

Análise Físico-Químico da Qualidade de Efluentes para Fins de Reuso na Irrigação no Município de Iguatu – CE**Physical-Chemical Analysis of the Quality of Effluents for Purposes of Reuse in Irrigation in the Municipality of Iguatu – CE**

DOI:10.34117/bjdv6n10-562

Recebimento dos originais: 13/09/2020

Aceitação para publicação: 26/10/2020

Kellison Lima Cavalcante

Tecnólogo em Irrigação e Drenagem, Doutorando em Educação pela Universidade Federal da Bahia

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano – IF Sertão – PE/Campus Petrolina

Endereço: Rua Maria Luzia de Araújo Gomes Cabral - João de Deus, Petrolina - PE, Brasil, 56.316-686

E-mail: kellisoncavalcante@hotmail.com

Wlisses Matos Maciel

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE/Campus Umirim

Endereço: R. Carlos Antônio Sáles, s/n - Floresta, Umirim - CE, Brasil, 62.660-000.

E-mail: wlisses@ifce.edu.br

Harine Matos Maciel

Economista, Doutora em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal do Ceará

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE/Campus Baturité

Endereço: Av. Ouvidor Vitório Soares Barbosa Sanharã, Baturité - CE, Brasil, 62.760-000.

E-mail: harine@ifce.edu.br

Dijauma Honório Nogueira

Licenciado em Ciências Agrárias, Doutor em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE/Campus Iguatu

Endereço: Rod. Iguatu - Várzea Alegre, Km 05 Vila Cajazeiras, Iguatu - CE, Brasil, 63.500-000.

E-mail: dijauma@ifce.edu.br

Sergio Mota Pereira

Aluno do curso Tecnologia em Irrigação e Drenagem do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE/Campus Iguatu –

Endereço: Rod. Iguatu - Várzea Alegre, Km 05 Vila Cajazeiras, Iguatu - CE, Brasil, 63.500-000.

E-mail: sergiomotasp@hotmail.com

Lara Pereira do Nascimento Teles

Aluna do curso Técnico em Agropecuária do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE/Campus Iguatu

Endereço: Rod. Iguatu - Várzea Alegre, Km 05 Vila Cajazeiras, Iguatu - CE, Brasil, 63500-000.

E-mail: lpereira24@hotmail.com

RESUMO

O reuso de água na agricultura com a aplicação de efluentes tratados pode garantir a produtividade e a sustentabilidade das culturas irrigadas. Este trabalho objetivou a caracterização da qualidade dos efluentes da ETE Iguatu – CE, analisando os parâmetros físico-químicos recomendados para uso de esgotos na agricultura. Foram realizadas três coletas no ponto de despejo dos filtros de tratamento da ETE avaliando a qualidade físico-química, através da salinidade, infiltração, toxicidade e outros problemas relacionados a água de irrigação. Para interpretação dos dados utilizou-se a metodologia de Ayers & Westcot (2003), que apresentam diretrizes para interpretar a água para irrigação. A análise apresentou teores de CE (1,23 dS/m), TSD (789,7 mg/L), RAS (3,07) Na⁺ (5,79 mmlc/L), Cl⁻ (9,79 mmlc/L) e HCO₃ (3,39 mg/L) que classificam os esgotos no grau de restrição ao uso na irrigação de fraco à moderado e caracterizando uma água C3S1, de alta salinidade e baixa infiltração.

Palavras-chave: Água, efluente tratado, irrigação, reuso.

