de habitat para vetores de doenças e crescimento excessivo de algas e vegetação em canais que transportem o efluente, devido ao fenômeno de eutrofização. Além dessas desvantagens, segundo Metcalf; Eddy (2003) há alguns problemas que também devem ser considerados, com a aplicabilidade do reúso de águas mais restritos para o reúso pretendido, proteção da saúde pública e nível de aceitação do público. Saliendo assim que, como toda a atividade, necessita de um manejo adequado e rigoroso.

Segundo Guidolin (2000), é importante considerar, também, o conteúdo dos elementos minerais presentes em efluentes urbanos brutos, destacando os macros e micronutrientes necessários ao desenvolvimento vegetal e também aos

fitotóxicos, já que é uma prática onde se utiliza para produção de consumo, na maioria dos casos, humana (**Tabela 01**).

Contudo, há certo senso quanto ao valor de nutrientes dos esgotos, mas ignorância quanto a padrões sanitários, o que leva comumente ao uso incorreto dos mesmos (**Tabela 02**). A população, de um modo geral, apresenta preconceito e certo escrúpulo quanto ao consumo de culturas irrigadas por águas residuais, todavia muito em decorrência da falta de tradição e, em última análise, informação e educação (SILVA et al., 2008).

De acordo com Rodrigues (2005), o reúso de água pode ser considerando sob dois aspectos:

1. É um instrumento para redução do consumo de água (controle da demanda);
2. A água de reúso pode ser considerada como um recurso hídrico complementar, a ser utilizado em algumas aplicações, possibilitando a disponibilização das águas de melhor qualidade, para os fins mais nobres.

Sousa et al. (2001) afirmam que 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, que quando reusadas, apresenta o mesmo efeito do nitrogênio aplicado na forma de fertilizantes, incluindo as seguintes vantagens: dispensa fertilizantes minerais, elimina a provável contaminação de águas subterrâneas e superficiais por fertilizantes, e supre a escassez de água para fins domésticos.

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 aceito, e seguro, em termos de preservação ambiental e de proteção dos grupos de riscos envolvidos.

Tabela 01. Diretrizes microbiológicas recomendadas para uso de esgotos na agricultura*.

Categoria	Condições de reúso	Grupos de risco	Nematódeos intestinais ⁽¹⁾ (Nº.ovos/litro) ⁽²⁾	Coliformes fecais (Nº./100ml) ⁽³⁾	Sistemas de tratamento recomendado para atingir a qualidade microbiológica
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	n. a.	Retenção de lagoas de estabilização por 8 a 10 dias ou remoção equivalente de helmintos e coliformes fecais
C	Irrigação localizada de culturas da categoria B, se não ocorrer exposição de trabalhadores e do público	Nenhum	n. a.	n. a.	Pré-tratamento requerido pela técnica de irrigação aplicada, mas não menos do que tratamento primário

*Em casos específicos, fatores epidemiológicos, sócio-culturais ou ambientais devem ser levados em consideração e essas diretrizes modificadas de acordo; ⁽¹⁾*Ascaris*, *Trichuris*, *Necator americanus* e *Ancilostomus duodenalis*; ⁽²⁾Média aritmética durante o período de irrigação; ⁽³⁾Média geométrica durante o período de irrigação; ⁽⁴⁾Um valor diretriz mais restrito (200 coliformes fecais por 100 ml) 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 dos frutos serem colhidos, e frutos não devem ser colhidos no chão. Irrigação por sistema de aspersão não deve ser utilizada

Fonte: Adaptado de WHO, 1989.

Tabela 02. Redução de patógenos alcançada por várias medidas de proteção sanitária.

Medidas de controle	Redução de patógenos (unidades log)	Observações
Tratamento de esgotos sanitários	1 – 6	Redução de patógenos a ser alcançada pelo tratamento de esgoto
Irrigação localizada (gotejamento) – culturas de baixo crescimento	2	Culturas nas formas de raízes e culturas como alface, que crescem acima do solo, mas em contato com o mesmo
Irrigação localizada (gotejamento) – culturas de alto crescimento	4	Culturas como tomate, cujos produtos colhidos não tem contato com solo
Controle da dispersão dos aerossóis (irrigação por aspersão)	1	Uso de microaspersores, de anemômetros com aspersores com controladores de direção automáticos, de aspersores direcionados para o centro
Barreira à dispersão dos aerossóis (irrigação por aspersão)	1	Proteção dos residentes próximos de áreas de irrigação por aspersão. Uma barreira de proteção deve existir com 50 a 100 m
Morte de patógenos (“ <i>die-off</i> ”)	0,5 – 2 por dia	Morte na superfície das culturas que ocorre entre a última irrigação e o consumo. Unidade log de redução alcançada depende do clima
Lavagem dos produtos com água	1	Lavagens de culturas usadas em saladas, legumes e frutas com água limpa
Desinfecção dos produtos	2	Lavagem de culturas usadas em saladas, legumes e frutas com uma solução desinfetante fraca, enxagando-se com água limpa
Retirada da casca dos produtos	2	Frutas, culturas tipo raízes
Cozimento dos produtos	6 – 7	Imersão em água fervente até o alimento ficar cozido garante a destruição de patógenos

Fonte: Adaptada de WHO, 2006

Conforme a literatura, devido às matérias orgânicas presentes nos esgotos sanitários, estes precisam ser coletados e ter um destino adequado, para evitar a transmissão de doenças e minimizar os seus impactos sobre o meio ambiente. Contudo, Mancuso; Santos (2003) relatam que o aumento da extensão de terras e a escassez de fertilizantes nas regiões áridas e semi-áridas, apontam para o aproveitamento dos nutrientes contidos nos esgotos, ao invés de rejeitá-los.

Apesar do grande potencial do reúso de esgotos domésticos na irrigação, o manejo inadequado deste pode resultar em sérios riscos à saúde, efeitos deletérios no solo e na planta, além do impacto ambiental, como a lixiviação dos poluentes e contaminação das águas subterrâneas, onde estes fatos ocorrem particularmente em regiões áridas, com solos permeáveis e rasos (Bastos, 2003), sendo, assim, considerado um problema sério, já que as medidas de descontaminação são extremamente lentas. Por isso, deve-se tentar ter um uso criterioso dessas águas, de forma que tome uma atividade sustentável (Souza, 2006), principalmente nos projetos de irrigação, onde o monitoramento deve ser regular e com aplicações cautelosas, respeitando o método de irrigação e as formas de fertilização (HARUVY, 1998).

Bastos (2003) afirma que qualquer método pode ser empregado na irrigação com esgotos sanitários, desde que observadas as devidas particularidades. E ao selecionar o método é indispensável observar os seguintes critérios: considerações econômicas, topografia e características físicas do solo, tipos de culturas agrícolas, disponibilidade de mão-de-obra, qualidade da água e tradição do cultivo das propriedades rurais (**Tabela 03**).

Tabela 03. Fatores que afetam a escolha sobre o processo de irrigação e as medidas de proteção requeridas quando se utiliza esgotos.

Métodos de Irrigação	Fatores que afetam a escolha	Medidas de Proteção
Inundação	Menos custo. Não é necessário nivelamento preciso do terreno	Proteção completa para os operários agrícolas, consumidores e manuseadores de culturas
Sulcos	Custo baixo. Nivelamento pode ser necessário	Proteção para operários agrícolas. Possivelmente necessário para consumidores e manuseadores de culturas
Aspersão	Eficiência média do uso da água. Não há necessidade de nivelamento	Algumas da categoria B, principalmente árvores frutíferas, são excluídas
Subsuperficial ou localizada	Custos elevados. Elevada eficiência do uso da água. Alta produtividade agrícola	Distância mínima de 100 m de casas e estradas. Filtração para evitar entupimento de orifícios (exceto irrigação <i>bubblers</i>)

Fonte: Adaptado de MANCUSO;SANTOS (2003)

Sobretudo, dentre as diferentes alternativas utilizadas pela sociedade para solucionar ou para minimizar o problema da escassez de água, possibilitando a expansão de áreas irrigadas, visando, assim, à utilização racional e eficiente desse precioso recurso natural, e minimizando a contaminação de corpos receptores; o reúso de água é uma opção viável, econômica e ambientalmente correta, favorecendo a utilização das águas residuárias originadas das ETE na irrigação de culturas, onde o solo,

juntamente, com as plantas, podem atuar como “filtros vivos”, absorvendo e retendo nutrientes e poluentes.

2.3. Lagoas de Estabilização no Ceará

Lagoas de estabilização consistem em reservatórios de pequena profundidade, construídos em diques de terra e fundo compactados e impermeabilizados. Devido à simplicidade construtiva e ausência de equipamentos mecânicos, apresentam baixos custos de investimento e operação. É considerada, atualmente, a tecnologia que mais se aproxima de ambientes hídricos naturais e, portanto, reconhecidas como a de menor impacto ao ambiente sob o ponto de vista das reações de depuração das águas residuárias (MONTEGGIA; SOBRINHO, 1999).

Esses reservatórios de estabilização, com dispositivos de acumulação e tratamento de águas residuais brutas e/ou pré-tratados, podem se tornar uma fonte de água importante, nas regiões áridas e semi-áridas, principalmente quando se pretende reutilizar esses efluentes na irrigação de culturas, sem representar risco à saúde pública (OLIVEIRA et al., 2008).

O uso de lagoas de estabilização começou a ser feito no final da década de 50 na América Latina e no Caribe. É uma tecnologia conhecida, simples e bastante utilizada no mundo inteiro. Na **Tabela 04** pode-se observar as características típicas de um efluente secundário de um esgoto tratado utilizando lagoas de estabilização.

Tabela 04. Características típicas do efluente secundário de esgoto tratado no mundo.

Constituintes	Varição (mg L ⁻¹)
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
Carbono orgânico total	10 – 30
N – total	10 – 50
N – NO ₃ ⁻	0 – 10
N – NH ₄ ⁺	1 – 40
P – total	6 – 17
Cl	40 – 200
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 de adsorção de sódio), em mmol L ⁻¹	4,5 – 7,9

Fonte: Adaptada de FEIGIN et al., 1991.

Os esgotos tratados caracterizam-se por ser um material líquido, cuja suas características que os diferenciam da água, são: presença de matéria orgânica, expressa em DBO (demanda bioquímica de oxigênio) e em DQO (demanda química de oxigênio), macro e micronutrientes, metais pesados essenciais e não essenciais às plantas, orgânicos traços e patógenos.

No Ceará, o sistema de tratamento de esgoto mais utilizado é o de lagoas de estabilização, principalmente no interior do estado. Em Fortaleza, o sistema de fossa séptica ou decanto digestor seguido de filtro anaeróbio é o

tratamento mais utilizado, seguido dos sistemas de lagoas de estabilização (COSTA, 2006).

A Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) conta com 17 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 Industrial de Maracanaú – SIDI, e os localizados nas áreas, são servidas pelo sistema de disposição oceânica (ARAÚJO, 2000).

Os sistemas de lagoas da RMF atendem a cerca de 250.000 habitantes, representando cerca de 14% da população total. As potencialidades de aproveitamento desses efluentes como recursos hídricos no incremento às atividades agrícolas, principalmente na produção alimentar, são imensas, apesar de existir, ainda, resistência por parte da sociedade e do poder público (SILVA; SILVA, 2008).

Na **Tabela 05**, Feachem et al. (1983) enfatizam informações sobre a remoção de bactérias e helminto presentes em esgotos domésticos por diversos sistemas de tratamento, indicando as diretrizes para irrigação irrestrita (categoria A, na **Tabela 01**).

Segundo Athayde Júnior et al. (2008), o sistema de lagoas de estabilização mostra-se eficiente na remoção de coliformes fecais e do excesso de nitrogênio presente no esgoto bruto, sendo adequada à prática no tratamento e no reúso de águas residuárias para agricultura, principalmente em regiões com escassez hídrica. Além disso, a reciclagem do nitrogênio (N) e do fósforo (P) presentes em esgotos domésticos através do tratamento dos mesmos em lagoas de estabilização possibilita a redução ou até mesmo a eliminação do uso de fertilizantes artificiais, e como consequência, incremento na produção agrícola a um custo reduzido e sem causar risco à saúde.

Tabela 05. Remoção de organismos patogênicos em sistemas de tratamento de esgotos.

Tratamento	Remoção (log ₁₀)			
	Bactérias	Helmintos	Vírus	Cistos
Sedimentação primária:				
Simples	0 – 1	0 – 2	0 – 1	0 – 1
Com coagulantes	1 – 2	1 – 3 ^(f)	0 – 1	0 – 1
Lodos ativados ^(a)	0 – 2	0 – 2	0 – 1	0 – 1
Filtro biológico ^(a)	0 – 2	0 – 2	0 – 1	0 – 1
Lagoa aerada ^(b)	1 – 2	1 – 3	1 – 2	0 – 1
Valo de oxidação ^(a)	1 – 2	0 – 2	1 – 2	0 – 1
Desinfecção ^(c)	2 – 6 ^(f)	0 – 1	0 – 4	0 – 3
Lagoa de estabilização ^(d)	1 – 6 ^(f)	1 – 3 ^(f)	1 – 4	1 – 4
Reservatório de acumulação ^(e)	1 – 6 ^(f)	1 – 3 ^(f)	1 – 4	1 – 4

^(a)Incluído decandator secundário; ^(b)Incluída lagoa de sedimentação; ^(c)Cloração ou ozonização; ^(d)A eficiência depende do número de unidades em série e outros fatores ambientais; ^(e)A eficiência depende do tempo de detenção; ^(f)Com projeto e operação adequados às diretrizes para irrigação irrestrita podem ser atendida.
Fonte: FEACHEM et al., 1983.

Com a combinação de solúvel de DBO e biomassa de algas, as lagoas de estabilização possuem um alto valor fertilizante, pois suprem quase todo o nitrogênio e grande parte de potássio e fósforo necessários às culturas. Nutrientes importantes para agricultura do país, fornecendo, assim, a economia com fertilizantes minerais, que constituem o maior peso no gasto dos agricultores.

Feiden (2008) aponta como vantagens dos sistemas de lagoas de tratamento as seguintes:

- Simplicidade: comparado com outros sistemas, é um processo simples e eficiente, que demanda pouca atenção operacional;
- Robustez: sistema robusto, que na prática tem se mostrado capaz de suportar variadas condições operacionais, como elevados picos de contribuição e períodos de inatividade, sem afetar significativamente sua eficiência nem entrar em colapso;
- Sistema econômico;

- Baixo custo de energia: não requer energia para seu correto funcionamento, desde que implantado em condições topográficas adequadas onde o fluxo de resíduos líquidos possa ser conduzido por gravidade.

Como desvantagens do sistema, têm-se:

- Demanda de área elevada;
- Necessita de condições topográficas adequadas;
- Possibilidade de contaminação dos lençóis freáticos: dependendo do tipo de solo, pode ocorrer percolação do material;
- Emissão de gases causadores do efeito estufa (gás carbônico e metano);
- Necessita de clima adequado para uma operação eficiente;
- Muitas indústrias estão situadas em condições que dificultam a implantação de lagoas com as características apropriadas.

Contudo, os problemas relativos ao reúso de efluentes dos sistemas de lagoas de estabilização envolvem mais aspectos sócio-econômicos que técnico-gerenciais. Segundo Souza et al. (2006), a utilização de efluentes de águas residuais tratadas na agricultura fornece, ao solo e aos vegetais, água, nutrientes e matéria orgânica, que conservam o solo e agem como fertilizantes orgânicos.

Como no Brasil, ainda há escassez em experiência com reúso, é necessário implementar projetos experimentais, para cobrir todos os aspectos das diversas modalidades de reúso, principalmente no setor agrícola, a fim de que possam dessa forma fornecer subsídios para o desenvolvimento de padrões e códigos de práticas, adaptados às condições e características nacionais. E dessa forma, transformá-las em sistemas de demonstração, objetivando treinamento, pesquisa e o desenvolvimento dessa técnica (HESPANHOL, 2002).

2.4. Águas residuárias de esgoto doméstico tratado

As águas residuárias são geradas de atividades industriais, agroindustriais, mineração, urbanas e agropecuárias. São consideradas como fonte de poluição ambiental, porém ricas em macro e micronutrientes quando tratados ou por disposição final no solo, considerando-as assim, uma grande fonte técnica de enorme potencial de aplicação nas atividades agrícolas.

Todavia, o maior agravante na utilização de águas residuárias de esgotos domésticos na agricultura é o aspecto sanitário, onde é imprescindível o tratamento dos esgotos, pois a qualidade sanitária depende do grau de tratamento (Souza et al., 2006). E os principais parâmetros para diagnosticar um esgoto são:

- pH (potencial hidrogênico) – entre 6,0 e 8,0;
- OD (Oxigênio Dissolvido);
- Alcalinidade – quanto maior o valor da alcalinidade, maior será a capacidade da água residuárias manter o pH próximo do neutro;
- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO);
- Demanda Química de Oxigênio (DQO);
- Sólidos Sedimentáveis (SS);
- Sólidos Totais (ST) e Sólidos Suspensos Totais (SST);
- Sólidos Fixos Totais (SFT) e Sólidos Suspensos Fixos (SSF);
- Sólidos Voláteis Totais (SVT) e Sólidos Suspensos Voláteis (SSV);
- Nitrogênio: orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato;
- Fósforo: ortofosfato e pilofosfato;
- Óleos e graxas;
- *E. coli*;
- Coliformes fecais;
- Ovos de helmintos;

Na **Tabela 06** estão apresentados os parâmetros de qualidade da água de maior importância em um sistema de reúso de água e nas faixas

aproximadas de cada parâmetro de esgoto e águas servidas (METCALF; EDDY, 2003).

Tabela 06. Principais parâmetros da qualidade da água para reúso.

Parâmetros	Unidades	Variações de efluentes secundários	Resultados desejados das águas para reuso
Sólidos suspensos	mg L ⁻¹	5 – 50	< 5 – 30
Turbidez	UNT	1 – 30	< 0,1 – 30
DBO ₅	mg L ⁻¹	10 – 30	< 10 – 45
DQO	mg L ⁻¹	50 – 150	< 20 – 90
Coliformes totais	UFC/100mL	< 10 – 107	< 1 – 200
Coliformes fecais	UFC/100mL	< 1 – 106	< 1 – 103
Ovos de helmintos	Ovo L ⁻¹	< 1 – 10	< 1 – 0,5
Vírus	Vírus L ⁻¹	< 1 – 10	< 1 – 0,5
Nitrogênio	mg L ⁻¹	10 – 30	< 1 – 30
Metais pesados	mg L ⁻¹	Variável	< 0,001 Hg; 0, 01 Cd e 0,02 Ni
Fósforo	mg L ⁻¹	0,1 - 30	< 1 - 20

Fonte: Adaptado de FATTA; KYTHREOTOU (2005).

Segundo Souza; Leite (2008), apenas cerca de 0,1% da composição dos esgotos domésticos é material sólido; o restante (99,9%) é água suja e contaminada. A fração sólida nos esgotos ainda pode ser dividida em sólidos orgânicos, que é a maior parte (proteínas, carboidratos e lipídeos), e sólidos inorgânicos (areia, sais e metais). No entanto, 0,1% é grande responsável pelos problemas de contaminação e poluição.

As formas de tratamento existentes por disposição final de águas residuais, em geral, no solo são (MATOS, 2007):

- **Infiltração ou percolação** (infiltração rápida): favorece a recarga de águas subterrâneas, e há um menor requerimento de área, contudo, ocorre o risco de contaminação de águas subterrâneas;
- **Escoamento Superficial**: favorece o aproveitamento agrícola dos nutrientes, e é aconselhável a implantação em solos de baixa permeabilidade;
- **Fertirrigação** (infiltração lenta ou irrigação): pode ser aplicado pelos vários sistemas de irrigação (superficial, aspersão e gotejamento);
- **Sistemas alagados construídos** (sistema wetland): ocorre um baixo custo de implantação e operação, e alta eficiência.

