



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

Ronaldo Alves Japiassú Filho

REUSO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DO ESGOTO DOMÉSTICO NO CERRADO



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

Ronaldo Alves Japiassú Filho

REUSO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DO ESGOTO DOMÉSTICO NO CERRADO

Projeto de Pesquisa elaborado e apresentado como requisito para a aprovação na disciplina de TCC II do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Luterano de Palmas elaborado sob orientação da Prof.^a Dra. Michele Ribeiro Ramos.



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


Ronaldo Alves Japiassú Filho

REUSO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DO ESGOTO DOMÉSTICO NO CERRADO

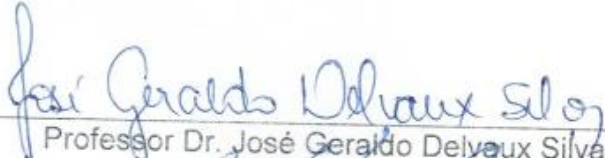
Projeto de Pesquisa elaborado e apresentado como requisito para a aprovação na disciplina de TCC II do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Luterano de Palmas elaborado sob orientação da Prof.^a Dra. Michele Ribeiro Ramos.

Aprovado em ____ / ____ / ____.

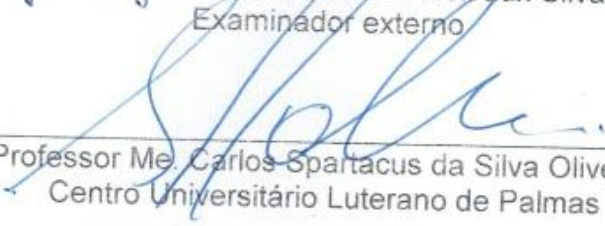
BANCA EXAMINADORA



Professora Orientadora Dra Michele Ribeiro Ramos.
Centro Universitário Luterano de Palmas



Professor Dr. José Geraldo Delyeux Silva.
Examinador externo



Professor Me. Carlos Spartacus da Silva Oliveira.
Centro Universitário Luterano de Palmas



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

SUMÁRIO

RESUMO-----	9
ABSTRACT-----	10
1 INTRODUÇÃO -----	11
1.1 OBJETIVOS-----	13
1.1.1 OBJETIVO GERAL-----	13
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS-----	13
1.2 JUSTIFICATIVA-----	14
1.3 PROBLEMA-----	15
1.4 HIPOTESE-----	16
2 REFERENCIAL TEÓRICO-----	17
2.1 HISTÓRIA DO SANEAMENTO BÁSICO -----	17
2.1.1 HISTÓRIA DO SANEAMENTO NO BRASIL-----	21
2.1.1.2 IMPORTANCIA DO SANEAMENTO-----	24
2.2 TRATAMENTO DE ESGOTO-----	25
2.2.1 TRATAMENTO DE FASE LÍQUIDA-----	26
2.2.1.1 TRATAMENTO PRIMÁRIO -----	27
2.2.1.2 TRATAMENTO SECUNDÁRIO-----	27
2.2.1.3 TRATAMENTO TERCIÁRIO-----	28
2.2.2 TRATAMENTO DE FASE SÓLIDA -----	28
2.2.2.1 ADENSAMENTO-----	29
2.2.2.2 ESTABILIZAÇÃO BIOLÓGICA -----	30
2.2.2.3 CONDICIONAMENTO DO IODO-----	30
2.2.2.4 DESAGUAMENTO -----	31
2.2.3 RISCOS ASSOCIADO AO USO DO IODO DE ESGOTO -----	32
2.2.3.1 METAIS PESADOS -----	32
2.2.3.2 MICROORGANISMOS PATOGÊNICOS -----	34
2.2.3.3 MICROPOLUENTES ORGÂNICOS -----	34
2.2.4 DISPOSIÇÃO FINAL-----	36
2.4 SALINIZAÇÃO E SOLIDIFICAÇÃO DE SOLOS -----	37
2.5 DESAFIOS PARA O USO AGRÍCOLA DE EFLUENTE-----	38
3 METODOLOGIA -----	41
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES-----	45
4.1 ANÁLISE CARACTERÍSTICA DO EFLUENTE DO CEULP/ULBRA-----	45
4.2 RISCO DE SALINIZAÇÃO-----	48
4.3 RISCO DE CONTAMINAÇÃO DO LENÇOL FREÁTICO-----	48
4.4 CONTAMINAÇÃO POR COLIFORMES-----	49
4.5 NUTRIENTES FORNECIDOS PELO ESGOTO SANITÁRIO DO CEULP-----	49
4.6 ANÁLISE ECONÔMICA-----	52
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS-----	55
6 REFERÊNCIAS -----	56

RESUMO

PRUDENCIO, T. C. **REUSO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DO ESGOTO DOMÉSTICO NO CERRADO**. 2019, Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário Luterano de Palmas CEULP/ULBRA, Palmas – TO. Orientadora: Michele Ribeiro Ramos.

Os efluentes são uma das principais fontes poluidoras de grande parte dos cursos d'água. Utilizar essas águas residuárias como fonte de nutrientes para o solo é uma excelente alternativa para minimizar os problemas ambientais ocasionados pelo lançamento desses esgotos sanitários em corpos hídricos. A agricultura é uma atividade que consome bastante água, porém admite águas de qualidade inferior. Por consequência há o aumento da prática da fertirrigação utilizando o esgoto sanitário como fonte de nutrientes, com o objetivo de dar um destino apropriado a diversos tipos de efluentes líquidos. No entanto, esta prática deve acontecer com a adoção de técnicas que minimizem os riscos de contaminação do solo, do agricultor e das plantas. O objetivo deste trabalho é analisar a possibilidade de implantação de *Brachiaria brizantha cv Marandu*, utilizando águas residuárias de origem doméstica do CEULP/ULBRA, através de análises físicas, 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 14,90 ha ou 149.000 m² de capim *Brachiaria Brizantha cv Marandu*. A utilização do efluente acarretará uma economia de 15.298,10 reais ao ano.

Palavras-chave: Efluente, *Brachiaria Brizantha cv Marandu*, reúso, CEULP/ULBRA, fertirrigação, economia.

ABSTRACT

PRUDENCIO , T. C **REUSE OF WASTE WATER FROM DOMESTIC SEWAGE IN CERRADO**. 2019 Work Completion of course (Diploma in Civil Engineering) Centro Universitário Luterano de Palmas CEULP / ULBRA , Palmas - TO . Advisor: Michele Ribeiro Ramos.

The effluents are a major pollution sources of most watercourses. Use these wastewaters as a source of nutrients for the soil is an excellent alternative to minimize the environmental problems caused by the release of these sewage into water bodies. Agriculture is an activity that consumes a lot of water, but admits inferior waters. Consequently there is increasing practice of fertigation using the sewage as a source of nutrients, in order to give an appropriate target to various types of liquid effluents. However, this practice should happen to the adoption of techniques that minimize the risk of contamination of soil, the farmer and plants. The objective of this study is to analyze the possibility of implantation of *Brachiaria brizantha Marandu* using wastewater from domestic sources of CEULP / ULBRA through physical, chemical effluent. To achieve these goals it was considered that the CEULP / ULBRA there are 6,800 academic / staff, and an average daily consumption of 30 liters of water. In the analysis of the effluent sought to analyze the main macronutrients required by culture. Using all the sewage produced in a year is possible the deployment of 14,90 hectares or 149.000 m² of grass *Brachiaria brizantha cv Marandu*. The use of the effluent will lead to a saving of 15.298,10 a year.

Key-words: Effluent, *Brachiaria brizantha cv Marandu* , Reuse, CEULP / ULBRA , fertigation , economy.

1 INTRODUÇÃO

O aumento populacional e as mudanças no estilo de vida da população, possibilitado pelo desenvolvimento tecnológico, fez com que a pressão sobre os recursos hídricos se tornasse insustentável pelo seu ciclo natural.

