

# Revista Brasileira de Engenharias

Data de aceite: 17/07/2025

## REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA DE ESGOTO TRATADO PARA AMPLIAR O SISTEMA DE ESGOTO EM TERESINA- PI

*Diego Angeles Carvalho Macedo*

*Felipe José Amâncio Holanda*

Todo o conteúdo desta revista está  
licenciado sob a Licença Creative  
Commons Atribuição 4.0 Interna-  
cional (CC BY 4.0).



**Resumo:** Diante da sustentabilidade hídrica e da poluição do meio ambiente, é proposto que procure medidas alternativas para investimentos em saneamento básico que garantam a economia e conservação da água, visando à recuperação e proteção ambiental dos corpos d'água naturais, especialmente para áreas menos favorecidas pelo baixo índice pluviométrico e escassez dos mananciais como na cidade de Teresina. Nesta perspectiva está o reuso do esgoto tratado, que utiliza esses efluentes que antes seriam descartados no meio ambiente, onde mesmo sendo tratados prejudicam os rios Parnaíba e Poti, por serem ricos em nutrientes como nitrogênio e fósforo provocando a eutrofização. Este estudo analisa situações que propiciam a implantação do reuso de esgoto tratado junto a estações de tratamento que irão construir na ampliação do sistema de esgotamento sanitário de Teresina. O estudo proposto consiste na utilização dos efluentes advindos do tratamento para atender a demanda da água para agricultura, gerando renda na região. Além de esclarecer situações para convencer as autoridades públicas para implantá-la é também realizada sugestões de trabalhos futuros com condições propícias para obter êxito. A proposta é possível e viável, com alta necessidade de implantação, pois a situação pluviométrica, econômica e ambiental, principalmente dos mananciais na região de Teresina clama por solução.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade. Reuso do esgoto. Agricultura.

## INTRODUÇÃO

### TEMA

A utilização do reuso de efluentes de esgotos para ampliação do sistema de esgotamento sanitário de Teresina-PI

O sistema de esgotamento sanitário vem sendo bastante discutido nos últimos anos em todo o Brasil, pois o país apresenta carência

de tratamento de esgoto em várias regiões. Ainda existem lugares onde o esgoto corre a céu aberto, despejo de esgotos domésticos nos corpos d'água naturais (rios, lagos e mares) sem seu devido tratamento causando danos ao meio ambiente, doenças, tornando o ambiente desagradável e pondo um grande risco à saúde pública (FUNASA, 2014).

A situação é crítica em relação à rede de esgotamento sanitário e no Piauí cerca 204 cidades não possuem rede de esgotamento sanitário, Teresina apresenta um valor médio de 19%, muito abaixo da média nacional 47,2%, apresentando os menores índices de esgotamento sanitário do País. Em relação ao tratamento de esgoto, apenas a unidade hidrográfica do Poti, que se encontra no Baixo Parnaíba dispõe deste serviço com 9,2% (SEMAM, 2015).

Então surge uma preocupação de ampliar o sistema de esgotamento sanitário para suprir o crescimento populacional na região, onde a falta de saneamento básico dificulta o crescimento imobiliário, pois em construções de prédios residenciais não se tem como lançar os efluentes de esgotos que esses empreendimentos irão produzir (LIMA, 2011).

O Governo Federal criou o Plano Nacional de Saneamento que estabelece diretrizes, metas e ações de saneamento básico para o país nos próximos 20 anos. E que tinha como meta até o final de 2015 para cumprir e desenvolver o plano, como consequência de que o município ficará de fora da cota de distribuição orçamentária para os investimentos na área, mas que o prazo foi prorrogado devido à insuficiência de municípios que realizaram o plano. Uma das principais consequências da falta de sistema de esgotamento sanitário é sobre os recursos hídricos, onde o lançamento de esgoto em seus efluentes dificulta a qualidade de vida da população. Os principais recursos hídricos da região é a Bacia do Rio Poti e do Rio Parnaíba na sub-bacia do Baixo Parnaíba em Teresina onde a degradação da vegetação

natural é uma consequência da ocupação territorial, sendo variável nas diversas áreas em função da dinâmica das atividades econômicas (Abastecimento humano, geração de energia elétrica, pesca lazer e turismo) (FGV, 2013).

