



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

*Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL*

TIAGO INÁCIO

APROVEITAMENTO DE EFLUENTE TRATADO DO CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS NA FERTIRRIGAÇÃO DO SORGO

Palmas – TO
2017

TIAGO INÁCIO

**APROVEITAMENTO DE EFLUENTE TRATADO DO CENTRO UNIVERSITÁRIO
LUTERANO DE PALMAS NA FERTIRRIGAÇÃO DO SORGO**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas, orientado pelo Professor Dr. José Geraldo Delvaux Silva.

Palmas – TO
2017

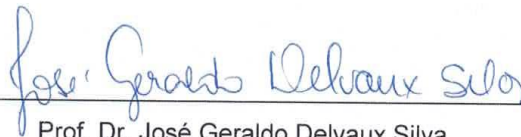
TIAGO INÁCIO

**APROVEITAMENTO DE EFLUENTE TRATADO DO CENTRO UNIVERSITÁRIO
LUTERANO DE PALMAS NA FERTIRRIGAÇÃO DO SORGO**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas, orientado pelo Professor Dr. José Geraldo Delvaux Silva.

Aprovado em 17 de novembro 2017.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. José Geraldo Delvaux Silva

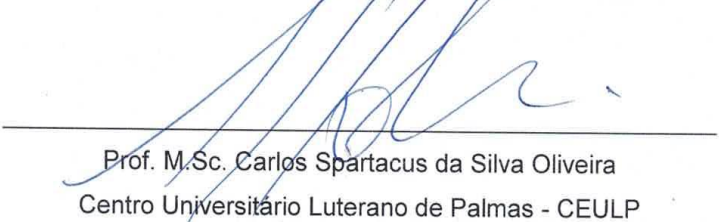
Orientador

Centro Universitário Luterano de Palmas - CEULP



Prof. M.Sc Mênfis Bernardes Alves

Centro Universitário Luterano de Palmas - CEULP



Prof. M.Sc. Carlos Spartacus da Silva Oliveira

Centro Universitário Luterano de Palmas - CEULP

Palmas - TO

2017

DEDICATÓRIA

Dedicado à minha mãe, irmãos e minha namorada, pessoas essas que me apoiaram e incentivaram a ir até o fim, em todos os momentos

AGRADECIMENTO

Agradeço, primeiramente, a Deus, por ter me permitido usufruir de boa saúde e assim ter conseguido superar mais um desafio na jornada da vida. A toda a minha família por serem meus principais apoiadores, especialmente à minha mãe que foi a responsável, com todo esforço e suor, por me conceder a oportunidade de poder cursar Engenharia Civil e hoje estar hoje formando. Aos meus irmãos que me motivaram por toda essa etapa, e a minha amada namorada que esteve perto de mim e acompanhou por todo esse tempo que estive na faculdade, a quem tive a honra de poder dividir todas as tristezas e alegrias que ocorreram por todo esse período. Também agradeço ao meu orientador, José Geraldo, por ser, além de professor e orientador, um ser humano incrível, amigo, inteligente e competente, e por não medir esforços para poder contribuir de forma positiva para a elaboração desse projeto.

RESUMO

INACIO, Tiago. **APROVEITAMENTO DE EFLUENTE TRATADO DO CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS NA FERTIRRIGAÇÃO DO SORGO**. 2017. 47 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitario Luterano de Palmas, Palmas, 2017.

O uso racional da água é o meio mais eficiente de se preservar esse bem de tanta importância para a manutenção da vida no planeta terra. Por isso se faz necessário que se tenha a real dimensão dessa relevância, e para isso, conhecer o universo que cerca esse elemento natural é primordial. Sendo assim, O desperdício de água nas regiões mais privilegiadas se contrapõe à realidade das menos abastecidas, e na primeira se percebe um consumo mais acentuado de água de forma indevida, seja para o consumo da população que exagera, quanto pelas atividades produtivas que utilizam um maior volume sem que sejam adotadas medidas de compensação ou de mitigação desse impacto. O objetivo deste trabalho é analisar a possibilidade de uso do efluente de esgoto tratado do Centro Universitário Luterano de Palmas como elemento de fertirrigação na cultura do Sorgo, utilizando águas residuárias de origem doméstica do CEULP/ULBRA, através de análises físicas e químicas do efluente. Para atingir esses objetivos considerou-se que no CEULP/ULBRA existem 6.800 acadêmicos/funcionários, e um consumo médio diário de 30 litros de água. Na análise do efluente buscou-se analisar os principais macronutrientes exigidos pela cultura. Utilizando todo o esgoto sanitário produzido em um ano é possível a implantação de 14,2ha (142.000m²) de *Sorghum bicolor*.

Palavras-chave: Efluente, Sorgo, Reúso, CEULP/ULBRA, Fertirrigação,.

ABSTRACT

INACIO, Tiago. **USE OF EFFLUENT TREATY OF THE LUTERANO OF PALMAS UNIVERSITY CENTER IN THE FERTIRRIGATION OF SORGO**. 2017. 47 f. TCC (Undergraduate) - Civil Engineering Course, Luterano University of Palmas, Palmas, 2017.

The rational use of water is the most efficient means of preserving this very important good for the maintenance of life on planet earth. That is why it is necessary to have the real dimension of this relevance, and for this, to know the universe that surrounds this natural element is primordial. Thus, the waste of water in the most privileged regions is in opposition to the reality of the less-well-supplied ones, and in the first one it is noticed a more accentuated consumption of water unduly, for the consumption of the population that exaggerates, as for the productive activities that use a greater volume without the adoption of measures of compensation or mitigation of this impact. The objective of this work is to analyze the possibility of using treated sewage effluent from the Lutheran University Center of Palmas as an element of fertigation in Sorghum culture, using domestic wastewater from CEULP / ULBRA, through physical and chemical analyzes of the effluent. To achieve these objectives, it was considered that in CEULP / ULBRA there are 6,800 academics / employees, and an average daily consumption of 30 liters of water. In the effluent analysis, the main macronutrients required by the crop were analyzed. Utilizing all the sanitary sewage produced in a year is possible the implantation of 14.2ha (142,000m²) of Sorghum bicolor.

Key words: Effluent, Sorghum, Reuse, CEULP / ULBRA, Fertirrigation ,.

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Principais cultivares de sorgo do Brasil e suas características | 27 |
| Tabela 2: Disponibilidade nutricional do sorgo | 28 |
| Tabela 3 – Espécies de sorgo e suas origens..... | 30 |
| Tabela 4- Catalogação das principais referências bibliográficas..... | 32 |
| Tabela 5- Teores foliares de nutrientes adequados para a cultura do sorgo. | 36 |
| Tabela 6 - Capacidade de extração de nutrientes para cultura do Sorgo no Brasil.. | 36 |
| Tabela 7 - Características do esgoto sanitário do CEULP/ULBRA. | 37 |

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 10 |
| 1.1 PROBLEMA DA PESQUISA | 12 |
| 1.2 OBJETIVOS | 12 |
| 1.2.1 Objetivo Geral | 12 |
| 1.2.2 Objetivos Específicos..... | 12 |
| 1.3 JUSTIFICATIVA | 13 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO..... | 14 |
| 2.1 Tratamentos de esgoto e aplicação na agricultura..... | 14 |
| 2.2 Potencial de uso de efluente de esgoto tratado (EET)..... | 17 |
| 2.3 Riscos ambientais decorrentes do uso de EET..... | 17 |
| 2.4 Possibilidades de alterações químicas do solo pela aplicação de EET | 20 |
| 2.5 O sorgo | 25 |
| 2.6 Potencial Nutricional do Sorgo | 28 |
| 2.7 Espécies de sorgo e regiões de incidência | 29 |
| 3 METODOLOGIA..... | 32 |
| 3.1 Tipos de pesquisa..... | 32 |
| 3.2 Procedimento adotado pelos pesquisadores na Coleta de amostras | 33 |
| 3.3 Metodologia das análises..... | 34 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 36 |
| 4.1 Características químicas e composição do sorgo..... | 36 |
| 4.2 Caracterização do efluente do CEULP/ULBRA | 37 |
| 5 CONCLUSÃO..... | 42 |
| REFERÊNCIAS..... | 43 |

1 INTRODUÇÃO

O uso racional da água é o meio mais eficiente de se preservar esse bem de tanta importância para a manutenção da vida no planeta terra. Por isso se faz necessário que se tenha a real dimensão dessa relevância, e para isso, conhecer o universo que cerca esse elemento natural é primordial.

A água está distribuída no planeta na proporção de aproximadamente 97% nos oceanos e mares (inutilizável para consumo humano), 2,2% são geleiras (inviável para captação) e 0,8% na forma potável. Desse total (0,8%), 97% se encontra em aquíferos e veios d'água (águas subterrâneas) e apenas 3% água superficial (VON SPERLING, 2005).

O problema da falta de água na atualidade não se limita, atualmente, somente as regiões de semiárido e áreas desertificadas. O fenômeno social de crescimento populacional e aumento expressivo na demanda por água fez crescer de forma acentuada em regiões com menos índice pluviométrico os períodos de estiagem e conseqüente insuficiente de água para todas as necessidades humanas para sua sobrevivência (SAUTCHUK *et al.*, 2005).

O desperdício de água nas regiões mais privilegiadas se contrapõe à realidade das menos abastecidas, e na primeira se percebe um consumo mais acentuado de água de forma indevida, seja para o consumo da população que exagera, quanto pelas atividades produtivas que utilizam um maior volume sem que sejam adotadas medidas de compensação ou de mitigação desse impacto.

Na agricultura, a técnica da fertirrigação é uma ferramenta bastante eficiente na disponibilização de água e nutrientes em uma só operação, o que vem a favorecer a nutrição das plantas de forma sustentável e econômica. Do mesmo modo sendo a disposição final/tratamento para o aproveitamento dos nutrientes da água residuária, como nitrogênio, potássio e, principalmente, fósforo, que são importantíssimos no cultivo de solos pobres, como os que ocorrem na maior parte do Brasil (LO MÔNACO, 2005).