ABSTRACT

The reuse of water in agriculture with the application of treated effluents can guarantee the productivity and sustainability of irrigated crops. This work aimed to characterize the quality of the effluents of the ETE Iguatu – CE, analyzing the physicochemical parameters recommended for the use of sewage in agriculture. Three collections were made at the disposal point of the treatment filters of the TEE, evaluating the physical-chemical quality, through salinity, infiltration, toxicity and other problems related to irrigation water. To interpret the data, the methodology of Ayers & Westcot (2003) was used, which presents guidelines for interpreting water for irrigation. The analysis showed levels of EC (1.23 dS / m), TSD (789.7 mg / L), RAS (3.07) Na + (5.79 mmlc / L), Cl- (9.79 mmlc / L) and HCO₃ (3.39 mg / L) that classify sewage in the degree of restriction to use in irrigation from weak to moderate and featuring a C3S1 water, with high salinity and low infiltration.

Keywords: Water, treated effluent, irrigation, reuse.

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial, seja como componente de seres vivos, como meio de vida de várias espécies vegetais e animais ou com valor econômico como fator de produção de bens de consumo e nas atividades agrícolas em larga escala. Encontra-se disponível sob várias formas e é uma das substâncias mais comuns existentes na natureza, cobrindo cerca de 70% da superfície do planeta. É encontrada principalmente no estado líquido, constituindo um recurso natural renovável por meio do ciclo hidrológico. Todos os organismos necessitam de água para sobreviver e manter várias atividades que se desenvolveram ao longo dos tempos, sendo a sua disponibilidade um dos fatores mais importantes a formar o cenário mundial atualmente.

Segundo Leite (2003), a demanda atual de água para o setor agrícola brasileiro representa 70% do volume total captado, com forte tendência para chegar a 80% em 2010. Assim, a aplicação de água de reuso em áreas agricultáveis torna-se uma forma efetiva de controle da poluição e uma alternativa viável para a disponibilidade hídrica.

Os esgotos tratados contêm diversos componentes, os quais provêm da própria água e de ambientes naturais e concentrações que foram introduzidas a partir de atividades humanas e industriais. Para uma interpretação correta da qualidade da água para irrigação, quatro aspectos importantes devem ser considerados: salinidade, sodicidade, toxicidade e outros (pH e HCO_3) (AYERS & WESTCOT, 1985 apud BRITES, 2008). Estas variáveis são fundamentais na determinação da qualidade da água de reuso que será destinada a irrigação.

Assim, pode-se afirmar que os esgotos tratados quando aplicados ao solo para a irrigação de culturas pode substituir totalmente a água de irrigação e parcialmente a adubação através de alguns minerais presentes (SOUSA, 2004). Porém, a utilização das técnicas de reuso de água na irrigação deve ter a sua qualidade físico-química adequada ao uso de acordo com os critérios e padrões recomendados. De acordo com Telles & Costa, 2010, a água de reuso, tende a apresentar-se como uma alternativa às condições de disponibilidade hídrica, inserindo-se no contexto do desenvolvimento sustentável, propondo o uso dos recursos naturais de maneira equilibrada e sem prejuízos.

Os critérios de qualidade para reuso são baseados em requisitos de usos específicos, levando em consideração aspectos estéticos, ambientais e econômicos e na proteção a saúde pública (SOUSA, 2004). O reuso de água na agricultura com a aplicação de esgotos tratados tem o objetivo de garantir a produtividade e a sustentabilidade das culturas irrigadas (BENETTI, 2006). Mas é possível, adotando-se técnicas e práticas que avaliem possíveis impactos negativos ao sistema agrícola, bem como problemas ambientais e riscos a saúde pública, e suas medidas mitigadoras.

Desta forma, objetivou-se a caracterização da qualidade da água de efluentes da ETE do Município de Iguatu – CE, caracterizando as diretrizes físico-químico recomendadas para uso de esgotos na agricultura em projetos de irrigação, considerando o aumento da produtividade, a racionalização da água e minimização de impactos ambientais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