É importante ressaltar que, aparentemente, a qualidade da água de alguns corpos hídricos é equivalente à dos efluentes de sistemas de tratamento de águas residuais (Silva; Silva, 2008). Por isso, a legislação, tanto federal como estadual, classificam os seus corpos de água, em função de seus usos preponderantes, tendo sido estabelecidos, para cada classe de água, os padrões de qualidade a serem obedecidos (CHERNICHARO et al., 2008).

O uso de águas residuárias pode beneficiar a agricultura, tendo como impactos positivos na aplicação dessas águas no solo (MATOS, 2007):

- Estruturação e estabilização dos agregados do solo;
- Diminuição da massa específica;
- Diminuição da plasticidade e pegajosidade;
- Aumenta a capacidade de retenção da água;
- Disponibilização de macro e micronutrientes;
- Complexação ou quelação de substâncias tóxicas;
- Efeitos benéficos à microbiologia do solo;
- Redução de microrganismos patogênicos às plantas.

E quando as aplicações de águas residuárias não apresentam um bom planejamento de execução, há os impactos negativos:

- Soleamento superficial;
- Risco de dispersão da argila do solo;
- Risco de salinização do solo;
- Uso de doses inadequadas provocará problemas para o sistema solo-planta e contaminação ambiental;
- Indisponibilidade de alguns micronutrientes;
- Aumento da concentração de elementos tóxicos;
- Contaminação de homens e animais por metais pesados (esgoto industrial);
- Risco de contaminação de águas subterrâneas;
- Riscos sanitários.

Por isso, deve-se tentar ter um uso criterioso dessas águas, de forma que se torne uma atividade sustentável (SOUZA, 2006).

Ouros aspectos nas águas residuárias é a presença de teores de NPK em relação à água normalmente usada na irrigação, e provavelmente quanto mais enriquecido nutricionalmente estiver o efluente, e também mineralizado, maior será o peso das plantas, e conseqüentemente, menor risco oferecerá ao meio ambiente (HUSSAR et al., 2002).

A água residuária tratada pode ser reutilizada de maneira planejada, para diversas finalidades, assim como a irrigação de plantas, que se torna um método alternativo de tratamento de efluentes no solo, utilizando com sucesso as ETE em fertirrigação. Foi uma prática bastante utilizada por diversos países do mundo no fim do século passado como método de tratamento de resíduos urbanos. Além disso, a utilização excessiva de fertilizantes e herbicidas associados ao grande volume de água vem promovendo impactos ambientais negativos. Entretanto, as águas residuárias devem ser avaliadas quanto à salinidade, sodicidade e toxicidade de íons, variáveis fundamentais na determinação da qualidade agrônômica.

Sobretudo, a utilização de águas residuárias tratadas necessita de cuidados na sua aplicação, pois é uma importante alternativa para a gestão dos recursos hídricos, por permitir a economia de água de boa qualidade e por atenuar a contaminação dos corpos hídricos, sendo os principais propósitos das águas residuárias no meio rural o reuso nas finalidades agrícolas e a recarga de aquíferos.

2.5. 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 fósforo e pelo nitrogênio dos efluentes de sistemas de tratamento de esgoto doméstico.

Hussar et al. (2005) concluíram que o uso de águas residuárias sem qualquer tipo de adubação, é estatisticamente igual ao resultado da adubação convencional, evidenciando assim a importância do efluente para a agricultura.

O aproveitamento de águas residuárias, em plantas forrageiras, no preparo nutritivo, proporcionou produtividade de até 31,5 t ha⁻¹ ano⁻¹ de aveia forrageira e melhoria significativa na qualidade do efluente (GOMES FILHO et al., 2001).

Em culturas como o milho, que podem ser tanto para alimentação animal como 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. Além disso, o uso desses efluentes pode substituir em até 60 kg ha⁻¹ de N para o milho forrageiro sob condições de clima semi-árido e solo com textura franco-argilo-arenoso (AZEVEDO et al., 2008)

2.5.1. Tifton - 85

As gramíneas do gênero *Cynodon* vêm se destacando nos últimos anos, sendo frequentemente recomendadas como forrageiras para alimentação de animais em todo o mundo. Essas gramíneas são originárias da África e são consideradas bem adaptadas às regiões tropicais e subtropicais (VIELA; ALVIM, 1999).

O *Cynodon* spp. Cv. Tifton 85 apresenta características como porte mais elevado, colmos mais compridos, folhas mais extensas e de coloração verde mais escura e estolões que se expandem rapidamente, possuindo rizomas grandes e em menor número do que das outras cultivares desse gênero (Burton et al., 1993). Este gênero apresenta uma grande capacidade de adaptação a diferentes ambientes, vegetando entre os paralelos 35° N a 35° S, e em diversas condições de solo e clima, sendo classificada por alguns especialistas como "uma invasora onipresente e cosmopolita". Além disso, são plantas forrageiras que conciliam diversas características desejáveis (TONATO; PEDREIRA, 2008):

- Alta produtividade (produção anual de 20 a 25 Mg de matéria seca ha⁻¹);
- Grande participação de folhas na massa total (20%);
- Alta densidade populacional de perfilhos (11.000 m⁻²);
- Rápida formação do estande inicial da pastagem, em função do vigoroso crescimento dos rizomas e estolões, ocupando rapidamente o solo;
- Grande flexibilidade de uso (pastejo, feno, silagem ou pré-secado);
- Baixa susceptibilidade a doenças e razoável tolerância à cigarrinha das pastagens;
- Adaptação a vários tipos de solos e a uma grande diversidade de climas;
- Alta capacidade de resposta às fertilizações;
- Alto valor alimentício em função de apresentar elevados níveis nutricionais e uma boa digestibilidade (55 a 60%) em relação às outras forrageiras;

O Tifton 85, híbrido entre Tifton 68 e uma introdução sul-africana, considerado o melhor híbrido da coleção (Pedreira 1996), apresenta os maiores índices de área foliar em comparação aos capins Florakirk, coastcross e cultivares de *Cynodon* spp. sob diferentes intensidades de pastejos, utilizando ovinos sob condições de lotação contínua, além de apresentar, como amplitude ótima de uso, condições de pasto que variam de 5 a 15 cm (Fagundes et al., 1999). E em comparação as duas espécies de gramíneas mais consumidas na alimentação animal, tifton 85 e coastcross, o feno de capim tifton 85 apresenta maior consumo de nutrientes digestíveis totais do que o de coastcross (ITAVO et al., 2002).

O aumento de doses de nitrogênio aplicados proporcionam incrementos no índice de área foliar em capim Tifton 85 sob tensões hídricas de 360 kPa (Marcelino et al., 2003), produção e qualidade da forragem de Tifton 85 (Galzerano; Morgado, 2007). Além disso, independente da cultivar, segundo Rodrigues et al. (2005), o efeito do nitrogênio sobre a proteína bruta foi linear e significativo. Para obtenção de bons índices de produção, a adubação nitrogenada torna-se prática indispensável.

A utilização da irrigação nesse gênero proporciona elevadas produtividades de matéria seca (Rodrigues et al., 2005). As maiores produções de matéria seca do Tifton 85 são alcançadas com cortes realizados a intervalos de quatro semanas, na época de chuvas e seis semanas, na época de seca. Esses intervalos de cortes proporcionam os mais altos teores de proteína bruta na matéria seca do tifton 85 (ALVIM et al., 1999).

Segundo Queiroz et al., (2001), o capim Tifton-85 apresenta melhor desempenho agrônomico utilizando rampas de tratamento de águas residuárias por escoamento superficial, com produtividade acumulada de matéria seca de 17,77 t ha⁻¹.

Constata-se então, que o capim Tifton 85 é uma planta forrageira de grande valor comercial e de grande valor nutritivo, quando bem manejado, pois é uma cultivar bastante exigente, tanto no manejo da irrigação quanto na fertilidade do solo.

CAPÍTULO 2

Avaliação microbiológica do capim Tifton 85 irrigado com esgoto doméstico tratado

RESUMO

A pesquisa teve como objetivo avaliar a qualidade química e microbiológica da água e microbiológica do capim Tifton 85 fertirrigado com esgoto doméstico tratado utilizando o método de escoamento superficial. A pesquisa foi realizada no município de Aquiraz, Ceará, cujo solo da área é um Argissolo, e o clima com cerca de 90% das precipitações ocorrem no primeiro semestre. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com cinco tratamentos (T1, água do poço 75% ECA + adubação; T2, água de esgoto, 150 kg Na ha⁻¹ ano⁻¹; T3, água de esgoto, 300 kg Na ha⁻¹ ano⁻¹; T4, água de esgoto, 600 kg Na ha⁻¹ ano⁻¹; T5, água de esgoto, 1200 kg Na ha⁻¹ ano⁻¹) e quatro repetições. As irrigações foram feitas em intervalos de 2 a 3 dias, logo após a leitura da evaporação do Tanque Classe A (75% ECA), instalado na área experimental, e, caso houvesse necessidade, no período chuvoso. Já no período de estiagem a irrigação com base na leitura de tanque classe A era realizada normalmente. O plantio das mudas foi realizado no mês de fevereiro de 2008. Foram realizadas quatro coletas de amostras do capim, quando o mesmo atingia uma altura aproximada de 0,10 m do solo; duas no período chuvoso (38 dias); e duas no período de seco (32 dias). As análises de água foram realizadas periodicamente, durante o desenvolvimento da pesquisa, seguindo a metodologia aplicada pelo *Standard Methods* (APHA, 1995). E a metodologia aplicada no desenvolvimento das análises microbiológicas do capim Tifton 85 foi a da *AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION* (APHA, 2001). Com base nas análises microbiológicas realizadas no efluente, concluiu-se que são insignificantes os riscos de contaminação, por organismos patogênicos no manejo do capim Tifton 85. E as análises microbiológicas das amostras de capim Tifton 85 indicaram uma qualidade satisfatória.

Palavras-chaves: microrganismos, reúso, capim, água.

Microbiological evaluation of irrigated grass Tifton 85 with treated domestic sewer

ABSTRACT

The research had as objective to evaluate the chemical and microbiological quality of the microbiological water and of grass fertilized Tifton 85 with domestic sewer treated using the method of superficial draining. The research was carried through in the city of Aquiraz, Ceará, whose ground of the area is a Argissolo, and the climate with about 90% of precipitations occurs in the first semester. The experimental delineation block-type was casual, with five treatments (T1, water of well 75% ECA + fertilization; T2, water of sewer, 150 kg Na ha⁻¹ year⁻¹; T3, water of sewer, 300 kg Na ha⁻¹ year⁻¹; T4, water of sewer, 600 kg Na ha⁻¹ year⁻¹; T5, water of sewer, 1200 kg Na ha⁻¹ year⁻¹) and four repetitions. The irrigations had been made in intervals of 2 to 3 days, then after the reading of the evaporation of the tanque classe A (75% ECA), installed in the experimental area, and in case that it had necessity in the rainy period. No longer period of dry the irrigation on the basis of the reading of tanque classe A the age carried through normally. The plantation of the changes was carried through in the month of February of 2008. Four collections of samples of grass had been carried through, when the same m of the ground reached an approach height of 0,10 m; two in the rainy period (38 days); e two in the period of dry (32 days). You analyze them of water had been carried through periodically, during the development of the research, following the methodology applied for the *Standard Methods* (APHA, 1995). E the methodology applied in the development of the microbiological analyses of grass Tifton 85 was of AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA, 2001). On the basis of the carried through microbiological analyses in the effluent one, were concluded that the contamination risks are insignificant, for pathogenic organisms in the handling of grass Tifton 85. E the microbiological analyses of the samples of grass Tifton 85 had indicated a satisfactory quality.

Keywords: microorganism, reuse, grass, water.

1. INTRODUÇÃO

O conceito de qualidade de água refere-se às suas características, as quais podem ser ou não aceitas pelo consumidor, dependendo de suas necessidades. A qualidade da água define-se por uma ou mais características físicas, químicas e biológicas. Geralmente, para as águas de irrigação, a qualidade é definida pela concentração dos sais dissolvidos e pela composição iônica. Entretanto, de acordo com Araújo (1999), as águas de irrigação devem ser analisadas em relação aos parâmetros fundamentais como salinidade, sodicidade, toxidez, concentração de íons e aspectos sanitários.

Na atualidade há uma preocupação com a limitação e distribuição irregular de água nas regiões áridas e semi-áridas, já que são regiões que apresentam uma limitação e distribuição irregular de água para exercer atividades que demandam uma grande quantidade de água (agricultura irrigada), e os grandes projetos de irrigação trazem prosperidade à área cultivada. Nolasco; Pompeo (2008) relatam que a importância da agricultura irrigada para os seres humanos é devido ao fato da maior parte da população está concentrada em áreas urbanas (82%), implicando numa produção excedente de alimentos nas áreas rurais, inclusive para a exportação; gerando a necessidade do desenvolvimento de fontes alternativas de água. Além disso, as regiões áridas e semi-áridas são caracterizadas por um curto período chuvoso, temperatura elevada e alta taxa de evaporação, registrando uma deficiência hídrica na grande maioria dos meses do ano.

Com a necessidade de produzir mais alimentos, há um aumento no consumo de água na irrigação, principalmente para o desenvolvimento de novas fronteiras agrícolas, além do aumento de insumos agrícolas (fertilizantes e defensivos). Conseqüentemente, o preço da água tende a elevar-se, visto que a demanda aumenta e a oferta diminui.

Todavia, o uso intensivo de quase todas as águas de boa qualidade implicou na diminuição ou falta deste bem precioso, e provocou que, muitos usuários, não tendo escolha, utilizassem águas de qualidade inferior. E para evitar problemas com a escolha destas águas, deve-se planejar bem o seu uso, de acordo com suas qualidades e onde serão empregadas.

O aproveitamento de esgotos sanitários tratados passa a ser uma opção para atender a crescente demanda na agricultura, além da racionalização de fertilizantes, porém sua qualidade sanitária tem que ser estabelecida para garantir o uso seguro na irrigação. Para garantir a qualidade higiênica, se faz necessário à correção de certas características indesejáveis como: alta concentração de sólidos e matéria orgânica putrescível (SOUSA et al., 2005).

Bernardi (2003) revela que a água de reuso tende a apresentar preço mais baixo, reduzindo assim os custos de produção. Além disso, a reutilização de água no meio agrícola pode garantir a recarga do lençol freático, serve para fertirrigação de diversas culturas e para fins de dessedentação de animais (BREGA FILHO; MANCUSO, 2002), apresentando-se como uma solução sanitariamente segura, economicamente viável e ambientalmente sustentável.

Sobretudo, o uso das lagoas de estabilização apresenta uma imensa potencialidade no aproveitamento desses efluentes na produção de alimentos, contudo há certa resistência da sociedade e do poder público na execução dessa atividade, devido à existência de bactérias do grupo Coliformes. “Preconceito” que será vencido, já que, aparentemente, a qualidade de água de alguns corpos hídricos é equivalente à dos efluentes de sistemas de lagoas (SILVA; SILVA, 2008).

Desta forma, a qualidade sanitária do esgoto tratado tem que ser estabelecida para garantir o uso seguro na irrigação, já que não há normas nem critérios próprios para reuso de água de qualidade inferior, apesar da utilização de esgoto doméstico na agricultura ser uma atividade milenar em todos os continentes. No Brasil, o reuso direto ou indireto de esgoto bruto é uma prática muito utilizada por lavadores ribeirinhos que usam motobombas de pequeno porte para levar águas contaminadas para irrigar suas culturas (KONIG et al., 2008).

Metcalf; Eddy (2003); Araújo et al. (2007), relatam que é de extrema importância que as águas residuárias tratadas e destinadas ao uso agrícola devem ser avaliadas sob os aspectos de sodicidade, salinidade, excesso de nutrientes e, principalmente, os aspectos sanitários (bactérias, protozoários, ovos de helmintos e vírus). Com a falta dessas normas, seguem-se as recomendações da Organização Mundial da Saúde, que recomenda o máximo

de um ovo de helminto por litro e menor ou igual a 1000 coliformes fecais por litro, para irrigação irrestrita (WHO, 1989).

A aplicação de esgotos sobre o solo é com frequência a mais econômica forma para disposição de esgoto no solo, mas o esgoto de um município contém organismos patogênicos prejudiciais à saúde, níveis perigosos de metais pesados e compostos orgânicos industriais. O uso direto do esgoto bruto sem pré-tratamento e sem aplicação de outro tipo de controle pode acarretar sérios riscos à saúde e prejudicará a produtividade do solo ao longo do tempo (Chagas, 2000; Benevides, 2007). Com isso, são importantes tecnologias de tratamento que proporcionem efluentes de qualidade sanitária que não representem riscos de transmissão de doenças, seja por ingestão dos alimentos irrigados ou pelo manejo agrícola.

Pescod (1992) lista os agentes patogênicos, em ordem prioritária, em relação à incidência de infecção:

- Risco alto – helmintos (*Ancylostoma*, *Ascaris*, *Trichuris*, *Taenia*);
- Risco médio – bactérias entéricas (*Vibrio* da cólera, *Salmonella typhi*, *Shigella* e outros);
- Risco baixo – vírus entéricos;

As formas de controle do reuso de água vão desde a aplicação de processos de tratamento eficazes até o monitoramento da qualidade da água e da cultura que está sendo irrigada, por meio de análises periódicas.

Segundo Bastos (2003), é unânime o entendimento de que a utilização de esgotos sanitários e/ou lodo na agricultura envolve riscos à saúde pública. A contravérsia reside na definição dos riscos de níveis aceitáveis, ou seja, na definição de padrões de qualidade e graus de tratamentos que garantam a segurança sanitária. Contudo, a simples presença do agente infeccioso nos lodos utilizados na agricultura não implica necessariamente na imediata transmissão de doenças, caracterizando apenas um risco potencial. Já o risco real de um indivíduo ser infectado depende da combinação de uma série de fatores como (SANTIAGO, 1999):

- Resistência do organismo patogênico ao tratamento de esgoto e às condições ambientais;
- Dose infectiva;
- Patogenicidade;
- Suscetibilidade e grau de imunidade do hospedeiro;
- Grau de exposição humana aos focos de transmissão;

Nesta perspectiva, o tratamento desses efluentes para posterior utilização na agricultura torna-se uma atividade coerente com uma proposta sustentável de gerenciamento de recursos hídricos. Portanto, a qualidade sanitária das águas de irrigação e dos produtos agrícolas que são irrigados é essencial na prevenção de doenças (FIGUEIREDO et al., 2008).

Por fim, as águas residuárias de esgoto tratado usadas para fins agrícolas devem obedecer a determinados critérios de qualidade visando à preservação da qualidade das culturas e dos níveis de produção, a preservação do solo agrícola e a proteção da saúde pública do consumidor, principalmente dos alimentos que são ingeridos sem cozimento.

Em resumo, para que um microrganismo presente em um efluente utilizada na agricultura possa provocar doença, o mesmo teria que resistir aos processos de tratamento do esgoto e sobreviver ao meio ambiente em número suficiente para infectar o indivíduo susceptível.

Neste contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar a qualidade química e microbiológica da água e microbiológica do capim Tifton 85 fertirrigado com esgoto doméstico tratado utilizando o método de escoamento superficial.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido no Centro de Pesquisa sobre Tratamento e Reúso de Águas Residuárias, pertencente à Companhia de Águas e Esgotos do Ceará (CAGECE), localizado na cidade de Aquiraz, Região Metropolitana de Fortaleza, a uma altitude de 14,2 m, com coordenadas 3° 54' 05" S e 38 ° 23' 28" W e com limites ao Norte (Oceano Atlântico, Fortaleza e Eusébio); Sul (Horizonte, Cascavel e Pindoretama); Leste (Oceano Atlântico); Oeste (Eusébio, Itaitinga e Horizonte), com uma área total de aproximadamente 400 m² e 24,7 Km de distância de Fortaleza, Ceará. A população do município de Aquiraz era de 60.469 habitantes (IBGE, 2002).