A água, solvente universal e essencial a todas as formas de vida, está presente em grande quantidade neste planeta, porém o volume de água doce consiste em apenas 2,5%, desta parcela 68,9% formam as calotas polares e geleiras, sendo ainda menor a porcentagem disponível às atividades humanas (TELLES; COSTA, 2010).

No atual cenário, em torno de metade da população mundial enfrenta problemas com escassez de água (WRI, 2000 apud. ABRÃO JR., 2006). Mesmo o Brasil sendo um dos países de maior abundância de recursos hídricos, sua distribuição é desigual, tendo menor disponibilidade nos grandes centros urbanos e industrial.

Os usos consuntivos da água e até mesmo alguns não consuntivos, em casos de acidentes de navegação entre outras ocorrências, retornam este recurso aos mananciais com alterações de sua qualidade. Muitas vezes isso torna o seu uso impróprio a jusante do local de despejo. Devido ao alto índice de contaminação dessas águas no Brasil e no mundo o que torna os tratamentos necessários para seus usos cada vez mais onerosos.

Partindo do pressuposto que a mesma quantidade de água sempre esteve presente neste planeta, conclui-se que a problemática da água não é de ordem quantitativa, mas sim qualitativa. Há muitos anos o reuso de água é utilizado

em diversos países, em especial nos mais desenvolvidos. No Brasil esta prática vem recebendo maior importância no atual cenário de escassez hídrica em que o país vive. No entanto, grande quantidade das aplicações se encontra no setor industrial.

A maior demanda por água, no Brasil, ocorre no setor agrícola, podendo chegar a 80% dos usos nos próximos anos, seguido pelas demandas da indústria e atividades domésticas (MANCUSO; SANTOS, 2003, p. 38). Sendo assim, a agricultura, um setor que necessita de maiores investimentos em tecnologias de uso sustentável dos recursos hídricos, objetivando o reuso de águas de qualidade inferior para esta atividade.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar a viabilidade da aplicação da água residuária doméstica no cultivo de *Brachiaria Brizantha* no Cerrado.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Analisar as etapas de tratamento do efluente;
- Estudar as possíveis alterações do solo quando se usa o esgoto doméstico;
- Discutir os principais impactos que são mitigados na prática do reuso.
- Analisar a viabilidade para o reuso da água residuária doméstica.

1.2 Justificativa

O crescimento demográfico demanda uma maior exploração e utilização da água, e gera todo o tipo de águas residuárias, as quais são lançadas diretamente nos recursos hídricos, levando a um processo de deterioração deste recurso natural.

A geração de resíduos hoje é um dos principais responsáveis pela alteração das propriedades físico-químicas da água e do solo, causando assim a poluição e contaminação dos mesmos.

A agricultura não necessita de uma água totalmente pura e limpa como a de consumo populacional, utilizar água tratada neste tipo de atividade a torna mais onerosa.

Ao fazer o reaproveitamento da água dos efluentes separando os componentes químicos que são largamente utilizados na agricultura, pode se obter uma economia nos gastos com adubos e fertilizantes.

1.3 Problema

Uma das principais limitações dos pequenos agricultores é a utilização de adubos químicos, visto que estes têm elevados custos. A utilização de águas residuárias como fonte de nutrientes para as plantas, minimiza o lançamento de efluentes em corpos hídricos, minimizando impactos ambientais, bem como diminui os custos de implantação da cultura, uma vez que as águas residuárias podem apresentar elevados teores de nutrientes que são fundamentais para as plantas.

É viável e ambientalmente correto a utilização de esgoto de origem doméstica no cultivo de *Brachiaria Brizantha* no Cerrado?

1.4 Hipótese

Levando em conta a grande quantidade de água residuária produzida sendo mal descartada, e, o alto valor dos adubos e fertilizantes, é viável e ambientalmente correto a utilização de esgoto de origem doméstica no cultivo de *Brachiaria Brizantha* no Cerrado.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 História do saneamento básico

Na antiguidade, o ser humano descobriu que a água suja e o acúmulo de lixo disseminam doenças graves. Assim, para sobreviver era preciso se desenvolver alguns métodos para se obter água limpa e se livrar dos resíduos. Assim se deu início a idéia de saneamento básico.

“Sanear” é uma palavra que vem do latim que significa higienizar, tornar saudável e limpar. No século V d.C., o ser humano desenvolveu algumas técnicas importantes como canalizações superficiais e subterrâneas, construção de diques e irrigação. Com isso surgiram as medidas sanitárias.

Como exemplo, o tratado de Hipócrates “Ares, Águas e Lugares” instruiu aos médicos a ligação entre o ambiente e a saúde. Grandes nomes da época se engajaram e realmente se preocuparam com a qualidade da água e as medidas sanitárias.

Cada região desenvolvia suas técnicas, por exemplo:

- Em Roma, as ruas com encanamentos serviam de fonte pública e, com o intuito de prevenir doenças, separava a água para consumo da população.

- Na Grécia antiga, tinha-se o costume de enterrar as fezes ou deslocarem para locais distantes da cidade.
- Os povos sumérios originaram a construção de sistema de irrigação por terraços.
- No Egito iniciou o controle do fluxo de água do rio Nilo, eles projetavam os níveis de água durante os períodos do ano através do sistema de irrigação, construção de diques e utilização de tubos de cobre para o palácio dos faraós.

As primeiras galerias de esgoto da história foram construídas em Nippur, na Babilônia. O Vale do Indo e suas cidades são conhecidas pelos planejamentos urbanos e sistemas de abastecimento e drenagem elaborados para época.

No Império Romano foi-se desenvolvido um sistema de abastecimento com aproximadamente 17 km de extensão. Eles foram a primeira grande civilização que tratou o saneamento de verdade. Eles criaram grandes aquedutos, construíram reservatórios, banheiros públicos, chafarizes e nomearam um responsável efetivo com a função de superintendente de água.

O império romano perdeu força no início da Idade Média assim novas regiões foram surgindo, como Bretanha, Espanha, Portugal e firmaram-se como organizações socioeconômicas no sistema feudal. Nesse período, o consumo da população da Europa era apenas de um litro de água por pessoa diariamente.

Entretanto, o abastecimento sofreu um retrocesso no aspecto sanitário. Enquanto os romanos faziam captação de longas distâncias, essas novas regiões faziam a captação diretamente dos rios. Com a queda de Roma, o conhecimento

ficou arquivado em mosteiros de religiosos. Só foi revelado algo sobre saneamento em 1425. Assim, os ensinamentos sobre hidráulica, saneamento e sua gestão ficaram ignorados durante toda a Idade Média.

Nesse período, a responsabilidade de gerenciar a água deixou de ser do governo e passou a ser coletivamente dos cidadãos. Parte do consumo de algumas famílias era garantido por meio de compra transportada por carregadores. Já outras, em sua maioria, escavavam poços dentro de suas casas, próximas a fossas e esterco de animais, causando contaminação.

Essa prática causou a proliferação em massa de doenças como cólera, lepra e tifo em um período de grandes epidemias. Na época, a peste negra, transmitida através da pulga de ratos, infectou metade da população e dizimou cerca de 1/3 da população Europeia. Na China e na Índia o panorama não foi diferente, mais de 23 milhões de pessoas foram levadas a óbito em menos de 12 anos.

O modelo de abastecimento concebido na Idade Média estava em decadência. Na Idade Moderna (1453 a 1789), desenvolveu-se a medição de velocidade de escoamentos e das vazões. Estabeleceu-se ainda, que os rios, as fontes e as águas subterrâneas eram formadas pela chuva.

Em Paris, no final do século XV, a distribuição de água era controlada por canalizações sob a vigilância do município.

O Brasil entra no mapa do saneamento em 1620. Nesse período, iniciou-se as obras do aqueduto do Rio Carioca para abastecimento do Rio de Janeiro.

A obra foi iniciativa de Aires Saldanha e tinha 270 m de comprimento e 18 m de altura. Entretanto, ela foi concluída mais de cem anos depois. Em 1723 ela foi entregue à população sendo o primeiro sistema de abastecimento de água no país.