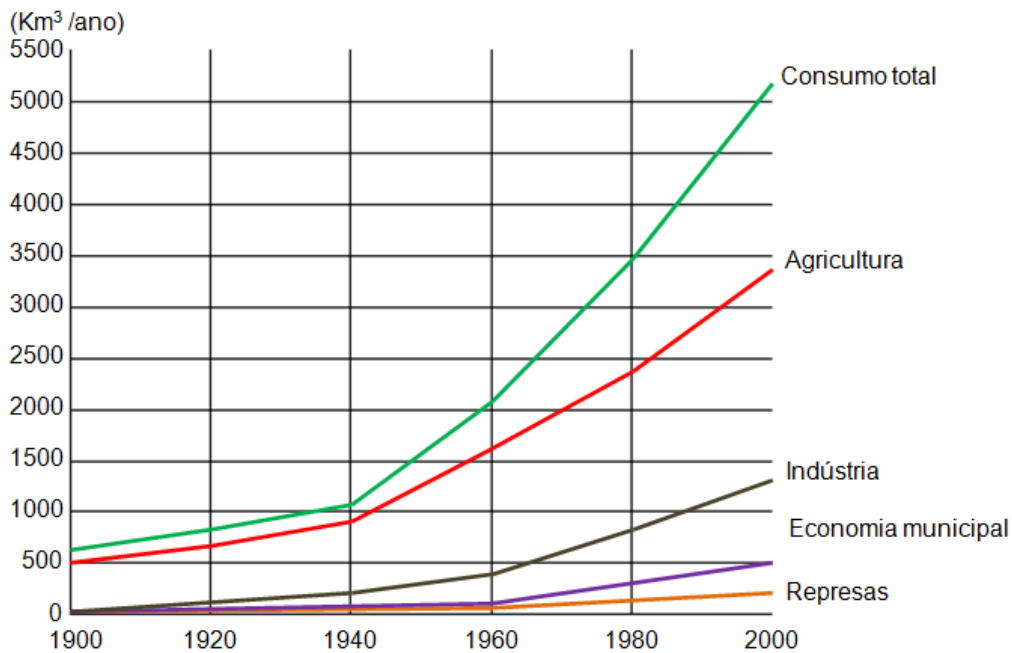
2.1 CONSUMO E DISPONIBILIDADE HÍDRICA

A água é um recurso natural finito e essencial à vida que, de acordo com Correia Neto et al. (2004) tornar-se-á, ao longo do século XXI, tão importante e disputado do ponto de vista econômico, social, ambiental e político, quanto foi o carvão e o petróleo para a economia mundial ao longo dos últimos 150 anos. Sob o reflexo da evolução da humanidade a água tornou-se elemento representativo de valores sociais e culturais, além de fator determinante na produção e desenvolvimento das atividades do agronegócio.

Com isso, o consumo e a necessidade de água exigida para atender o desenvolvimento e a expansão da agricultura têm aumentado substancialmente nos últimos anos, sobretudo com as práticas da irrigação. A Figura 01 mostra as tendências de consumo de água a partir do início do século XX. Observa-se que o consumo de água na agricultura no ano 2000 representa quase seis vezes aquele do início do século passado, com tendência de aumento acelerado devido às taxas de evapotranspiração crescentes com o aumento das temperaturas no planeta e as atividades poluidoras do homem moderno.

Para Tavares et al., (2019), é de suma importância a contínua avaliação da qualidade da água, visando obter resultados precisos e o controle dos níveis dos parâmetros físico-químicos que possam estar em desacordo com os da portaria nacional vigente.

Figura 1 – Tendência de consumo de água no mundo.



Fonte: Tundisi, 2003 apud Benetti, 2006.

2.2 REUSO DA ÁGUA

A água é um recurso renovável através do ciclo hidrológico. Quando reciclada naturalmente é um recurso limpo e seguro que, por causa das atividades humanas é comprometida a sua disponibilidade, não apenas em quantidade, mas também na sua qualidade. Porém, mesmo poluída, a água pode ser recuperada e reutilizada para diversas finalidades, de acordo com o seu tratamento, através das técnicas de reuso de água, que de acordo com a qualidade da água utilizada e disponível e a finalidade do reuso estabelecerão as técnicas viáveis para o tratamento recomendado.