A estação de tratamento de esgoto é composta de um tratamento preliminar, que é formado por Calha Parshall, gradeamento e caixa de areia; faz parte também da estação, um tratamento secundário com dois módulos de lagoas de estabilização em série. Cada módulo é constituído por uma lagoa anaeróbia, uma facultativa e duas de maturação, sendo o efluente final lançado no rio Pacoti (**Figura 01**). As dimensões das lagoas estão expostas na **Tabela 07**.

Tabela 07. Dimensões das lagoas de estabilização da ETE de Aquiraz, CE.

Lagoa	Profundidade (m)	Dimensão do fundo (m)
Anaeróbia	3,00	86,70 x 40,70
Facultativa	1,50	192,70 x 95,50
Maturação A	1,50	154,00 x 72,00
Maturação B	1,50	153,70 x 71,70



Figura 01. Lagoas anaeróbia e facultativa da ETE de Aquiraz, Ceará, 2008.

2.1.1. Clima

O clima é razoavelmente homogêneo, sendo as pequenas oscilações relacionadas ao regime pluviométrico, considerado bastante variável.

Na região, ocorrem anos de chuvas excessivas e anos de precipitação escassos, 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 medição das chuvas foi realizada diariamente, utilizando um pluviômetro. A temperatura média anual varia de 26° a 28°C, com máximas em torno de 36°C.

2.1.2. Solo

O solo da área está classificado como Argissolo, textura franca arenosa média, fase caatinga hiperxerófila relevo plano (EMBRAPA, 1999). Esse tipo de solo apresenta bom desempenho agrícola, com limitações decorrentes da fertilidade natural e da textura arenosa em superfície.

2.2. Delineamento experimental

No arranjo experimental, foi utilizado o delineamento em blocos casualizados, com cinco tratamentos e quatro repetições, totalizando 20 unidades experimentais com área de 7 m² (3,5 m X 2,0 m) constituído de quatro sulcos fechados espaçados em 0,5 m. A área total do experimento foi de 402,6 m² (18,3 m x 22,0 m). Os tratamentos foram definidos em diferentes lâminas de esgoto, com base na concentração de sódio (Na) do mesmo, que através da análise apresentou o valor de 4,43 mmol L⁻¹ de sódio.

Os tratamentos utilizados foram caracterizados conforme descrição a seguir:

- T1, água do poço (75% ECA) + adubação (30 kg P₂O₅ ha⁻¹; 30 kg K₂O ha⁻¹; 20 Kg N ha⁻¹), após cada colheita;
- T2, água de esgoto, 150 kg Na ha⁻¹ ano⁻¹;
- T3, água de esgoto, 300 kg Na ha⁻¹ ano⁻¹;
- T4, água de esgoto, 600 kg Na ha⁻¹ ano⁻¹;
- T5, água de esgoto, 1200 kg Na ha⁻¹ ano⁻¹.

As lâminas de esgotos referentes aos tratamentos T2, T3, T4 e T5 foram 132 mm ano⁻¹, 265 mm ano⁻¹, 530 mm ano⁻¹ e 1061 mm ano⁻¹, respectivamente. E para lâmina de água (T1), considerou 75% da evaporação do tanque classe A.

A fim de evitar o fluxo horizontal e vertical de água residuária entre as parcelas, foi instalada entre cada tratamento uma manta preta de polietileno, desde a superfície do solo até 1 m de profundidade.

2.3. Adubação utilizada

De posse dos resultados da análise química do solo realizou-se a recomendação de adubação para forrageiras. Antes do plantio foram realizadas calagem ($1,5 \text{ kg m}^{-2}$), para correção do pH, e adubação orgânica (21 kg m^{-2}). A recomendação de adubação para os macronutrientes fósforo e potássio foi definida de acordo com os teores médios desses elementos presentes nas profundidades amostradas, para o nitrogênio a quantidade aplicada foi estabelecida por UFC (1993). Os valores aplicados foram: 14 g m^{-2} de nitrogênio, 21 g m^{-2} de fósforo e 21 g m^{-2} de potássio. As fontes usadas para os macronutrientes foram: uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente.

A adubação foi realizada de modo convencional a lanço, em cada parcela ($2,0 \times 3,5 \text{ m}$) de cada tratamento.

2.4. Sistema e manejo da irrigação

A aplicação da água residuária de esgoto tratado e água do poço foi feita pelo método de escoamento superficial. O terreno da área experimental apresentava uma declividade de 2% em toda a área.

O sistema foi composto de 2 linhas de derivação de 50 mm de diâmetro que continham 5 registros, 4 para controle das lâminas de esgoto tratado e um para a água do poço, ligados a uma mangueira de polietileno de 32 mm de diâmetro com 4 saídas de água, uma para cada sulco, em cada tratamento experimental, espaçadas a 0,5 m. No início da área foram instalados 4 “cavaletes” com 2 registros para controle das lâminas de água do

poço e esgoto tratado aplicadas nas unidades de cada bloco. A vazão do sistema foi de $1,53 \text{ L h}^{-1}$, a uma pressão de serviço de 300 kPa. Cada sistema de irrigação era constituído por uma bomba centrífuga, tubulação de PVC e uma válvula de descarga para cada tratamento. O esgoto tratado e a água eram bombeados da última lagoa de maturação da estação de tratamento e do poço, respectivamente.

As irrigações foram feitas em intervalos de 2 a 3 dias, logo após a leitura da evaporação do Tanque Classe A (75% ECA), instalado na área experimental, caso houvesse necessidade no período chuvoso. Já no período de estiagem, a irrigação com base na leitura de Tanque Classe A era realizada normalmente. Contudo, quando as lâminas de esgoto tratado não eram suficientes para suprir as necessidades hídricas da cultura, foram instalados, utilizando acessórios, registros para a ligação entre as linhas de derivação do esgoto tratado e da água de poço, para que houvesse complemento de água para cultura no período seco.

2.5. Plantio e tratos culturais

O plantio das mudas foi realizado no mês de fevereiro de 2008, após a instalação do sistema de irrigação e da adubação. Utilizaram-se mudas do capim Tifton 85 (*Cynodon* spp.), fornecidas pelo Departamento de Zootecnia. As mudas foram plantadas no espaçamento de 0,50 m entre sulcos.

O controle de ervas daninhas foi realizado manualmente, durante o ciclo da cultura.

2.6. Produção das amostras

Após 65 dias do plantio, foi efetuado, manualmente, o corte de uniformização do capim, numa altura aproximada de 0,10 m do solo, antes da coleta definitiva das amostras, que ocorreu do mês de março/2008 a

agosto/2008, após a aplicação dos tratamentos. Na época do corte do capim Tifton 85, o sistema era paralisado por um período de 3 a 4 dias; foram realizadas quatro coletas de amostras do capim, quando o mesmo atingia uma altura aproximada de 0,45 m do solo; duas no período chuvoso, ambos aos 30 dias; e duas no período de seco, ambos aos 30 dias do ciclo da cultura.

Depois de realizado o corte para determinação microbiológica, o capim foi cortado manualmente em toda a área experimental a uma altura de 10 cm, para sua uniformização, e em seguida, realizou-se a adubação mineral, apenas no tratamento referente às lâminas da água do poço. Com relação às lâminas de esgoto tratado, não foi realizada nenhuma adubação mineral após cada corte.

2.7. Análises realizadas na água de poço e no esgoto tratado

As análises foram realizadas periodicamente, no Laboratório de Saneamento da Universidade Federal do Ceará (UFC), durante o desenvolvimento da pesquisa. As análises realizadas, na água de poço e no esgoto tratado, seguiram a metodologia aplicada pelo *Standard Methods* (APHA, 1995).

Os parâmetros físico-químicos e microbiológicos determinados foram os seguintes:

- pH – determinado a partir de um pHmetro da marca Analion, modelo PM602.
- Condutividade elétrica – determinada pelo condutivímetro da marca Analion, modelo C702.
- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) - determinada pela diferença entre o oxigênio dissolvido (OD) inicial e o oxigênio dissolvido (OD) final da amostra incubada durante cinco dias a 25°C, usando o método dos tubos padrões.
- Demanda Química de Oxigênio (DQO) – determinada pelo método colorímetro com dicomatro de potássio, usando o espectrofotômetro.

- Amônia – determinada pelo método de destilação, titulada com ácido sulfúrico (H₂SO₄).
- Alcalinidade – determinada pelo método potenciométrico.
- Cloretos – determinada pelo método de Mohr.
- Sódio – determinado pelo método da espectrometria.
- Cálcio e Magnésio – determinado usando titulação com EDTA.
- Fósforo total – determinado pelo método colorímetro do ácido ascórbico, usando o espectrofotômetro.
- *E. coli* – determinada pelo método Cromogênico Colilert.
- Ovos de helmintos – determinados pelo método Bailanger Modificado.

2.8. Análises microbiológicas do capim Tifton 85

Nas análises buscou-se determinar a presença de microrganismos patogênicos, especialmente coliformes fecais e salmonella.

Foram coletadas amostras em todos os tratamentos, utilizando uma tesoura de poda lavada com hipoclorito de sódio a 10%, a cada amostra coletada. As amostras foram armazenadas em sacos plásticos devidamente identificados, para em seguida serem levados ao Laboratório de Microbiologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará. Antes da coletas das respectivas amostras para análise microbiológica, foi interrompindo a irrigação por dois dias, para que não houvesse nenhum contado, do operário, com a água residuária utilizada no experimento.

A metodologia aplicada no desenvolvimento das análises microbiológicas do capim Tifton 85 foi a da *AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION* (APHA, 2001).

a. Determinação da presença de coliformes fecais

Nas análises microbiológicas de coliformes fecais foi utilizada a técnica de tubos múltiplos, conforme o *Standard Methods*.

Para determinação dos coliformes fecais, inicialmente preparam-se três diluições de amostras do capim Tifton 85. Para a primeira diluição, 10^{-1} , utilizaram-se amostras de 25 g de capim homogeneizado por dois minutos em liquidificador, contendo 225 mL de água peptonada estéril. A partir desta diluição foram preparadas diluições de até 10^{-3} .

Através de uma pipeta de 10 mL, inocularam-se três tubos de Caldo Lauril Sulfato Triptose (LST) por diluição, adicionando-se 1,0 mL da diluição por tubo com 10 mL de LST. Os tubos com produção de gás foram transferidos para tubos de caldo *E. coli* (EC). Incubou-se em banho-maria a 45°C, por 24 horas e, observou-se o crescimento com produção do gás. Confirmada a presença de coliformes fecais, determinou-se o Número Mais Provável (NMP)/g em uma tabela de NMP adequada às diluições inoculadas (SILVA et al., 1997).

b. Determinação da presença de Salmonella

Antes da determinação da presença de Salmonella, foi feita uma homogeneização das amostras e seu pré-enriquecimento. Para o pré-enriquecimento em caldo lactosado, recomendado pela APHA, objetiva-se a recuperação de células injuriadas (células danificadas ou estressadas por condições adversas), conseguida incubando-se a amostra em condições não seletivas, por pelos menos 18 horas a 35°C. Após a incubação, procede-se ao enriquecimento em caldo seletivo, que objetiva inibir a multiplicação da microbiota acompanhante e promover a elevação do número de células de *Salmonella* sp., incubando-se a amostra pré-enriquecida em caldo seletivo por 18 a 24 horas. É recomendada a utilização de dois diferentes meios de enriquecimento, porque a resistência da Salmonella aos agentes seletivos possui variação. Os meios comumente utilizados são os caldos tetrato e o seletivo cistina. Então, é feito o plaqueamento seletivo diferencial, que objetiva promover o desenvolvimento seletivo preferencial de colônias de Salmonella. Recomenda-se que o plaqueamento diferencial seja feito em mais de um tipo de meio de cultura. A APHA recomenda o Ágar Bismuto Sulfito (BS), o Ágar Entérico de Hectoen (HE) e o Ágar Xilosa Lisina Desoxicolato (XLD). A etapa de confirmação objetiva verificar se as colônias típicas obtidas nas placas são mesmo colônias de Salmonella, por meio de provas bioquímicas e sorológicas.

Inicialmente, as colônias são submetidas aos testes de descarboxilação da lisina, fermentação da lactose e/ou sacarose e produção de H₂S, no Ágar Lisina Ferro e Ágar Tríplice Açúcar Ferro, que permite eliminar das etapas subseqüentes, boa parte das colônias de não Salmonella. Culturas características nesses meios devem ser submetidas ao teste sorológico somático polivalente, podendo ser eliminadas das etapas subseqüentes todas aquelas com resultado negativo. Culturas com teste positivo ou duvidoso devem ser submetidas a uma bateria de testes bioquímicos adicionais, para confirmação definitiva da identidade (SILVA et al., 1997).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Características da água do poço e do efluente da ETE

Observando-se os resultados das análises dos principais parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água e do efluente da última lagoa de estabilização de Aquiraz (**Tabela 08**), utilizados na cultura do capim Tifton 85, pode-se avaliar a qualidade da água e do esgoto tratado para que sejam mantidas as qualidades do solo para uma contínua produtividade e para minimizar efeitos negativos sobre o meio ambiente, além de analisar também os aspectos microbiológicos importantes para determinar-se a possível utilização do capim Tifton 85 como base de alimento para os animais.

Tabela 08. Valores médios dos principais atributos físico-químicos e microbiológicos da água e do efluente da última lagoa de estabilização, Aquiraz, CE, 2007 – 2008

Parâmetros	Unidades	Água do Poço	Esgoto Tratado
pH	-	6,13	7,37
CE _a	dS cm ⁻¹	0,208	0,749
N-amoniacal	mg L ⁻¹	0,25	8,24
Nitrato	mg L ⁻¹	0,13	0,14
N-total	mg L ⁻¹	-	-
P – total	mg L ⁻¹	-	-
K ⁺	mg L ⁻¹	11,30	28,30
Na ⁺	mg L ⁻¹	18,38	42,53
Ca ²⁺	mg L ⁻¹	16,03	50,10
Mg ²⁺	mg L ⁻¹	20,66	27,96
RAS	(mmol _c L ⁻¹) ^{0,5}	1,34	1,71
DBO ₅ dias	mgO ₂ L ⁻¹	16,00	39,34
DQO	mgO ₂ L ⁻¹	63,48	97,68
Alcalinidade	mgCaCO ₃ L ⁻¹	28,70	195,54
Cloretos	mgCl ⁻ L ⁻¹	48,80	155,06
<i>E. coli</i>	NMP (100mL) ⁻¹	93,85	108,20
Ovos de helmintos	(ovos L ⁻¹)	-	-

Os valores médios de pH, CE_a e RAS do esgoto tratado e da água do poço observados, ao longo do experimento, estão expostos na **Tabela 08**. De acordo com as diretrizes apresentadas por Ayers e Westcot (1991), tanto a água de poço, quanto a água de esgoto tratado, ambas não apresentaram nenhum grau de restrição para o uso em irrigação, quando considerados os valores de CE_a e RAS e o teor de Na⁺. Benevides (2007) e Santos (2004) encontraram valores médios semelhantes de pH e CE_a, na irrigação do capim Tanzânia e capim Tifton 85, respectivamente.

Considerando o possível problema de salinização do solo, o efluente de esgoto apresentou grau de restrição “baixo a moderado” em todo o período de irrigação. Para capins bermuda (Tifton 85), a salinidade da água e do efluente não ofereceram riscos à produtividade, uma vez que, para o

rendimento máximo (100%) a condutividade elétrica da água não deveria ultrapassar $4,6 \text{ dS m}^{-1}$ (Ayers; Westcot, 1991). Neste sentido, a maioria dos capins bermuda é tolerante à salinidade (MAAS, 1985).

No que se refere aos riscos de sodificação com alteração da estrutura do solo e conseqüente redução da infiltração de água, tanto a água como o efluente apresentaram grau de restrição “ligeiro a moderado” para uso em irrigação (Ayers; Westcot, 1991). Considerando somente os valores de RAS valores obtidos para efluente e água foram de 1,34 e 1,71 ($\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}$)^{0,5}, respectivamente.

As diferenças mais notáveis entre o esgoto tratado e a água do poço foram observadas nos teores de N, K, Na e Ca. O esgoto tratado apresentou teores de N-amoniacoal, potássio, sódio e cálcio, bastante superiores aos de água do poço, com diferenças da ordem de 30%, 40%,30% e 30%, respectivamente. Já os teores de nitrato e magnésio, tanto do efluente como da água do poço, não apresentaram grandes oscilações.

Os valores médios encontrados de DBO na água e no esgoto tratado foram, 16,00 e 39,34 $\text{mg O}_2 \text{ L}^{-1}$, respectivamente. Valores menores que os encontrados por Benevides (2007), em capim Tanzânia. E de acordo com USEPA (1992), o valor médio encontrado para a água encontra-se de acordo com os padrões aceitáveis; já para o esgoto tratado, os níveis encontrados estão acima do valor aceitável de 30 $\text{mg O}_2 \text{ L}^{-1}$ para irrigação, padrão este considerado bastante rígido. Logo, para determinados cultivos de culturas e utilização, esses padrões podem ser desconsiderados, já que trabalhos com valores semelhantes encontrados para DBO no esgoto tratado mostraram que os riscos a saúde dos operários no manejo da irrigação e os riscos na alimentação dos animais com forrageiras irrigadas com esgoto tratado são desprezíveis.

Levando em consideração os valores recomendados pela USEPA (1992) e WHO (1989) para os níveis de DQO para água e esgoto tratado utilizados na irrigação, nas análises para determinação da DQO foram encontrados níveis relativamente baixos, 63,48 e 97,68 $\text{mg O}_2 \text{ L}^{-1}$, para água e esgoto tratado utilizados na irrigação do capim Tifton 85, respectivamente.

De acordo com a USEPA (1992), concentrações de até 99 mg Cl L^{-1} de cloretos na água de irrigação não acarretam nenhum efeito negativo à

cultura. Acima deste valor, podem causar alguns problemas como diminuição da taxa de crescimento e, em concentrações ainda maiores, queimaduras nas folhas.

Quanto aos valores encontrados para cloretos, durante as análises, apenas o valor da água (48,80 mg Cl L⁻¹) está dentro dos padrões da USEPA (1992), enquanto o valor do esgoto tratado (155,06 mg Cl L⁻¹).

De acordo com WHO (2006), os valores encontrados para *E. coli* e ovos de helmintos nas análises de água e esgoto tratado, estão dentro dos padrões aceitáveis para irrigação de culturas forrageiras. De acordo com a literatura, não existem restrições de concentração para coliformes fecais e, para os valores de ovos de helmintos, devem ser menor ou igual a um, ou seja, os valores encontrados nas análises encontram-se dentro das margens aceitáveis para irrigação de forrageiras. Logo, a cultura não apresenta riscos sanitários para manejo e consumo de animais.

3.2. Análise microbiológica do capim Tifton 85

As análises microbiológicas foram realizadas para determinação da quantidade de coliformes fecais e, para determinar a presença de *Salmonella* no capim Tifton 85. As **Tabelas 09 e 10** mostram os resultados obtidos nas análises dos quatro grupos de amostras coletadas ao longo do período das análises.

Tabela 09. Resultados microbiológicos do capim Tifton 85 coletados no período chuvoso, Aquiraz, Ceará, 2008.

Tratamentos Coletados	Coliformes a 45°C (NMP/g)	Pesquisa de <i>Salmonella</i> sp/25g
Água+Adubação (1º coleta)	4,55	Ausência
150 kg Na há ⁻¹ ano ⁻¹ (1º coleta)	< 3,00	Ausência
300 kg Na há ⁻¹ ano ⁻¹ (1º coleta)	> 3,00	Ausência
600 kg Na há ⁻¹ ano ⁻¹ (1º coleta)	< 3,00	Ausência
1200 kg Na há ⁻¹ ano ⁻¹ (1º coleta)	< 3,00	Ausência
Água+Adubação (2º coleta)	< 3,00	Ausência
150 kg Na há ⁻¹ ano ⁻¹ (2º coleta)	< 3,00	Ausência
300 kg Na há ⁻¹ ano ⁻¹ (2º coleta)	3,15	Ausência
600 kg Na há ⁻¹ ano ⁻¹ (2º coleta)	< 3,00	Ausência
1200 kg Na há ⁻¹ ano ⁻¹ (2º coleta)	< 3,00	Ausência

Tabela 10. Resultados microbiológicos do capim Tifton 85 coletados no período de estiagem, Aquiraz, Ceará, 2008.