Em 1664, a distribuição de água canalizada foi incrementada com a fabricação de tubos de ferro fundido moldado, por Johan Jordan, na França, e sua instalação no palácio de Versailles. Pouco depois, Johan inventou a bomba centrífuga e em 1775, Joseph Bramah inventou o vaso sanitário, na Inglaterra.

Em 1829, a França intensificou o combate à poluição das águas criando leis que previam punições, como prisão ou multa, para quem lançasse produtos, resíduos que levassem os peixes a morte. Nesta época também se iniciou a implantação do saneamento, bem como sua administração e legislação em conjunto com outros serviços públicos.

Na Inglaterra, os resíduos industriais foram incluídos na lei britânica de controle da poluição das águas. O desenvolvimento de grandes centros industriais provocou o início de um processo de migração das zonas rurais. Esses trabalhadores passaram a viver em péssimas condições de habitação e trabalho fazendo os índices de mortalidade e doenças aumentarem significativamente.

Como consequência, a cólera devastou a vida de 180 mil pessoas na Europa. John Snow estudou a origem dessa doença na água e a comprovou tempo depois em Londres.

Em 1842, Edwin Chadwick iniciou um estudo que serviu de base para o desenvolvimento das relações entre saneamento e saúde, e iniciou a medicina preventiva.

A visão higienista tornou-se dominante ao final do século XIX. Na França, implantou-se a medicina urbana. Seu objetivo é planejar os espaços das cidades, disciplinando a localização de cemitérios e hospitais, arejando ruas e construções públicas.

2.1.1 História do saneamento brasileiro

O primeiro registro de saneamento no Brasil ocorreu em 1561, quando o fundador Estácio de Sá mandou escavar o primeiro poço para abastecer o Rio de Janeiro. Na capital, o primeiro chafariz foi construído em 1744. No período colonial, ações de saneamento eram feitas de forma individual, resumindo-se à drenagem de terrenos e instalação de chafarizes.

Durante a história do saneamento básico no Brasil existiram fatores que dificultaram o progresso ao longo dos anos. Podemos citar alguns obstáculos que impediram (e ainda impedem) que o desenvolvimento dessa área não tenha atingido crescimento expressivo durante esse período, são eles:

- A falta de planejamento adequado;
- O volume insuficiente de investimentos;
- Deficiência na gestão das companhias de saneamento;
- A baixa qualidade técnica dos projetos e a dificuldade para obter

financiamentos e licenças para as obras.

A partir dos anos 1940, se iniciou a comercialização dos serviços de saneamento. Surgem então as autarquias e mecanismos de financiamento para o abastecimento de água, com influência do Serviço Especial de Saúde Pública (SESP), hoje denominada Fundação Nacional de Saúde (FUNASA).

Para minimizar os problemas que surgiam ao longo dos anos, criaram-se diretrizes de implementação, medidas e infraestruturas para o saneamento básico no Brasil. Em 1971, foi instituído o Plano Nacional de Saneamento (PLANASA). Outro grande obstáculo que existiu durante anos foi a disputa entre governos federal, estadual e municipal sobre quem deveria gerenciar essas diretrizes.

Após intensa luta, os Municípios conquistaram a titularidade dos serviços de saneamento, no dia 05 de janeiro de 2007, com a sanção da Lei Federal nº 11.445, chamada de Lei Nacional do Saneamento Básico – LNSB. Ela entrou em vigência a partir de 22 de fevereiro do mesmo ano e estabeleceu as diretrizes nacionais para o saneamento básico no Brasil.

Atualmente o instrumento que norteia a condução das políticas públicas, metas e estratégias para o setor de saneamento é o PLAN SAB (Plano Nacional de Saneamento Básico). Existem órgãos que são responsáveis pelo monitoramento dessas leis e diretrizes. Podemos citar:

- A ANA (Agência Nacional de Águas) é o órgão responsável pelo gerenciamento de recursos hídricos e o
- SNIS (Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento) é maior mais importante sistema de informação sobre saneamento

No Brasil, 83,3 % da população são atendidos com fornecimento de água tratada e 35 milhões de brasileiros ainda não possuem acesso a este serviço. De acordo com dados fornecidos pelo SNIS 2015 e o Instituto Trata Brasil, para cada 100 litros de água tratada, 37% não são consumidas.

Com relação a coletas e tratamentos de esgoto os números diminuem com relação a população atendida por esse serviço básico e aumentam quanto a população que não tem acesso nenhum.

Segundo o levantamento de dados do SNIS 2015 e um estudo de Saneamento em áreas irregulares feito pelo Instituto Trata Brasil em 2016, cerca de 50,3% da população do Brasil tem acesso à coleta de esgoto, enquanto mais de 100 milhões de brasileiros ainda não possuem acesso a este tipo de serviço.

2.1.1.2 Tratamento secundário

Neste tipo de tratamento predomina a etapa biológica onde a remoção da matéria orgânica ocorre por reações bioquímicas realizadas pelos microrganismos. Geralmente consistem de reatores do tipo lagoas de estabilização, lodo ativado, filtro biológico ou variantes. Estes reatores são normalmente constituídos por tanques (de formas variadas) com grande quantidade de microrganismos aeróbios ou anaeróbios. O efluente do reator contém ainda matéria orgânica remanescente e grande quantidade de microrganismos, sendo muitas vezes necessário um tratamento terciário. A eficiência de um tratamento secundário pode chegar a 95% ou mais, dependendo da operação da ETE. Os microrganismos sofrem posteriormente um processo de sedimentação nos designados decantadores secundários. Finalizado o tratamento secundário, as águas residuárias tratadas

apresentam um reduzido nível de poluição por matéria orgânica, podendo na maioria dos casos, serem admitidas no meio ambiente receptor.

2.1.1.2 Importância do saneamento

Saneamento ambiental abrange aspectos que vão além do saneamento básico, englobando o abastecimento de água potável, a coleta, o tratamento e a disposição final dos esgotos e dos resíduos sólidos e gasosos, os demais serviços de limpeza urbana, a drenagem urbana, o controle ambiental de vetores e reservatórios de doenças, a disciplina da ocupação e de uso da terra e obras especializadas para proteção e melhoria das condições de vida.

Assim, este capítulo procura ressaltar a natureza transversa das questões de saneamento que se relaciona também com os demais temas apresentados no Atlas. Diversos problemas ambientais estão associados à falta ou à precariedade do saneamento, tais como: poluição ou contaminação na captação de água para o abastecimento humano, poluição de rios, lagos, lagoas, aquíferos, doenças, erosão acelerada, assoreamento, inundações frequentes, com as consequentes perdas humanas e materiais, para mencionar apenas alguns exemplos.

Entre os serviços de saneamento, o manejo de águas pluviais (MAP) em áreas urbanas constitui um dos mais importantes, considerando o crescimento das cidades e o planejamento urbano, bem como a manutenção das condições de segurança e de saúde da população. Este serviço compreende essencialmente a coleta, o escoamento e a drenagem das águas das chuvas por equipamentos urbanos compostos por redes de drenagem subterrânea e superficial, bueiros, bocas de lobo, sarjetas, dispositivos dissipadores de energia e controle de vazão, e a

posterior disposição dos efluentes em pontos de lançamento ou corpos receptores que o objetivam o escoamento rápido das águas por ocasião das chuvas, prevenindo inundações, visando à segurança e à saúde da população, além de permitir a ampliação do sistema viário.

Aproximadamente 95% dos municípios fazem MAP, sendo que a maioria utiliza cursos d'água permanentes como principais corpos receptores (lagos, rios, córregos, riachos, igarapés, etc.). Neste sentido, em um contexto de crescente impermeabilização e redução da capacidade dos solos em infiltrar as águas das chuvas, o correto funcionamento e a manutenção do sistema de drenagem urbana permitem a atenuação de problemas ambientais, especialmente processos erosivos acelerados, assoreamento e inundações.