O reuso da água consiste em uma tecnologia desenvolvida em maior ou menor grau dependendo da finalidade a que se destina a água e de como ela tenha sido utilizada anteriormente (BRITES, 2008). De acordo com Brega Filho & Mancuso (2003) apud Brites (2008) o exato momento a partir do qual se admite que o reuso esteja sendo feito dificulta a conceituação precisa da expressão “reuso da água”.

Ainda é de costume, comunidades no mundo inteiro descarregarem esgotos, tratados ou não, em corpos de água superficiais, como solução para a eliminação de resíduos líquidos. Geralmente esses corpos de água servem como fonte de abastecimento a mais de uma comunidade, como é o caso do município de Iguatu – CE que descarrega esgotos domésticos, comerciais e de fossas, com gorduras, detergentes, fezes, urinas e restos de alimentos no leito do Rio Jaguaribe, como observa-se na Figura 2. Tudo isso escorre por canaletas ou por infiltração no subsolo e são despejados

diretamente no leito do rio, na área urbana. Além de Iguatu, o Rio Jaguaribe recebe esgoto de dezenas de cidades, sem o adequado tratamento. Perenizado por águas de açudes na bacia do Alto Jaguaribe, há milhares de pessoas que vivem da produção agrícola e pecuária cuja fonte é o rio, daí a importância e a necessidade de construir sistemas de saneamento, tratamento e destino correto dos esgotos nos municípios.

Figura 2 – Rio Jaguaribe recebendo esgotos no Município de Iguatu – CE.



Fonte: Autor

Neste caso pode haver a situação de um mesmo município lançar seus esgotos e fazer uso do mesmo corpo hídrico como manancial para potabilização. A comunidade, indústria ou o agricultor que coleta a água, na realidade, está reutilizando-a pela segunda, terceira ou mais vezes.

Assim, a caracterização e conceituação de reuso devem observar o volume de esgoto recebido pelo corpo de água, relativamente ao volume de água originalmente existente no rio. Num exemplo hipotético de comunidades que utilizam água de um rio que recebesse descargas de esgoto, não há sentido em identificar como reuso a situação da comunidade que captasse água cuja diluição pudesse ser caracterizada, em termos práticos, como infinita.

Para Lavrador Filho (1987), reuso de água seria o aproveitamento de água previamente utilizadas, uma ou mais vezes, para suprir as necessidades de outros usos, incluindo o original. De acordo com Metcalf & Eddy (1991) apud Brites (2008), reuso da água é o uso da água residual tratada para diversas finalidades, tais como irrigação e troca térmica em indústrias. Porém a Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), define o reuso de água como sendo apenas a utilização de água residual, que é definida como sendo esgoto, água descartada, efluentes líquidos de edificações, indústrias, agroindústrias, agropecuária, tratados ou não (BRASIL, 2005a).

Souza (2004) considera que existam três condicionantes básicas para que algum tipo de utilização de águas residuárias possa ser enquadrado como reuso de água: (i) ele tem que ser intencional; (ii) ele tem que ser planejado. E (iii) ele tem que ser continuamente controlado. Não se pode afirmar que existe reuso de água se um desses requisitos não for atendido, pois, assim, ocorrerá um processo de poluição e contaminação ambiental, causador de impacto ambiental e riscos à saúde pública.

2.3 REUSO DE ÁGUA NA AGRICULTURA

Segundo Leite (2003), a demanda atual de água para o setor agrícola brasileiro representa 70% do volume total captado, com forte tendência para chegar a 80% em 2010. Assim, a aplicação de água de reuso em áreas agricultáveis torna-se uma forma efetiva de controle da poluição e uma alternativa viável para a disponibilidade hídrica.