A utilização de águas residuárias em solos agrícolas tem sido uma opção tecnicamente eficiente e ambientalmente segura. O aproveitamento de águas residuárias na fertirrigação de culturas exige a aplicação de técnicas e cuidados que possibilitem a minimização da contaminação do solo, do produto agrícola e dos agricultores, diminuindo assim o lançamento de efluentes em cursos d'água,

somado ao desenvolvimento na produtividade agrícola (SANTOS; *et al*, 2006).

O reuso de água não é uma prática nova, há muitos anos vem sendo utilizada em vários países, como na África do Sul, México e Israel, com a utilização na irrigação. No entanto, com a crescente demanda, a utilização de águas residuárias tem se tornado um tema atual e de grande importância. A utilização de águas residuárias é parte de uma prática de uso racional ou eficiente da água, que abrange também o controle de desperdícios e perdas, a diminuição da produção de esgotos e o consumo de água (BRASIL, 2007). No entanto, no Brasil, a prática do reuso ainda não é regulamentada por lei, causando assim impactos negativos aos nossos mananciais de água.

Tendo em vista a importância da reutilização do efluente de esgoto tratado, este trabalho trata do aproveitamento dessa fonte hídrica e nutritiva para as plantas, produzido no CEULP/ULBRA, visando minimizar os impactos ambientais causados pelo esgoto sanitário e a redução do uso de água de qualidade, bem como reduzir o consumo de fertilizantes de solo no cultivo de Sorgo, de forma a contribuir com o meio ambiente e a racionalização dos custos.

1.1 PROBLEMA DA PESQUISA

Entre os gastos dispendidos em uma cultura, os investimentos na implantação da espécie a aquisição de fertilizantes químicos se encontram como um dos mais elevados, sendo assim, diversas fontes de águas residuárias nas mais variadas regiões do mundo tem sido utilizada para atender a demanda nutricional de diferentes culturas.

Embora essa prática tenha se iniciado no Brasil ainda na década de 70, no estado de São Paulo com a utilização de águas residuárias provenientes da cana-de-açúcar no cultivo dessa planta, o país ainda está muito incipiente no uso dessa prática. Precisa-se entender desde a melhor maneira de disponibilizar tais nutrientes, a dosagem a ser aplicada, assim como os possíveis impactos ambientais.

A utilização do efluente de esgoto tratado na agricultura tem sido uma alternativa para minimizar custos e problemas ambientais, ocasionados com seu lançamento em cursos d'água. Dessa forma levanta-se a seguinte questão: O sorgo apresenta características que possibilitam o uso do efluente de esgoto tratado como elemento de fertirrigação no ciclo produtivo desse cereal?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar a possibilidade de uso do efluente de esgoto tratado do Centro Universitário Luterano de Palmas como elemento de fertirrigação na cultura do Sorgo.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Estudar o reuso de águas residuárias tratadas em áreas agrícolas;
- Identificar o potencial nutritivo do efluente tratado de esgoto;
- Pesquisar a composição de nutrientes no Efluente de esgoto tratado do CEULP/ULBRA;
- Apontar a possibilidade da fertirrigação com efluente de esgoto tratado na cultura de sorgo.

1.3 JUSTIFICATIVA

Diante da crescente degradação ambiental e da diminuição na disponibilidade da água, é imprescindível buscar novas alternativas que minimizem o consumo da mesma. A água é um bem essencial para a vida de todos os seres que habitam nosso planeta, portanto o aproveitamento de efluentes de esgoto tratado traria grandes benefícios, entre eles a diminuição do consumo de água de qualidade direta da natureza, além de colaborar diretamente com a preservação do meio ambiente, ainda que o Estado do Tocantins seja privilegiado com a maior bacia hidrográfica completamente brasileira (TOCANTINS – ARAGUAIA).

A grande finalidade para este projeto de pesquisa é a demonstração dos ganhos que poderiam decorrer do aproveitamento do efluente de esgoto tratado, tendo como modelo experimental a estrutura física do Centro Universitário Luterano de Palmas e sua aplicação em lavoura de sorgo, já que esse cereal apresenta características que o tornam propício para essa experimentação.

O reuso está relacionado com a proteção à saúde pública e ao meio ambiente, saneamento ambiental e gerenciamento de recursos hídricos. A utilização das águas provenientes de reuso pode ser uma alternativa para liberação dos recursos hídricos de melhor qualidade para fins mais específicos, utilizando, portanto, os esgotos sanitários e protegendo a saúde pública e o meio ambiente (CUNHA et al, 2011).

O aproveitamento das águas residuárias no meio agrícola, principalmente em regiões áridas e semiáridas é de grande serventia, além de reutilizar as águas de reuso, contribuindo com a preservação do meio ambiente, atende-se também a irrigação das plantas nas regiões mais críticas, onde a falta de água até para a população é uma realidade. Podendo este contribuir com a fertilização do solo, o que gera uma economia com fertilizantes de alto custo.

Dessa forma o presente estudo se justifica pela sua importância tanto para os produtores que irão economizar com a redução do gasto com fertilizantes e outros insumos, bem como para a sociedade, que será diretamente beneficiada com a redução da captação de água de qualidade. Para a comunidade acadêmica o estudo em questão servirá de base para a elaboração de novos trabalhos nessa mesma temática ou ainda no aprofundamento da questão aqui levantada.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Tratamentos de esgoto e aplicação na agricultura

O processo de tratamento de esgoto usando lagoas de estabilização tem sido amplamente utilizado em comunidades rurais e pequenas e médias cidades, em áreas com clima mais quente e sem restrição de terra. Também no Brasil, este sistema representa um método de tratamento popular devido à simplicidade de construção e operação, custo-eficácia, baixos requisitos de manutenção e requisitos de baixa energia (BARROSSO, 2011).

Conforme descreve Barroso (2011), o processo de tratamento produz dois tipos de resíduos:

- Os biossólidos (lamas de esgoto, que não são objeto desta revisão) e
- O efluente de esgoto tratado (EET).

O sistema de lagoas de estabilização (também conhecido como o sistema australiano) geralmente é dividido em dois estágios diferentes. A primeira etapa ocorre nas lagoas anaeróbicas (tratamento primário) que são principalmente projetadas para a redução da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e remoção de sólidos orgânicos e inorgânicos, graxas e óleos (SANTOS 2011).

Conforme descreve Santos (2011), nessas lagoas a degradação da matéria orgânica é lenta, resultando em incômodo devido à formação de sulfato de hidrogênio. Na fase final do processo anaeróbio, ocorrem fases acidogênicas e metanogênicas que liberam metano, hidrogênio e dióxido de carbono.

O estágio secundário (tratamento secundário), que ocorre nas lagoas facultativas, é considerado a fase mais importante no processo de tratamento de águas residuais. As lagoas facultativas são maiores na área, relativamente pouco profundas e predominantemente caracterizadas por processos de oxidação na superfície e processos anaeróbicos em profundidade (HELLER; PÁDUA, 2006).

Heller; Pádua (2006), explicam que durante o estágio secundário nas lagoas facultativas, a maior parte da matéria orgânica remanescente é removida através de um mutualismo coordenado de algas e bactérias. As algas fornecem o oxigênio (por fotossíntese) para as bactérias (aeróbicas ou facultativas) para oxidar os compostos orgânicos nas águas residuais, e as bactérias fornecem, por degradação de resíduos orgânicos, nutrientes e CO² para que as algas sejam consertadas em novos

materiais celulares. O resultado deste processo biológico é converter o conteúdo orgânico do efluente em formas mais estáveis.

O produto líquido originado de sistemas de lagoas de estabilização é referido como Efluente de Esgoto de Tratamento Secundário (EETS). No entanto, o EETS normalmente não atende aos padrões de qualidade da água para disposição como águas superficiais (CUTOLO, 2009).

A descarga de EETS em fluxos superficiais pode causar sérios danos ambientais, como a eutrofização dos sistemas fluviais e é condenada por restrições ambientais, legais e sociais. A busca de alternativas para resolver os problemas ambientais causados pela eliminação de efluentes tem sido objetivo de vários estudos (CUTOLO, 2009).

Ainda no entendimento de Cutolo (2009), uma das alternativas para enfrentar o problema dos efeitos adversos do EETS seria o uso de uma fase de tratamento terciário. No entanto, é uma tecnologia dispendiosa, que pode exceder uma milhão de dólares, dependendo do volume de águas residuais a serem tratadas.

Santos (2011), aponta que, particularmente no Brasil, a implementação de um tratamento terciário é restringida por:

- Ausência de políticas nacionais de tratamento de esgoto em longo prazo;
- Ausência de pelo menos uma das unidades de saneamento (rede geral, instalações sanitárias e coleta de lixo) em 43,5% das famílias permanentes no Brasil.

Por outro lado, vários estudos em outros países mostraram que a aplicação de EETS como fonte de água e nutrientes para irrigação agrícola representa uma alternativa de baixo custo e é aplicável tanto em regiões secas quanto em regiões úmidas. Assim, a aplicação de EETS ao sistema solo-planta pode mitigar a escassez de recursos hídricos e a descarga de nutrientes para os corpos d'água, utilizando o solo e as plantas como filtros naturais (OLIVEIRA; *et al*, 2012).

Além de benefícios econômicos adquiridos para diversas condições climáticas e do solo, a irrigação de culturas com EETS constitui um método ecologicamente sólido para a eliminação de efluentes no meio ambiente. Além disso, a prática de irrigação da EET aborda algumas questões importantes discutidas na Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento e Meio Ambiente no Rio de Janeiro, em 1992 (CUNHA; *at al*, 2011).

Para Oliveira; *et al*, (2012), a descarga de águas residuais em guias de água naturais, nutrição sustentável de plantas e mitigação de uso de água doce para fins agrícolas são benefícios diretos dessa técnica. Assim, a irrigação das culturas com EET pode contribuir para um desenvolvimento sustentável do nosso meio ambiente.