O Rio Parnaíba além de lançamentos de esgotos, também sofre um rápido assoreamento, em decorrência da destruição das matas ciliares presentes na beira do rio pelas queimadas para o plantio de lavouras nas áreas de vazantes, com a retirada dessa vegetação o solo ali presente é facilmente carreado para o leito do rio e, com o passar dos dias, devido à ação de espalhamento dessa areia causada pela correnteza, o rio torna-se cada vez mais raso, formando concentração de areias no leito (coroas). As expansões destas lavouras nas proximidades do leito contaminam o solo e o lençol freático por agrotóxicos utilizados em grande escala ameaçando as nascentes dos mananciais (OLIVEIRA, 2006).

Segundo dados da Caixa econômica federal, com esses incentivos governamentais tanto do Governo Federal tanto como investimentos mundiais, Teresina entra no processo de avanço na área de saneamento básico, com a criação de projetos básicos e executivos oriundos do plano nacional de saneamento para ampliar o sistema de esgotamentos sanitários para cerca de 50 % (EMANUEL, 2015).

A incorporação da prática de reuso nos planos nacionais de saneamento básico na gestão de recursos hídricos, agrícola e de esgoto é de grande importância para regiões áridas e semiáridas. O reuso implica em redução de custos, principalmente se é considerado em associação com novos projetos de sistemas de tratamento, uma vez que os padrões de qualidade de efluentes, necessários para diversos tipos de uso, são menos restritivos do que os necessários para proteção ambiental. Águas de menor valor, tais como, o uso de esgotos, águas de drenagem agrícola ou águas salobras, são, espontaneamente uti-

lizadas, principalmente em agricultura e piscicultura, embora ocorram manifestações de reuso agrícola não planejado ou inconsciente em diversas regiões brasileiras, a prática do reuso de água associada ao setor público ainda é extremamente incipiente no Brasil. Vem sendo incentivado pelo setor privado, nas indústrias, constantemente se conscientizando de que a prática de reuso e reciclagem pode trazer benefícios significativos tanto no que concerne ao processamento industrial quanto em relação às águas de utilidades, pois as políticas tarifárias cobradas pelos órgãos públicos de saneamento, assim como o advento e a implementação das estruturas de outorga e cobrança, tanto na tomada de água como na diluição dos despejos produzidos, têm levado as indústrias a dedicarem especial atenção às novas tendências e tecnologias disponíveis para reuso e reciclagem de efluentes. Tornando-se necessário estabelecer mecanismos para institucionalizar, regulamentar e incentivar a prática do reuso estimulando as que permanecem embrionárias e promover o desenvolvimento daquelas que ainda não se iniciaram no Brasil, os aspectos relativos às secas prolongadas, especialmente no nosso Nordeste e à crescente poluição dos cursos de água, no território nacional. Uma política de reuso adequadamente elaborada e implementada contribuiria para a seca, dispondo de volumes adicionais para o atendimento da demanda em períodos de oferta reduzida, e a poluição, atenuada face à diversão de descargas poluidoras para usos benéficos específicos de cada região. Além disso, as atividades de reuso adequadamente coordenadas se constituiriam em elemento valioso para melhor utilização dos recursos hídricos disponíveis, controle da poluição e atenuação do problema de seca em regiões semiáridas e gerando renda para a região (HESPAÑHOL, 2002).

## PROBLEMA DE PESQUISA

Com a ampliação do sistema de esgotamento sanitário em Teresina que terá nos próximos anos, dever-se-á princípio atender a Resolução Conama 357/05 para adequar simultaneamente aos padrões de qualidade dos corpos receptores e aos padrões para o lançamento de efluentes nos corpos d' água. (BASTOS, 2003).

Os sistemas convencionais de tratamento biológico de esgotos, mesmo tratado, em corpo d' água podem ainda resultar na poluição do Rio Parnaíba e o Rio Poti. Com pesquisas sobre o tratamento e utilização de esgotos sanitários em relação aos nutrientes principais como nitrogênio e fósforo, presente no esgoto bruto e nos efluentes de vários processos de tratamento destaca-se o problema de eutrofização. A eutrofização é o enriquecimento do meio aquático com nutrientes citados acima, causando o crescimento e proliferação de plantas aquáticas como as algas bem como a proliferação de macrofitas, especialmente o aguapé (gigoga, jacinho de água). Os problemas da eutrofização são: Problemas estéticos e recreacionais, condições anaeróbias no corpo d' água, mortandades de peixes, redução da navegabilidade e da capacidade transporte (BASTOS, 2006).

A sistematização dos sistemas convencionais de tratamento biológicos de esgoto mesmo projetados visando, principalmente, à remoção de matéria orgânica ainda resulta em efluentes com concentração de nitrogênio e fósforo acima das exigências do Conama. Esse problema é agravado quando a diluição do esgoto no corpo receptor é baixa, enquadrando-se nos Rios Parnaíba e Poti que apresentam um grande problema de assoreamento e baixas vazões, que se prolonga geralmente por oito meses do ano (FLORÊNCIO, BASTOS, 2006).