Além disso, o rápido escoamento das águas pluviais previne a formação de poças e alagados, evitando a proliferação de mosquitos, responsáveis pela transmissão de doenças, como a dengue, a febre amarela, a malária e a leishmaniose

2.2 Tratamento de esgoto

Segundo Jordão e Pessôa (2011), o esgoto contém aproximadamente 99,92% de água. A fração restante é composta por sólidos orgânicos e inorgânicos, em suspensão e dissolvidos, bem como microrganismos, e constitui a causa da necessidade de tratamento dos esgotos.

O tratamento dos esgotos pode ser dividido em duas fases: fase líquida e fase sólida. A fase líquida pode ser composta por esgotos domésticos, águas de

infiltração e despejos industriais. A fase sólida é composta por subprodutos gerados durante o tratamento da fase líquida (sólidos grosseiros, areia e lodo). Dentre estes, o lodo de esgoto tem maior importância para destinação por ser considerado um resíduo de difícil tratamento e disposição final (FONTES, 2003).

2.2.1 Tratamento da fase líquida

Os esgotos são encaminhados por gravidade e bombeamento à grade e ao desarenador. Nesta fase, retiram-se os sólidos grosseiros e a matéria orgânica e inorgânica mais pesada, como a areia utilizando-se processos físicos, como gradeamento, peneiramento e a sedimentação. A Figura 1 mostra um esquema do tratamento de esgoto na fase líquida.

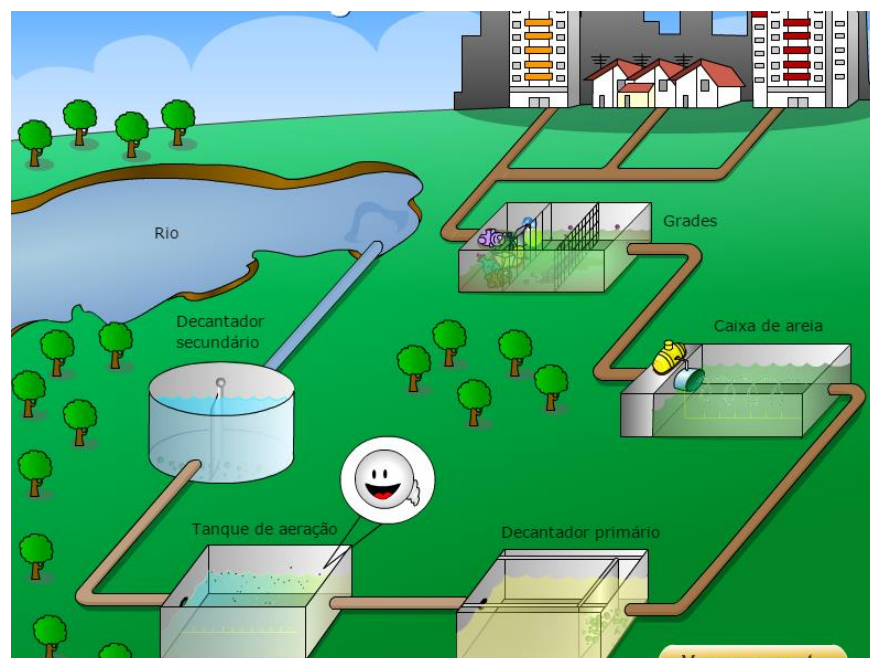


Figura 1 – Tratamento da fase líquida de esgotos
Fonte: SABESP - 2013.

2.2.1.1 Tratamento primário

Apesar de o esgoto apresentar ligeiramente aspecto mais razoável após o tratamento preliminar, possui ainda, praticamente inalterada, as suas características poluidoras. Inicia-se então o tratamento propriamente dito. A primeira fase do tratamento é onde a matéria poluente pode ser separada da água por sedimentação. Após o tratamento primário, a matéria poluente que permanece na água é de reduzida dimensão, normalmente constituída por colóides (pequenas partículas), não sendo por isso passível de ser removida por processos exclusivamente físico-químicos.

Sendo necessária a inclusão de uma etapa biológica. A eficiência de um tratamento primário pode chegar a 60% ou mais, dependendo do tipo de unidade de tratamento e da operação da estação. Os equipamentos utilizados mais comuns são o decantador primário, o tanque imhoff ou a fossa séptica.

2.2.1.2 Tratamento secundário

Neste tipo de tratamento predomina a etapa biológica onde a remoção da matéria orgânica ocorre por reações bioquímicas realizadas pelos microrganismos. Geralmente consistem de reatores do tipo lagoas de estabilização, lodo ativado, filtro biológico ou variantes. Estes reatores são normalmente constituídos por tanques (de formas variadas) com grande quantidade de microrganismos aeróbios ou anaeróbios. O efluente do reator contém ainda matéria orgânica remanescente e grande quantidade de microrganismos, sendo muitas vezes necessário um tratamento terciário. A eficiência de um tratamento secundário pode chegar a 95%

ou mais, dependendo da operação da ETE. Os microrganismos sofrem posteriormente um processo de sedimentação nos designados sedimentadores (decantadores) secundários. Finalizado o tratamento secundário, as águas residuárias tratadas apresentam um reduzido nível de poluição por matéria orgânica, podendo na maioria dos casos, serem admitidas no meio ambiente receptor.

2.2.1.3 Tratamento terciário

Etapa antes do lançamento final no corpo receptor, onde é necessário proceder à desinfecção das águas residuárias tratadas para a remoção dos microrganismos ou, em casos especiais, à remoção de determinados nutrientes, tais como o nitrogênio e fósforo, que podem potencializar, isoladamente e/ou em conjunto, a degradação dos corpos d'água.

2.2.2 Tratamento da fase sólida

Os subprodutos sólidos gerados nas diversas unidades de tratamento, tais como material gradeado, areia, espuma e lodos devem ter um tratamento apropriado que incluem etapas de adensamento, estabilização, condicionamento, desidratação e disposição final. A Figura 2 mostra um esquema do tratamento da fase sólida segundo SABESP (2013).



Figura 2 – Tratamento da fase sólida de esgotos
Fonte: SABESP - 2013.

2.2.2.1 Adensamento

O adensamento ou espessamento é um processo físico de concentração de sólidos no lodo visando reduzir sua umidade e, em decorrência, seu volume, facilitando as etapas subsequentes de tratamento do lodo. As alternativas de adensamento incluem o adensamento por gravidade e por flotação. Os adensadores por gravidade apresentam melhor eficiência quando utilizados no de lodo proveniente de tratamento primário. Estas unidades são semelhantes a um decantador primário, no qual o lodo sedimenta e adensa no fundo do tanque, sendo removido por raspadores e encaminhado para a etapa de estabilização. O líquido sobrenadante retorna ao início do processo de tratamento primário (JORDÃO & PESSÔA, 1995 apud FONTES, 2003). Já os adensadores por flotação são utilizados

com maior eficiência quando o lodo é proveniente de tratamento secundário ou de lodo ativado (excedente). Esse processo consiste na injeção de bolhas de ar no meio líquido, que aderem às partículas sólidas, fazendo com que a sua densidade diminua e as mesmas sejam arrastadas para a superfície, onde são removidas por raspadores (JORDÃO & PESSÔA, 1995).

2.2.2.2 Estabilização biológica

A estabilização visa atenuar o inconveniente de maus odores no tratamento e manuseio do lodo. A redução dos odores é alcançada através da remoção da matéria orgânica biodegradável componente do lodo. O método mais empregado para estabilizar o lodo é a digestão anaeróbia, onde o lodo bruto é encaminhado para o interior de digestores biológicos totalmente fechados onde bactérias anaeróbias e facultativas estabilizam a matéria orgânica produzindo gás carbônico, metano, massa celular e outros micronutrientes (ANDREOLI et al., 2001).

2.2.2.3 Condicionamento do lodo

Para auxiliar no desaguamento do lodo é necessária a utilização de produtos químicos conhecidos como agentes coagulantes. Esses produtos são aplicados ao lodo para favorecer a agregação das partículas de sólidos e formação de flocos. O condicionamento do lodo pode ser realizado através da utilização de polímeros orgânicos, produtos químicos inorgânicos ou de tratamento térmico (ANDREOLI et al., 2001). Os polímeros inorgânicos podem ser classificados em neutros, catiônicos e aniônicos do ponto de vista das cargas de superfície. Os catiônicos são os mais

utilizados pelo fato do lodo possuir cargas elétricas predominantemente negativas. Os produtos químicos inorgânicos são utilizados principalmente quando a etapa posterior (desaguamento) é realizada por filtro a vácuo ou filtro de pressão (ANDREOLI et al., 2001).