No entanto, a eficiência do sistema solo-planta que recebe EET, bem como a viabilidade desta prática e a capacidade de usar os nutrientes contidos na EET dependem dos seguintes fatores (CARVALHO, 2014):

- a) Qualidade microbiológica e características químicas do efluente, incluindo risco de salinidade, risco de sodicidade e nitrato (NO_3^-), bem como a forma N-predominante no efluente;
- b) Disponibilidade de fontes de água e condições ambientais;
- c) Adequação da tecnologia de irrigação e da qualidade dos efluentes, bem como a topografia da área;
- d) Quantidade de efluentes e frequência de aplicação de efluentes;
- e) Concentrações de nutrientes no efluente e quantidade de fertilizantes minerais aplicados;
- f) Químico, físico, microbiológico e características bioquímicas do solo, bem como a fertilidade natural do solo;
- g) Tipo e destino do rendimento da cultura em questão;
- h) Condições socioeconômicas e nível tecnológico dos agricultores.

No entendimento de Santos (2011), a escolha das culturas para a irrigação de EET foi o principal fator para a sustentabilidade da irrigação de efluentes porque certas culturas podem ser irrigadas com águas residuais sem implicações negativas sobre o rendimento. Além disso, as plantas podem controlar a perda de N no sistema solo-planta minimizando a lixiviação de N. Neste contexto, as culturas escolhidas para receber irrigação com EET devem apresentar as seguintes características:

- Altas demandas de água e N;
- Bom uso potencial;
- Comercializável e economicamente viável.

O uso eficiente de nutrientes pelas plantas, principalmente N, implica em menores custos de fertilizantes minerais, economia de energia e redução de riscos de poluição para as águas subterrâneas (MATOS; LO MONACO, 2003).

Considerando os aspectos mencionados acima e do ponto de vista agrônomo-ambiental, podem ser esperados resultados promissores da irrigação de EET em três principais agrossistemas que são as culturas anuais, os pomares e florestas, e as culturas forrageiras.

2.2 Potencial de uso de efluente de esgoto tratado (EET)

O uso de efluentes de esgoto tratados (EET) para irrigação agrícola é uma prática antiga e popular na agricultura. No entanto, no Brasil, esse método ainda é recente. A irrigação com EET tem sido utilizada para três propósitos (MOTA, 2003):

- Método de tratamento complementar para águas residuais;
- Uso de água marginal como fonte de água disponível para agricultura - um setor que exige 70% do consumo de água no Brasil;
- Uso de EET como fonte de nutrientes, associado ao racionamento de fertilizantes minerais e a diminuição do processo de produção destes.

Segundo descreve Mota (2003), o sistema solo-planta, se administrado adequadamente, possibilita a retenção de componentes do efluente principalmente devido à incorporação de elementos na matéria seca das plantas, levando a uma diminuição das concentrações de elementos nas águas superficiais em geral.

A colheita e remoção de material vegetal retiram os elementos acumulados, que contribuem ainda mais para a lixiviação de elementos, principalmente nitrogênio (N) e fósforo (P) e enriquecimento na composição do subsolo sem afetar as reservas de águas subterrâneas (MOTA, 2003).

Embora a irrigação com EET possa mitigar os danos e a utilização dos recursos hídricos naturais e permitir o desvio de nutrientes dos corpos d'água, isso pode resultar em riscos que precisam ser considerados com mais detalhes (SANTOS 2011).

Com foco em aspectos agrônômicos e ambientais, os efeitos da irrigação com EET na produção e rendimento nutricional das plantas, sejam em culturas anuais, pomares, florestas e forragens, possibilitam a determinação das alterações nas características químicas, físicas e microbiológicas do solo (SOUZA, 2005).

2.3 Riscos ambientais decorrentes do uso de EET

Além de efeitos benéficos, a prática de irrigação de EET pode causar riscos ambientais, como o potencial de transmissão de doenças, uma vez que os agentes patogênicos no efluente podem sobreviver no sistema solo-planta. Neste contexto, o risco real, no entanto, está relacionado a saber se esse tempo de sobrevivência é suficientemente longo para permitir a transmissão para um hospedeiro susceptível (CARVALHO, 2014).

Os fatores que controlam a transmissão da doença são agronômicos, como a cultura cultivada, o método de irrigação utilizado para a aplicação das águas residuais e as práticas de manejo e colheita utilizadas. O maior risco de contaminação por meio de patógenos entéricos está sendo causado pelo uso de águas residuais não tratadas na irrigação agrícola, afetando trabalhadores agrícolas e consumidores (BARROSO; WOLFF, 2011).

Barroso; Wolff (2011) explica que, as medidas de proteção para a saúde pública devem incluir uma integração de diversas alternativas de controle, tais como:

- Restrições de colheita;
- Tratamento secundário de águas residuais seguido de processos de cloração;
- Controle de aplicação de EET, exposição humana e higiene;
- Redução de riscos de contaminação, por exemplo, por forragem seca ao sol, conforme utilizado em sistemas de produção de feno.

Assim, para o uso sustentável dos EET nos agrossistemas, o monitoramento da qualidade dos efluentes, especialmente do ponto de vista microbiológico, é de fundamental importância (BARROSO; WOLFF, 2011).

Além dos problemas ainda existentes de aceitação pública, verificou-se que a irrigação de culturas com EET se altera de forma química, física, microbiológica e características bioquímicas dos solos, bem como condições ambientais. A magnitude das mudanças no sistema solo-água-planta-humano-ambiente depende das condições locais, como o tipo de solo, as espécies de plantas, o clima, as fontes de água e a qualidade/quantidade da EET aplicada ao sistema de produção (CUTOLO, 2009).

Em relação ao carbono total (TC), concentrações totais de nitrogênio (TN) e atividade microbiana nos solos, verificou aumento devido à entrada N e C por EET. Os aumentos após a irrigação de EET foram observados principalmente em experiências de longo prazo. Por outro lado, as diminuições nas concentrações TC e

TN foram relatadas em vários outros estudos e foram atribuídas aos seguintes fatores (MATOS, 2007):

- Predominância do efluente-N na forma mineral;
- Mineralização rápida da fração de N orgânica efluente, consistindo predominantemente em algas mortas;
- Baixa relação C/N de EET;
- Aumento da atividade microbiana que incentiva a decomposição de matéria orgânica associada a prováveis efeitos de iniciação devido a altas entradas de efluente-N.

Os efeitos iniciais são fortes mudanças de curto prazo no volume de negócios da matéria orgânica causadas por tratamentos comparativamente moderados do solo. No decurso de efeitos iniciais, grandes quantidades de C,N e outros nutrientes podem ser liberados ou imobilizados em solo em um curto período de tempo (MATOS, 2007).

Supondo que a perda extra do solo é causada por uma ação de iniciação, a explicação provável é que há um acúmulo de uma grande e vigorosa população de microrganismos quando material de energia é adicionado ao solo e que esses microrganismos subsequentemente produzem enzimas que atacam as defesas contidas no solo (CARVALHO, 2014).

A biomassa microbiana do solo desempenha um papel fundamental nos processos que conduzem aos efeitos de iniciação real. Além disso, a entrada de N causa uma mineralização melhorada dos húmus nativos, embora uma ação de iniciação e plantas que cresçam em solo tratado desenvolvam um sistema radicular mais extenso, permitindo assim uma melhor utilização do solo não marcado N pela planta (TONETTI; *et al*, 2012).

Segundo Matos (2007), em solos protegidos e intactos, irrigados com EET na proporção de 50 mm por semana, ao longo de dois anos pode se chegar ao seguinte resultado:

- Efeitos de iniciação em dois desses solos (um solo bem drenado com alto teor de alôfanos e um solo bem drenado formado em uma duna de areia);
- Aumento da lixiviação de N devido ao aumento da lixiviação do solo orgânico.

A aplicação de EET também revelou incrementos nas propriedades bioquímicas do solo, como biomassa microbiana, respiração basal, atividade

respiratória específica ou quociente metabólico e atividades enzimáticas hidrolíticas. No entanto, esses parâmetros se mostram sensíveis às mudanças em seu ambiente, por exemplo, alterações visíveis na composição e na quantidade de EET aplicada (MATOS, 2007).

Por meio da Eletroforese em Gel de Gradiente Desnaturante (DGGE), mostrou-se que as alterações na aplicação de EET resultaram em alterações significativas da diversidade genética de microrganismos no solo. Foram observadas mudanças na composição das populações de bactérias oxidantes de amônia envolvidas no processo de nitrificação (SILVA, 2017).

Em conformidade com a estimulação da atividade microbiana, o uso de EET em agrossistemas tende a aumentar a densidade de grupos de microrganismos como bactérias totais, actinomicetos e fungos. Nesse contexto, relataram um aumento das bactérias amoníacas que refletem a mineralização orgânica do N (TONETTI; *et al*, 2012).

Em contraste, a bactéria oxidante com amônia quimiolitotrófica apresentou comportamento diferente. Após a adição de compostos orgânicos (via EET ou resíduos orgânicos), as bactérias oxidantes de amoníaco quimiolitotróficas foram sujeitas a uma desvantagem competitiva em comparação com as comunidades microbianas heterotróficas, levando a uma diminuição da densidade populacional de bactérias oxidantes de amônia autotrófica (TONETTI; *et al*, 2012).

2.4 Possibilidades de alterações químicas do solo pela aplicação de EET

A adição de compostos orgânicos por elevadas entradas de efluente solúvel-C favorece as comunidades microbianas heterotróficas gerando NO_3^- por nitrificação heterotérmica. Essas comunidades microbianas também são capazes de realizar a desnitrificação usando NO_3^- e NO_2^- (nitrito) como aceptores de elétrons, resultando na formação de óxido nitroso (N_2O) (BOARETO, 2009).