Atualmente, nenhuma forma de ordenação política, institucional, legal ou regulatória orienta as atividades de reuso praticadas no território nacional. Embora possa não ser atribuição específica da ANA (Agência Na-

cional de Águas) promover e regulamentar as atividades de reuso de água no Brasil, mas a sua ação coordenadora no setor permitiria a elaboração e implementação de projetos sustentáveis de reuso associando aos programas e objetivos de gerenciamento integrado nas bacias hidrográficas. Como não existe no Brasil, experiência em reuso planejado e institucionalizado, é necessário implementar projetos pilotos. Essas unidades experimentais devem cobrir todos os aspectos das diversas modalidades de reuso, principalmente os relativos ao setor agrícola, e deverão fornecer subsídios para o desenvolvimento de padrões e códigos de prática, adaptados às condições e características nacionais. Uma vez concluída a fase experimental, as unidades piloto serão transformadas em sistemas de demonstração, objetivando treinamento, pesquisa e o desenvolvimento do setor. Os projetos existentes são desvinculados de programas de controle de poluição e de usos integrados de recursos hídricos nas bacias hidrográficas onde estão sendo implementados, principalmente na ampliação de sistema de esgotamento sanitário de Teresina, onde não empregam tecnologia adequada para os tipos específicos de reuso implementados e não incluem as salvaguardas necessárias para preservação ambiental e proteção da saúde pública dos grupos de risco envolvidos e não são formulados com base em análises e avaliações econômico-financeiras e não possuem estruturas adequadas de recuperação de custos (HESPAÑOL, 2002).

Há necessidade, portanto, de que se busquem alternativas de tratamento de esgoto que resultem em maior remoção de nitrogênio e fósforo complementando os sistemas usuais de tratamento. Como beneficiar a ampliação do sistema de esgotamento sanitário em Teresina protegendo os mananciais e simultaneamente gerando renda e qualidade de vida?

## PROPOSIÇÕES

Beneficiar a ampliação do sistema de esgotamento sanitário em Teresina protegendo os Rios Parnaíba e Poti, usando como alternativas junto às estações tratamento de esgoto, o reuso de efluentes resultantes desse tratamento, para uso na irrigação, gerando um aumento na economia da região e uma proteção do Rio Parnaíba e o Rio Poti.

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GERAL

Apresentar medidas alternativas que complementam os sistemas de tratamento convencionais de esgoto para ampliação do sistema de esgotamento sanitário de Teresina, gerando proteção dos mananciais e rentabilidade na região.

### OBJETIVO ESPECÍFICO

Apresentar medida mitigadora para problemas recorrentes de poluição dos mananciais (Rio Parnaíba e o Rio Poti).

Sujeitar medidas de rentabilidade e lucros podendo gerar um aumento na economia da região de Teresina.

Apresentar medidas alternativas dos recursos hídricos diminuindo os problemas resultantes da escassez e a competição por água na agricultura.

## METODOLOGIA

### PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

#### Tipos De Pesquisa

Pesquisa descritiva estimula os entrevistados a pensarem livremente sobre algum tema, objeto ou conceito. Mostra aspectos subjetivos e atingem motivações não explícitas, ou mesmo conscientes, de maneira espontânea. É utilizada quando se busca percepções e

entendimento sobre a natureza geral de uma questão, abrindo espaço para a interpretação, sendo também indutivo, o pesquisador desenvolve conceitos, ideias e entendimentos a partir de padrões encontrados nos dados, ao invés de coletar dados para comprovar teorias, hipóteses e modelos pré-concebidos (LAKATOS, 2007). Ao analisar a ampliação o sistema de esgotamento sanitário em Teresina protegendo o meio ambiente principalmente os mananciais e simultaneamente gerando renda e qualidade de vida observa-se a capacidade de desenvolver entendimentos de como funciona o reuso de esgotos e pesquisas realizadas na área com publicações de artigos científicos compreendendo todo o processo para adequar na região possibilitando a sua implantação.

A natureza aplicada busca gerar conhecimento sobre um assunto específico e definido anteriormente. Nos setores produtivos a pesquisa aplicada utiliza os conhecimentos decorrentes da pesquisa básica para gerar desenvolvimento científico com fins comerciais em geral (BOAVENTURA, 2004). Esta pesquisa é considerada aplicada por visar o desenvolvimento de conhecimento específico sobre um assunto definido, como sistema de reuso de esgoto aplicado através de estudos e artigos científicos, associado ao desenvolvimento de setores econômicos mediante aplicação direta dos resultados obtidos, como a aplicação do reuso de esgoto para irrigação em Teresina.