Tratamentos Coletados	Coliformes a 45°C (NMP/g)	Pesquisa de <i>Salmonella</i> sp/25g
Água+Adubação (3º coleta)	< 3,00	Ausência
150 kg Na há ⁻¹ ano ⁻¹ (3º coleta)	< 3,00	Ausência
300 kg Na há ⁻¹ ano ⁻¹ (3º coleta)	< 3,00	Ausência
600 kg Na há ⁻¹ ano ⁻¹ (3º coleta)	< 3,00	Ausência
1200 kg Na há ⁻¹ ano ⁻¹ (3º coleta)	< 3,00	Ausência
Água+Adubação (4º coleta)	< 3,00	Ausência
150 kg Na há ⁻¹ ano ⁻¹ (4º coleta)	< 3,00	Ausência
300 kg Na há ⁻¹ ano ⁻¹ (4º coleta)	< 3,00	Ausência
600 kg Na há ⁻¹ ano ⁻¹ (4º coleta)	< 3,00	Ausência
1200 kg Na há ⁻¹ ano ⁻¹ (4º coleta)	< 3,00	Ausência

Nas amostras analisadas para determinar a presença de *Salmonella* nas duas primeiras coletas realizadas, ambas com 30 dias, não foi detectada presença da bactéria *Salmonella*. Nas amostras das últimas coletas, realizadas

com 30 dias, também não foi detectada a presença da bactéria *Salmonella*. Logo, pode-se concluir que após dois dias de interrupção da irrigação com esgoto tratado, o capim Tifton 85 não apresentou riscos de contaminação em relação à *Salmonella*. A ausência de *Salmonella* ocorreu devido aos fatores característicos da região nordeste, como a forte ação de desinfecção que possui o sol, conseqüente da incidência solar que ocorre durante boa parte do ano. Em regiões de clima mais ameno, a resistência da presença da bactéria *Salmonella* pode ser mais acentuada.

Observou-se também, que independente da época do ano, os valores de coliformes fecais e *Salmonella* no esgoto tratado estiveram sempre de acordo com os padrões recomendados pela WHO (1989) para irrigação irrestrita de vegetais a serem consumidos crus.

Os resultados obtidos nas análises para determinação da quantidade de coliformes fecais foram também bastantes satisfatórios, tendo sido encontrados níveis baixos desde a primeira coleta. A **Figura 02** mostra que todos os tratamentos, exceto o T1 (água+adubação) que apresentou valor acima de 4 NMP/g de coliformes fecais na 1ª coleta, não atingiram uma quantidade acima de 3 NMP/g de coliformes fecais. Observa-se que após 2 dias de interrupção da irrigação, as quantidades de coliformes fecais encontradas nas amostras foram mínimas.

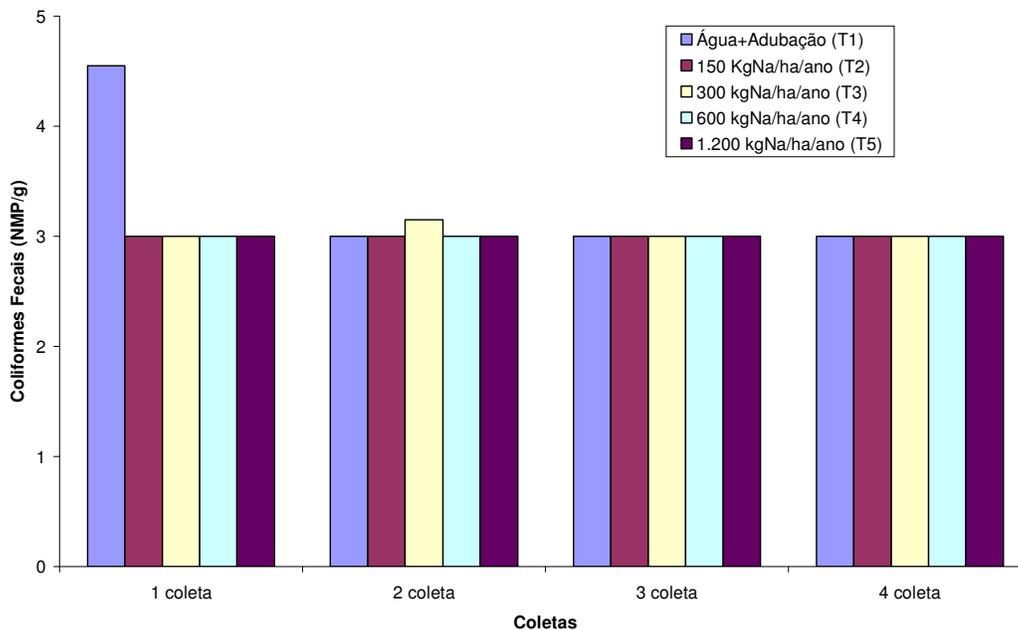


Figura 02. Quantidade de coliformes fecais no capim Tifton 85.

As quantidades de coliformes fecais e *Salmonella* encontradas nas análises desenvolvidas durante a pesquisa estão dentro dos níveis aceitáveis para maior segurança dos operários no manejo da cultura do capim Tifton 85 e para sua utilização na alimentação de animais, de acordo com as diretrizes microbiológicas recomendadas pela WHO (2006). Sandri (2003) afirma que os riscos à saúde, associados ao uso de águas residuárias são mínimos e que, muitas vezes, determinados padrões de restrições relativos a bactérias são muito limitados.

Quando se faz o tratamento do efluente utilizado para a irrigação, há redução considerável da contaminação de produtos irrigados, sendo assim, o capim Tifton 85 irrigado com o efluente da lagoa de estabilização apresentou contaminação inferior aos padrões da ANVISA (1997), sendo adequado ao consumo.

4. CONCLUSÕES

Tanto a água quanto o efluente de esgoto tratado da lagoa de estabilização apresentaram grau de restrição baixo a moderado para uso da irrigação, não apresentando riscos de alterações estruturais do solo, mostrando, assim, que a qualidade do efluente tratado estava dentro dos padrões aceitáveis para irrigação de forrageiras, não influenciando de maneira danosa no seu desenvolvimento.

Com base nas análises microbiológicas realizadas no efluente e na água, concluiu-se que são insignificantes os riscos de contaminação, por organismos patogênicos, dos operários, no manejo do capim Tifton 85. Logo, os riscos de manejo por parte do agricultor são desprezíveis, independente da época do ano; para alimentação de animais, o capim também se encontrou dentro dos níveis aceitáveis.

CÁPITULO 3

Avaliação químico-bramatológica e produtiva do capim Tifton-85 fertilizado com águas residuárias de esgoto doméstico tratado

RESUMO

A pesquisa teve como objetivo avaliar o valor nutritivo, teor de nutrientes, a produtividade e a produção de matéria seca do capim *Cynodon* spp. cv. Tifton 85, fertilizado com águas residuárias de esgoto doméstico tratado no município de Aquiraz, CE. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com cinco tratamentos (T1, água do poço 75% ECA + adubação; T2, água de esgoto, 150 kg Na ha⁻¹ ano⁻¹; T3, água de esgoto, 300 kg Na ha⁻¹ ano⁻¹; T4, água de esgoto, 600 kg Na ha⁻¹ ano⁻¹; T5, água de esgoto, 1200 kg Na ha⁻¹ ano⁻¹) e quatro repetições. Foram realizadas quatro coletas de amostras do capim, quando o mesmo atingia uma altura aproximada de 0,45 m do solo. As análises químico-bramatológicas do nitrogênio (N) e proteína bruta (PB) seguiram a metodologia descrita pela Association of Official Analytical Chemists – AOAC (1990) e os teores nutritivos cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), fósforo (P) e sódio (Na) foram obtidos por intermédio do método de Miyazawa et al. (1984). Os dados 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, utilizando-se o programa computacional “SAEG 9.1” (UFV, 2001). Os resultados encontrados nas análises químico-bramatológicas para os parâmetros nitrogênio (N), proteína bruta (PB) e fósforo (P) apresentaram, para o capim Tifton 85, níveis de concentração satisfatórios quando aplicadas às lâminas 265, 530 e 1061 mm ano⁻¹. Conclui-se que o efluente de esgoto doméstico tratado pode ser utilizado na fertilização de culturas, sem a necessidade de adubação suplementar, nos dois primeiros cortes da forrageira.

Palavras-chave: *Cynodon* sp. , produtividade, minerais, reúso.

**Productive evaluation chemistry-bramatology and of grass Tifton-85
ferrirrigate with residuary waters of treated domestic sewer**

ABSTRACT

The research had as objective to avalition the nutritional value, text of nutrients, the productivity and the production of dry substance of grass *Cynodon* spp. cv. Tifton 85, ferrirrigate with residuary waters of domestic sewer treated city to in Aquiraz, CE. The experimental delineation block-type was change, with five treatments (T1, water of well 75% ECA + fertilization; T2, water of sewer, 150 kg Na ha⁻¹ year⁻¹; T3, water of sewer, 300 kg Na ha⁻¹ year⁻¹; T4, water of sewer, 600 kg Na ha⁻¹ year⁻¹; T5, water of sewer, 1200 kg Na ha⁻¹ year⁻¹) and four repetitions. Four collections of samples of grass had been carried through, when the same m of the ground reached an approach height of 0,45. The analyses chemistry-bramatology of the nitrogen (N) and rude protein (PB) had followed the described methodology for the Association of Official Analytical Chemists - the nutritional AOAC (1990) and texts calcium (Ca), magnesium (Mg), potassium (K), match (P) and sodium (Na) had been gotten by intermediary of the method of Miyazawa et al. (1984). The data had been submitted to the analysis of variance for test F 5%. When verified significant effect in the variance analysis, the averages gotten in the different treatments had been compared by the test of Tukey in level of 5% of probability, using themselves computational program "SAEG 9,1" (UFV, 2001). The results found in the analyses chemistry-bramatology for the parameters nitrogen (n), rude protein (PB) and match (p) had presented, for grass Tifton 85, satisfactory levels of concentration when applied blades 265, 530 and 1061 mm year⁻¹. One concludes that the effluent one of treated domestic sewer can be used in the ferrirrigate of cultures, without the necessity of suplemental fertilization, in the two first cuts of the fodder.

Keywords: *Cynodon* sp., productivity, minerals, reuse.

1. INTRODUÇÃO

Diante da necessidade de fontes alternativas para o aumento de oferta hídrica, uma das soluções apontadas é o reúso de água, importante instrumento de gestão dos recursos hídricos em regiões áridas e semi-áridas, que apresentam baixo índice de pluviométrico, limitando assim, a produção agrícola em cerca de 88% em área (Athayde Júnior; Leite, 2008). A utilização de esgoto tratado exige tecnologias de tratamento que proporcionem efluentes de qualidade sanitária segura, sem representar riscos de transmissão de doenças (FIGUEIREDO et al., 2005).

A utilização de efluentes na irrigação de culturas agrícolas e jardins urbanos é de fato um propósito mais razoável e mais praticável de reúso. E, somente recentemente, no Brasil, o uso de efluentes de lagoas de estabilização, principalmente, na agricultura vem sendo considerado.

Sua prática associa-se a proteção ambiental e produção de alimentos, devido suas características desejáveis, agronomicamente, no que se refere ao seu potencial fertilizante, pois são ricas em nitrogênio e fósforo, principalmente. Além dos macro e micronutrientes como: enxofre e cálcio, estes, muitas vezes não disponíveis nos fertilizantes sintéticos (Azevedo et al., 2008), onde os mesmos, em excesso, associados em grande volume de água causam impactos ambientais negativos (SOUSA et al, 2001).

Entre as soluções propostas para tratamento de águas residuárias ricas em material orgânico, destaca-se sua disposição direta sobre o solo, em sistemas de tratamento por escoamento superficial, sendo uma alternativa viável, de baixo custo de implantação e possibilita o aproveitamento de nutrientes contidos nesses efluentes; podendo ser especialmente adequado ao denominado *Saneamento rural* de baixo custo, embora possa ser estendido, também, às comunidades de maior porte (Matos et al., 2003). Além disso, a disposição dos esgotos no solo obedece à linha básica preconizada para a irrigação agrícola quanto à distribuição uniforme dos efluentes na superfície do solo, a fim de evitar variação na sua estrutura devido a ações físicas e químicas (FONSECA, 2005).

Segundo Gomes Filho et al. (2001), deve-se considerar também, que efluentes de águas residuárias em geral apresentam nutrientes em quantidades suficientes para serem aproveitadas na fertirrigação de culturas agrícolas, levando ao aumento da produção e produtividade, sendo que aproximadamente dois terços do nitrogênio, um terço do fósforo e quase 100% do potássio, encontram-se na água residuária na forma mineral, ou seja, assimilável pelas culturas.

A aplicação de efluentes de ETE (Estação de Tratamento de Esgoto) na irrigação, adequadamente administrada, tem tido sucesso, devido ao elevado acúmulo de nutrientes, abastecimento de água, longa estação de crescimento e a capacidade de recobrimento do solo, além de aumentar significativamente a produtividade agrícola.

Santos (2004) afirma que a sustentabilidade do uso de efluente de esgoto tratado em agrossistemas depende do manejo adequado da irrigação, monitoramento das características do solo, da solução do solo e da cultura. Além disso, o acúmulo de Na no solo é um dos principais entraves para uso do efluente na irrigação, mesmo em regiões de clima tropical onde há a remoção deste elemento devido às altas precipitações. No entanto, o acúmulo pode ser controlado por meio de práticas agrícolas preconizadas em diversos estudos técnico-científicos.

Benevides (2007) afirma que para evitar efeitos indesejáveis, é necessário efetuar a irrigação com esgotos de origem doméstica, um adequado sistema de drenagem, visando minimizar o processo de salinização de solos irrigados com esgoto tratado.

O Brasil apresenta condições favoráveis para a produção de gramíneas forrageiras de elevado potencial produtivo e, dentre, elas vêm se destacando as gramíneas do gênero *Cynodon* sp., originárias da África e Ásia (TONATO; PEDREIRA, 2008).

Nos últimos anos, estão sendo frequentemente recomendadas como forrageiras para alimentação animal em todo o mundo, devido seu alto valor nutritivo e grande palatabilidade. Além disso, o uso da irrigação proporciona elevadas produções de matéria seca.

O cultivo de forrageiras em rampas de tratamento de águas residuárias por escoamento superficial apresentou um bom desempenho,

destacando o capim Tifton-85, com produtividade acumulada de matéria seca de 17,77 t ha⁻¹ (QUEIROZ et al., 2001).

Segundo Metcalf; Eddy (1991), as plantas forrageiras apresentam as características ideais para a irrigação com águas residuárias, sendo até recomendadas para essa prática o uso de efluentes primários na sua irrigação.

A avaliação da composição químico-bramatológica da forrageira fertirrigada com esgoto doméstico é fundamental para o controle da eficiência do tratamento, pela remoção de macro e micro nutrientes pela cultura e seu uso na alimentação de animais (Fonseca et al., 2001). Assim sendo, é necessário minimizar o impacto causado pelo fósforo e nitrogênio dos efluentes através dos métodos de tratamento ou até mesmo o reúso de efluente na irrigação de forrageiras.

O uso da irrigação e de insumos empregados, principalmente o nitrogênio, em forrageiras elimina e reduz, drasticamente, os efeitos de produção estacional de forragem, já que em condições naturais e normais de precipitação pluviométrica, sua produção se resume a um período máximo de quatro meses durante todo o ano (RODRIGUES et al., 2005).

O gênero *Cynodon* sp. apresenta uma alta resposta a fertilizações e alto valor alimentício em função de elevados níveis nutricionais e uma boa digestibilidade (55 a 60%) em relação às outras plantas forrageiras, sendo estes os principais componentes que determinam o valor nutritivo de um alimento. Contudo, o Tifton 85, promissor do gênero resultante de melhoramentos genéticos, tem uma alta exigência em fertilidade do solo, não sendo recomendado em solos ácidos e pobres em nutrientes (TONATO; PEDREIRA, 2008).

Silva et al. (1996) ressaltam que o valor nutritivo de uma pastagem depende basicamente da composição química, da quantidade de nutrientes ingerida pelo animal e de sua digestibilidade. Silva; Queiroz (2002) afirmam que o consumo de matéria seca é fundamental para formulação de dietas, para que, assim, possa atender as exigências nutricionais dos animais, além de predizer o ganho de peso diário do animal e estimar a lucratividade da exploração.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o valor nutritivo, teor de nutrientes, a produtividade e a produção de matéria seca do capim

Cynodon spp. cv. Tifton 85, fertirrigado com águas residuárias de esgoto doméstico tratado no município de Aquiraz, CE.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido no Centro de Pesquisa sobre Tratamento e Reúso de Águas Residuárias, pertencente à Companhia de Águas e Esgotos do Ceará - CAGECE, localizado na cidade de Aquiraz, Região Metropolitana de Fortaleza, a uma altitude de 14,2 m, com coordenadas 3° 54' 05" S e 38 ° 23' 28" W e com limites ao Norte (Oceano Atlântico, Fortaleza e Eusébio); Sul (Horizonte, Cascavel e Pindoretama); Leste (Oceano Atlântico); Oeste (Eusébio, Itaitinga e Horizonte), com uma área total de aproximadamente 400 m² e 24,7 Km de distância de Fortaleza, Ceará. A população do município de Aquiraz era de 60.469 habitantes (IBGE, 2002).

2.1.1. Clima

O clima é razoavelmente homogêneo, sendo as pequenas oscilações relacionadas ao regime pluviométrico, considerado bastante variável.

Na região, ocorrem anos de chuvas excessivas e anos de precipitação escassos, com período de estiagem prolongada. A distribuição de chuvas durante o ano é muito irregular, onde cerca de 90% das precipitações ocorre no primeiro semestre, sendo o período de março a maio o mais chuvoso (Araújo, 1999). A medição das chuvas foi realizada diariamente, utilizando um pluviômetro (**Figura 03**).

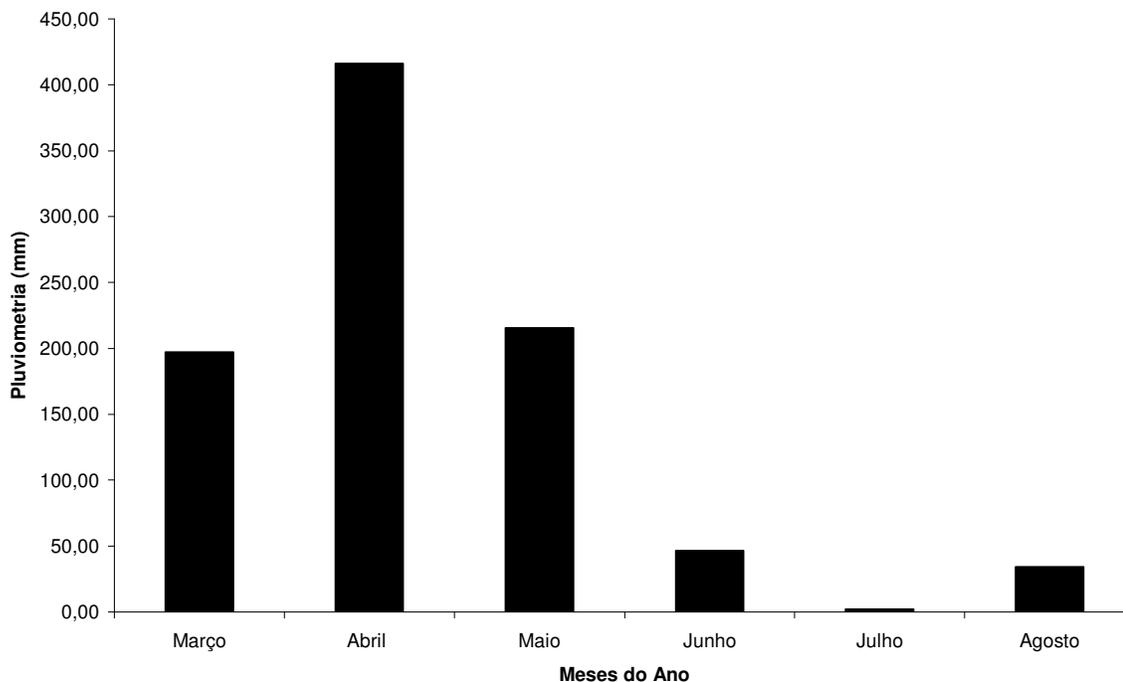


Figura 03. Médias mensais da precipitação pluvial, registrada durante a condução do experimento no período de março/2008 a agosto/2008 na Estação de Tratamento de Esgoto. Aquiraz – CE, 2008.