2.2.2.4 Desaguamento

O desaguamento do lodo pode ser realizado por métodos naturais ou mecânicos. O objetivo desta fase é remover a água e reduzir ainda mais o volume, produzindo lodo com comportamento mecânico próximo ao dos sólidos. A desidratação do lodo tem impacto importante nos custos de transporte e destino final, além de influenciar de maneira decisiva o manuseio do lodo, já que o comportamento mecânico deste varia com o teor de umidade. Fazem parte do processo de desaguamento por método natural os leitos de secagem e as lagoas de secagem de lodo. Filtros (prensa e esteira) e centrífugas são exemplos de métodos mecânicos, e produzem a chamada torta de lodo, onde a concentração de sólidos totais fica em torno de 20 a 30% (JORDÃO & PESSÔA, 1995). A água está ligada aos sólidos nos lodos através de forças intermoleculares que estão distribuídas em classes distintas de acordo com a facilidade de separação. A remoção da água livre é realizada por simples ação gravitacional ou por flotação. É o que ocorre nos processos de adensamento, que pode produzir lodos com totais de sólidos aproximadamente de 5% e pode resultar na redução do volume em torno de 60% com relação ao volume original (GONÇALVES et al., 2001). Já as águas, adsorvida e capilar, exigem forças maiores para serem separadas dos sólidos presentes no

lodo, que podem ser mecânicas ou de origem química. Os filtros-prensa ou centrífugas são exemplos de força mecânica e o uso de flocculantes, química. Os totais de sólidos são superiores a 30% resultando um material denominado torta. A remoção das águas livres, adsorvida e capilar reduzem de 90 a 95% do volume original do lodo (GONÇALVES et al., 2001).

2.2.3 Riscos associados ao uso do lodo de esgoto

Os principais riscos associados à utilização agrícola do lodo referem-se a questão dos metais pesados, aspectos sanitários, micropoluentes orgânicos e nitrogênio. Tanto os metais quanto os agentes patogênicos como ovos de helmintos, esporos de fungos e colônias de bactérias tendem a co-precipitar com o esgoto e se concentrar no lodo.

2.2.3.1 Metais Pesados

Os principais riscos associados à utilização agrícola do lodo referem-se a questão dos metais pesados, aspectos sanitários, micropoluentes orgânicos e nitrogênio. Tanto os metais quanto os agentes patogênicos como ovos de helmintos, esporos de fungos e colônias de bactérias tendem a co-precipitar com o esgoto e se concentrar no lodo.

Os principais elementos químicos enquadrados neste conceito são: Ag, As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Se e Zn. Estes Metais tornam-se tóxicos e perigosos para a saúde humana quando ultrapassam grandes quantidades concentradas (limite).

De acordo com Andreolli (1999, p. 21), os metais pesados presentes no lodo canalizações, fezes e água residuárias de lavagem que contem alguns metais. (2) Águas pluviais: as águas de escoamento de superfícies metálicas ou das ruas carregam resíduos de metais dispersos na fumaça de veículos. (3) Efluentes industriais: são principal fonte de metais no esgoto, contribuindo com certos tipos específicos de cátions de acordo com a atividade de indústria.

Na Tabela 1 conta uma relação entre os efeitos que os principais metais pesados podem trazer para a saúde humana:

Tabela 1 - Síntese dos efeitos dos principais metais pesados sobre a saúde humana

Metais Pesados	Efeitos sobre a saúde humana
Cádmio (Cd)	Provoca desordem gastrointestinal grave, bronquite, efizema, anemia e cálculo renal.
Chumbo (Pb)	Provoca cansaço, ligeiros transtornos abdominais, irritabilidade e anemia.
Cromo (Cr)	Em doses baixas causa irritação nas mucosas gastrointestinais, úlcera e inflamação da pele. Em doses altas causa doenças no fígado e nos rins, podendo levar à morte.
Mercúrio (Hg)	Causa transtornos neurológicos e renais, tem efeitos tóxicos nas glândulas sexuais, altera o metabolismo do colesterol e provoca mutações.

Fonte Barros et al (1995)

2.2.3.2 Microrganismos patogênicos

A presença de patógenos é indesejada no lodo quer pelos riscos às pessoas que efetuam a sua manipulação, quer pela sobrevivência dos microrganismos patogênicos após sua aplicação e contaminação das partes das culturas que mantêm contato direto com o bio sólido. Entre os patógenos, são particularmente importantes os estreptococos, *Salmonella sp.*, *Shigella sp.*, larvas e ovos de helmintos, protozoários (cistos) e vírus (enterovírus e rotavírus). A sanidade do lodo está intrinsicamente relacionada com o perfil da saúde da população e a sua influência nas condições sanitárias varia conforme o organismo e as condições ambientais. Enquanto alguns destes patógenos não suportam o ambiente edáfico por mais de algumas horas outros, como ovos de helmintos, podem permanecer viáveis por vários anos. No Brasil, comumente os agentes patogênicos constituem o elemento de limitação ao uso lodo na agricultura. Porém, é o fator mais facilmente controlado através da adoção de soluções técnicas de higienização do lodo que levem à eliminação do patógeno, como a calagem ou a compostagem.

Assim, a utilização do lodo em culturas de contato primário com o solo, só é aceitável se o lodo tiver sido submetido a tratamentos, como a secagem térmica, que garanta uma redução dos patógenos até os níveis estabelecidos.

2.2.3.3 Micropoluentes orgânicos

Os compostos considerados incluem os hidrocarbonetos aromáticos, fenólicos, pesticidas, polibromenatos, bifenil (PBBs), policlorinato bifenil (PCBs) e outros materiais persistentes altamente tóxicos. Ao contrário dos materiais orgânicos

naturais presentes no lodo bruto, poucos dos sintéticos orgânicos resistem à biodegradação e persistem no lodo e águas residuárias. A USEPA identificou uma lista com 114 poluentes orgânicos. Eles entram no sistema de esgoto doméstico e industrial e se acumulam no lodo. São potencialmente perigosos para humanos e animais pelas seguintes razões:

- a) Apresentam baixa solubilidade na água e não se movem facilmente no solo;
- b) São relativamente estáveis no solo, porque são resistentes a degradação microbiana;
- c) São solúveis e se acumulam no tecido;
- d) Passam através da cadeia alimentar (solo - planta - animal - homem)
- e) São altamente tóxicos para glândulas mamárias; muitos são carcinogênicos, mutagênicos e teratogênicos.

Com exceção do Policlorinato Bifenil (PCBs) muito pouco se sabe sobre a concentração e destino dos tóxicos orgânicos na esgoto e na aplicação agrícola do lodo.

Os PCBs presentes no esgoto se concentram no lodo durante o tratamento (SHANNON et al, 1976). Uma vez aplicado ao solo, as substâncias orgânicas são submetidas à foto oxidação, volatilização, biodegradação, que muito significam na alteração de sua estrutura e características tóxicas. Devido à presença dos compostos, a generalização não pode ser feita sobre a habilidade de translocação dentro da planta. Sabe-se, entretanto, que alguns compostos orgânicos tóxicos, são trazidos para dentro da planta direto para as raízes e translocados para a parte aérea.

2.2.4 Disposição final

As alternativas mais usuais para o aproveitamento e/ou destino final de lodos, segundo FERNANDES et al., 2001, TSUTYA, 2000, FONTES, 2003, JORDÃO & PÊSSOA, 1995 têm sido: a reciclagem agrícola, a disposição em aterro sanitário, o reuso industrial, a incineração, a conversão em óleo combustível, a recuperação de áreas degradadas, landfarming, a disposição oceânica.