Pesquisa explicativa identifica os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos. É o tipo que mais aprofunda o conhecimento da realidade, porque explica a razão, o porquê das coisas. Por isso, é o tipo mais complexo e delicado (BARROS, 2000). A ampliação do sistema de esgotamento sanitário em Teresina busca conhecer o motivo que mesmo ampliando o sistema de esgoto continua prejudicando o meio ambiente, no caso os rios Parnaíba e Poti, e por qual razão do uso do reuso de esgoto poderá ser aplicado na região.

A pesquisa documental é realizada em fontes como tabelas estatísticas, cartas, pareceres, fotografias, atas, relatórios, obras originais de qualquer natureza, notas, diários, projetos de lei, ofícios, discursos, mapas, testamentos, inventários, informativos, depoimentos orais e escritos, certidões, correspondência pessoal ou comercial, documentos informativos arquivados em repartições públicas, associações, igrejas, hospitais, sindicatos. A análise documental constitui uma técnica importante na pesquisa qualitativa, seja complementando informações obtidas por outras técnicas, seja desvelando aspectos novos de um tema ou problema. Sendo uma técnica decisiva para a pesquisa em ciências sociais e humanas, a Análise Documental é indispensável porque a maior parte das fontes escritas – ou não – é quase sempre a base do trabalho de investigação; é aquela realizada a partir de documentos, contemporânea ou retrospectiva, considerada cientificamente autêntica (LAKATOS, 2007). Nessa pesquisa quanto ao procedimento como é pesquisa documental realizada a partir de artigos científicos com análises de experimentos de reuso utilizados, diagnósticos do laboratório de análise da situação dos mananciais de Teresina, projetos básicos e executivos dos microssistemas de Teresina em análise na Caixa Econômica Federal, programa de pesquisa PROSAB e fontes institucionais como FUNASA, ANA, IBGE, SEMAM, FGV, Ministério das Cidades, FAO, ONU, INSA, bem como pesquisas bibliográficas de Autores de referência como: Bastos, Florêncio, Von Sperling, Jordão e Pessoa.

### **Tipos de Estudo**

O estudo cross section é feito a partir de dados coletados por um longo período de tempo com amostras diferentes. Nesta pesquisa os dados são coletados a partir de experiências, pesquisas, artigos científicos de reuso de esgoto para produtos diferentes de diversas regiões

de Brasil, mas como semelhanças quanto ao clima e relevo da cidade de Teresina.

### **RISCOS E BENEFÍCIOS**

O SES pode ocasionar riscos de poluição do solo e do lençol freático. O principal aspecto negativo decorrente da implantação e operação de um sistema de esgotamento sanitário consiste no fato da rede coletora concentrar a incidência da carga poluidora num único ponto. Desta forma, caso não seja adotado um tratamento dos efluentes sanitários, poderá vir a ocorrer deterioração do corpo receptor, comprometendo seus usos preponderantes.

No caso específico do projeto ora em pauta, a ETE PI 130, tendo em vista que a escolha do tipo de tratamento dos efluentes sanitários se pautou no enquadramento do curso d'água receptor, de acordo com o que reza a Resolução CONAMA 357, não são esperadas interferências nos usos preponderantes do referido recurso hídrico. Isto, desde que sejam efetuadas manutenções periódicas da infraestrutura implantada, evitando a ocorrência de obstruções e vazamentos e a perda de eficiência do sistema, garantindo assim não só a qualidade do meio ambiente, como a própria integridade do empreendimento. No entanto, o uso em irrigação de águas residuais, mesmo tratadas, podem ocasionar impactos negativos no meio ambiente, inclusive problemas sanitários. Desta forma, recomenda-se que sejam adotadas medidas de controle rigorosas, caso se opte por utilizar estes efluentes em irrigação. Além disso, devido a possíveis problemas operacionais é recomendável que esgotos tratados não sejam utilizados em culturas produtoras de alimentos ingeridos crus, como hortaliças e frutos que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam ingeridos sem remoção da película.