A temperatura média anual variou de 26° a 28°C, com máximas em torno de 36°C.

2.1.2. Solo

O solo da área está classificado como Argissolo, textura franca arenosa média, fase caatinga hiperxerófila relevo plano (EMBRAPA, 1999). Esse tipo de solo apresenta bom desempenho agrícola, com limitações decorrentes da fertilidade natural e da textura arenosa em superfície.

Nas **Tabelas 11 e 12**, são apresentados dados físicos e químicos do solo.

Tabela 11. Atributos físicos do solo da área experimental, Aquiraz, CE, 2008.

Prof. (m)	Composição Granulométrica (%)				Classificação Textural
	Areia Grossa	Areia Fina	Argila	Silte	
0 – 0,22	46,9	40,0	4,9	8,2	Areia Franca
0,22 – 0,65	34,5	48,2	6,3	10,9	Areia Franca

Tabela 12. Atributos químicos do solo da área experimental, Aquiraz, CE, 2008.

Fósforo (mg.dm ³)	Potássio (mg.dm ³)	Ca + Mg (cmol _c .dm ³)	Ca ((cmol _c .dm ³)
40	50	3,8	2,0
Mg (cmol _c .dm ³)	Al (cmol _c .dm ³)	Sódio (mg.dm ³)	pH
1,8	0,05	22	5,5

2.1.3. Características da Estação de Tratamento de Esgoto

O sistema de esgotamento sanitário da cidade de Aquiraz foi projetado para atender uma população final de 37.978 habitantes, com uma vazão final de 103,48 L s⁻¹.

A estação de tratamento de esgoto é composta de um tratamento preliminar, que é formado por Calha Parshall, gradeamento e caixa de areia; faz parte também da estação, um tratamento secundário com dois módulos de lagoas de estabilização em série. Cada módulo é constituído por uma lagoa anaeróbia, uma facultativa e duas de maturação, sendo o efluente final lançado no rio Pacoti (**Figura 04**).



Figura 04. Lagoas de estabilização da ETE de Aquiraz, Ceará, 2008.

2.2. Delineamento experimental

O delineamento experimental foi blocos ao acaso, com 5 tratamentos e 4 repetições, constituído de 4 lâminas de irrigação de esgoto tratado, determinadas com base na concentração de sódio de $4,42 \text{ mmol L}^{-1}$ e uma lâmina de irrigação com água de poço (testemunha). Os tratamentos aplicados foram:

- Tratamento 1 (T1) – lâmina de irrigação com água de poço correspondente a 75% de evaporação do tanque classe A;
- Tratamento 2 (T2) – lâmina de irrigação com esgoto tratado de 132 mm ano^{-1} , que corresponde a aplicação de $150 \text{ kg de Na ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$;
- Tratamento 3 (T3) – lâmina de irrigação com esgoto tratado de 265 mm ano^{-1} , que corresponde a aplicação de $300 \text{ kg de Na ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$;

- Tratamento 4 (T4) – lâmina de irrigação com esgoto tratado de 530 mm ano⁻¹, que corresponde a aplicação de 600 kg de Na ha⁻¹ ano⁻¹;
- Tratamento 5 (T5) – lâmina de irrigação com esgoto tratado de 1061 mm ano⁻¹, que corresponde a aplicação de 1200 kg de Na ha⁻¹ ano⁻¹;

A área total do experimento foi de 402,6 m², onde foram distribuídas as 20 unidades experimentais com área de 7 m² (3,5 m de comprimento por 2,0 m de largura). Foram abertos, em cada parcela, quatro sulcos fechados espaçados de 0,5 m. Para evitar o fluxo horizontal e vertical de água entre as parcelas, foram instaladas mantas plásticas (polietileno), desde a superfície do solo até 1 metro de profundidade (**Figura 05**).



Figura 05. Instalação da manta preta de polietileno nas unidades de cada tratamento.

Na **Figura 06** mostra-se o esquema de instalação e distribuição dos tratamentos no campo da área experimental após uma semana do plantio, respectivamente.

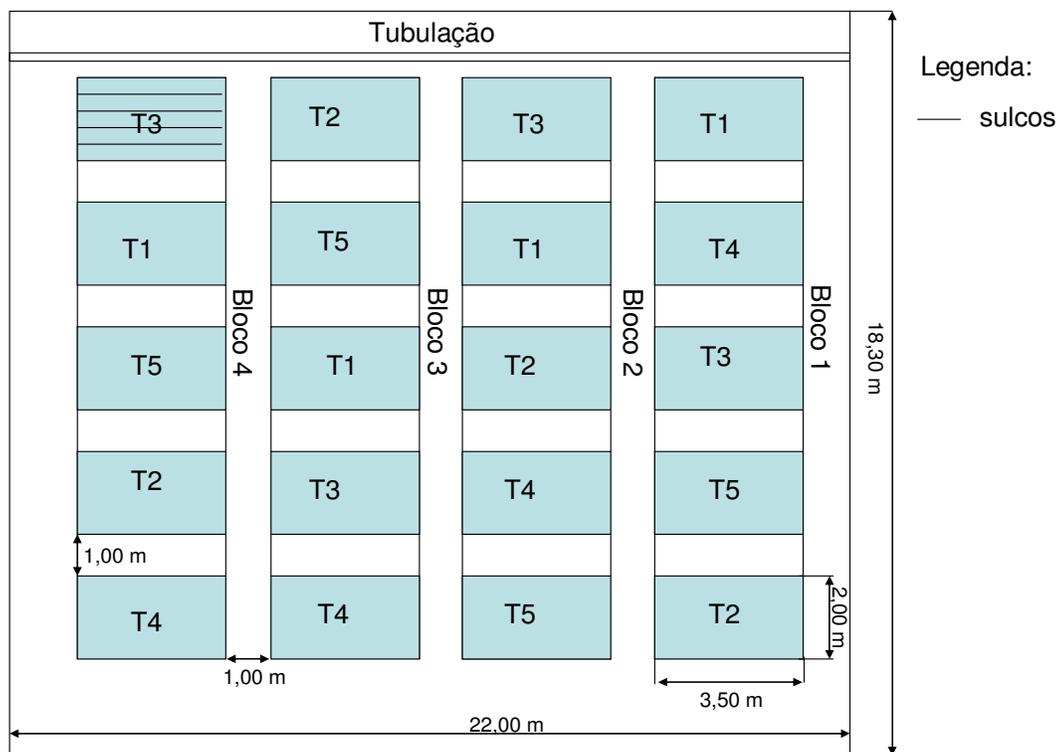


Figura 06. Distribuição dos tratamentos no campo experimental, Aquiraz - CE.

2.3. Adubação utilizada

De posse dos resultados da análise química do solo, realizou-se a recomendação de adubação para forrageiras. Antes do plantio foi realizada calagem ($1,5 \text{ kg m}^{-2}$), conforme os resultados da análise do solo, para correção do pH, e adubação orgânica (21 kg m^{-2}); a recomendação de adubação com os macronutrientes fósforo e potássio foi definida de acordo com os teores médios desses elementos presentes nas profundidades amostradas; para o nitrogênio, a quantidade aplicada foi a estabelecida por UFC (1993), e os valores foram os seguintes: 14 g m^{-2} de nitrogênio, 21 g m^{-2} de fósforo e 21 g m^{-2} de potássio, nas formas de uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente.

A adubação foi realizada de modo convencional, a lanço, em cada parcela de cada tratamento. Na **Figura 07**, pode-se observar o detalhe da adubação orgânica e calagem.



Figura 07. Aplicação da adubação orgânica e calagem antes do plantio, Aquiraz – CE.

2.4. Sistema e manejo da irrigação

A aplicação da água residuária de esgoto tratado e água do poço foi feita pelo método de escoamento superficial. O terreno da área experimental apresentava uma declividade de 2% em toda a área.

O sistema de irrigação foi composto de 2 linhas de derivação de 50 mm de diâmetro que continham 5 registros, para controle das lâminas de esgoto tratado e da água do poço, ligados a uma mangueira de polietileno de 32 mm de diâmetro com 4 saídas de água, uma para cada sulco de cada

tratamento experimental, espaçadas a 0,5 m. No início da área foram instalados 4 “cavaletes” com 2 registros para controle das lâminas de água e esgoto tratadas aplicadas nas unidades de cada bloco. A vazão do sistema era de $1,53 \text{ L h}^{-1}$, a uma pressão de serviço de 300 kPa. Cada sistema de irrigação era constituído por uma bomba centrífuga, tubulação de PVC e uma válvula de descarga para cada tratamento. O esgoto tratado e a água eram bombeados da última lagoa de maturação da estação de tratamento e do poço d’água, respectivamente.

As irrigações foram feitas em intervalos de 2 a 3 dias, logo após a leitura da evaporação do tanque classe A (75% ECA), instalado na área experimental (**Figura 08**), caso houvesse necessidade no período chuvoso. Já no período de estiagem, a irrigação, com base na leitura de tanque classe A, era realizada normalmente. Quando as lâminas de esgoto tratado não eram suficientes para suprir as necessidades hídricas da cultura, com água do poço era efetuada a complementação hídrica na cultura (**Figura 09**).



Figura 08. Visualização do Tanque Classe A na área experimental, Aquiraz – CE.



Figura 09. Visualização do registro que liga a linha de derivação da água do poço com a do esgoto tratado, Aquiraz – CE.

2.5. Plantio e tratos culturais

O plantio das mudas foi realizado no mês de fevereiro de 2008, após a instalação do sistema e a adubação. Utilizaram-se mudas do capim Tifton 85 (*Cynodon* spp.), fornecidas pelo Departamento de Zootecnia. As mudas foram plantadas no espaçamento de 0,50 m entre sulcos (**Figura 10 e 11**).



Figura 10. Coleta das mudas do capim Tifton 85 no Departamento de Zootecnia, da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE.



Figura 11. Realização do plantio do capim Tifton 85 na área experimental, Aquiraz – CE.

O controle de ervas daninhas foi realizado manualmente, durante o ciclo da cultura.

2.6. Produção de forragem

Após 65 dias, foi efetuado, manualmente, o corte de uniformização do capim, numa altura aproximada de 0,10 m do solo. Antes da coleta definitiva das amostras, que ocorreram no início de março/2008 a agosto/2008. Foram realizadas quatro coletas de amostras do capim, quando o mesmo atingia uma altura aproximada de 0,45 m do solo; duas no período chuvoso, aos 30 dias; e duas no período de seco, aos 30 dias do ciclo da cultura.

Na época do corte do capim Tifton 85, a irrigação era suspensa por um período de 3 a 4 dias e o corte efetuado a 10 cm do solo. Em cada

tratamento utilizou-se uma moldura com área de 0,0625 m² para coletar as amostras de capim, na porção de maior uniformidade de precipitação dos mesmos, totalizando 80 amostras. O procedimento foi o de se coletar, em cada uma das parcelas, uma amostra da fitomassa contida na área da moldura, lançada aleatoriamente, na qual ocorria o corte da forragem a cerca de 0,35 m de altura do solo (**Figura 12**).



Figura 12. Detalhe do corte amostral de forragem na área experimental, Aquiraz, CE, 2008.

Depois de realizado o corte para determinação da massa seca, produtividade e valor nutritivo, o capim foi cortado manualmente em toda a área experimental a uma altura de 10 cm, para sua uniformização, e em seguida, realizou-se a adubação mineral, apenas no tratamento referente às lâminas da água do poço. Com relação às lâminas de esgoto tratado, não foi realizada nenhuma adubação mineral após cada corte.

2.7. Análises realizadas

As amostras coletadas foram armazenadas em sacos de papel, previamente identificados e posteriormente, pesados e encaminhados para o Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, para secagem em estufa com circulação de ar forçada a 65 °C por um período de 72 horas, e pesadas novamente. Em seguida, as amostras foram moídas e condicionadas em frascos de polietileno.

Em uma balança de precisão pesaram-se 2 g de cada amostra, as quais foram e levadas à estufa por 24 horas, para secagens definitiva, e novamente pesadas para determinação da produção de massa seca do capim, e conseqüentemente, sua produtividade.

As análises químico-bramatológicas do nitrogênio (N) e proteína bruta (PB) seguiram a metodologia descrita pela Association of Official Analytical Chemists – AOAC (1990) e os teores nutritivos cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), fósforo (P) e sódio (Na) foram obtidos por intermédio do método de Miyazawa et al. (1984).

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5%; em seguida, procedeu-se à análise de regressão múltipla de acordo com o modelo experimental. 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, utilizando-se o programa computacional para análises estatísticas “SAEG 9.1”, desenvolvido pela Fundação Arthur Bernardes da Universidade Federal de Viçosa (2001) e o programa computacional “Excel”.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Matéria seca e produtividade do capim Tifton 85

De acordo com a análise de variância, verifica-se que não ocorreu efeito significativo ($p \leq 0,05$) nas lâminas de esgoto aplicadas sobre a matéria seca e produtividade pelo teste F (**Tabela 13**). E ambos os parâmetros analisados não se ajustaram a nenhum modelo de regressão.

Tabela 13. Resumo das análises das variâncias da matéria seca e produtividade, Aquiraz – CE, 2008.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios	
		Matéria Seca	Produtividade
Tratamentos	4	0,013 ^{NS}	397,68 ^{NS}
Resíduo	15	0,010	911,34
CV (%)	-	21,81	37,35

NS – não significativo.

A concentração de matéria seca na planta é determinante para verificar-se a melhor ingestão de nutrientes. Assim, uma planta com maior quantidade de matéria seca está ligada a um maior potencial energético. O maior consumo de matéria seca contribui para um melhor ganho de peso do animal. Como isso, pode-se afirmar que qualquer lâmina de esgoto aplicada no capim Tifton 85 apresentará uma concentração de matéria seca e um índice de produtividade equivalente à água aplicada com adubação. Logo, a menor lâmina de esgoto (132 mm ano^{-1}) apresenta menor gasto em energia elétrica (bomba de irrigação), além de apresentar menor risco em relação à salinização e sodicidade do solo, e possíveis contaminações do lençol freático.

Estes resultados podem ser considerados similares aos resultados de Benevides (2007), que trabalhando com efluentes de esgoto tratado na irrigação do capim Tanzânia, na mesma região, constatou que os tratamentos irrigados com esgoto, principalmente os que foram adubados, os níveis de

matéria seca foram ligeiramente superiores aos obtidos com irrigação com água de poço. Logo, a irrigação com esgoto apresentou uma melhor produção de forragem e, conseqüentemente, proporcionou um potencial energético de capim Tanzânia. Contudo, o mesmo afirma que os tratamentos que receberam adubação não foram superiores aos outros, indicando uma qualidade de nutrientes já satisfatórios na composição do efluente utilizado na irrigação, contribuindo, assim, para um bom desenvolvimento do capim.

Também, Queiroz et al. (2001), avaliando algumas forrageiras de verão, observou que o capim Tifton-85 apresentou melhor desempenho agrônômico utilizando rampas de tratamento de águas residuárias por escoamento superficial.

Já Santos (2004) observou que a produção de massa seca do capim Tifton 85 foi reduzida no período de inverno, independentemente dos tratamentos, devido à estacionalidade da produção observada para forrageiras. No entanto, conclusões sobre a eficiência da irrigação com efluentes dependem não somente de estudos relacionados à produção de matéria seca, mas também de estudos sobre a nutrição mineral do capim.

Fonseca et al. (2001) afirmaram que, o teor de matéria seca é menor nas forrageiras irrigadas com esgoto, devido o crescimento luxuriante da vegetação fertirrigada com esgoto, ou seja, o capim coastcross irrigado com esgoto, para todos os quatro cortes, obteve uma menor matéria seca do que o que não recebeu esgoto, porque a disponibilidade de água e nutrientes fez com que houvesse a produção de uma massa verde mais volumosa, embora menos concentrada.

3.2. Análise químico-bramatológica do capim Tifton 85

Pelos quadrados médios do bloco, verificou-se efeito significativo nas lâminas de esgoto aplicadas, sobre as concentrações de nitrogênio, fósforo e proteína bruta, referentes ao capim Tifton 85 ($p \leq 0,05$) pelo teste F (**Tabela 14**).

Tabela 14. Resumo das análises das variâncias dos parâmetros químico-bramatológicas do capim Tifton 85, Aquiraz – CE, 2008.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios						
		N	P	K	Ca	Mg	Na	PB
Tratamentos	4	0,17*	0,17*	0,10 ^{NS}	0,004 ^{NS}	0,001 ^{NS}	0,062 ^{NS}	8,16*
Resíduo	15	0,041	0,052	0,23	0,001	0,001	0,12	2,19
CV (%)	-	10,55	15,15	15,47	9,72	10,28	19,19	11,69

NS – não significativo.

(*) significativo a 5%, pelo teste F.

Os resultados obtidos nas análises químico-bramatológicas, também, não se ajustaram a nenhum modelo de regressão, exceto o teor de cálcio, que, de acordo com análise de regressão, ajustou-se ao modelo matemático polinomial quadrático com R^2 de 82,26 % (**Figura 13**). O maior valor estimado em relação ao teor de cálcio no capim foi de 0,123 % para a lâmina de 1061 mm ano⁻¹ de esgoto doméstico tratado.

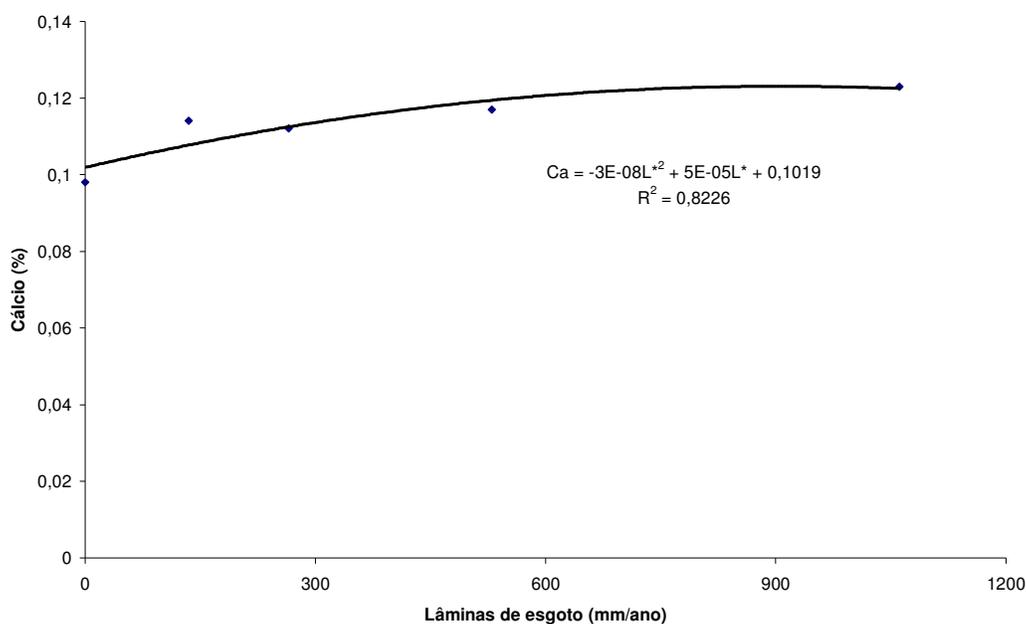


Figura 13. Teor de cálcio do capim Tifton 85 em função de diferentes lâminas de esgoto e água do poço, Aquiraz, CE, 2008.