As perdas de N por desnitrificação após irrigação de EET também podem ser encorajadas por altas concentrações de NO_3^- N e diminuição de O_2 concentrações no solo. Esses fatores podem explicar os aumentos de até 2 vezes até 50 vezes das taxas de desnitrificação em solos irrigados com EET (EMBRAPA, 2006).

Geralmente, a desnitrificação pode levar a saídas indesejáveis de N dos solos na forma de N_2O que são conhecidos como potenciais componentes gasosos na

atmosfera contribuindo para o efeito estufa. Além disso, os NO são caracterizados como gases reativos químicos que regulam a produção de ozônio na troposfera e representam uma condição básica para a chuva ácida. O N_2 contribui para a degradação da estratosfera (MEDEIROS, 2005).

Segundo Medeiros (2005), outro fator importante representa a alcalinidade dos efluentes que favorece a volatilização da amônia (NH_3), levando além disso a perdas de N de solos após irrigação de EET. A concentração de amônio (NH_4^+) no efluente, pH na superfície do solo e temperatura são fatores que interferem diretamente no equilíbrio entre NH_4^+ e NH_3 na solução do solo e a quantidade de NH_3 que está sendo volatilizada.

A perda de NH_3 do solo após a aplicação de EET é maior durante o dia (temperaturas mais elevadas). A volatilização de NH_3 pode ser reduzido por aplicação frequente de pequenas quantidades de EET. Embora a volatilização do NH_3 represente um aspecto importante em relação às perdas de N do solo, ainda há uma falta de estudos sobre sua quantificação em diferentes agrossistemas no Brasil, onde a irrigação de EET já é praticada (EMBRAPA, 2006).

Em EET, NH_4^+ - N constitui normalmente a forma de N predominante. Embora a nitrificação nos solos possa prosseguir dentro de horas, o NH_4^+ também pode ser adsorvido eletrostaticamente ao complexo de troca de cátions que pode retardar os processos de transformação microbiana (MEDEIROS, 2005).

Santos; *et al*, (2006), explicam que os solos florestais irrigados com EET apresentam maior lixiviação de N quando NO_3^- - N representava a forma de N predominante no efluente. A lixiviação de N é menor quando NH_4^+ e N for a principal forma de N no efluente.

As concentrações crescentes de mineral-N, particularmente de NO_3^- - N, foram determinadas na solução do solo após irrigação de EET de culturas anuais, pomares, plantas forrageiras e plantações florestais. Os aumentos em NO_3^- - N pode ser atribuída aos seguintes fatores (SANTOS; *et al*, 2006):

- Transformação rápida de efluente NH_4^+ - N e N-orgânico para NO_3^- - N;
- Aumento da mineralização e nitrificação do nitrogênio orgânico do solo por aplicação de EET;
- Inadequação entre os requisitos de N da safra e a entrada de N por irrigação de EET.

O monitoramento de $\text{NO}_3^- \text{N}$ na solução do solo é crucial porque as altas concentrações de $\text{NO}_3^- \text{N}$ nos solos apontam para o risco de contaminação das águas subterrâneas afetando negativamente a qualidade da água para o consumo humano. O excesso de $\text{NO}_3^- \text{N}$ na água potável (e nos alimentos) pode levar à mortalidade infantil resultante de uma redução de NO_3^- para NO_2^- por microrganismos no estômago do bebê e no rúmen dos animais. No NO_2^- do sangue liga-se à hemoglobina que impede a ligação de oxigênio para o transporte para as células (MEDEIROS, 2005).

A irrigação de EET não afetou o pH do solo devido à alta capacidade tampão do solo. No entanto, vários estudos relataram ligeiros aumentos do pH do solo em diferentes agrossistemas irrigados com EET. O aumento do pH do solo foi atribuído a (SANTOS; *et al*, 2006):

- pH de efluente elevado;
- Adição de cátions trocáveis e alcalinidade por efluente;
- Aumento da desnitrificação que consome um mol de H^+ para cada NO molhado NO_3^- ;
- Adição de resíduos orgânicos ao solo seguido de descarboxilação e desaminação (compostos orgânicos e aminoácidos) processos consumindo prótons;
- Interação desses fatores associados à baixa capacidade de troca catiônica (CEC) do solo, como normalmente encontrado em solos brasileiros.

No entanto, as mudanças de pH são geralmente de baixa magnitude (menor que uma unidade) sem importância prática em relação à disponibilidade de nutrientes, especialmente nos solos ácidos do Brasil com baixa fertilidade natural inerente (SANTOS; *et al*, 2006).

A entrada de P no solo por irrigação de EET geralmente não ocorre em excesso. Nos casos de aumento das concentrações de P disponíveis após a ocorrência de alterações de irrigação de EET tanto na camada superficial quanto na camada superficial e foram mais pronunciadas em experimentos realizados ao longo de mais de cinco anos. Após a colheita e a remoção do material vegetal, o efluente-P incorporado pode ser removido do sistema solo-planta minimizando os efeitos

indesejáveis das concentrações elevadas de P na solução do solo (TONETTI; *et al*, 2012).

A capacidade específica de adsorção do solo para reter P pode contribuir para evitar a lixiviação de P da zona da raiz para camadas mais profundas e representa um fator para manter a sustentabilidade ambiental do sistema após a irrigação do EET. Em contraste, forneceram evidência de migração de P em solos arenosos após irrigação de EET. No entanto, até à data, poucos estudos se concentraram nos mecanismos que controlam a migração e retenção de P em áreas sob irrigação de EET. Assim, estudos de campo de longo prazo são necessários para compreender os processos que controlam a dinâmica do efluente-P no solo, especialmente em solos com cargas variáveis que representam a condição predominante nos agrossistemas no Brasil (BOARETO, 2009).

No entendimento de Matos (2007), a irrigação com EET pode causar alterações nas concentrações trocáveis de Ca, Mg e K. Os aumentos das concentrações de Ca intercambiáveis foram observados principalmente em períodos mais longos em solos sob plantações florestais e pastagens. A Mg trocável mostrou aumentos, diminui ou alterações negligenciáveis após a irrigação de EET. Também os resultados em concentrações de K permutáveis foram contraditórios.

O aumento de Na favoreceu a dessorção e lixiviação de K que podem ser diretamente relacionados à CEC do solo. Daqui decorre que, em caso de baixa concentração de K e alta concentração de Na em EET, deve ser adicionado (via fertilização mineral) para manter a absorção e rendimento adequados da planta K. Este fato é crucial especialmente para os solos tropicais no Brasil com baixa CEC e baixa fertilidade natural (MATOS, 2007).

No que diz respeito às concentrações de Na intercambiáveis e à percentagem de sódio permutável (PSP), os níveis geralmente elevados foram determinados após a aplicação de EET, principalmente na camada superficial. Os aumentos foram encontrados tanto em solos agrícolas como florestais, bem como em estudos sobre curtos e longos termos (BOARETO, 2009).

Neste contexto, observou-se:

- Aumento de 3,5 a 25 vezes nas concentrações de Na do solo, dependendo das taxas de aplicação de EET;
- Aumento de PSP de 3,2 para 9,8% e de 2 a 25%;

- Aumento de 15,4 vezes em Na intercambiável e aumento de 13 vezes em PSP correspondendo a 22,5% da CEC do solo.

Após a irrigação de EET ambos aumentarem as concentrações de Na e Na permutáveis no solo na solução do solo. As altas concentrações de Na nos solos (sodicidade) podem causar deterioração das propriedades físicas do solo, especificamente a dispersão da argila com subsequente degradação da estrutura do solo, o bloqueio dos poros e a diminuição da permeabilidade do solo. Neste contexto, verificou-se que o aumento de Na e ESP trocáveis no solo causou alterações ou não na condutividade hidráulica. No entanto, a magnitude dos impactos adversos de Na nas propriedades do solo depende da eficiência da chuva para aumentar a lixiviação do Na. Assim, o monitoramento de Na no sistema de solo-planta-efluente-ambiente deve ser atribuído a mesma importância que o monitoramento de $\text{NO}_3^- \text{N}$ (TONETTI; *et al*, 2012).

A alta concentração de Na nos solos irrigados com EET não representa o único fator responsável pelas mudanças na condutividade hidráulica. Os estrangulamentos hidráulicos, bem como o abrandamento dos O_2 taxas de difusão nesses solos também são dependentes da qualidade (por exemplo, concentração de sólidos suspensos e dissolvidos) e a quantidade do EET aplicada. Os sólidos em suspensão no efluente (por exemplo, flocos de bactérias, materiais fibrosos e algas mortas) podem se associar com bactérias vivas e estimular a produção de polissacarídeos e outros compostos orgânicos, resultando em obstrução biológica do solo superficial (BOARETO, 2009).

A irrigação de EET também pode causar aumentos na salinidade do solo devido à concentração de sal do efluente. Em situações específicas, a alta salinidade do solo pode afetar a absorção de água pelas plantas devido à presença de Na^+ , Cl^- e HCO_3^- maiores concentrações na solução do solo. O aumento da salinidade do solo (medido por condutividade elétrica) após a irrigação de EET foi amplamente relatado para agricultura, pastagem e sistemas florestais. Além disso, observou-se que o aumento da salinidade do solo é mais pronunciado na camada superficial devido à evaporação superficial, levando salinização do solo (MATOS, 2007).

Os metais pesados têm principalmente concentrações baixas em efluentes domésticos. No entanto, a eliminação de efluentes industriais para o sistema de coleta e tratamento de efluentes domésticos pode levar a um aumento das

concentrações de metais pesados na EET onde podem ser associados (MATOS, 2007):

- A fração líquida que forma complexos organometálicos capazes de penetrar no solo com a água de irrigação;
- A fração sólida suspensa, levando a acumulação no solo superficial.

Em geral, os solos têm alta capacidade de reter metais pesados devido à baixa solubilidade e alta adsorção específica, causando baixas concentrações na composição do solo (BOARETO, 2009).