Podem ocorrer também danos à flora e a fauna, as áreas a serem ocupadas pelas obras de engenharia são alvo de operações de desmatamentos ou de limpeza do terreno (roça),

resultando em danos ao patrimônio da flora e da fauna da região. A degradação de áreas para exploração de materiais de empréstimos, a exploração de jazidas de empréstimos provoca alterações da paisagem natural decorrentes da erradicação da cobertura vegetal, da retirada da camada de solo fértil e da formação de crateras, expondo as áreas exploradas à ação de agentes erosivos, com riscos de instabilidade dos taludes laterais das cavas de jazidas de material terroso. Resulta, consequentemente, no carreamento de sedimentos para os cursos d'água periféricos produzindo turbidez e assoreamento, além de redução da infiltração das águas pluviais diminuindo a recarga dos aquíferos. Há ainda a geração de poeira e ruídos decorrentes das operações de desmatamento, dos movimentos de terra e do intenso tráfego de máquinas e veículos pesados. Os sistemas de tratamento de esgotos centrados no uso de lagoas de estabilização requerem a exploração de jazidas de material terroso para a execução dos taludes e dos selos das lagoas.

Sabe-se que projetos dessa natureza geram um conjunto de benefícios indiretos e intangíveis que, especialmente em saneamento básico, a tarefa de quantificá-los é extremamente difícil e demorada. O benefício econômico a redução de gastos com a saúde pública em função do melhor atendimento da população aos serviços de abastecimento d'água e coleta de esgotos. A economia de recursos hídricos, o aumento da qualidade dos alimentos recorrentes da irrigação com esgoto tratado, por dispensar o uso de fertilizantes protegendo os lençóis freáticos, aumento da economia com irrigação e piscicultura, principalmente a proteção rio Parnaíba contra a eutrofização.

## PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE DE DADOS

As análises iniciam-se com os diagnósticos da situação dos rios Parnaíba e Poti e diagnósticos sobre o clima semiárido que engloba a

região. Do alto é possível ter uma noção exata da dimensão do problema, quando passa principalmente pela área urbana de Teresina.



Figura 01 – Imagem do rio Poti próximo à Ponte Estaiada

Fonte: Meio Norte (2014)

O rio Poti recebe esgotos sem tratamento e muitas galerias, que aos poucos destrói a vida do rio, em determinados pontos, há muita espuma branca, e pouca vida no manancial.



Figura 02 – Imagem de espumas do esgoto bruto lançado diretamente no rio Poti

Fonte: Globo (2014)

A análise foi solicitada pela ONG Olho Aberto, um laboratório do Mato Grosso do Sul, para comprovar o alto índice de contaminação das águas do Rio Parnaíba e Poty, a coleta foi feita do mês de setembro em três pontos diferentes, na região central de Teresina, zona norte e zona leste da cidade. Uma das principais constatações da análise é que o lixo

doméstico ainda é a principal fonte de contaminação dos dois rios, mais uma análise coletada em um poço profundo na região do lixão de Teresina, trouxe uma constatação preocupante, que o lençol freático de Teresina, já estaria contaminado com metais pesados (níquel, cobre e fósforo). Um rio que morre aos poucos, água fonte de vida sem oxigênio, proliferação de plantas aquáticas (aguapés, Canarana) transformando em pastos, poluição pelos esgotos e galerias não tratados e causando o assoreamento.



Figura 03 – Formação de coroas reduzindo a vazão do rio Parnaíba

Fonte: Globo (2015)

Em 2004 foi criado o INSA com o objetivo de mostrar a vantagem de viver na região, onde se peca muito ao longo da nossa história e não reconhecemos essa grande potencialidade do semiárido diante da grande biodiversidade incrível na região, onde deve aproveitar do ponto de vista econômico onde possa gerar riqueza na região. O plano diretor do instituto, um documento elaborado ao longo de sete meses, com um planejamento estratégico, iniciado em maio de 2007, que contou com a participação de diversas instituições de ensino superior, centro de pesquisa e sistemas estatais de ciência e tecnologia, missão de viabilizar soluções para os problemas existentes na região, uma postura que assume a semiáridez com vantagem. Desafios, elaboração de

pesquisas e difusão de tecnologia, articulação e elaboração da política de ciência e tecnologia para a região semiárido incluindo a região semiúmido de Teresina, fazendo com que o INSA possa induzir demandas e sugerir editais para enfocar esses grandes problemas na região.

Na análise da amostra escolhida, o Macrosistema Sudoeste (Saci / PI 130), que tem como destino final a ETE PI 130, observou-se que a construção de uma nova estação de tratamento de esgoto situada fora do limite urbano de Teresina, o terreno tem uma área de proximamente 40 hectares, a cerca de 5 km para Sul do bairro Angelim do Subdistrito Sul. O projeto está atualmente em análise na Caixa Económica, ele foi realizado pela AGESPISA e abrange a estação de tratamento e respetivo sistema interceptor (que inclui as EEE de Cristo Rei, Saci/ Maranhão e Areias).