Ainda conforme Leite (2003), constatou-se que durante as duas últimas décadas, o uso de esgotos para irrigação de culturas aumentou significativamente, em razão dos seguintes fatores:

- Dificuldade crescente de identificar fontes alternativas de águas para irrigação;
- Custo elevado de fertilizantes;
- A segurança de que os riscos de saúde pública e impactos sobre o solo são mínimos, se as precauções adequadas forem efetivamente tomadas;
- Os custos elevados dos sistemas de tratamento, necessários para descarga de efluentes em corpos receptores;
- A aceitação sociocultural da prática do reuso agrícola;
- Reconhecimento, pelos órgãos gestores de recursos hídricos, do valor intrínseco da prática.

2.3.1 Benefícios

Sistemas de reuso de água para fins agrícolas adequadamente planejados e administrados, proporcionam melhorias ambientais e melhorias de condições de saúde, bem como nos aspectos econômicos.

2.3.1.1 Benefícios ambientais e à saúde pública

De acordo com Hespanhol (2002), pode-se destacar:

- Minimização das descargas de esgotos em corpos de água;

- Preservação dos recursos subterrâneos, principalmente em áreas onde a utilização excessiva de aquíferos provoca intrusão de cunha salina ou subsidência de terrenos;
- Conservação do solo, pela acumulação de húmus, e aumento da resistência à erosão;
- Aumento da concentração de matéria orgânica do solo, possibilitando maior retenção de água;
- Aumento da produção de alimentos, principalmente em áreas carentes, elevando, desta forma, os níveis de saúde, qualidade de vida e condições sociais de populações associadas aos esquemas de reuso.

Assim, pode-se acrescentar o uso sustentável dos recursos hídricos, estimulando o uso racional de águas de boa qualidade e principalmente o controle da poluição e dos impactos ambientais.

2.3.1.2 Benefícios econômicos

O aumento da área cultivada e o conseqüente aumento da produtividade caracterizam os benefícios do uso de esgotos tratados na irrigação. É o que demonstram pesquisas realizadas em diversos países, que a produtividade agrícola aumenta significativamente em sistemas de irrigação com esgotos adequadamente administrados.

Para Texeira et al., (2019), a reutilização do recurso hídrico se apresenta como uma ótima alternativa para a garantia da sustentabilidade, e contribui para uma economia financeira.

A Tabela 1 mostra os resultados experimentais efetuados em Nagpur, Índia, pelo Instituto de Pesquisas de Engenharia Ambiental (Neeri), que investigou os efeitos da irrigação com esgoto tratado sobre as culturas produzidas e o aumento da produtividade agrícola devido ao reuso adequadamente administrado.

Tabela 1 – Aumento da produtividade agrícola (ton/ha/ano) possibilitada pela irrigação com esgotos domésticos.

Irrigação efetuada com	Trigo 8 anos ¹	Feijão 5 anos ¹	Arroz 7 anos ¹	Batata 4 anos ¹	Algodão 3 anos ¹
Esgoto bruto	3,34	0,90	2,97	23,11	2,56
Efluente primário	3,45	0,87	2,94	20,78	2,30
Efluente da lagoa de estabilização	3,45	0,78	2,98	22,31	2,41
Água + NPK	2,70	0,72	2,03	17,16	1,70

Fonte: Hespanhol (1999) apud Rodrigues (2005), (1 número de anos para cálculo da produtividade média).

Outro benefício econômico é a redução do uso de fertilizantes no campo. De acordo com Hespanhol (2002), efluentes de sistemas convencionais de tratamento, tais como lodos ativados, têm uma concentração típica de 15 mg/L de N total e 3 mg/L de P total, proporcionando, portanto, às

taxas usuais de irrigação em zonas semiáridas (aproximadamente 2 m/ano), uma aplicação de N e P de 300 e 60 kg/ha/ano, respectivamente. Essa aplicação de nutrientes reduz, substancialmente, ou mesmo elimina, a necessidade do emprego de fertilizantes comerciais. Além dos nutrientes (e dos micronutrientes, não disponíveis em fertilizantes sintéticos), a aplicação de esgotos proporciona a adição de matéria orgânica, que age como um condicionador do solo, aumentando a sua capacidade de reter água.