Na pavimentação, o uso do lodo de esgoto também vem sendo pesquisado. A construção de rodovias e particularmente propicia a esta finalidade, de local de destinação do resíduo, tendo em vista a particularidade de permitir certo encapsulamento e contenção dos produtos por combinação com outros materiais usuais de construção das camadas do pavimento e utilizar grandes volumes.

No entanto, como diz Ubaldo et al. (2012), para que o pavimento não seja usado somente como local de descarte de resíduos, resolvendo apenas questões ambientais, e preciso mostrar quais as vantagens de se usar o resíduo sob o ponto de vista da melhoria da pavimentação, e não somente a sua contribuição para a natureza.

Este presente trabalho tem como objetivo principal contribuir aos estudos de utilização de lodo de esgoto na pavimentação, com a finalidade de verificar se é uma solução viável, dando um destino sustentável a este resíduo.

2.4 Salinização e solidificação de solos

Os esgotos sanitários apresentam teores de macro e micronutrientes satisfatórios, para a demanda da maioria das culturas. Porém, a presença de sais e sólidos dissolvidos fixos deve ser vista com atenção, já que tais características podem gerar um efluente salino, impróprio para a irrigação.

A aplicação dos nutrientes contidos nos efluente tratados pode reduzir, ou mesmo eliminar, a necessidade de fertilizantes comerciais. Além disso, a matéria orgânica contida nos esgotos aumenta a capacidade do solo em reter água (CHERNICHARO, 2001).

A aplicação de águas residuárias para o uso agrícola deve seguir as diretrizes sanitária propostas em 1989 pela Organização Mundial da Saúde (OMS) em conjunto com outras instituições internacionais. No mesmo documento é focado o uso de lagoas de estabilização com tempos de detenção hidráulico de oito a dez dias, como sendo o tratamento mais viável para a eliminação de patógenos (CHERNICHARO, 2001).

Ao contrário dos solos ácidos, nos quais o mecanismo de lixiviação promove a retirada de cátions básicos do perfil do solo, os solos salinos se desenvolvem em consequência do acúmulo de sais e, em particular, de sódio (Raij, 1991). O processo de salinização é comum em regiões de clima árido e semiárido onde as chuvas não são suficientes para remover os sais do solo (Marschner, 1995). A ausência de lixiviação pronunciada possibilita o acúmulo de sais no solo, o que se agrava com a irrigação, uma vez que a água utilizada sempre carrega sais para o solo (Raij, 1991).

Sais dissolvidos em águas residuárias interagem com o solo por meio de troca iônica, dispersão e floculação de argilas (Bouwer & Chaney, 1974). Quando presentes no solo ou na água podem reduzir a disponibilidade de água para as culturas afetando o rendimento (Ayers & Westcot, 1985). Maiores concentrações de sais na solução de percolação no solo podem ocorrer se a quantidade de água residuária adicionada (mais a precipitação) não for muito maior que a evapotranspiração (Bouwer & Chaney, 1974).

2.5 Desafios para o uso agrícola de efluente de esgoto tratado

No contexto da irrigação de culturas agrícolas com efluente de esgoto, é importante considerar que estas águas residuárias apresentam mais impurezas que águas de fontes naturais, podendo ser potencialmente prejudiciais dependendo das características que apresentam e das práticas de manejo adotadas para o seu uso (Vazquez-Montiel et al., 1996, extraído de Santos, 2004). Sérios problemas ambientais como a lixiviação de nitrato, aumento de elementos tóxicos em solos e plantas, riscos à saúde humana devido a microorganismos patogênicos, podem ocorrer (Vazquez-Montiel et al., 1996, Hespanhol, 2002, extraído de Santos, 2004).

Entretanto, diretrizes podem ser adotadas isoladamente ou de forma combinada no uso de águas residuárias na agricultura: tratamento de águas residuárias, restrições a culturas, controle da aplicação de água residuária, controle da exposição humana e promoção da higiene.

Segundo Mattos (2003), as águas superficiais utilizadas para a irrigação de hortaliças, principalmente nos cinturões verdes dos centros urbanos, estão, em geral, severamente contaminadas por patógenos e por metais pesados como o

mercúrio, chumbo, etc. As hortaliças consumidas principalmente cruas, quando irrigadas por tais águas podem servir de veículo de transmissão de uma série de doenças aos consumidores, como amebíase, giardíase, cólera, febre tifóide, verminoses, além do acúmulo de elementos nocivos em órgãos como o fígado. Algumas doenças como a esquistossomose, podem ser transmitidas por águas com índices relativamente baixos de contaminação fecal. Portanto, águas contaminadas não deveriam ser utilizadas para irrigação, principalmente de produtos vegetais que são consumidos crus e sem remoção de película. Uma alternativa para reduzir os riscos de contaminação das hortaliças é a utilização de sistemas de irrigação por gotejamento, não atingindo as partes comestíveis das plantas.

A sustentabilidade da irrigação com efluente de esgoto, depende principalmente da qualidade microbiológica do efluente. Organismos patogênicos – vírus, bactérias, protozoários e ovos de helmintos – podem estar associados à transmissão de doenças para pessoas e animais expostos por efluentes por contato físico, inalação de aerossóis na pulverização do efluente, ou consumo de culturas irrigadas com os efluentes. Se a prática da irrigação com efluente não for cuidadosamente manejada, esta poderá resultar na recarga de águas subsuperficiais acompanhada por sais e nitratos, acumulação de outros elementos químicos (sódio e fósforo) no solo e associado aumento do risco de escoamento superficial desses elementos para os cursos d'água (Santos, 2004). Dependendo do efluente, pode se ter acúmulo no solo ou lixiviação para águas subterrâneas, metais pesados e outros componentes tóxicos.

O acúmulo de sódio, cloro ou boro em cultivos sensíveis a altas concentrações desses elementos causa danos às plantas e redução da produtividade (Ayers & Westcot, 1985, extraído de Santos, 2004).

O tratamento de esgotos padrão não remove o cloro do efluente devido à elevada solubilidade dos compostos de cloro. As tecnologias de dessalinização para remover cloro são muito caras. Em geral, os níveis de cloro nos efluentes municipais secundários permanecem abaixo daqueles considerados prejudiciais para a maioria das culturas agrícolas, no entanto, altas concentrações desse elemento no efluente de esgoto, como em outras fontes de água, podem atingir águas subterrâneas (Feigin et al., 1991).

3 Metodologia

O Centro Universitário Luterano de Palmas, está localizado no município de Palmas-TO, latitude 10^o12'46" sul, longitude 48^o21'37" oeste, a uma altitude 230 metros, onde se encontra uma área experimental destinada a atender os diversos cursos da Instituição.

O presente trabalho tem como objetivo utilizar o efluente primário do esgoto doméstico proveniente do CEULP/ULBRA, na implantação de uma área de pastagem formada por *Brachiaria Brizantha cv Marandu*. O CEULP/ULBRA tem aproximadamente 5000 estudantes/funcionários.

De acordo com VON SPERLING (2005), a média de consumo de água por pessoa está em torno de 200 litros/dia. No Centro Universitário os acadêmicos e funcionários passam cerca de 4 a 8 horas, e assim adotou-se um consumo diário médio de 30 litros por pessoa. A partir disso o consumo será de 150.000 litros/dia de água consumida. Deste total cerca de 80% converte-se em esgoto, o que equivale a uma produção diária de 120.000 litros de esgoto.

O tipo de solo predominante na área é um Latossolo Vermelho Amarelo (LVA). Para a implantação da cultura, foi feito um estudo de análises físicas e químicas do solo do CEULP/ULBRA através dos dados obtidos por SILVA (2010) durante o seu trabalho com a fertirrigação do capim Mombaça. A partir das análises do solo e conhecendo a necessidade de adubação da cultura, calculou-se a taxa máxima de esgoto a ser aplicada.

A necessidade de calagem para o plantio foi calculada de acordo com as análises química do solo. Foi utilizado o método da saturação das bases.

Os dados pluviométricos do município foram obtidos no site do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). Calculou-se o volume de esgoto a ser lançado para atender a necessidade hídrica do *Brachiaria brizantha*, sem causar contaminação do solo.