Benevides (2007), trabalhando com capim Tanzânia irrigado com esgoto tratado, concluiu que, independente da irrigação com esgoto, adubado ou não adubado, há uma tendência de melhor qualidade do capim, indicando uma qualidade de nutrientes já satisfatória na composição do efluente utilizado na irrigação, contribuindo, assim, para um bom desenvolvimento da forrageira.

Observa-se, na **Tabela 15**, que houve diferença significativa nos teores de nitrogênio, fósforo e proteína bruta ao nível de significância de 5 %, nos distintos tratamentos.

Tabela 15. Teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e proteína bruta (PB), em função das lâminas de esgoto, Aquiraz – CE, 2008.

Tratamentos	N (%)	P (%)	PB (%)
1 (testemunha)	1,18 B	1,56 B	10,16 B
2 (132 mm ano ⁻¹)	1,45 AB	1,96 AB	13,12 AB
3 (265 mm ano ⁻¹)	1,63 AB	2,07 A	13,69 A
4 (530 mm ano ⁻¹)	1,59 AB	2,04 A	13,35 AB
5 (1061 mm ano ⁻¹)	1,69 A	1,98 AB	13,05 AB
DMS	0,50	0,44	3,24

Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

Verifica-se que o tratamento 3 (265 mm ano⁻¹) apresentou diferença significativa em relação à testemunha no teor de proteína bruta, 13,69 % e 10,16 %, respectivamente. E nas concentrações de nitrogênio no capim apresentou efeito significativo apenas o tratamento 5 (1061 mm ano⁻¹) em relação à testemunha, 1,69 % e 1,18 %, respectivamente.

As concentrações de proteína bruta acima de 7% são bem correlacionadas com o consumo, porém abaixo desse nível ocorre decréscimo na ingestão pelos animais (Van Soest, 1994). Considerando que é recomendado de 8,5% a 10,7% de proteína bruta na matéria seca, para manutenção e ganho no peso dos animais (NRC, 1996).

Benevides (2007) encontrou concentrações de proteína bruta no capim Tanzânia, irrigado com esgoto tratado, acima de 14%. Fonseca et al. (2001) também encontraram altos valores protéicos no capim coastcross

cultivado com esgoto, em todos os cortes, registrando-se valores médios de 18,7 e 19,6%, enquanto para o cultivo sem esgoto registrou-se valor médio de 11%.

Obteve-se, também, que o tratamento 3 (265 mm ano⁻¹) e tratamento 4 (530 mm ano⁻¹) apresentaram diferença significativa em relação a testemunha no teor de fósforo, 2,07 %, 2,04 % e 1,56 %, respectivamente.

Fonseca et al. (2001) encontraram maiores teores de fósforo na matéria seca do capim coastcross cultivado com esgoto, em relação à cultivada sem esgoto, nos quatro cortes efetuados. Salientaram que houve uma tendência de decréscimo do teor de fósforo com o envelhecimento da planta, principalmente na forragem cultivada sem esgoto, afirmando que pode ser em razão da atividade metabólica da planta, que reduz com a idade. Os autores também não encontraram variação nos teores de cálcio e magnésio no capim coastcross irrigado com esgoto, para todos os cortes. Fonseca et al. (2001), trabalhando com capim coastcross irrigado com esgoto, verificaram que o teor de potássio não variou.

4. CONCLUSÕES

O uso das lâminas de esgoto tratado sem adubação, proporcionou produtividade e produção de massa seca do capim Tifton 85, equivalente à testemunha. Com isso, conclui-se que o efluente de esgoto doméstico tratado pode ser utilizado na fertirrigação de culturas, sem a necessidade de adubação suplementar, nos dois primeiros cortes da forrageira.

O monitoramento do manejo de irrigação e da concentração de sódio nas águas são aspectos importantes na utilização dos efluentes de esgoto doméstico tratado, já que há preocupação com a contaminação do lençol freático e salinização dos solos.

Os resultados encontrados nas análises químico-bramatológicas para os parâmetros nitrogênio (N), proteína bruta (PB) e fósforo (P) apresentaram, para o capim Tifton 85, níveis de concentração satisfatórios quando aplicadas as lâminas 265, 530 e 1061 mm ano⁻¹.

CAPÍTULO 4

Efeito do efluente de esgoto tratado nas propriedades químicas do solo Argissolo cultivado com capim Tifton 85

RESUMO

A pesquisa teve como objetivo avaliar as propriedades químicas do Argissolo cultivado com capim Tifton 85 fertirrigado com esgoto doméstico tratado utilizando o método de escoamento superficial. A pesquisa foi realizada no município de Aquiraz, Ceará, cujo delineamento experimental foi em blocos casualizados, com cinco tratamentos (T1, água do poço 75% ECA + adubação; T2, água de esgoto, 150 kg Na ha⁻¹ ano⁻¹; T3, água de esgoto, 300 kg Na ha⁻¹ ano⁻¹; T4, água de esgoto, 600 kg Na ha⁻¹ ano⁻¹; T5, água de esgoto, 1200 kg Na ha⁻¹ ano⁻¹) e quatro repetições. Foram realizadas coletas de amostras do solo no início e no fim do experimento, nas camadas de 0-0,20 m e 0,20-0,40 m do solo. As análises químicas do solo foram realizadas no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas, pertencente à UFC, utilizando a metodologia da EMBRAPA (1997). Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5%, procedendo-se à análise de regressão múltipla de acordo com o modelo experimental. 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, utilizando-se o programa computacional "SAEG 9.1" (UFV, 2001). O efluente de esgoto tratado pode ser utilizado na irrigação de culturas, de preferência em sistemas abertos, para que não haja acúmulo de sódio no solo, e utilizando a menor lâmina de esgoto, para menor gasto de energia, em longo prazo, nas condições da pesquisa. Em vista do acúmulo de macro e micronutrientes no solo, é recomendável o monitoramento das características químicas do solo em estudo, a fim de que, possam-se avaliar os riscos de contaminação ambiental.

Palavras-chaves: reúso, condutividade elétrica, Na, pH.

Effect of effluent of sewer treated in the chemical properties of a Argissolo cultivated with grass Tifton 85

ABSTRACT

The research had as objective to evaluate the chemical properties of Argissolo cultivated with grass fertilize Tifton 85 with domestic sewer treated using the method to superficial draining. The research was carried through in the city of Aquiraz, Ceará, whose experimental delineation block-type was casualizados, with five treatments (T1, water of well 75% ECA + fertilization; T2, water of sewer, 150 kg Na ha⁻¹ year⁻¹; T3, water of sewer, 300 kg Na ha⁻¹ year⁻¹; T4, water of sewer, 600 kg Na ha⁻¹ year⁻¹; T5, water of sewer, 1200 kg Na ha⁻¹ year⁻¹) and four repetitions. Collections of samples of the ground had been carried through at the beginning and in the end of the experiment, the layers of 0-0,20 m and 0,20-0,40 m of the ground. The chemical analyses of the ground had been carried through in the Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas, pertaining to the UFC, using the methodology of the EMBRAPA (1997). The data had been submitted to the analysis of variance for test F 5%, proceeding it the analysis from multiple regression in accordance with the experimental model. When verified significant effect in the variance analysis, the averages gotten in the different treatments had been compared by the test of Tukey in level of 5% of probability, using themselves computational program "SAEG 9,1" (UFV, 2001). The effluent one of treat sewer can be used in the irrigation of cultures, preference in opened systems, so that it does not have accumulation of sodium in the ground, and using the lesser blade of sewer, for lesser expense of energy, in long stated period, the conditions of the research. In sight of the accumulation of macro and micronutrients in the ground, the monitorament of the chemical characteristics of the ground in study is recommendable, so that, can be evaluated the risks of ambient contamination.

Keywords: reuse, electric conductivity, Na, pH.

1. INTRODUÇÃO

O uso de águas residuárias de esgoto tratado em atividades agrícolas é um fato, porém é necessário um melhor aprofundamento no manejo adequado dessa alternativa hídrica, principalmente em relação ao sistema solo-planta-efluente. Segundo Corrêa et al. (2007), é uma prática que vem atendendo à necessidade de reciclagem, desde que adotada de forma racional, favorecendo os atributos químicos, físicos e biológicos do solo. Além de melhorar o desenvolvimento e a produtividade das culturas irrigadas por esta fonte hídrica.

Vale salientar que os altos teores de HCO_3^- , associados às altas concentrações de Na^+ e CO_3^{2-} nesses efluentes de esgoto, podem causar salinização e/ou sodificação na estrutura do solo. Contudo, trabalhos constatam que a utilização de águas residuárias na irrigação de culturas agrícolas pode incrementar o valor do pH do solo (Quin; Woods, 1978; Al-Nakshabandi et al., 1997; Speir et al., 1999) e diminuição no teor de Al trocável, devido ao aumento dos cátions trocáveis no solo (Ca, Mg, K e Na) e da alcalinidade, adicionados pelos efluentes de ETE (FALKINER; SMITH, 1997).

Outro elemento químico que esses autores relatam apresentar um aumento em solos irrigados com efluentes de esgoto é o fósforo (P), já que 40% do P do efluente encontra-se na forma orgânica, contribuindo para o aumento dos teores de P-orgânico no solo. Contudo, essa fração de P-orgânico no solo é muito estável, não sendo, então, capaz de suprir às plantas irrigadas pelo efluente de esgoto.

A maior preocupação na utilização de águas residuárias na irrigação de culturas é a possível salinização do solo, devido a grande quantidade de Na^+ e K^+ contido nesses efluentes, o que torna um processo muito comum em regiões áridas e semi-áridas, onde as chuvas não são suficientes para remover os sais do solo. Segundo Santos (2004), o aporte e a dinâmica do Na^+ em solos irrigados com efluente depende da concentração do elemento no efluente, da magnitude da absorção pelas plantas, da intensidade do processo de lixiviação, da permeabilidade do solo e da dinâmica de outros íons (Ca^{2+} , Mg^{2+} , CO_3^{2-} e HCO_3^-). E normalmente, a salinidade e sodicidade do solo é

expressa pela condutividade elétrica (CE), pelo percentual de sódio trocável (PST) e pelo pH do solo.

O sódio pode ser um elemento favorável na fertirrigação de forrageiras, pois, ao aumentar o teor do elemento na planta, eleva a aceitabilidade da forragem pelo animal, resultando em maior consumo (Raij, 1991). Contudo, devido ao grande impacto nas propriedades do solo, a determinação dos níveis de Na^+ na água de irrigação é essencial.

Nos efluentes de esgoto tratado, normalmente, as concentrações de Ca^{2+} e Mg^{2+} são semelhantes às encontradas na água de irrigação, e com o aumento da concentração desses elementos abaixa os valores de RAS, melhorando, assim, a qualidade do efluente (Feigin et al., 1991). Além disso, a irrigação com efluente contribui significativamente para o aumento no teor de N, N-amoniaco, nitrato, K, Ca, Mg, Zn e S retidos na solução do solo (AZEVEDO; OLIVEIRA, 2005).

Leal (2007) afirma que a irrigação com efluentes de esgoto tratado é bastante promissora, demandando, entretanto, 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 de reúso. Sendo, necessárias, avaliações de longo prazo, ao longo do perfil, e das águas subterrâneas, para que, se avaliem riscos de contaminação ambiental, além de estudos mais detalhados que englobem a totalidade dos parâmetros relacionados à qualidade do solo, para que assim, possam-se fundamentar recomendações e adoções generalizadas ao reúso agrícola de efluentes de esgoto tratado.

A sustentabilidade do uso de efluentes de esgoto tratado em agrossistemas depende do manejo adequado da irrigação, monitoramento das características do solo, da solução do solo e da cultura. Já que o acúmulo de Na^+ no solo é um dos principais entraves para o uso de efluente na irrigação. No entanto, o acúmulo pode ser controlado por meio de práticas agrícolas, como a aplicação de sais de cálcio solúveis (gesso) e a manutenção dos teores de Ca^+ e Mg^+ em níveis adequados no solo (SANTOS, 2004). Ademais, a aplicação de águas residuárias no solo promove melhorias nas características físico-químicas (ANAMI et al., 2008).

Diante desse contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar os atributos químicos de um Argissolo cultivado com capim Tifton 85 fertirrigado com esgoto doméstico tratado utilizando o método de escoamento superficial.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido no Centro de Pesquisa sobre Tratamento e Reúso de Águas Residuárias, pertencente à Companhia de Águas e Esgotos do Ceará - CAGECE, localizado na cidade de Aquiraz, Região Metropolitana de Fortaleza, a uma altitude de 14,2 m, com coordenadas 3° 54' 05" S e 38 ° 23' 28" W e com limites ao Norte (Oceano Atlântico, Fortaleza e Eusébio); Sul (Horizonte, Cascavel e Pindoretama); Leste (Oceano Atlântico); Oeste (Eusébio, Itaitinga e Horizonte), com uma área total de aproximadamente 400 m² e 24,7 Km de distância de Fortaleza, Ceará. A população do município de Aquiraz era de 60.469 habitantes (IBGE, 2002).

2.1.1. Clima

O clima é razoavelmente homogêneo, sendo as pequenas oscilações relacionadas ao regime pluviométrico, considerado bastante variável.

Na região, ocorrem anos de chuvas excessivas e anos de precipitação escassos, 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 medição das chuvas foi realizada diariamente, utilizando um pluviômetro. A temperatura média anual varia de 26° a 28°C, com máximas em torno de 36°C.

2.2. Delineamento experimental

No arranjo experimental, foi utilizado o delineamento em blocos casualizados, com cinco tratamentos e quatro repetições, totalizando 20 unidades experimentais com área de 7 m² (3,5 m X 2,0 m) constituído de quatro sulcos fechados espaçados em 0,5 m. A área total do experimento foi de 402,6 m² (18,3 m x 22,0 m). Os tratamentos foram definidos em diferentes lâminas de esgoto, com base na concentração de sódio (Na) do mesmo, que por meio de análise apresentou o valor de 4,43 mmol L⁻¹ de sódio.

Os tratamentos utilizados foram caracterizados conforme descrição a seguir:

- T1, água do poço (75% ECA) + adubação (30 kg P₂O₅ ha⁻¹; 30 kg KCl ha⁻¹; 20 kg N ha⁻¹);
- T2, água de esgoto, 150 kg Na ha⁻¹ ano⁻¹;
- T3, água de esgoto, 300 kg Na ha⁻¹ ano⁻¹;
- T4, água de esgoto, 600 kg Na ha⁻¹ ano⁻¹;
- T5, água de esgoto, 1200 kg Na ha⁻¹ ano⁻¹.

As lâminas de esgotos referentes a cada tratamento foram 132 mm ano⁻¹, 265 mm ano⁻¹, 530 mm ano⁻¹ e 1061 mm ano⁻¹, respectivamente. A fim de evitar o fluxo horizontal e vertical de água residuária nos sulcos, foi instalada entre cada tratamento uma manta preta de polietileno, desde a superfície do solo até 1 m de profundidade.

2.3. Adubação utilizada

De posse dos resultados da análise química do solo, realizou-se a recomendação de adubação para forrageiras. Antes do plantio foi realizada calagem (1,5 kg m⁻² de calcário dolomítico), conforme os resultados da análise

do solo para correção do pH, e adubação orgânica (21 kg m^{-2}); a recomendação de adubação com os macronutrientes fósforo e potássio foi definida de acordo com os teores médios desses elementos presentes nas profundidades amostradas; para o nitrogênio a quantidade aplicada foi a estabelecida por UFC (1993), e os valores foram os seguintes: 14 g m^{-2} de nitrogênio, 21 g m^{-2} de fósforo e 21 g m^{-2} de potássio, nas formas de uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente.

A adubação foi realizada de modo convencional, a lanço, em cada parcela de cada tratamento.

2.4. Sistema e manejo da irrigação

A aplicação da água residuária de esgoto tratado e água do poço foi feita pelo método de escoamento superficial. O terreno da área experimental apresentava uma declividade de 2% em toda a área.

O sistema de irrigação foi composto de 2 linhas de derivação de 50 mm de diâmetro que continham 5 registros, para controle das lâminas de esgoto tratado e da água do poço, ligados a uma mangueira de polietileno de 32 mm de diâmetro com 4 saídas de água, uma para cada sulco de cada tratamento experimental, espaçadas a 0,5 m. No início da área foram instalados 4 “cavaletes” com 2 registros para controle das lâminas de água e esgoto tratado aplicadas nas unidades de cada bloco. A vazão do sistema era de $1,53 \text{ L h}^{-1}$, a uma pressão de serviço de 300 kPa. Cada sistema de irrigação era constituído por uma bomba centrífuga, tubulação de PVC e uma válvula de descarga para cada tratamento. O esgoto tratado e a água eram bombeados da última lagoa de maturação da estação de tratamento e do poço, respectivamente.

As irrigações foram feitas em intervalos de 2 a 3 dias, logo após a leitura da evaporação do Tanque Classe A (75% ECA), instalado na área experimental, caso houvesse necessidade no período chuvoso. Já no período de estiagem, a irrigação com base na leitura de Tanque Classe A, era realizada normalmente. Contudo, quando as lâminas de esgoto tratado não eram

suficientes para suprir as necessidades hídricas da cultura, foi instalado, utilizando alguns acessórios, registros para a ligação entre as linhas de derivação do esgoto tratado e da água de poço, para complementação hídrica da cultura.

2.5. Coleta das amostras de solo

As amostras de solo foram coletadas ao acaso, utilizando “boca de lobo”, em cada parcela de cada tratamento, no início e no final do experimento (**Figuras 14 e 15**), em duas profundidades de 0 - 0,20 m e 0,20 - 040 m, totalizando 40 amostras de solo. As mesmas foram colocadas em sacos plásticos previamente identificados e encaminhadas para preparo e análise química.

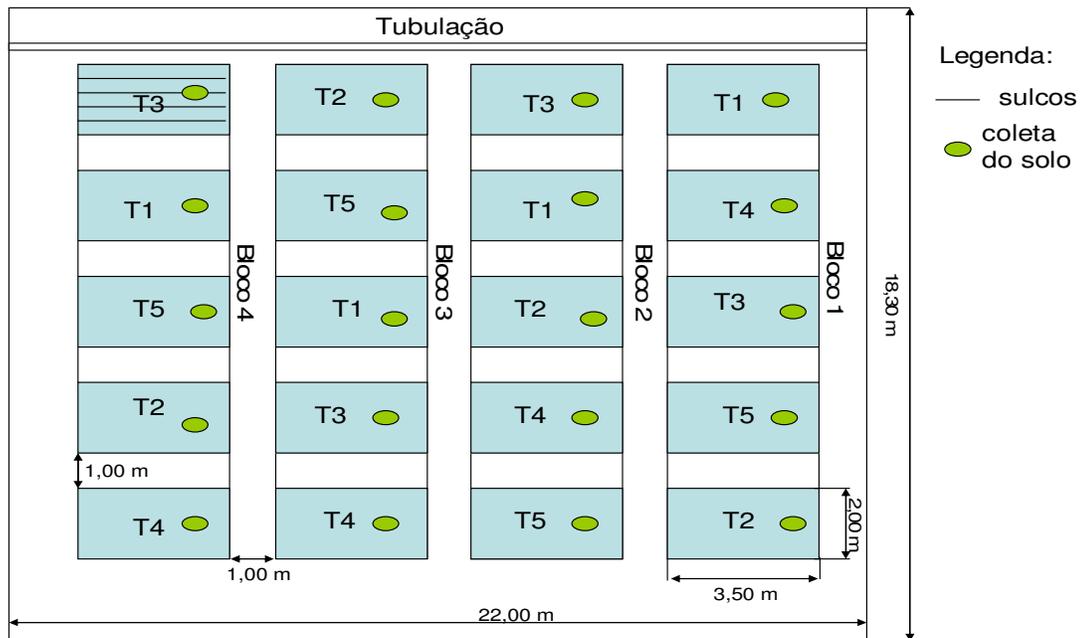


Figura 14. Disposição das coletas de solo na área experimental, Aquiraz, Ceará, 2008.