Nos documentos referentes aos projetos básicos e executivos dos SES de Teresina a análise baseia-se nos estudos de concepção para a escolha do sistema de tratamento de esgotos. Verificou-se pela avaliação técnica que a cidade de Teresina apresenta algumas características particulares que ajudarão na definição da alternativa mais viável para a solução de tratamento a implantar. A sua condição climática é muito favorável à utilização de sistemas de tratamento com base em lagoas de estabilização, mas, por ser a capital do estado e em crescente expansão, a disponibilidade de grandes áreas simultaneamente próximas das zonas urbanas a servir pelo sistema e dos corpos receptores é escassa e dificulta muito a adopção desta alternativa de tratamento. De entre os grupos das soluções compactas a complexidade da operação e os custos de exploração são os principais obstáculos à escolha da melhor solução técnica a adotar. Resumem-se nos itens seguintes as principais conclusões retiradas das avaliações técnicas das várias alternativas.

Foram detalhadas quatro alternativas para a solução de projeto de esgotamento sanitário do macrosistema Sul da cidade de Teresina. Tomou-se como premissa que a solução de coleta e transporte de efluentes apresentará o mesmo plano de escoamento e definição de bacias nas quatro alternativas e foi apresentada para cada alternativa desenvolvida uma solução de tratamento. Assim, para efeito comparativo, o estudo se resumiu à avaliação das opções possíveis para o tratamento dos esgotos. Alternativa 01 consiste na implantação de uma ETE com tratamento biológico através de reatores anaeróbios (UASB) e pós tratamento em lagoas de polimento com chicanas. Alternativa 02 consiste na implantação de uma ETE com tratamento biológico, através de reatores UASB, seguidos de filtros submersos aerados (FSA) e decantadores lamelares de alta taxa, com posterior desinfecção do efluente com ozônio. Alternativa 03 consiste na implantação de uma ETE com tratamento biológico em lagoas de estabilização (lagoas anaeróbias + lagoas facultativas), seguido de tratamento terciário em lagoas de maturação. Alternativa 04 consiste na implantação de uma ETE com tratamento biológico, através de reatores de lodos ativados operados em aeração prolongada, seguidos de decantação secundária com posterior desinfecção com UV.



Figura 04 – Lagoas de estabilização da zona leste de Teresina

Fonte: Cidade Verde (2015)

Conforme o estudo de concepção dos projetos executivos avaliados pela CEF (Caixa Econômica federal) a escolha a ser implantada será a alternativa 03, tratamento com lagoas de estabilização é o tipo de tratamento utilizado em todas as ETEs existentes em Teresina e será utilizado nas ETEs a construir, devido à simplicidade operacional, as condições climáticas favoráveis e menor custo de implantação e de exploração.

As análises de experiências de reuso de esgoto tratado, será com o mesmo tipo de tratamento utilizado em Teresina, as lagoas de estabilização, mas que todos sejam oriundos de áreas semelhantes ao clima de Teresina, em zonas semiáridas, com intuito de mostrar a possibilidade de implantação.

## RESULTADO E DISCUSSÃO

Resultados e discussões buscam análises de experiências com o reuso dos esgotos tratado em áreas semelhantes ao clima de Teresina, abrangendo todos os objetivos abordados e a problematização da pesquisa.



Figura 05 – Irrigação do projeto Palma de Santana

Fonte: INSA (2015)

A primeira experiência é um projeto ainda em fase experimental que pode ser a saída para o agricultor do semiárido, poder irrigar a produção com água do esgoto doméstico tratado, que é o tipo de esgotos, mais utilizado em Teresina vistos em diagnósticos nas análises e isso se tem mostrado mais eficientes e

econômicos em um sitio de Campina Grande na Paraíba. No INSA utiliza para irrigar um plantio de sistema de água florestal (palmas, forrageiro, pés de sabiá). Devido aos nutrientes presentes na água resíduária, o desenvolvimento nas plantas é bem mais rápido. Uma das características desses solos é ter baixa fertilidade, então quando estiver utilizando uma água de reuso que contém (nitrogênio, fósforo e potássio) são elementos essenciais para o desenvolvimento das plantas. Por isso quando se compara no quesito produção aplicando a mesma quantidade de água resíduária e a água convencional. A produção com água resíduária são maiores devidos ao aporte de nutrientes aos solos inférteis do semiárido. Apesar de um bom desempenho o projeto não pode ser utilizado para produção de hortaliças. Há restrições, por exemplo, as comidas consumidas diretamente como alface, cebolinha, apesar do Brasil não ter uma legislação própria sobre o reuso, mas OMS (Órgão Mundial da Saúde) já sinaliza não utilização dessa água para fins de produção de hortaliças, mas podem produzir frutíferas, madeiras, fibras.