2.5 O sorgo

O sorgo é um gênero de plantas com flores *Poaceae* da família das gramíneas. Das vinte e cinco espécies de sorgo reconhecidas cientificamente dezessete são nativas da Austrália, com a gama de alguns que se estendendo para a África, Ásia, Américas, e algumas ilhas no Índico e Pacífico (ANTUNES; *et al*, 2007).

Silva; *et al*, (2005), explicam que algumas espécies são produzidas para uso dos grãos, enquanto outras são empregadas na produção de plantas forrageiras para fabricação de ração ou silagem. O sorgo é cultivado em regiões de clima quente em todo o mundo ou adaptado como pastagem em determinadas regiões com clima mais ameno. O sorgo está na subfamília *Panicoideae* e na tribo *Andropogoneae*, que engloba a cana-de – açúcar.

Uma espécie, *Sorghum bicolor*, nativa da África com muitas formas cultivadas agora é uma cultura importante em todo o mundo, usada para alimentação como grão e em xarope de sorgo ou soro de melaço, forragem animal, produção de bebidas alcoólicas e biocombustíveis (PEDREIRA; *et al*, 2003).

Filho; *et al*, (2010), explicam que o sorgo bicolor é uma cultura alimentar importante em países da África, América Central e Ásia, e é o quinto cereal mais produzido no mundo. Algumas espécies de sorgo podem conter níveis de cianeto de hidrogênio, hordenina e nitratos letais para animais de pastagem nos estágios iniciais do crescimento das plantas. Quando forçado por seca ou calor, as plantas também podem conter níveis tóxicos de cianeto e ou nitratos em estágios posteriores de crescimento.

Segundo descreve Pedreira; *et al*, (2003), a maioria das variedades de sorgo são secas e tolerantes ao calor, e são especialmente importantes em regiões áridas, onde o grão é uma das poucas opções para as populações rurais. Essas variedades formam componentes importantes de pastagens em muitas regiões tropicais.

Tabela 1 – Principais cultivares de sorgo do Brasil e suas características

| CARACTERÍSTICAS DAS PRINCIPAIS CULTIVARES DE SORGO | | | | | | | |
|---|----------------------------|-----------------|--------------------|---------------------------|---|-----------------------------------|---|
| Cultivar | Categoria comercial | Uso | Cor do grão | População (mil/ha) | Produtividade (t/ha) | Presença de tanino no grão | Características especiais |
| BR 304 | Híbrido granífero | Grãos | Vermelho | 160-180 | 4-6 (grãos) | Ausente | Porte baixo, excelente para safrinha, precoce. |
| BRS 307 | Híbrido granífero | Grãos | Vermelho | 140-160 | 4-6 (grãos) | Ausente | Maior resistência às doenças foliares mais comuns do sorgo desenvolvidos para safrinha. |
| BRS 310 | Híbrido granífero | Grãos | Vermelho | 150-180 | 4-5 (grãos) | Ausente | Alto potencial de produção, resistência às doenças foliares mais comuns do sorgo e desenvolvidos principalmente para o plantio em sucessão. |
| BRS 506 | Variedade | Silagem | Branco | 110-120 | 50-60 (matéria verde) | Ausente | Insensibilidade ao fotoperiodismo. |
| BR 610 | Híbrido forrageiro | Silagem | Vermelho | 120-140 | 15-18 (matéria seca) 50-60 (matéria verde) | Ausente | Alta produtividade de matéria seca, qualidade de silagem, ótima sanidade foliar, resistência ao acamamento. |
| BR 700 | Híbrido forrageiro | Silagem | Marrom | 140-170 | 35-40 (matéria verde) | Presente | Silagem de alto valor nutritivo, alta resistência ao acamamento, plantio preferencial no verão. |
| BRS 800 | Híbrido corte e pastejo | Corte e pastejo | - | 300-600 | 45-60 (3 cortes - matéria verde) | - | Especial para corte e ou pastejo, alta energia, alta proteína, grande capacidade de perfilhamento, grande velocidade de crescimento. |
| BRS 801 | Híbrido corte e pastejo | Corte e Pastejo | - | 300-600 | 45-60 (3 cortes - matéria verde) | - | Especial para corte e ou pastejo, alta energia, alta proteína, grande capacidade de perfilhamento e grande velocidade de crescimento. |

Fonte: Emater (2012).

O Sorgo tem como característica geral, para todas as cultivares, a eficiência na conversão da energia solar em energia química, e também utiliza menos água em comparação com outras culturas de cereais. O biocombustível, que utiliza sorgo doce como alto teor de açúcar do seu talo para a produção de etanol, está sendo desenvolvido com biomassa que pode ser facilmente processada e transformada em carvão, ração e biocombustível (PEDREIRA; *et al*, 2003).

Quanto a demanda hídrica, o volume de água necessário para completar o ciclo da planta tem uma variação entre 450 e 500 mm. Para a cultura do sorgo as fases críticas de disponibilidade de água no solo são dois, sendo que a primeira ocorre logo após o plantio e se mantém até o 25º dia após o início da fase germinativa da planta, e a segunda fase se dá no período que compreende a fase de floração das plantas (EMATER, 2012).

2.6 Potencial Nutricional do Sorgo

Uma quantidade de 100 gramas de sorgo cru fornece 329 calorias, 72% de carboidratos, 4% de gordura e 11% de proteína (tabela). O sorgo fornece inúmeros nutrientes essenciais em conteúdo rico, podendo chegar a 20% ou mais do Valor Diário Recomendado (VDR). Conforme demonstrado na tabela 1, as características nutricionais do sorgo são (PEDREIRA; *et al*, 2003). :

Tabela 2: Disponibilidade nutricional do sorgo

| Sorgo (grão) | |
|-----------------------------|---------------------|
| Valor nutricional por 100 g | |
| Energia | 1,377 kJ (329 kcal) |
| Carboidratos | 72,1 g |
| Fibra dietética | 6,7 g |
| Gorduras totais | 3,5 g |
| Proteína | 10,6 g |
| Vitaminas | |
| Tiamina (B 1) | (29%) 0,33 mg |
| Riboflavina (B 2) | (8%) 0,1 mg |
| Niacina (B 3) | (25%) 3,7 mg |

| | |
|-------------------------|---------------|
| Ácido pantotênico (B 5) | (8%) 0,4 mg |
| Vitamina B 6 | (34%) 0,44 mg |
| Folato (B 9) | (5%) 20 µg |
| Minerais | |
| Ferro | (26%) 3,4 mg |
| Cálcio | (1%) 13 mg |
| Magnésio | (46%) 165 mg |
| Manganês | (76%) 1,6 mg |
| Fósforo | (41%) 289 mg |
| Potássio | (8%) 363 mg |
| Sódio | (0%) 2 mg |
| Zinco | (18%) 1,7 mg |

Unidades

µg = microgramas • mg = miligramas

As porcentagens são aproximadas com base na dieta de adultos.

Fonte: Adaptado pelo autor de Pedreira (2003)

Na composição do cereal estão incluídos compostos fenólicos a base de proteínas, fibra, vitaminas B, niacina, tiamina, vitamina B6 e vários minerais essenciais à dieta humana, como ferro (26% VDR) e manganês (76% VDR). Os teores de nutrientes do sorgo geralmente são semelhantes aos da aveia crua. Entre outras semelhanças com a aveia, o sorgo não contém glúten, tornando-o útil para dietas em que a presença desse composto seja eliminada (ANTUNES; *et al*, 2007).

2.7 Espécies de sorgo e regiões de incidência

Conforme preceitua Antunes; *et al*, (2007), algumas espécies já foram consideradas parentes genéticas do sorgo, mas com o desenvolvimento das pesquisas sobre essa cultivar, houve uma adequação, com inclusão de outros gêneros e subespécies, que incluem variedades de *Andropogon*, *Arthraxon*, *Bothriochloa*, *Chrysopogon*, *Cymbopogon*, *Danthoniopsis*, *Dichanthium*, *Diectomis*, *Diheteropogon*, *Exotheca*, *Hyparrhenia*, *Hyperthelia*, *Monocymbium*, *Parahyparrhenia*, *Pentameris*, *Pseudosorghum*, *Schizachyrim* e *Sorghastrum*.

A tabela 3 demonstra as variedades de sorgo existentes e catalogadas cientificamente com suas respectivas origens bem como de regiões em que a cultivar foi adaptada (ANTUNES; *et al*, 2007).

Tabela 3 – Espécies de sorgo e suas origens

| Variedade | Região de origem e adaptação |
|-----------------------------|---|
| <i>Sorghum amplum</i> | Noroeste da Austrália |
| <i>Sorghum angustum</i> | Queensland |
| <i>Sorghum arundinaceum</i> | África, Índia, Madagascar, Ilhas do Oceano Índico |
| <i>Sorghum bicolor</i> | Nativo da região do Sahel na África; adaptado outras regiões. Principal variedade produzida no Brasil |
| <i>Sorghum brachypodum</i> | Território do Norte da Austrália |
| <i>Sorghum bulbosum</i> | Território do Norte, Austrália Ocidental |
| <i>Sorghum burmahicum</i> | Tailândia, Mianmar |
| <i>Sorghum controversum</i> | Índia |
| <i>Sorghum drummondii</i> | Alguns países africanos |
| <i>Sorghum ecarinatum</i> | Austrália |
| <i>Sorghum exstans</i> | Austrália |
| <i>Sorghum grande</i> | Queensland |
| <i>Sorghum halepense</i> | África, ilhas do Atlântico. Adaptado na Ásia Austrália, Américas |
| <i>Sorghum interjectum</i> | Austrália |
| <i>Sorghum intrans</i> | Austrália |
| <i>Sorghum laxiflorum</i> | Filipinas, Nova Guiné, Austrália |
| <i>Sorghum leiocladum</i> | Queensland, Nova Gales do Sul |
| <i>Sorghum virgatum</i> | Regiões secas do Senegal e Sahel |
| <i>Sorghum versicolor</i> | África |
| <i>Sorghum trichocladum</i> | México, Guatemala, Honduras |
| <i>Sorghum timorense</i> | Ásia, Austrália |
| <i>Sorghum stipoideum</i> | Austrália |
| <i>Sorghum</i> | Sahel do Mali até a Tanzânia; Iêmen, Omã, Índia |

| | |
|-----------------------------|---|
| <i>purpureosericeum</i> | |
| <i>Sorghum propinquum</i> | China, Subcontinente Indiano, Sudeste Asiático, Nova Guiné, Ilha de Natal, Micronésia, Ilhas Cook |
| <i>Sorghum plumosum</i> | Austrália, Nova Guiné, Indonésia |
| <i>Sorghum nitidum</i> | Ásia Oriental, Subcontinente Indiano, Sudeste Asiático, Nova Guiné, Micronésia |
| <i>Sorghum matarankense</i> | Território do Norte, Austrália Ocidental |
| <i>Sorghum macrospermum</i> | Território do Norte da Austrália |

Fonte: Embrapa (2015)

Conforme observado na tabela 3, fica perceptível que a Austrália e a África são os berços da maioria das variedades de sorgo, o que o caracteriza como uma espécie nativa de regiões com clima tropical. Evidências históricas do seu cultivo recaem sobre o Egito entre 2500 e 3000 a.C (ANTUNES; *et al*, 2007).