O aumento de produtividade não é, entretanto, o único benefício, uma vez que se torna possível ampliar a área irrigada e, quando as condições climáticas permitem, efetuar colheitas múltiplas, praticamente ao longo de todo o ano.

2.3.2 Riscos da utilização da água de reuso na agricultura

De acordo com Telles & Costa (2010), a aplicação do reuso na agricultura deve ser adequadamente administrada e tecnicamente planejada, com o intuito de otimizar seus resultados e minimizar seus riscos, com cuidados, não só no tipo de efluente utilizado, como na técnica de irrigação aplicada, seus mecanismos, condição de segurança à saúde dos trabalhadores, assim como no controle de impactos e viabilidade técnica. Entre os riscos do reuso não planejado, podem-se destacar:

- Comprometimento da saúde pública;
- Contaminação de solo;
- Contaminação de lençol freático;
- Acúmulo de nitratos, compostos tóxicos, orgânicos e inorgânicos;
- A presença de microrganismos patogênicos pode resultar em problemas sanitários pela contaminação de culturas, água, solo e ar;
- Acúmulo de contaminantes químicos no solo;
- Aumento significativo de salinidade, em camadas insaturadas.

2.3.3 Cuidados

Dada a importância do rigor do planejamento para garantir o sucesso do reuso na agricultura é importante atentar para alguns cuidados, Telles & Costa (2010), destacam entre eles:

- Usar tipos de cultura adequados ao local;
- Efetuar o rodízio de culturas, quando necessário;
- Controlar a presença de substâncias orgânicas, inorgânicas e nitratos, em concentrações adequadas;

- Manter técnicas de irrigação projetada para cada caso;
- Aplicar um sistema adequado de drenagem;
- Combinar a produtividade da cultura com sua qualidade final;
- Usar técnicas integradas para controle de vetores; e
- Respeitar das normas de controle da saúde pública.

Com isso, Mancuso & Santos (2003), destacam uma matriz para análise de projetos de irrigação com esgotos, como medida estratégica de planejamento para reuso na agricultura, disposta no Quadro 1. A adoção de uma mistura de estratégias para o uso dos esgotos, traz a vantagem de permitir maior flexibilidade, maior segurança econômica e melhor eficiência do uso dos esgotos disponíveis ao longo do ano, enquanto que a estratégia de uso único, pode levar a sobras sazonais, que são, normalmente, condenadas à disposição improdutiva.

Quadro 1 – Matriz para análise de projetos de irrigação com esgotos.

<p>Viabilidade política e social</p> <ul style="list-style-type: none"> – Quais foram, no passado, as reações políticas a problemas de saúde e ambientais que, eventualmente tenham ocorrido em possível conexão com o uso de esgotos? – Qual é a percepção pública da prática do uso de esgotos? – Qual é a atitude de grupos de influência em áreas onde esgotos têm possibilidade de serem utilizados? – Quais são os benefícios potenciais do reuso para a comunidade? – Quais são os riscos potenciais?
<p>Viabilidade econômica</p> <ul style="list-style-type: none"> – Quais são os custos de capital envolvidos? – Quais são os custos de operação e manutenção? – Qual é o valor da taxa de retorno? – Quais são os custos de implantação dos sistemas de agricultura irrigada com esgotos, isto é, custos de transporte de água para a área de plantio, instalação de equipamentos de irrigação, infraestrutura, etc.? – Quais são os benefícios do sistema de irrigação com esgotos? – Qual é a relação custo/benefício do projeto de irrigação com esgotos?
<p>Viabilidade operacional</p> <ul style="list-style-type: none"> – São os recursos humanos e a capacidade operacional locais adequados para as atividades de operação e manutenção dos sistemas de tratamento, irrigação, recarga de aquíferos, operação agrícola e controle de aspectos de saúde e meio ambiente? – Caso contrário, quais são os programas de treinamento que devem ser implementados?