As vantagens é que não polui os mananciais, segundo a ciclagem de nutrientes e quando se utiliza o reuso de esgoto tratado para fins de produção, estarem fazendo um terceiro tratamento dessa água, as plantas absorvem essa água e jogam água na atmosfera. Traz uma melhor convivência com a seca já que a água de esgotos permite produzir o ano inteiro, sem falar que a produção pode servir como renda extra. Hoje no mercado dessa palma que nós utilizamos custa R\$ 0,30 a raquete, por ano o agricultor poderia em um 1 hectare conseguir uma renda de R\$ 36.000,00 que daria em média R\$ 3.000,00 por mês. Funciona com um tratamento primário, retira o material grosso como cabelo, areia, posteriormente vai para um leito fluizado onde tem a passagem da água dentro de uma brita e essa brita ao redor dela cresce bactérias e faz o tratamento dessa água.



Figura 06 – Irrigação de esgoto tratado na Praça de Caucaia

Fonte: CAGECE (2013)

A segunda experiência é uma estação tratamento feitas há 18 anos na cidade de Caucaia no Ceará, a estação de tratamento de reuso foi construída para evitar que o esgoto do bairro em Caucaia fosse lançado diretamente na lagoa do Tabapuá. No local existem cinco tanques para limpeza da água, é um sistema rotativo, resultado numa água rica em nitrogênio e fósforo. Nenhum produto químico é acrescentado, as duas primeiras lagoas de estabilização o material orgânico é retirado e em outras três a maturação remove os vírus e bactérias, leva ação ultravioleta solar que penetram no organismo, provocando a morte do mesmo.

A Estação de tratamento trabalha 24 horas por dia, custam 5000 por mês de manutenção, tem a capacidade de 330 mil litros de esgoto por dia, para o tratamento permanece por duas semanas. Seu destino é para irrigação de praças e canteiros na cidade de Caucaia gerando economia da água e proteção dos mananciais.



Figura 07 – Irrigação de feijão-caupi

Fonte: PROSAB (2013)

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Baseado nas análises feitas pode-se determinar que, a ETE PI130 é um local que possui um terreno com área suficiente para permitir a construção de um sistema de tratamento junto com áreas para irrigação utilizando o reuso desse esgoto tratado, por localizar fora do limite urbano, enquanto os outros Macrosistemas podem servir como uma pequena complementação desse tratamento com reuso em irrigação, devido serem localizados mais próximos de áreas urbanas e não terem terrenos suficientes. O sistema usado será lagoas de estabilização, que é o sistema mais adequado para a utilização do reuso de esgoto para irrigação por ter seus efluentes ricos em nutrientes como nitrogênio e fosforo essenciais para desenvolvimento da vegetação.

O reuso de efluentes do esgoto tratado resultantes das lagoas de estabilização que são ricos em nutrientes para irrigação, evita o despejo desses efluentes nos mananciais, evitando a eutrofização e consequentemente protegendo os rios. Sujeitar medidas de rentabilidade e lucros podendo gerar um aumento na economia da região de Teresina. Com a venda da produção de melancia, jeijao-caupi, malagueta, pimenta tequila, palmas, forrageiro, pés de sabiá, produtos oriundos da irrigação de efluentes do esgoto tratado. Apresentar medidas alternativas dos recursos hídricos diminuindo os problemas resultantes da escassez e a competição por água. Ao utilizar o efluente do esgoto tratado para irrigação economiza a competição pela água, pois amenizada com o reuso de esgoto tratado para irrigação, pois cerca de 70% de toda a água potável disponível no mundo é utilizada na irrigação e no Brasil é cerca de 72%.

Implantação de medidas alternativas que complementam os sistemas de tratamento convencionais de esgoto para ampliação do sistema de esgotamento sanitário de Teresina, gerando proteção dos mananciais e rentabili-

dade na região. Portanto ao realizar as ligações dos resultados das análises de experiências do reuso de esgoto tratado em regiões de clima semelhantes a Teresina, com as análises de diagnósticos do clima e da situação dos mananciais da cidade, junto com análise de como funciona o tipo de tratamento de esgoto (lagoas de estabilização) contidos nos projetos básicos e executivos que serão implantados da ampliação do sistema de esgotamento sanitário de Teresina, constatados nos estudos de concepção como a melhor solução e a escolha do macrosistema sudoeste (Saci / PI 130), que tem como destino final a ETE PI 130, por se localizar fora do limite urbano de Teresina e ter uma vasta área de implantação. Pode-se determinar que a implantação do reuso de esgoto tratado para irrigação na ampliação do SES de Teresina é facilmente possível e benéfico para a Teresina.