Figura 15. Coleta das amostras de solo na área experimental, Aquiraz, Ceará, 2008.

As análises químicas do solo foram realizadas no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas, pertencente à Universidade Federal do Ceará, utilizando a metodologia da EMBRAPA (1997).

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5%; em seguida, procedeu-se à análise de regressão múltipla de acordo com o modelo experimental. 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, utilizando-se o programa computacional para análises estatísticas "SAEG 9.1", desenvolvido pela Fundação Arthur Bernardes da Universidade Federal de Viçosa (2001).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Características químicas do efluente de esgoto tratado utilizado na irrigação

As características químicas do efluente de esgoto tratado e da água de poço utilizados na irrigação do capim Tifton 85, ao longo do período experimental, de janeiro a agosto/2008, são apresentadas na **Tabela 16**.

Com base na caracterização de efluentes domésticos, observa-se que os valores de pH encontrados para o efluente (**Tabela 16**) foram 6,02 e 7,37, respectivamente. As concentrações de Na^+ , K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} no efluente foram 2,44; 0,41; 1,11 e 1,18 $\text{mmol}_c\cdot\text{L}^{-1}$.

Tabela 16. Resultados das análises químicas da água e do efluente de esgoto utilizados para irrigação do capim Tifton 85, de janeiro a agosto/2008, Aquiraz – CE.

<i>Água</i>		
Parâmetros	Unidades	Concentrações
pH	-	6,02
Condutividade elétrica	dS.m ⁻¹	0,19
Na⁺	mmol _c .L ⁻¹	0,91
K⁺	mmol _c .L ⁻¹	0,10
Ca²⁺	mmol _c .L ⁻¹	0,45
Mg²⁺	mmol _c .L ⁻¹	0,56
RAS	mmol _c .L ⁻¹	1,42
<i>Efluente</i>		
Parâmetros	Unidades	Concentrações
pH	-	7,37
Condutividade elétrica	dS.m ⁻¹	0,52
Na⁺	mmol _c .L ⁻¹	2,44
K⁺	mmol _c .L ⁻¹	0,41
Ca²⁺	mmol _c .L ⁻¹	1,11
Mg²⁺	mmol _c .L ⁻¹	1,18
RAS	mmol _c .L ⁻¹	2,26

Os resultados das análises de água e de efluente do esgoto tratado (**Tabela 17**) foram comparados às diretrizes de qualidade d'água para irrigação, conforme Ayers e Westcot (1985).

Tabela 17. Graus de restrição para o uso de água e de efluente de esgoto tratado para irrigação de culturas por sulco, Aquiraz – CE, 2008, conforme Ayers e Westcot (1985).

Parâmetros	Graus de Restrição para uso em irrigação	
	<i>Salinidade</i>	
CE (dS.m⁻¹)	Água	SR ⁽¹⁾
	Efluente	SR
	<i>Infiltração de água no solo</i>	
RAS (mmol_c.L⁻¹)^{0,5} e CE	Água	SR
	Efluente	SR
	<i>Toxidade de íons (culturas suscetíveis)</i>	
Na (mmol_c. L⁻¹)	Água	SR
	Efluente	SR
	<i>Efeitos diversos (culturas suscetíveis)</i>	
pH	Água	N ⁽³⁾
	Efluente	N
HCO₃⁻ (mmol_c.L⁻¹)	Água	SR
	Efluente	B – M ⁽²⁾

(1) Sem restrição, (CE<0,7);

(2) Valores dentro da faixa de variação normal: 6,5 – 8,4;

(3) Grau de restrição “baixo a moderado” (CE: 0,7 a 3,0; Na <3,0; HCO₃⁻ <1,5);

Considerando o possível problema de salinização do solo, o efluente de esgoto não apresentou nenhum grau de restrição em todo o andamento do experimento. Para capins bermudas (como é o caso do capim Tifton 85), a salinidade da água e do efluente não oferece risco à produtividade, uma vez que, para um rendimento máximo (100%), a condutividade elétrica da água não deveria ultrapassar 4,6 dS m⁻¹ (Ayers; Westcot, 1985). Neste sentido, os capins bermuda, em geral, são tolerantes à salinidade. Santos (2004), trabalhando com capim Tifton 85, utilizando efluente de esgoto, também, observou a tolerância desta cultura à salinidade.

De acordo com Leal (2007), a irrigação com efluente de esgoto, além de ser uma fonte de umidade permanentemente disponível à cultura, resulta numa adição nos nutrientes essenciais ao desenvolvimento da cultura, Ca, Mg

e K. Todavia, também representa a adições ao sistema solo-planta, de elementos indesejáveis, como o Na, comprometendo a integridade das propriedades do solo e a estabilidade do rendimento dos cultivos em longo prazo.

No que se refere aos riscos de sodificação com alteração de estrutura do solo e conseqüente redução da infiltração de água, tanto a água como o efluente de esgoto doméstico não apresentaram nenhum grau de restrição para uso na irrigação durante todo o período do experimento. Considerando somente os valores de RAS, valores baixos foram obtidos para o efluente (média = $2,26 \text{ mmol}_c \cdot \text{L}^{-1}$) e para a água (média = $1,42 \text{ mmol}_c \cdot \text{L}^{-1}$). Isso é explicado ao se observar as altas concentrações de Ca e Mg na água e no efluente com referência às concentrações de Na, no entanto, a concentração média deste elemento foi superior no efluente ($2,44 \text{ mmol}_c \cdot \text{L}^{-1}$).

Os valores do pH para a água e para o efluente permaneceram na faixa de restrição normal para as águas utilizadas na irrigação, ressaltando que pH anormal pode criar desequilíbrio de nutrição ou conter íons tóxicos (Ayers; Westcot, 1985). Quanto à alcalinidade como HCO_3^- , não apresentou grau de restrição de uso, tanto para a água como para o efluente, durante todo o experimento, porém, o valor médio ($1,98 \text{ mmol}_c \cdot \text{L}^{-1}$) da alcalinidade do efluente foi um pouco superior ao valor obtido para a água ($0,37 \text{ mmol}_c \cdot \text{L}^{-1}$). Santos (2004) observou que a salinização do efluente foi superior à da água de irrigação no cultivo do capim Tifton 85, mas não resultou em redução no rendimento da cultura.

3.2. Característica inicial do solo face à instalação do experimento

O solo da área experimental foi classificado como Argissolo. Os Argissolos são caracterizados com média e alta saturação de bases (V%), baixa saturação com alumínio, menor acidez, bem como conteúdo mineralógico que encerra, comumente, quantidade significativa de minerais primários facilmente decomponíveis, os quais constituem fontes de nutrientes para as plantas. São, também, considerados moderadamente ácidos a ácidos,

raramente neutros, ou mesmo alcalinos, como nota-se em alguns perfis rasos. Possuem média e alta fertilidade natural, prestando-se para culturas de ciclo ou adaptadas às condições de pouca umidade (EMBRAPA, 1999).

Na **Tabela 18** são apresentados os principais atributos do solo na área experimental, determinados a fim de caracterizar o estado químico do solo antes da implantação do experimento.

O solo apresentou acidez média a baixo, baixo a médios teores de Ca, baixo teores de Mg, Na e K, com baixas concentrações de sais (CE), conseqüentemente, baixa capacidade de troca de cátions (CTC).

O monitoramento dos atributos químicos do solo receptor do efluente é fundamental para que se possa atentar para os riscos de sua salinização ou de contaminação das águas residuárias, e segundo Barros et al. (2005) é importante discutir as alterações ocorridas, de modo particular, para alguns atributos químicos do solo, irrelevantes do ponto de vista ambiental.

Tabela 18. Atributos químicos do solo da área experimental na profundidade 0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m, antes da implantação do experimento, Aquiraz, CE, dezembro/2008.

Profundidade de 0 – 0,20 m		
Propriedades químicas	Unidades	Concentrações
P assimilável	mg.kg ⁻¹	41
K	cmol _c .kg ⁻¹	0,08
Mg	cmol _c .kg ⁻¹	1,20
Ca	cmol _c .kg ⁻¹	1,10
Na	cmol _c .kg ⁻¹	0,04
MO	g.kg ⁻¹	5,58
N	g.kg ⁻¹	0,33
pH	-	6,4
CE	dS.m ⁻¹	0,26
Profundidade de 0,20 – 0,40 m		
Propriedades químicas	Unidades	Concentrações
P assimilável	mg.kg ⁻¹	42
K	cmol _c .kg ⁻¹	0,05
Mg	cmol _c .kg ⁻¹	0,09
Ca	cmol _c .kg ⁻¹	1,00
Na	cmol _c .kg ⁻¹	0,14
MO	g.kg ⁻¹	3,52
N	g.kg ⁻¹	0,18
pH	-	5,4
CE	dS.m ⁻¹	0,24

3.3. Efeito da irrigação com efluente de esgoto na química do solo

Pelos quadrados médios do bloco verificaram-se efeito significativo nas lâminas de esgoto aplicada no solo na profundidade de 0 - 0,20 e 0,20 – 0,40 m sobre o pH do solo ($p \leq 0,05$) pelo teste F (**Tabela 19**). E nenhum dos parâmetros ajustou-se a um modelo matemático, quando submetido à análise de regressão, exceto a condutividade elétrica e sódio, na profundidade de 0 – 0,20 m, e para o pH, na profundidade de 0,20 – 0,40 m.

Tabela 19. Resumo das análises das variâncias para todos os dados químicos do solo nas profundidades 0-0,20 e 0,20 – 0,40 m, Aquiraz – CE, 2008.

Profundidade de 0 – 0,20 m										
Fontes de	GL	Quadrados Médios								
Variação		Mg ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	K ⁺	N	P	MO	CE	pH
Tratamentos	4	0,05 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,01 ^{ns}	388,9 ^{ns}	2,88 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,09*
Resíduo	15	0,03	0,03	0,001	0,001	0,01	143,1	1,46	0,003	0,02
CV (%)	-	13,69	11,89	22,49	22,41	24,05	28,28	22,20	18,19	2,15
Profundidade de 0,20 – 0,40 m										
Tratamentos	4	0,04 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,01 ^{ns}	9967,2 ^{ns}	2,17 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,38 ^{ns}
Resíduo	15	0,05	0,07	0,001	0,001	0,03	12158,6	7,13	0,002	0,12
CV (%)	-	19,16	19,61	30,57	37,16	61,35	162,28	57,92	21,46	5,22

ns – não significativo.

(*) significativo a 5%, pelo teste F.

Na camada de 0-20 cm, ao realizar as análises de regressão dos teores da condutividade elétrica e sódio em função dos níveis de irrigação, ajustadas a um modelo matemático polinomial quadrático e exponencial, com R² de 95,68 % e 75,76 %, respectivamente, foram obtidas as curvas indicadas nas **Figuras 16 e 17**.

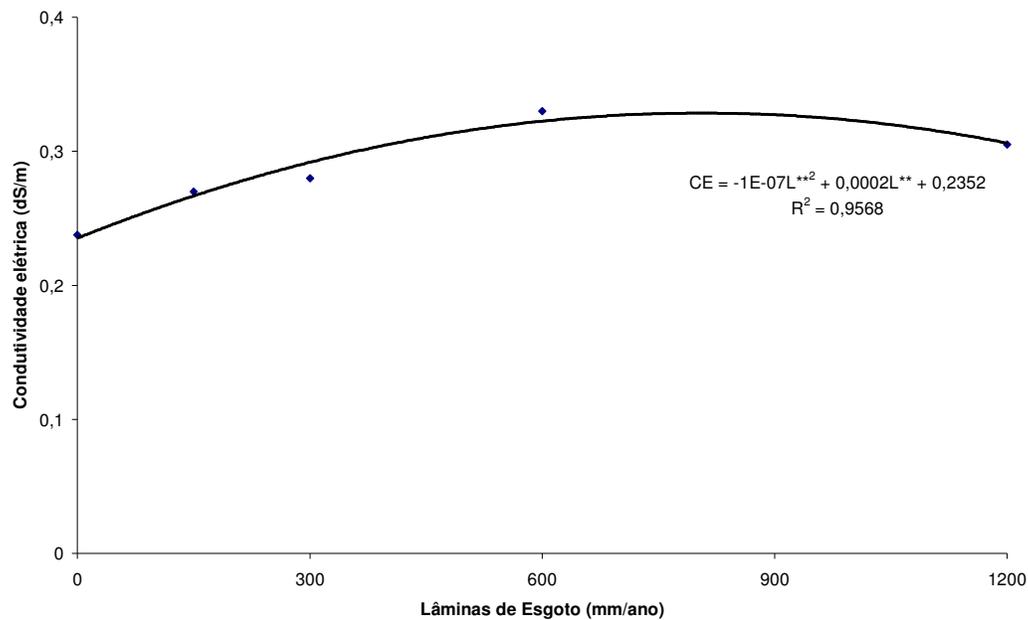


Figura 16. Concentrações da condutividade elétrica, em função de diferentes lâminas de irrigação na profundidade de 0 - 0,20 m, Aquiraz – CE, 2008.

Aumento dos valores de CE foram observados (**Figura 16**) com o tempo, na camada de 0-20 cm, sendo que o aumento da condutividade elétrica pode ser evidenciado à medida que aumenta a lâmina de irrigação do esgoto.

O aumento da CE observado na camada de 0-20 cm pode ser atribuído à adição de sais via água de irrigação (efluente). Apesar desse aumento, o nível de salinidade não resultou em risco para o rendimento do capim Tifton 85. Santos (2004) observou os mesmos resultados, quando aplicou lâminas de irrigação de efluentes acrescidas de adubação nitrogenada em capim Tifton 85.

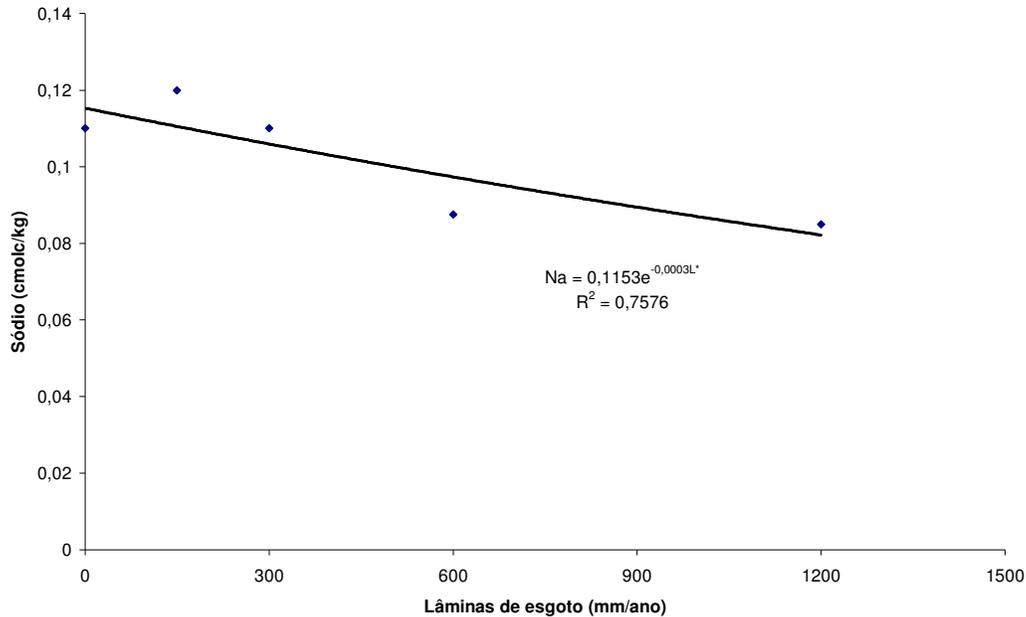


Figura 17. Concentração de sódio, em função de diferentes lâminas de irrigação na profundidade de 0-0,20 m, Aquiraz – CE, 2008.

Observa-se que, à medida que aumenta a lâmina de irrigação de esgoto, há uma tendência de aumento da condutividade elétrica do solo na profundidade de 0 - 0,20 m (**Figura 16**). E o teor de sódio trocável diminuiu com o tempo em toda área experimental, independente do tratamento (**Figura 17**).

Santos (2004) não observou diferença significativa no teor de Na em relação à água e ao efluente, cujo volume aplicado no capim Tifton 85 foi praticamente o mesmo durante o experimento.

Embora haja importância na presença de Na no efluente e no conseqüente aporte desse elemento ao solo, os riscos de alterações na estrutura do solo são atribuídos às fontes de água de irrigação, tanto a água propriamente dita quanto ao efluente, de acordo com os valores de RAS e CE (AYERS; WESTCOT, 1985).

O acúmulo de Na e K no solo, caso haja deficiência de drenagem, são indicativos de salinização do solo (Queiroz et al., 2004). Fato que não foi relatado na pesquisa, já que os blocos apresentavam drenos superficiais no fim de cada parcela.

Queiroz et al. (2004) afirmam que do ponto de vista do solo, a alta capacidade de extração do Na é uma característica desejável para uma gramínea forrageira a ser utilizada em um sistema de tratamento de água residuária, pois, auxilia no controle de possíveis problemas de salinização e sodificação do solo, contribuindo para a sustentabilidade do sistema de tratamento.

A comparação das médias do pH nos distintos tratamentos, para a profundidade de 0 - 0,20 m, podem ser observadas na **Tabela 20**.

Tabela 20. pH em função das lâminas de esgoto na profundidade de 0 - 0,20 m, Aquiraz – CE, 2008.

Tratamentos	pH
T1 (testemunha)	6,5 B
T2 (132 mm ano ⁻¹)	6,85 A
T3 (265 mm ano ⁻¹)	6,85 A
T4 (530 mm ano ⁻¹)	6,68 AB
T5 (1061 mm ano ⁻¹)	6,78 AB

Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Nota-se um aumento significativo do pH em relação à testemunha, sendo que os tratamentos 2 e 3 diferiram da testemunha (água do poço), referente às lâminas de esgoto de 132 e 265 mm ano⁻¹, respectivamente. Contudo, o pH ideal para o desenvolvimento completo do capim Tifton 85 está entre 5,8 – 6,5.

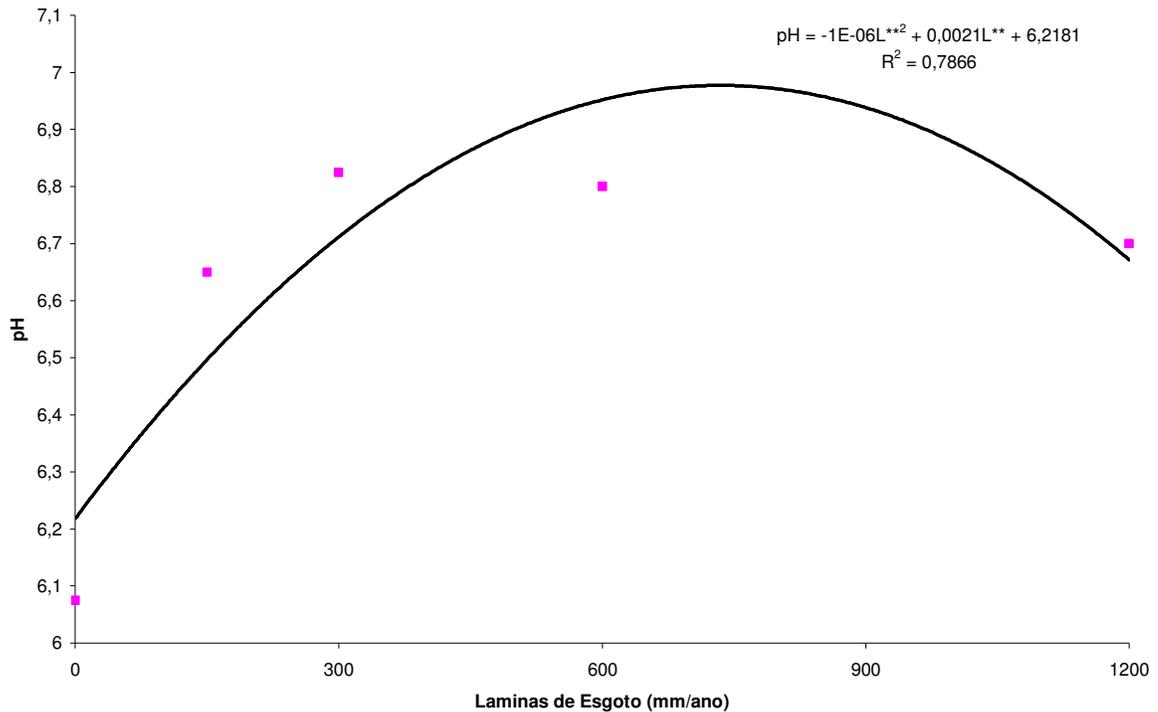


Figura 18. pH em função das lâminas de esgoto na profundidade de 0,20 – 0,40 m, Aquiraz – CE, 2008.