Fonte: – Biswas (1988) apud Mancuso & Santos (2003).

3 MATERIAL E MÉTODOS

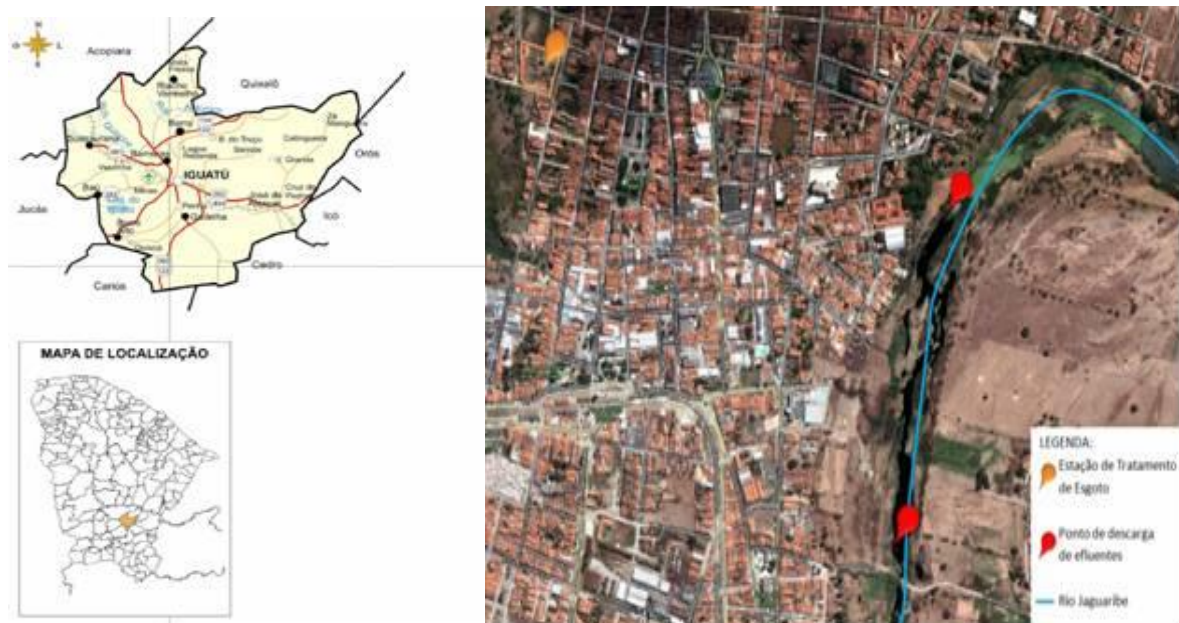
O presente trabalho foi desenvolvido a partir do conceito de que o reuso de água é, atualmente, uma grande área de investigação que possibilita novas técnicas de tratamento e destinação final dos recursos hídricos. Assim, a metodologia aplicada baseou-se no levantamento

de informações e dados obtidos em pesquisa bibliográfica e documental, bem como na análise da viabilidade de aplicação de esgotos tratados na agricultura irrigada no município de Iguatu – CE.

O município de Iguatu – CE localiza-se na região Centro – Sul do Estado do Ceará entre o Paralelo de 06° 21' 32" Sul e o Meridiano de 39° 17' 56" Oeste, configurando-se como o principal polo econômico da região, devido as atividades industriais e principalmente a agricultura. A cidade é circundada de lagoas, tais como: Lagoa da Telha, Lagoa de Iguatu, Lagoa da Bastiana, Lagoa do Barro Alto, etc. Além das lagoas, a cidade fica à margem esquerda do Rio Jaguaribe, o qual teve importante papel no povoamento do interior cearense.