Nas experiências verifica-se que o produtor irrigando e adubando ao mesmo tempo, existem benefícios tanto para o agricultor quanto para o ambiente, principalmente a proteção dos mananciais da região que utiliza esses reusos. A pesquisa ainda abriu portas para que o uso de águas residuárias seja regulamentado no país. Hoje não existe nenhuma definição sobre como deve ser o uso do esgoto tratado em plantações, há apenas uma indicação da OMS (Organização mundial de Saúde) de onde ele deve ser aplicado.

Como sugestões para trabalhos futuros para experiência de reuso de efluentes de esgotos tratado no SES de Teresina pra irrigação, investigou-se o Instituto Brasileiro de Frutas (IBRAF) que incentiva a divulgação de informações técnicas para a produção sustentável, contribuindo com a preservação do meio ambiente e com a segurança alimentar. Pelo IBRAF buscaram-se informações de frutas propícias para a irrigação do clima de Teresina que não se usufrui com contato direto com os efluentes de esgoto tratado. A fruta em destaque foi o abacaxi. O abacaxi por ter uma

cultura bastante resistente à seca e durante seu crescimento e a maturação dos frutos, uma diminuição na frequência da irrigação pode favorecer a produção de frutos mais doces e saborosos, a planta cresce melhor em clima quente, com temperatura entre 20°C e 34°C,

também pode ser cultivada em estufas em regiões de clima mais frio.

## REFERÊNCIAS

- COSTA, F. X.; LIMA, V. L. A.; BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, C. A. V.; SOARES, F. A. L.; ALVA, I. D. M. **Efeitos residuais da aplicação de biossólidos e da irrigação com água residuária no crescimento do milho.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 13, n. 6, p. 687–693, 2009.
- DUARTE, A. S. **Reuso de água residuária tratada na irrigação da cultura do pimentão.** Piracicaba: ESALQ/USP, 2007. 187p.
- FELLIZATTO, M.R. **Reuso de agua em piscicultura no Distrito Federal: potencial para pós-tratamento de aguas residuarias associado à produção de pescado.** Dissertação (Mestrado de engenharia de pesca) – UNB. Brasilia: 2000.
- FGV PROJETOS. **Análise de Conformidade do Estudo de Modelagem para a universalização dos Serviços de Água e Esgoto no Município de Teresina e Assessoria ao Processo de Implementação do Modelo Selecionado.** 2013. Disponível em. Acesso em: 10 ago. 2013.
- FILHO, H.A.S. **Aplicação da respirometria para caracterizar a cinética da nitrificação em sistemas de lodo ativado.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – UFCG Campina Grande - PB, 2009.
- FLORENCIO, L; BASTOS, R.K.X.; AISSE, M.M. **Tratamento e utilização de esgotos sanitários,** Rio de Janeiro: ABES 2006.
- FONSECA, A.F. **Viabilidade agronômico-ambiental da disposição de efluentes de esgoto tratado.** 2005. 174 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP, Piracicaba, 2005.
- PMT/SEMAM – PREFEITURA MUNICIPAL DE TERESINA/SECRETARIA MUNICIPAL DE SAÚDE, 2015. Conferência Municipal de ambiente de Teresina. Teresina: SEMAM/Prefeitura de Teresina.
- LAKATOS, E.M.; MARCONI, M. de A. Fundamento de metodologia científica. 6. Ed.5. São Paulo: Atlas, 2007.
- HESPAÑHOL, I. Potencial de Reuso de Água no Brasil Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos, Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 2002.
- BARROS, A.J.P. de; LEHFELD, N. Projeto de pesquisa: propostas metodológicas. 4 ed: Petropolis. RJ: Vozes, 2000.
- BOAVENTURA, E.M, Metodologia da Pesquisa: monografia, dissertação e tese. São Paulo: Atlas, 2004.
- BASTOS, R.K.X. Utilização de esgoto tratado em fertirrigação, hidroponia e piscicultura. São Carlos: Prosab Rima, 2003.
- OLIVEIRA, F.M. Água para todos: um desafio para o desenvolvimento sustentável. Teresina. 2006. 99p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – UFPI, 2006.
- LIMA, P.H.G. A ocorrência de Policentralidade em Teresina - PI: a formação de um subcentro na região Sudeste. 2011. 122 p. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. São Paulo, 2011.