A partir do desenvolvimento de pesquisas genéticas nos Estados Unidos ainda na década de 50, passaram a constar variedades híbridas de sorgo com a finalidade de aumentar sua resistência e produtividade, o que potencializou sua difusão em outras regiões do planeta, popularizando sua produção maciça (COELHO, 2015).

As variedades híbridas desenvolvidas por pesquisadores norte-americanos possibilitaram aos consumidores escolher a cor e o sabor que mais agradasse o paladar de quem fizesse consumo do cereal. Atualmente o sorgo é cultivado em vários países do mundo com variedades, características e finalidades diversas (ANTUNES; *et al*, 2007).

3 METODOLOGIA

3.1 Tipos de pesquisa

O presente estudo foi desenvolvido segundo o padrão metodológico de revisão de literatura, sendo fundamentada através da seleção de publicações técnico científicas como monografias, dissertações e livros que tratam da temática aqui abordada com os indexadores reuso de água residuária, fertirrigação, cultura de sorgo.

Os anos das publicações escolhidas para a pesquisa bibliográfica foram compreendidos entre os anos de 2001 e 2017, com obras mais antigas citadas por autores de obras recentes. A pesquisa se ateve somente à publicações em língua portuguesa, já que as pesquisas brasileiras nesse ramo são as mais avançadas e detalhadas.

Para isso, foram feitas pesquisas no banco de dados SCIELO e Google acadêmico utilizando as seguintes referências: Sorgo, Reuso de água residuária, caracterização de solos agrícolas e fertirrigação.

Foram selecionadas 6 publicações específicas para detalhamento e foco de análise devido as informações de maior relevância se encontrarem dispostas em tais obras. Dentre os autores escolhidos, Silva (2010); Silva; *et al*, (2012); Silva (2017); Santana; Lacerda (2008) e Prudêncio (2016), Coelho (2015), tiveram destaque, por dispor das principais informações e dados necessários ao desenvolvimento da pesquisa do presente trabalho de conclusão de curso em engenharia civil pelo CEULP/ULBRA.

Após leitura interpretativa e detalhada do material selecionado, foram coletados os dados de interesse que a seguir foram agrupados por semelhanças. Todos os materiais utilizados para esta pesquisa estão especificados na tabela a seguir:

Tabela 4- Catalogação das principais referências bibliográficas

| AUTOR | TITULO | NATUREZA DA OBRA | ANO DE PUBLICAÇÃO |
|--|---|---|-------------------|
| SILVA, J. G. D. | Biotecnologia do uso de água residuária doméstica em solo do cerrado no cultivo do capim <i>brachiaria brizantha cv marandu</i> . | Tese de Doutorado em Biotecnologia e Biodiversidade. | 2017 |
| PRUDENCIO, T. C. | Aproveitamento de efluente do ceulp/ulbra no capim <i>brachiaria brizantha cv marandu</i> . | Monografia. Engenharia Civil. | 2016 |
| COELHO, A. M. | Manejo da fertilidade do solo, exigências nutricionais e adubação do sorgo granífero cultivado na safrinha. | Informe Agropecuário. | 2015. |
| SILVA, J. G. D.; MATOS, A. T.; BORGES, A. C.; PREVIERO, C. A. | Composição químico-bromatológica e produtividade do capim-Mombaça cultivado em diferentes lâminas de efluente do tratamento primário de esgoto sanitário | Pós-Graduação | 2012 |
| SILVA, J. G. D. | Fertirrigação do capim-mombaça com diferentes lâminas de efluente de tratamento primário de esgoto sanitário, estabelecidas com base na dose aplicada de sódio. | Dissertação Pós-Graduação em Engenharia Agrícola | 2010 |
| SANTANA, H. M. P.; LACERDA, M. P. C. | Solos representativos do estado do Tocantins sob vegetação natural do cerrado. | Dissertação de Mestrado. Ciências Agrárias - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária. | 2008. |

Fonte: Do autor (2017)

3.2 Procedimento adotado pelos pesquisadores na Coleta de amostras

O procedimento adotado por Prudêncio (2016), para as coletas das amostras do efluente proveniente do uso nas dependências do CEULP/ULBRA, seguiram as recomendações da Fundação Nacional de Saúde (FNS), através do Manual Prático de Análise de Água (BRASIL, 2006).

Foram coletadas 3 amostras para análise *in situ* das características físico químicas e biológicas do efluente. As amostras do efluente do CEULP/ULBRA foram coletadas e devidamente acondicionadas em caixas de isopor com gelo e enviadas ao laboratório de solos da Universidade Federal de Viçosa, para as análises

químicas, físicas e assim conhecer os teores dos principais nutrientes disponibilizados no resíduo.

A medição do pH no efluente foi feita utilizando-se um medidor de pH portátil; a condutividade elétrica (CE), um condutivímetro portátil; a demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅), pelo método iodométrico; a demanda química de oxigênio (DQO), pelo método oxidimétrico em refluxo aberto; a concentração de fósforo, por espectrofotometria; as concentrações de potássio e de sódio, por fotometria de chama; e de nitrogênio total pelo método Kjeldhal. As análises do efluente foram realizadas de acordo com o especificado em Standard Methods.

Uma das amostras do efluente coletado na instituição foi utilizada para análise de contagem de coliformes termotolerantes (*E. coli*) e totais no Laboratório de Qualidade da Água do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa.

3.3 Metodologia das análises

O modelo metodológico adotado por Prudêncio (2016), e que serviu de base para a presente pesquisa, adota a metodologia de quantificação dos coliformes termotolerantes e totais pelo método cromogênico com uso da técnica chamada “substrato Colilert”, para a determinação do número mais provável (NMP) de *Escherichia coli* em 100 mL de amostra. Essa bactéria é considerada a mais representativa da contaminação fecal dentro do grupo de coliformes fecais segundo a Organização Mundial de Saúde.

Foram levantados os dados de referência de necessidade nutricional do sorgo de acordo com o manual de adubação da Embrapa (2006). A necessidade dos macro nutrientes se concentrou em Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K) em virtude das concentrações de P e K no solo. Através do comparativo dos dados referentes a análise de solo realizada por Santana; Lacerda (2008), foram conhecidos os teores dos nutrientes disponibilizados pelo solo na região de Palmas – Tocantins, e com os dados da necessidade da cultura, chegou-se ao valor dos nutrientes que devem ser disponibilizados para a cultura do sorgo conforme os apontamentos de Coelho (2015).

A água residuária tem na sua composição N, P e K, que foi quantificada por Prudêncio (2016), conforme citado anteriormente, para que fosse calculada a

necessidade de resíduo a ser utilizada para suprir a adubação da planta e também a exigência hídrica da mesma, e que no caso do presente estudo se diferencia somente pelo tipo de cultura adotada (sorgo).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Características químicas e composição do sorgo

Como forma de avaliar a possibilidade de uso do efluente primário do esgoto doméstico produzido no CEULP/ULBRA na fertirrigação do Sorgo, buscou-se analisar a demanda da planta por nutrientes necessários ao desenvolvimento vegetativo da planta.

Para isso, foram analisados os resultados de estudos e pesquisas sobre o sorgo e suas características físicas, químicas e bromatológicas. Os teores de demanda para micro e macros nutrientes necessários para a cultura do sorgo foram extraídos da pesquisa de Boareto; *et al*, (2009), conforme apontado na tabela 5.

Tabela 5- Teores foliares de nutrientes adequados para a cultura do sorgo.

| MACRONUTRIENTES | (g/kg) | MICRONUTRIENTES | (mg/kg) |
|------------------------|---------------|------------------------|----------------|
| N | 25 – 35 | B | 4 – 20 |
| S | 1,5 – 3,0 | Cu | 5 – 20 |
| P | 2,0 – 4,0 | Fe | 65 – 100 |
| K | 14 – 25 | Mn | 10 – 190 |
| Ca | 2,5 – 6,0 | Mo | 0,1 – 0,3 |
| Mg | 1,5 – 5,0 | Zn | 15 – 50 |

Fonte: Adaptado de Boareto; *et al*. (2009).

Os dados apurados dizem respeito as amostras previamente secas da forragem e silagem, com sua análise realizada para conteúdo de matéria seca (MS), matéria orgânica, cinzas e proteína bruta (PB), em conformidade com procedimentos e Fibra Detergente Neutro (FDN) com base em métodos descritos por Boareto; *et al*, (2009) na tabela 6, e por Antunes; *et al*, (2007), na tabela 8.