Para a sucção do esgoto adquiriu uma bomba de 2 cv e aproximadamente 300 metros de mangueira de 50 mm, para que o esgoto seja conduzido até o local do plantio, onde será armazenado em reservatórios. O período de armazenamento não pode exceder uma semana devido ao mal odor a volatilidade dos compostos nitrogenados que entram na composição da água residuária.

As amostras do efluente do CEULP/ULBRA foram coletadas, devidamente acondicionadas em caixas de isopor com gelo e enviadas ao laboratório de solos da Universidade Federal de Viçosa (UFV) 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 ... (APHA, 2005).

Amostras do efluente foram utilizadas 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. O método usado para quantificar os coliformes termotolerantes e totais foi o cromogênico (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 (OMS, 1995).

De acordo com o manual de adubação da Embrapa (2006), a necessidade dos macronutrientes, Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K) para o cultivo do capim *Brachiaria brizantha* é P são 48 kg/ha, N de 150 kg/ha e K de 58 kg/ha, em virtude das concentrações de P e K no solo. Através da análise de solo foram conhecidos os teores dos nutrientes disponibilizados pelo solo e com os dados da necessidade cultura, foi conhecido o valor dos nutrientes que deverão ser disponibilizados para a planta.

A água residuária de origem doméstica tem na sua composição N, P e K, que foi quantificada conforme citado anteriormente, para que seja calculada a necessidade de resíduo a ser utilizada para suprir a adubação da planta e também a exigência hídrica.

Foi feito um levantamento dos custos dos adubos químicos no município de Palmas, os quais são necessários para a implantação da cultura. Como fonte de nitrogênio foi utilizada a ureia, de fósforo o superfosfato simples e de potássio o cloreto de potássio. Assim, com esses dados, foi possível calcular a

economia de fertilizantes quando se utiliza dessas águas residuárias de origem doméstica na fertirrigação da cultura.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

SILVA (2010) utilizou o esgoto sanitário do CEULP/ULBRA na fertirrigação do capim mombaça, com base no teor de sódio, pois este é o elemento referência no caso da água residuária de origem doméstica. O mesmo autor utilizou cinco diferentes tratamentos que foram: 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.

4.1 Análise características do efluente do CEULP/ULBRA

Os resultados das análises físicas, químicas e microbiológicas do esgoto estão sendo apresentadas na Tabela 4, a seguir. 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.

A água residuária apresenta concentrações de K abaixo dos descritos por PESCOD (1992) e WHO (2004), citado por SILVA (2010), segundo os mesmos autores concentrações típicas de K em esgotos sanitários são de 30 mg L⁻¹.

Em relação à concentração de fósforo, foi encontrado um valor um pouco acima daqueles citados por VON SPERLING (2005), que é de 4 mg L⁻¹, conforme a Tabela 2.

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 por MEDEIROS (2005) e SOUZA (2005), que referiram a média de 40 mg L⁻¹. Para Silva (2010) a baixa concentração encontrada de Na tem relação à utilização mínima de água para lavagem de alimentos, a principal fonte desse elemento químico para a água residuária de instalações sanitárias.

O resultado obtido em relação a 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 4). 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. MATOS (2003) afirmou que 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).

Tabela 2 - Características do esgoto sanitário do CEULP/ULBRA.

Análise: composição mineral (N ₂ , NO ₂ , NO ₃ , NH ₃ , Norgânico, Na, K, metais pesados, micronutrientes, condutibilidade elétrica, pH, gorduras e sólidos totais.		
Características físicas		
Dados do solicitados	Resultado	Métodos
Condutibilidade elétrica	0,0634 S m ⁻¹	Condutímetro
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)	
Ni		
Cl	4,56	
Cd	7,432	
Cu	0,436	
Fe	3,457	
Al	0,542	Espectrometria de absorção atômica
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

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 – Cádmi; Cu – Cobre; Fe – Ferro; Al – alumínio; Mn – Manganês; Mg – Magnésio; S – Enxofre; Ca – Cálcio; P – Potássio; Na – sódio; K – Potássio.

Fonte: Laboratório de análise do solo – Viçosa – MG.

4.2 Risco de salinização

Para SILVA (2010), devido às altas concentrações de sódio que existem em muitas águas residuárias, nos solos fertirrigados por esgotos, pode ocorrer acúmulo de sais na superfície. Em situações como esta, os sais se concentram nas bordas da faixa do bulbo molhado e, com a evaporação na água do solo ocorre o aumento da concentração salina no entorno das raízes da planta.

4.3 Risco de contaminação do lençol freático

Predomina-se no Brasil latossolos altamente intemperizados, classe de solos de grande importância para o cultivo de diversas culturas. Estes solos tem característica de baixa capacidade de troca iônica, sendo a maior parte das cargas negativas dos coloides partes derivadas de cargas variáveis ou dependentes de pH, alta acidez, adequada porosidade e alta permeabilidade, o que viabiliza a perda de nutrientes por lixiviação, principalmente daqueles íons que se apresentam na forma aniônica, como o nitrato, SILVA (2010).

O nitrato é um ânion que causa danos irreversíveis ao ser humano e ao meio ambiente. Poderá acarretar a metahemoglobinemia, ou mesmo causar câncer no estômago, além da eutrofização. Esses danos podem acontecer caso o nitrato entre em contato com o lençol freático e cursos de água (BURT, 1993, citado por SILVA, 2010).

4.4 Contaminação por coliformes

Segundo SILVA (2010), em relação aos aspectos sanitários presente nas águas residuárias utilizadas para fertirrigação, observou-se que nas plantas do capim – mombaça não havia presença de E. coli e coliformes totais. Este resultado pode ter acontecido pelo fato das altas temperaturas do ambiente e devido às chuvas com frequência na época do estudo.

4.5 Nutrientes fornecidos pelo esgoto sanitário do CEULP/ULBRA

Baseando-se nos teores de nitrogênio, fósforo e potássio que respectivamente foram de: 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 os domingos de cada mês, num período de dez meses, devido ao período de férias na Instituição de ensino, conforme citado anteriormente, teremos:

Nível de Nitrogênio

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

$$X \quad \rightarrow 120.000 \text{ L}$$

$$X = 8,94 \text{ kg de N/dia}$$

$$8,94 \text{ kg de N/dia} * 25 \text{ dias} = 223,5 \text{ kg de N/mês}$$

$$223,5 \text{ kg de N/mês} * 10 \text{ meses} = 2235 \text{ kg de N/ano.}$$

De acordo com o manual de adubação da Embrapa (2006) a necessidade do Nitrogênio para o cultivo do capim *Brachiaria brizantha* é de 150 kg/ha.

$$150 \text{ kg} \rightarrow 1 \text{ ha}$$

$$2235 \text{ kg de N/ano} \rightarrow x$$

$$X = 14,9 \text{ ha}$$

Nível de fósforo

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

$$X \rightarrow 120.000 \text{ L}$$

$$X = 0,88 \text{ kg de P/dia}$$

$$0,88 \text{ kg de P/dia} * 25 \text{ dias} = 22,20 \text{ kg de P/mês}$$

$$22,20 \text{ kg de P/mês} * 10 \text{ meses} = 222 \text{ kg de P/ano.}$$

De acordo com o manual de adubação da Embrapa (2006) a necessidade do Fósforo para o cultivo do capim *Brachiaria brizantha* é de 48 kg/ha.

$$48 \text{ kg} \rightarrow 1 \text{ ha}$$

$$222 \text{ kg} \rightarrow x$$

$$X = 4,625 \text{ ha}$$

Nível de potássio

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

$$X \rightarrow 120.000 \text{ L}$$

$$X = 2,23 \text{ kg de K/dia}$$

$$2,23 \text{ kg de K/dia} * 25 \text{ dias} = 55,8 \text{ kg de K/mês}$$

$$55,8 \text{ kg de K/mês} * 10 \text{ meses} = 558 \text{ kg de K/ano.}$$

De acordo com o manual de adubação da Embrapa (2006) a necessidade do Potássio para o cultivo do capim *Brachiaria brizantha* é de 58 kg/ha.