Em relação ao pH, na camada de 20 - 40 cm, o modelo que mais se ajusta é uma polinomial quadrática, com R^2 de 78,66% (**Figuras 18**). Observa-se que na camada de 20-40 cm, verifica-se que, à medida que aumenta a lâmina de irrigação do esgoto, há uma tendência de aumento na profundidade até o ponto de máxima (ponto de inflexão), que representou a lâmina que proporcionou maior pH no solo. Esta lâmina encontra-se a partir da derivação da equação de regressão, sendo o valor de 7,0, referente a lâmina 530 mm.ano^{-1} utilizada no experimento. Provavelmente, a lâmina de esgoto acima do ponto de inflexão resultará em pH mais baixos, acusando, então, acidez do solo, devido à nitrificação do nitrogênio adicionada ao solo via irrigação com efluente, considerando que as águas residuárias de efluente de esgotos tratados apresentam consideráveis concentrações de nitrogênio na forma de nitrito (N-NH_3), nitrato (N-NO_3^-) e amônia (N-NH_3).

Santos (2004) obteve elevado pH no tratamento com efluentes e sem adubação nitrogenada. De acordo com Brady e Weil (1999), a fertilização nitrogenada tem efeito acidificante no solo.

É importante explicar que as alterações de pH obtidas foram de pequena magnitude, traduzindo-se em pouca ou nenhuma

4. CONCLUSÕES

Tanto a água quanto o efluente de esgoto tratado não apresentaram grau de restrição para uso em irrigação, devido os baixos teores de Na, CE e de RAS observados. O efluente de esgoto tratado pode ser utilizado na irrigação de culturas, de preferência em sistemas abertos, para que não haja acúmulo de sódio no solo, e utilizando a menor lâmina de esgoto, para menor gasto de energia.

Em vista do acúmulo de macro e micronutrientes no solo, é recomendável o monitoramento dos atributos químicos do solo em estudo, a fim de que se possa avaliar os riscos de contaminação ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. Disponível em: <http://www.enge.com.br/reuso_agua.htm>. Acesso em: 20 mai. 2007.

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. Disponível em: <http://www.grh.ufpa.br/Publicacoes/Artigos/Artigos%202003/utiliza%C3%A7%C3%A3o%20de%20%C3%81guas%20xy%20simp%C3%B3sio%20brasileiro%20de%20rec%20hid%20%20desafio%20%C3%A0%20gest%C3%A3%20da%20%C3%A1agua%20no%20linear%20do%20s%C3%A9culo%20XXI.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2008.

ALVIM, M. J. et al. Resposta do Tifton 85^a doses de nitrogênio e intervalos de cortes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 34, n. 12, p. 2345 – 2352, 1999.

AL-NAKSHABANDI, G. A. et al. Some environmental problems associated with the use of treated wastewater for irrigation in Jordan. **Agricultural Water Management**, v. 34, p. 81 – 94, 1997.

ANAMI, M. H. et al. Deslocamento miscível de nitrato e fosfato proveniente de água residuária da suinocultura em colunas de solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 1, p. 75-80, 2008.

ANVISA. Resolução n° 12, de 02 de janeiro de 2001. **Aprova o regulamento técnico sobre os padrões microbiológicos para alimentos, através da revogação da portaria SVS/MS 451**, de 19 de setembro de 1997.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official Methods of Analysis**. In: EUA. 15 ed., Washington: D. C., 1990, 1117p.

APHA – American Public Health Association. **Standart Methods for the examination of water and wastewater**. In: EUA. 19 ed., Washington: D. C. APHA/AWWA-WPCF, 1995.

APHA – American Public Health Association. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. In: EUA. 19 ed. Washington: D. C. APHA – AWWA/WPCF, 2001.

ARAÚJO, L. F. P. **Lagoas de estabilização na Região Metropolitana de Fortaleza – RMF**: Qualidade e potencialidades de reuso de efluente final. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1999.

ARAÚJO, L. F. P. **Reuso com lagoas de estabilização** – potencialidade no Ceará. Fortaleza: Governo do Estado do Ceará, 2000. 136p., il.

ATHAYDE JÚNIOR, G. B.; LEITE, V. D. **Tratamento da águas residuárias domésticos para reuso na agricultura**. I: Lagoas de estabilização. Disponível em: <[http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/BDS.nsf/AE485CFBF901546483256F8600489F26/\\$File/NT000A301E.pdf](http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/BDS.nsf/AE485CFBF901546483256F8600489F26/$File/NT000A301E.pdf)> Acesso em: 26 fev. 2008.

ATHAYDE JÚNIOR, G. B.; SILVA, J. B. P.; LEITE, V. D. **Tratamento de águas residuárias domésticas para reuso na agricultura**: Alternativa para o Nordeste do Brasil. Disponível em: <[http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/BDS.nsf/BE2F46CA1166F68883256F860049B215/\\$File?NT000A3026.pdf](http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/BDS.nsf/BE2F46CA1166F68883256F860049B215/$File?NT000A3026.pdf)>. Acesso em: 26 fev. 2008.

AZEVEDO, M. R. Q. A. et al. **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: 01 abr. 2008.

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

AZEVEDO, L. P.; OLIVEIRA, E. L. Efeitos da aplicação de efluente de tratamento de esgoto na fertilidade do solo e produtividade de pepino sob irrigação subsuperficial. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 1, p. 253-263, 2005.

BASTOS, R. K. X. (Org.) **Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e psicicultura**. PROSAB 3. Rio de Janeiro: ABES, 2003. 267p.

BENEVIDIS, R. M. **Aspectos sanitários e agrônômicos do uso de esgotos tratados na irrigação do capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) – Aquiraz, Ceará**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

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

BORSOI, Z. M. F.; TORRES, S. D. A. **A política de recursos hídricos no Brasil**. Disponível em: < <http://www.bndes.gov.br/conhecimento/revista/res806.pdf> > . Acesso em: 03 set. 2007.

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

BREGA FILHO, D.; MANCUSO, P. C. S. **Conceito de reuso de água**. In: Reuso 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.

CHAGAS, W. F. **Estudos de patógenos e metais em lodo digerido bruto e higienizado para fins agrícolas, das estações de tratamento de esgotos da Ilha do Governador e da Penha no Estado do Rio de Janeiro**. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária), Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2000.

CHERNICHERO, C. A. L.; VAN HAANDEL, A. C.; FORESTI, E.; CYBIS, L. F. **Aplicabilidade da tecnologia anaeróbia para o tratamento de esgotos domésticos**. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/prosab/livros/ProsabCarlos/cap_1pdf>. Acesso em: 26 fev. 2008.

CORRÊA, J. C. et al. 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 reuso de águas residuais. **Holos**, ano 21, p. 81 -101, 2005.

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

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

EMBRABA SOLOS. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro). **Manual de métodos de análises de solos**. 2. ed., Rio de Janeiro: Atual, 1997, 212 p. (EMBRAPA – CNPS. Documento, 1).

FAGUNDES, J. L. et al. Índice de área foliar, interceptação luminosa e acumula de forragem em pastagens de *Cynodon* spp. Sob diferentes intensidade de pastejo. **Scientia Agrícola**, v. 54, n. 4 (suplemento), p. 1141 – 1150, 1999.

FALKINER, R. A.; SMITH, C. J. Changes in soil chemistry in effluent-irrigated *Pinus radiata* and *Eucalyptus grandis*. **Australian Journal of Soil Research**, v.35, p. 131-147, 1997.

FATTA, D.; KYTHREOTOU, N. Wastewater as valuable water resource – concerns, constraints and requirements to reclamation, recycling, and reuse. In: **IWA INTERNATIONAL CONFERENCE ON WATER ECONOMICS, AND FINANCE**. Rethymno, Greece, p. 8 – 11, 2005.

FEACHEM, R. G. et al. Sanitation and disease – Health aspects of wastewater management. **World Bank in Water Supply and Sanitation**, 3. John Wiley & Sons, 1983.

FEIDEN, A. **Avaliação da eficiência de lagoas de tratamento de resíduos líquidos**. Disponível em: < [http://www.md.utfpr.edu.br/Intranet/professores/adm/download/apostila/172510 .pdf](http://www.md.utfpr.edu.br/Intranet/professores/adm/download/apostila/172510.pdf) >. Acesso em: 26 fev. 2008.

FEIGIN, A.; RAVINA, I.; SHALHEVET, J. **Irrigation with treated sewage effluent: management for environmental protection**. Berlin: Springer-Verlag, 1991. 224p.

FEGUEIREDO, A. M. F. et al. Efeito da fertirrigação de esgotos domésticos tratados na qualidade sanitária e produtividade do quiabo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 9 (suplemento), p. 322-327, 2005.

FIGUEIREDO, A. M. F. et al. **Aspectos sanitários de efluentes tratados utilizados na cultura do quiabo (*Abelmoschus esculentus*)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes23/II-115.pdf>>. Acesso em: 02 abr. 2008.

FONSECA, S. P. P. et al. Avaliação do valor nutritivo e contaminação fecal do capim coastcross cultivado nas faixas de tratamento de esgoto doméstico pelo método do escoamento superficial. **Engenharia Agrícola**, v. 21, n. 3, p. 293-301, 2001.

FONSECA, S. P. P. **Tratamento de esgoto por disposição no solo**. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente/ FEAM, 2005. 40p.

GALZERANO, L.; MORGADO, E. Influência do nitrogênio na produção e qualidade do capim Tifton 85 (*Cynodon* spp.). **Revista Eletrônica de Veterinária**, v. 8, n. 2. Disponível em: < <http://www.veterinaria.org/revist/redvet/n020207.html> > Acesso em: 18 fev. 2007.

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: 14 ago. 2007.

GOMES FILHO, R. R. et al. Remoção da 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. **Reuso de efluentes**. Brasília: Secretária de Recursos Hídricos, Ministério do Meio Ambiente, 2000.

HARUVY, N. Wastewater reuse – regional and economic considerations. **Resources, conservation and recycling**. n. 23, p. 57 – 66, 1998.

HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, município, recarga de aquíferos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, n. 4, p. 75 – 95, 2002.

HUSSAR, G. J. et al. Aplicação da água de escoamento de tanque de piscicultura na irrigação da alface: aspectos nutricionais. **Revista Ecosystema**. V. 27, n. 12, p. 49 – 52, 2002.

HUSSAR, G. J. et al. Efeito do uso do efluente de reator anaeróbio compartimentado na fertirrigação da beterraba. **Engenharia Ambiental**, v. 2, n. 1, p. 35 – 45, 2005.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Atlas de Saneamento**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Rio de Janeiro. 2002.

ITAVO, L. C. V. et al. Consumo, degradabilidade ruminal e digestibilidade aparente de fenos de gramíneas do gênero *Cynodon* e regiões concentradas utilizando indicadores internos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 31, n. 2 (suplemento). p. 1024 – 1032, 2002.

KONIG, A. et al. **Uso de esgoto tratado como fonte de água não convencional para irrigação de forrageiras**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19. Disponível em: <<http://bvsde.per.paho.org/bvsacd/abes97/uso.pdf>> . Acesso em: 15 set. 2008.

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

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

MAAS, E. V. Crop tolerance to saline sprinkling water. **Plant and Soil**, v. 89, p. 273-284, 1985.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. (editores). **Reuso de águas**. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública/USP, São Paulo, 2003.

MARCELINO, K. R. A. et al. Manejo de adubação nitrogenada de tensões hídricas sobre a produção de matéria seca e índices de área foliar de Tifton 85 cultivado no cerrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 2, p. 268 – 275, 2003.

MATOS, A. T.; BRASIL, M. S.; FONSECA, S. P. P. Aproveitamento de efluentes líquidos domésticos e agroindustriais na agricultura. In: ENCONTRO DE PRESERVAÇÃO DE MANANCIAS DA ZONA DA MATA MINEIRA, 3. Viçosa, **Anais...**, Viçosa, MG: ABES/ MG/ UFV – DEA/ ABAS MG, p. 25 – 80, 2003.

MATOS, A. T. **Disposição de água residuárias no solo**. Viçosa: Associação dos Engenheiros Agrícolas do Estado de Minas Gerais, DEA/UFV, 2007. 141p. (Caderno Didático, 38).

METCALF, L.; EDDY, H. P. **Wastewater engineering: treatment and reuse**. 4 ed. New York: mc Graw Hill, 2003. 1819p.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; BLOCH, M. F. M. **Avaliação de métodos com e sem digestão para extração de elementos em tecidos de plantas**. Ciência e Cultura, 36. p. 1953-1958, 1984.

MONTEGGIA, L. O.; SOBRINHO, P. A. Lagoas anaeróbias. In: _____. **Prosab: Tratamento de esgoto sanitário por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**. In: Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Rede Cooperativa de Pesquisa, 1999. cap. 4, p. 101 – 116.

MOTA, F. S. (Organizador). **Reuso de água: experiência na Universidade do Ceará**. Fortaleza: DEHA/UFC, 2000.

NOLASCO, M. A.; POMPEO, R. P. **Reuso de água na agricultura no sul do Brasil, com efluentes de lagoas de estabilização**. Disponível em: <http://www.latinosan2007.net/2007/ponenciasypresentaciones/3_Manejo_Integral_Aguas_Residuales_Domesticas/Potencias-ARD-PDF/Ponencia18R-Pompeo-Reuso-de-água-na-Agricultura-no-sul-do-Br.pdf > . Acesso em: 25 fev. 2008.

NACIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of domestic animals**. Number 4. Nutrients requirements of beef cattle. 5 ed. Washington, DC: National Academy of Science, 1996.

OLIVEIRA, R. et al. **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-155.pdf > . Acesso em: 08 mar. 2008.

PEDREIRA, C. G. S. Avaliação de novas gramíneas do gênero *Cynodon* para a pecuária do Sudeste dos Estados Unidos. In: WORKSHOP SOBRE O POTENCIAL FORRAGEIRO DO GÊNERO *CYNODON*, 1996, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Embrapa – CNPGL, p. 111 – 125, 1996.

PESCOD, M. B. The urban water cycle. **Wastewater use in agriculture outlook on agriculture**, v. 21, n. 4, p. 263-270, 1992.

QUEIROZ, F. M. et al. The dry matter yield of forage-grass species in overland flow. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 11. Fortaleza: ABID. **Anais...**, Fortaleza, p. 166-1720, 2001

QUEIROZ, F. M. et al. Características químicas do solo e absorção de nutrientes por gramíneas em rampas de tratamento de águas residuárias da suinocultura. **Engenharia na Agricultura**, v. 12, n. 2. p. 77 – 90, 2004.

QUIN, B. F.; WOODS, P. H. Sufarce irrigation of pasture with treated sewage effluent. I. Nutrient status of soil and pastures. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 21, p. 419-426, 1978.

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

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

RODRIGUES, B. H. N.; LOPES, E. A.; MAGALHÃES, J. A. **Teor de proteína bruta do *Cynodon spp.* cv. Tifton 85 sob irrigação e adubação nitrogenada, em Parnaíba, Piauí**. Teresina: Embrapa Meio Norte, Teresina, 2005. 4p. (Comunicado Técnico).

ROSA, G. M.; PETRY, M. T.; CARLESSO, R. Disponibilidade, eficiência e racionalidade na utilização de recursos hídricos. **Ciência & Ambiente**, n. 21, p 103-118, 2000.

RODRIGUES, B. H. N.; LOPES, E. A.; MAGALHÃES, J. A. **Teor de proteína bruta do *Cynodon spp.* cv. Tifton 85 sob irrigação e adubação nitrogenada, em Parnaíba, Piauí**. Teresina: Embrapa Meio Norte, Teresina, 2005. 4p. (Comunicado Técnico).

ROSA, G. M.; PETRY, M. T.; CARLESSO, R. Disponibilidade, eficiência e racionalidade na utilização de recursos hídricos. **Ciência & Ambiente**, n. 21, p 103-118, 2000.

SANDRI, D. **Irrigação da cultura da alface com água residuária tratada com leite cultivado com macrófita**. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2003.

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

SANTIAGO, R. G. **Avaliação da qualidade do efluente final do sistema de lagoas de estabilização do SIDI, visando ao uso na agricultura**. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Ceará, Fortaleza, 1999.

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 Tifton 85**. 2004. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

SILVA, E. A. et al. Avaliação da qualidade de uma pastagem natural utilizando novilhos fistulados no esôfago e o corte manual. Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia. **Anais...** Fortaleza, CE, 1996.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A. **Manual de métodos de análises microbiológicas de alimentos**. In: São Paulo. São Paulo: Livraria Varela, 1997.

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

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 domésticos**. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27. Disponível em: < <http://www.ingenioroambiental.com/new3infomes/nutrientes.pdf>>. Acesso em: 08 mar. 2008.

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: 08 mar. 2008.

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

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. et al. Tratamento de esgoto para uso na agricultura do semi-árido nordestino. **Engenharia Sanitária Ambiental**. v. 10, n. 3, p. 260-265, 2005.

SOUZA, J. T. et al. Tratamento de águas residuárias: uma proposta para a sustentabilidade ambiental. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, n. 1, suplemento especial, p. 90 – 97, 2006.

SOUZA, J. T.; LEITE, V. D. Tratamento e utilização de esgotos domésticos na agricultura. In: _____. **Recursos Hídricos e sua disponibilidade**. Cap. 1. Disponível em: < http://scholar.google.com/scholar?hl=pt_BR&lr=&q=related:BxqjhGZ8LqAJ:scholar.google.com/ > . Acesso em: 23 abr. 2008.

SPEIR, T. W. et al. Soil and stream-water impacts of sewage effluent irrigation onto steeply sloping land. **Journal of Environmental Quality**, v. 28, p. 1105-1114, 1999.

TONATO, F.; PEDREIRA, C. G. S. **O capim Tifton 85**. Disponível em: <<http://www.planoconsultoria.com.br/site/circular7html> > Acesso em: 17 mar. 2008.

TUCCI, C. E. M. **Águas urbanas**. Disponível em: < http://www.foneagua.org.py/livro%20inundacoes%20urbanos/cap2_1.pdf > . Acesso em: 16 ago. 2007.

TUNDISI, J.G. **Água no século XXI: Enfrentando a escassez**. São Paulo: RiMa, 2003. 247 p.

Van RAIJ, B. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Potafos, 1991, 343p.

Van SOEST, P. J. **Nutricional ecology of the ruminant**. New York: Cornell University, 1994.

VILELA, D.; ALVIM, M. J. Manejo de pastagens do gênero Cynodon: introdução, caracterização e evolução do uso no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 15. 1998, Piracicaba, **Anais...** Piracicaba: FEALQ/ESALQ, p. 23 – 54, 1999.

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

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. **Sistema para análise estatísticas, SAEG V-9.1.** In: Minas Gerais. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes, Viçosa, 2001.

USEPA - UNITED STATES ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY. **Guidelines for water reuse.** Technical Repor N° EPA/625/R – 92/004, Washington, DC: USEPA, 1992.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Health guidelines for the use of wastewater coast in agriculture and aquaculture.** Technical report series, n. 778, Geneva: World Health and Organization, 1989, 72p.

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