Tabela 6 - Capacidade de extração de nutrientes para cultura do Sorgo no Brasil

| MATÉRIA SECA | GRÃOS | NUTRIENTES EXTRAÍDOS | | | | |
|---------------------|--------------|-----------------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| | | N (Kg/ha) | P (Kg/ha) | K (Kg/ha) | Ca (Kg/ha) | Mg (Kg/ha) |
| Total kg/ha | % | | | | | |
| 7820 | 37 | 93 | 13 | 99 | 22 | 8 |
| 9950 | 18 | 137 | 21 | 113 | 27 | 28 |
| 12540 | 16 | 214 | 26 | 140 | 34 | 26 |

| | | | | | | |
|-------|----|-----|----|-----|----|----|
| 16580 | 18 | 198 | 43 | 227 | 50 | 47 |
|-------|----|-----|----|-----|----|----|

Fonte: Adaptado pelo autor de Agricultura em Foco (2012).

4.2 Caracterização do efluente do CEULP/ULBRA

A base para a formulação da presente pesquisa foi o resultado do estudo de Silva (2010), que durante pesquisa sobre fertirrigação do capim Mombaça utilizou o esgoto sanitário do CEULP/ULBRA como fonte de nutrientes para a área experimental. Foi utilizado como base o teor de sódio, por ser o elemento de referência no caso das águas residuárias provenientes do uso doméstica.

Silva (2010) empregou cinco métodos distintos de tratamentos, com os seguintes valores de referência: 0 kg de Na ha⁻¹, 75 kg de Na ha⁻¹, 150 kg de Na ha⁻¹, 225 kg de Na ha⁻¹ e 300 kg de Na ha⁻¹.

A tabela 7 apresenta o resultado da análise laboratorial (físicas, químicas e microbiológicas do esgoto do CEULP/ULBRA), relativa a composição mineral (N², NO², NO³, NH³, N orgânico, Na, K, metais pesados, micronutrientes, condutibilidade elétrica, pH, gorduras e sólidos totais).

Tabela 7 - Características do esgoto sanitário do CEULP/ULBRA.

| CARACTERÍSTICAS FÍSICAS | | |
|---------------------------------|--|---|
| Dados do solicitados | Resultado | Métodos |
| Condutibilidade elétrica | 0,0634 S m ⁻¹ | Condutivímetro |
| Sólido totais | 298 mg/L | Balança |
| Sólido em suspensão totais | 18 mg/L | Balança |
| pH | 8,1 | Potenciômetro |
| Gorduras totais | 10,95% | Soxhlet |
| CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS | | |
| Nitrogênio total | 74,582 mg/L | Micro-Kjedhal |
| Nitrogênio orgânico | 26,621 mg/L | Bradford |
| Nitrito | 1,23 mg/L | Espectrofotométrico - Alfanatfalilamina |
| Nitrato | 3,421 mg/L | Espectrofotométrico - Brucina |
| Amônia | 40,319 mg/L | Espectrofotométrico - Nessler |
| As | Valores abaixo do limite de detecção (0.001) | |
| Cl | 4,56 | |
| Cd | 7,432 | |
| Cu | 0,436 | |
| Fe | 3,457 | Espectrometria de absorção atômica |
| Al | 0,542 | |
| Mn | 0,035 | |
| Mg | 0,021 | |

| | | |
|----|--------|---|
| S | 0,923 | |
| Ca | 0,221 | |
| P | 7,435 | Precipitação com molibidofosfato de quinolina |
| Na | 5,834 | Espectrometria no plasma |
| K | 18,601 | Espectrometria no plasma |

Fonte: Adaptado pelo autor de Prudêncio (2016).

Observação 1: A precisão depende da qualidade das amostras.

Observação 2: Os minerais foram determinados após uma digestão nitroperclórica.

Sendo: As – Arsênio; Ni – Níquel; Cl – Cloro; Cd – Cádmio; Cu – Cobre; Fe – Ferro; Al – alumínio; Mn

– Manganês; Mg – Magnésio; S – Enxofre; Ca – Cálcio; P – Potássio; Na – sódio; K – Potássio.

A referida análise foi realizada no Laboratório de Análise de Solo da Universidade Federal de Viçosa (UFV), na cidade de Viçosa – MG, à pedido da então acadêmica do curso de engenharia civil do CEULP/ULBRA Thainá Coelho Prudêncio, no primeiro semestre de 2016.

Os resultados das análises físicas, químicas e microbiológicas do esgoto estão sendo apresentadas na Tabela 10. O valor de pH foi de 8,1, no que se refere a água residuária utilizada para fertirrigação do capim *brachiaria brizantha*, o que o caracteriza como levemente alcalino. O resultado está dentro do intervalo de valores admissíveis (5 – 9) para lançamento de esgoto sanitário nos corpos hídricos.

Conforme descrito por Silva (2010), citando os valores encontrados por Pescod (1992); e WHO (2004), para concentrações de K em água residuária os valores apresentados na tabela 9 encontram-se abaixo dos valores de referência, já que segundo os mesmos autores as concentrações típicas de K em esgotos sanitários são de 30 mg L⁻¹.

Ao analisar a concentração de fósforo, foi constatado um valor levemente superior aos números apontados por Von Sperling (2005), que é de 4 mg L⁻¹, conforme a Tabela 9.

A concentração de N encontra-se dentro do intervalo descrito por Pescod (1992) e Von Sperling (2005), que são de 40 a 80 mg L⁻¹. A concentração de Na no esgoto sanitário foi de apenas 5,83 mg L⁻¹, resultados não coerentes com os obtidos pelos autores, que ficou na faixa aproximada de 40 mg L⁻¹.

Para Silva (2010) a baixa concentração encontrada de Na tem relação com a baixa utilização de água para lavagem de alimentos, que é a principal fonte desse elemento químico para a água residuária dispensada via instalações sanitárias.

Os números apontados em relação aos sólidos totais foi de 298 mg L⁻¹. Von Sperling (2005), citou uma faixa de 700 a 1.350 mg L⁻¹, para esgoto bruto, enquanto Souza (2005), obteve concentração média de sólidos totais na faixa de 528 mg L⁻¹ para o mesmo efluente. Em relação aos sólidos suspensos totais, Von Sperling (2005), citou a faixa de 500 a 900 mg L⁻¹ como sendo a mais encontrada em esgoto bruto, porém o valor encontrado foi de apenas 18 mg L⁻¹ (Tabela 10).

Segundo Silva (2010), a influência de sólidos no efluente pode restringir a sua utilização na agricultura, pois grande concentração pode acarretar problemas tanto nos solos, como nos sistemas de aplicação. A água residuária pode apresentar risco de entupimento causado pela presença de sólidos totais na água.

Para Matos (2003), os sólidos são fontes de matéria orgânica para o solo e que, mesmo em pequenas quantidades, podem prejudicar suas propriedades físicas, como a condutividade hidráulica, drenagem, massa específica, entre outras.

Quanto à condutividade elétrica, de acordo com Bernardo *et. al* (2008), a água residuária está enquadrada na classe C3, salinidade alta, na faixa de 0,75 e 2,25 dS m⁻¹, não recomenda-se a aplicação em solos com deficiência de drenagem e, naqueles em que ela seja adequada, pode ocorrer a necessidade de práticas especiais para o controle da salinidade. Somente é recomendável sua aplicação em solo onde se cultivam plantas com boa tolerância aos sais (BERNARDO *et. al*, 2008, citado por SILVA, 2010).

4.3 Nutrientes fornecidos pelo esgoto sanitário do CEULP/ULBRA

Com base nos dados encontrados na tabela 11 os teores aferidos de nitrogênio, fósforo e potássio foram de, respectivamente: 74,5 mg/L, 7,4 mg/L e 18,6 mg/L e numa produção diária de 24 litros de água residuária por pessoa, considerando 25 dias, devido aos domingos de cada mês, num período de dez meses, devido ao período de férias na Instituição de ensino, conforme citado anteriormente, teremos:

4.3.1 Nível de Nitrogênio

$$74,5 \text{ mg} \rightarrow 1 \text{ L}$$

$$X \rightarrow 163200 \text{ L}$$

$$X = 12,158 \text{ kg de N/dia}$$

$$12,158 \text{ kg de N/dia} * 25 \text{ dias} = 303,96 \text{ kg de N/mês}$$

$$303,96 \text{ kg de N/mês} * 10 \text{ meses} = 3039,6 \text{ kg de N/ano.}$$

De acordo com os dados obtidos da Tabela 8 - Capacidade de extração de nutrientes para cultura do Sorgo no Brasil, a necessidade do Nitrogênio para o cultivo do capim Sorgo é de 214 kg/ha.

$$214 \text{ kg} \rightarrow 1 \text{ ha}$$

$$3039,5 \text{ kg de N/ano} \rightarrow x$$

$$X = 14,2 \text{ há}$$

4.3.2 Nível de fósforo

$$7,4 \text{ mg} \rightarrow 1 \text{ L}$$

$$X \rightarrow 163200 \text{ L}$$

$$X = 1,208 \text{ kg de P/dia}$$

$$1,208 \text{ kg de P/dia} * 25 \text{ dias} = 30,192 \text{ kg de P/mês}$$

$$30,192 \text{ kg de P/mês} * 10 \text{ meses} = 301,92 \text{ kg de P/ano.}$$

De acordo com os dados obtidos da Tabela 8 - Capacidade de extração de nutrientes para cultura do Sorgo no Brasil, a necessidade do Fósforo (P) o para o cultivo do capim Sorgo é de 26 kg/ha.

$$26 \text{ kg} \rightarrow 1 \text{ ha}$$

$$301,92 \text{ kg} \rightarrow x$$

$$X = 11,61 \text{ ha}$$

4.3.3 Nível de potássio

$$18,6 \text{ mg} \rightarrow 1 \text{ L}$$

$$X \rightarrow 163200 \text{ L}$$

$$X = 3,03 \text{ kg de K/dia}$$

$$3,03 \text{ kg de K/dia} * 25 \text{ dias} = 75,89 \text{ kg de K/mês}$$

$$75,89 \text{ kg de K/mês} * 10 \text{ meses} = 758,88 \text{ kg de K/ano.}$$

De acordo com os dados obtidos da Tabela 8 - Capacidade de extração de nutrientes para cultura do Sorgo no Brasil, a necessidade do Potássio (K) para o cultivo do capim Sorgo é de 140 kg/ha.

$$58 \text{ kg} \rightarrow 1 \text{ ha}$$

$$758,88 \text{ kg} \rightarrow x$$

$$X = 5,42 \text{ ha}$$

Se adotarmos a maior área para cultivo de sorgo que é de 14,2 há, poderíamos suprir a necessidade dos nutrientes em 100% para Nitrogênio, 81,76% para Fósforo e 38,17% para Potássio. Para complementar a parcela restante de nutrientes (Fósforo e Potássio) seria necessária à utilização de adubo químico, na ordem de 67,28kg de Fósforo e 64,72kg de Potássio.