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

$$558 \text{ kg} \rightarrow x$$

$$X = 9,6 \text{ ha}$$

Com base nos principais nutrientes que ocorrem na água residuária do CEULP/ULBRA, para a fertirrigação do capim *Brachiaria brizantha cv Marandu*, é possível a implantação de uma área de 14,9 ha ou 149.000 m², com base no elemento que se encontra em maior quantidade, que é o nitrogênio.

Devido o baixo teor de fósforo e potássio presente no efluente, quando comparado ao nitrogênio, é essencial à utilização de adubos químicos, para complementar o teor dos nutrientes necessários para o solo.

4.6 Análise Econômica

4.6.1 Nitrogênio

Como fonte de nitrogênio utilizou-se a ureia, que possui 46,6% de N e custo de R\$ 2,74 o kg da ureia, e o kg de Nitrogênio é de 5,87 reais.

A produção diária de N é de 8,94 kg, o que equivale a uma economia de 52,21 reais/dia, e anual de R\$13.119,45 reais.

É possível fertirrigar 14,9 ha utilizando a água residuária, com base no elemento químico nitrogênio, reaproveitando todo o teor de nitrogênio presente no esgoto. Por consequência, a economia deste elemento químico será total em relação à área fertirrigada. Uma economia de R\$ 13.119, 45 reais ao ano aproximadamente, conforme demonstrado acima.

4.6.2 Fósforo

Como fonte de fósforo utilizou-se o superfosfato simples que custa R\$ 2,00 o kg.

2,00 reais de superfosfato simples → 1 kg

X → 0,88 kg de fósforo /dia

X = 1,76 reais/dia

1,76 reais/dia * 25 dias = 44 reais/mês

44 reais/mês * 10 meses = 440 reais/ano

Teor de fósforo no P₂O₅:



$$\text{P: } 2 \times 31 = 62$$

$$\text{O: } 5 \times 16 = 80$$

$$\text{Total} = 142 \text{ g}$$

$$142 \text{ g} \rightarrow 100\%$$

$$62 \text{ g} \rightarrow x$$

$$X = 43,66\% \text{ de P.}$$

Como o superfosfato é 20% de P_2O_5 , se fosse o P_2O_5 100%:

$$\frac{440}{0,2} = 2200 \text{ reais}$$

$$\frac{2200}{0,4366} = 5.038,93 \text{ reais}$$

É possível fertirrigar 4,625 ha utilizando a água residuária, referente ao elemento químico fósforo. A economia deste elemento químico será de R\$ 440,00 reais ao ano aproximadamente, como mostra os cálculos acima.

Como a área a ser fertirrigada é de 14,90 ha, e só temos disponível cerca de 4,625 ha de fósforo, para satisfazer a necessidade deste elemento é preciso complementar 10,275 ha do nutriente com adubos químicos.

4.6.3 Potássio

Como fonte de potássio, utilizou-se o cloreto de potássio, que custa R\$ 3,08 reais o kg de KCl (o kg de K é 5,88 reais) e sabendo que a produção de K

anual é de 558 kg e que o teor de K no KCl é de 52,3%, tem-se uma economia de R\$ 3.286,11 reais

É possível fertirrigar 9,6 ha utilizando a água residuária, com base no elemento químico potássio, reaproveitando todo o teor do mesmo presente no esgoto. Por consequência, a economia deste elemento químico será de R\$ 3.286,11 reais ao ano aproximadamente, como mostra os cálculos acima.

Como a área a ser fertirrigada é de 14,9 ha, e só temos disponível cerca de 9,6 ha de potássio, para satisfazer a necessidade deste elemento é preciso complementar 5,3 ha do nutriente com adubos químicos.

A economia total aproximadamente, dos elementos químicos nitrogênio, fósforo e potássio, utilizando o efluente do CEULP/ULBRA para uma fertirrigação de área 14,9 ha ou 149.000 m², serão de R\$ 14.259,00 reais ao ano.

$$\sum 13.141 + 440,00 + 3.283,17 = 16.864,17$$

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através das análises físicas, químicas dos teores dos principais nutrientes presentes no efluente do CEULP/ULBRA, conclui-se que é possível fertirrigar uma área de 14,9 ha com o capim *Brachiaria brizanta cv marandu*, 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 do ano.

A utilização do efluente acarretará uma economia de adubados à base de nitrogênio, fósforo e potássio, de aproximadamente R\$ 16.800 reais ao ano.

Aplicando o esgoto sanitário como fonte de nutrientes no plantio do capim *Brachiaria* previne-se uma possível contaminação de corpos hídricos, minimizando a utilização de água de melhor qualidade.

6 Referências

ANDREOLI, C. V., VON SPERLING, M., FERNANDES, F. **Lodo de esgoto: Tratamento e disposição final**. Rio de Janeiro: Editora ABES, 2001. 483 p.

BARROS, Rodrigo. A história do saneamento básico no Brasil

BERNARDI, C.C., **Reuso de água para irrigação**. Monografia apresentada ao ISEA- FGV/ECOBUSINESS SCHOOL como requisito para obtenção de título de Pós- Graduação, em nível de Especialização *Lato Sensu*, modalidade MBA, em Gestão Sustentável da Agricultura Irrigada – Brasília/DF, 63 páginas, 2003.

FERNANDES, F.; LOPES, D. D.; ANDREOLI, C. V. ; SILVA, S. M. C. P. Avaliação de alternativas e gerenciamento de lodo na ETE. In: C. V. ANDREOLI; M. V. SPERLING & F. FERNANDES (Ed.). **Lodo de esgoto: Tratamento e disposição final**. Belo Horizonte: UFMG / SANEPAR, v.6, 2001. p. 299 - 317.

GONÇALVES, R. F.; LUDUVICE, M.; LIMA, M. R. P.; RAMALDES, D. L. C.; FERREIRA, A. C.; TELES, C. R.; ANDREOLI, C. V. In.: ANDREOLI, C. V. **Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final**. Rio de Janeiro: Abes, 2001. cap. 3, p. 55-86.

JORDÃO, E. P. e PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. Rio de Janeiro: ABES, 3. ed. 1995.

JORDÃO, E.P; PESSÔA, C.A. Tratamento de Esgotos Domésticos. 6. ed. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2011, 1050p.

KRONENBERGER, M.P ; PEREIRA, R.S; DE FREITAS, E.A.V; SCARCELLO, J.A; CLEVARIO, J.J. Saneamento e Meio Ambiente. 2008.

LEOS, S. G., & CAVALINI, J. M. **Tratamento e uso de águas residuárias.** Campina Grande, UFPB, 1999. 151p.

MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F. dos S. (eds). Reúso de Águas. Barueri: Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, Núcleo de Informação em Saúde Ambiental, 2003.

TELLES, Dirceu D' Alkmin; COSTA Regina Pacca. Reúso da Água conceitos, teorias e práticas 2^o edição 2010 São Paulo

TSUTIYA, M. T. et al. (eds.) Biossólidos na agricultura. São Paulo: SABESP, 2001. 468 p

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. UFMG, 1996. 243p.

Arquivo de entrada: [copy spider.doc](#) (4167 termos)

Arquivo encontrado		Total de termos	Termos comuns	Similaridade (%)
ppgl.geologia.ufrj.b...	Visualizar	41024	977	2,2
docplayer.com.br/835...	Visualizar	9192	256	1,95
passeidireto.com/arq...	Visualizar	1050	71	1,37
escavador.com/sobre/...	Visualizar	8622	71	0,55
clinicaltrials.gov/c...	Visualizar	1383	4	0,07
researchgate.net/pos...	Visualizar	1992	4	0,06
academic.oup.com/hum...	Visualizar	5785	6	0,06
nap.edu/read/5175/ch...	Visualizar	6285	6	0,05
srs.fs.fed.us/pubs/j...	Visualizar	11192	3	0,01
academia.edu/1339671...	Visualizar	159	0	0