5 CONCLUSÃO

Com base nos estudos apresentados, por meio de análises físicas e químicas dos teores dos principais nutrientes presentes no efluente do CEULP/ULBRA, conclui-se que é possível fertirrigar uma área de 14,2ha (142.000m²) com o *Sorghum bicolor*, utilizando todo o esgoto produzido em um ano pelo CEULP/ULBRA, considerando o consumo de 30 litros de água por dia, num período de 10 meses de um ano.

Por meio dos cálculos e das pesquisas realizadas neste presente trabalho foi possível constatar que, dentre os principais nutrientes obtidos da água residuária do CEULP/ULBRA o Nitrogênio foi o que se apresentou em maior abundância, e com a quantidade igual a 3039,6 kg de N/ano seria possível utiliza-lo como adubo em uma área de 14,2 Hectares, enquanto que com os nutrientes Fósforo e Potássio, a área de possível cultivo seria de, respectivamente: 11,61ha e 5,42ha.

Por fim, ao comparar os valores da demanda nutricional para a cultura do sorgo (COELHO, 2105), com os dados da análise da água residuária coletada no Centro Universitário Luterano de Palmas (SILVA, 2012) infere-se que é possível equalizar os valores até que se chegue aos teores e composição ideal de macronutrientes para a fertirrigação do Sorgo, complementando com adubo químico os nutrientes que se encontram em déficit.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, R. C; RODRIGUEZ, N. M; GONÇALVES, L.C; RODRIGUES, J. A. S.; BORGES, I; BORGES, A. L. C. C; SALIBA, E.O.S. Composição bromatológica e parâmetros físicos de grãos de sorgo com diferentes texturas do endosperma. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.** v.59, n.5, p.1351-1354, 2007.

AGRICULTURA EM FOCO. **Nutrição e adubação do sorgo.** Institucional, 2012. Disponível em: <<http://agriculturainfoco.blogspot.com.br/2012/08/nutricao-e-adubacao-do-sorgo.html>> Acesso em 28 set 2017.

BARROSO, L. B; WOLFF, D. B. **Reúso de esgoto sanitário na irrigação de culturas agrícolas.** Espírito Santo do Pinhal – SP: USP, 2011.

BOARETTO, A. E; RAIJ, B. V; SILVA, F. C; CHITOLINA, J. C; TEDESCO, M. J; CARMO, C. A. F. **Amostragem acondicionamento e preparo de amostras de planta para análise química.** Manual de análises químicas de solos, planta e fertilizantes. Brasília, DF. 2009.

CARVALHO, N. L; HENTZ, P; SILVA, J. M; BARCELLOS, A. L. **Reutilização de águas residuárias.** Santa Maria – RS, UFSM, 2014.

COELHO, Antônio Marcos. Manejo da fertilidade do solo, exigências nutricionais e adubação do sorgo granífero cultivado na safrinha. **Informe Agropecuário.** Belo Horizonte, v. 35, n. 278, p. 76-88, jan./fev.2015.

CONTE, M.L.; LEOPOLDO, P.R. **Avaliação de Recursos Hídricos: Rio Pardo, um exemplo.** São Paulo, editora UNESP, 2001.

CUNHA, A. H. N; OLIVEIRA, T.H; FERREIRA, R.B; MILHARDES, A.L.M; SILVA, S.M.C. **O reuso de água no Brasil: A importância da reutilização de água no país.** Anápolis-GO, 2011.

CUNHA, A. H. N.; FERRARI, A. R. **Reuso de água no Brasil**. Anápolis-GO: UEG, 2011.

CUTOLO, S.A. **Reuso de águas residuárias e saúde pública**. São Paulo: Annablume; Fapesp, 2009.

EMATER. **Cultura do Sorgo**. Elaboração de Wilson José Rosa. Departamento Técnico. Belo Horizonte: Emater–MG, agosto de 2012

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa. **Centro Agroflorestal de Rondônia**. Porto Velho: Embrapa, 2010.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006.

FILHO, Antônio Ricardo Bezerra Vasconcelos; FILHO, Francisco Aires Sizenando; OLIVEIRA, Marcos José de Souza; SALES, Ronaldo de Oliveira. Composição químico-bromatológica do sorgo. **Rev. Verde de Agroecologia e Desenvolvimento sustentável**. Vol. 5. Nº. 5. 2010.

HELLER, L; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. Belo Horizonte: editora UFMA, 2006.

LO MÔNACO, P. A. **Fertirrigação do cafeeiro com águas residuárias da lavagem e descascamento de seus frutos**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa: UFV, 2005.

MANCUSO, P. C. S; SANTOS, H. F. **Reuso de Água**. São Paulo: Manole, 2003

MATOS, A. T. **Disposição de águas residuárias no solo**. Caderno didático 38. Viçosa: AEAMG/DEA/UFV. 2007.

MATOS, A. T.; LO MONACO, P. A. V. **Tratamento e aproveitamento agrícola de resíduos sólidos e líquidos e despolpa dos frutos do cafeeiro**. Viçosa - MG: Associação dos Engenheiros Agrícolas do estado de Minas Gerais. 2003.

MEDEIROS, S. S. **Alterações físicas e químicas do solo e estado nutricional do cafeeiro em resposta à fertirrigação com água residuária de origem doméstica**. Tese Doutorado em Engenharia Agrícola. Viçosa – MG: UFV, 2005.

MOTA, S. **Avaliação do desempenho de culturas irrigadas com esgoto tratado**. Fortaleza- CE, 2003.

OLIVEIRA, J.F.; ALVES, S.M.C.; FERREIRA NETO, M.; OLIVEIRA, R.B. **Efeito da água residuária de esgoto doméstico tratado na produção de mudas de pimenta Cambuci e quiabo**. Mossoró-RN, 2012.

OMS. **Orientações de saúde para a utilização das águas residuais na agricultura e aquicultura**. Geneva, Technical Report Serie n. 74. Organização Mundial de Saúde, 2004.

PEDREIRA, Márcio dos Santos; REIS, Ricardo Andrade; BERCHIELLI, Telma Teresinha; MOREIRA, Andréia Luciane; COAN, Rogério Marchiori. Características Agronômicas e Composição Química de Oito Híbridos de Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.). Moench). **R. Bras. Zootec.** v.32, n.5, p.1083-1092, 2003.

PESCOD, M. B. **Wasterwater treatment and use in agriculture. Irrigation and Drainagem Paper**. n. 47. Roma: FAO, 1992.

SANTANA, Helena Maria de Paula; LACERDA, Marilusa Pinto Coelho. **Solos representativos do estado do Tocantins sob vegetação natural do cerrado**. Dissertação de Mestrado. Ciências Agrárias - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária. Brasília: FAV-UnB, 2008.

SANTOS, D.C. **Projeto Modelo: Potencial de reúso de águas residuais tratadas para fins agrícolas no nordeste brasileiro.** Campina Grande-PB, 2011.

SANTOS, S. S. S; SOARES, A. A; MATOS, A.T; MANTOVANI, E. C; BATISTA, R. O; MELO, J.C. **Contaminação microbiológica do solo e de frutos de cafeeiros fertirrigados com esgoto sanitário.** Engenharia na Agricultura, 14:16-22. 2006

SILVA, Almir Vieira; PEREIRA, Odilon Gomes; GARCIA, Rasmô; FILHO, Sebastião de Campos Valadares; CECON, Paulo Roberto; FERREIRA, Célia Lúcia de Luces Fortes. Composição Bromatológica e Digestibilidade in Vitro da Matéria Seca de Silagens de Milho e Sorgo Tratadas com Inoculantes Microbianos. **R. Bras. Zootec.** v.34, n.6, p.1881-1890, 2005 .

SILVA, J. G. D.; MATOS. A. T.; BORGES, A. C.; PREVIERO, C. A. **Composição químico-bromatológica e produtividade do capim-mombaça cultivado em diferentes lâminas de efluente do tratamento primário de esgoto sanitário.** Viçosa: UFV, 2012.

SILVA, J. G. D. **Biotecnologia do uso de água residuária doméstica em solo do cerrado no cultivo do capim brachiaria brizantha cv marandu.** Tese de Doutorado em Biotecnologia e Biodiversidade. Palmas: UFT, 2017

SILVA, J. G. D. **Fertirrigação do capim-mombaça com diferentes lâminas de efluente de tratamento primário de esgoto sanitário estabelecidas com base na dose aplicada de sódio.** Dissertação Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Viçosa – MG, 2010.

SOUZA, J. A. A. **Uso de água residuária de origem doméstica na fertirrigação do cafeeiro:** efeitos no solo e na planta. 2005. 160f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa, MG.

TONETTI, Adriano Luiz; FILHO, Bruno Coraucci; NICOLAU, Cintia Elena; BARBOSA, Martina; TONON, Daniele. Tratamento de esgoto e produção de água de reuso com o emprego de filtros de areia. **Eng Sanit Ambient.** v.17 n.3. 287-294. Jul. /Set 2012.

VAZ JUNIOR, N.V. **Estudo do reuso do esgoto sanitário do CEULP/ULBRA na cultura da grama esmeralda (ZOYSIA JAPÔNICA).** Palmas: CEULP/ULBRA, 2013.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3 ed. Belo Horizonte: Departamento de engenharia sanitária e ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.