O trabalho foi iniciado a partir da coleta e avaliação físico-química dos efluentes tratados pela Estação de Tratamento de Esgotos de Iguatu – CE e despejados no rio Jaguaribe.

Figura 3 - Localização da área de pesquisa.



Fonte: Adaptado de Google Earth 1.0

A ETE de Iguatu recebe os esgotos sanitários da área urbana do município para realização do tratamento com filtros de carvão ativo (último estágio do tratamento de efluentes – tratamento terciário) e despeja o resultado do tratamento para o rio Jaguaribe, onde muitas comunidades ribeirinhas utilizam as suas águas para diversas atividades, inclusive para irrigação de pequenas propriedades agrícolas. A ETE utiliza um reservatório para sedimentação de partículas com a finalidade de remover resíduos finos em suspensão nos efluentes e encaminha para os quatro filtros de carvão ativo para o tratamento dos esgotos, com a retenção das partículas orgânicas e inorgânicas menores. A água que sai dos filtros foi o ponto de coleta para a avaliação físico-química.

Figura 4 - Sistemas de recebimento de esgoto bruto (esquerda) e filtragem e tratamento (direita).



Fonte: Autor

Foram realizadas 3 (três) coletas em dias diferentes do mês de dezembro de 2011, considerado o de maior fluxo de esgotos na ETE, e cada coleta foi dividida em duas amostragens, uma em garrafas pet de 2000 mL (foi realizada a tríplice lavagem dos recipientes com a água da fonte de coleta) para a análise físico-química. Após a coleta a análise físico-química foi realizada no Laboratório de Solos, Água e Tecidos Vegetais do Instituto Federal do Ceará, Campus Iguatu.

A avaliação físico-química compreendeu a análise de quatro principais categorias de problemas associados à água de irrigação: Salinidade, Toxicidade, Infiltração e outros, sobretudo aos efeitos ao longo prazo da qualidade da água sobre a produção das culturas, nas condições e manejo agrícola, conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Parâmetros para avaliação físico-química da água.

Crítérios	Parâmetros avaliados
Salinidade	– Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L);
	– Condutividade Elétrica (dS/m).
Toxicidade	– Sódio (mg/L);
	– Cloreto (mg/L).
Infiltração	– Sódio (mmol/L);
	a) Cálcio (mmol/L);
	b) Magnésio (mmol/L);
	c) Razão de Adsorção de Sódio – RAS.
	d) Bicarbonato (mg/L);
Outros	e) pH;

Fonte: Resultados da pesquisa.

A avaliação físico-química compreendeu a análise de quatro principais categorias de problemas associados à água de irrigação: Salinidade (Total de Sólidos Dissolvidos e Condutividade Elétrica), Toxicidade (Sódio e Cloreto), Infiltração (Sódio, Cálcio, Magnésio e Razão de Adsorção

de Sódio) e outros elementos (Bicarbonato e pH), sobretudo aos efeitos ao longo prazo da qualidade da água sobre a produção das culturas.

Os parâmetros foram avaliados de acordo com as recomendações da Fundação Nacional de Saúde. As determinações de cálcio e magnésio ($\text{Ca}^{2+}\text{Mg}^{2+}$) e de cloreto (Cl^-) foram obtidas por titulação com a solução padrão de EDTA a 0,01M e solução padrão de Nitrato de Prata (AgNO_3) a 0,0141N, respectivamente. O sódio (Na^+) foi determinado no fotômetro de emissão de chama. O bicarbonato (HCO_3^-) foi obtido por titulação com solução padrão de ácido sulfúrico (H_2SO_4) a 0,02 N e a condutividade elétrica (CE) foi obtida com um condutivímetro de bancada. O pH foi determinado através do contato do potenciômetro PHTEC com a amostra. Com os resultados das análises, os mesmos foram inseridos no software Qualigraf pelo diagrama de Piper, para obter a Razão de Adsorção de Sódio e classificar e comparar os distintos grupos de águas. Para a comparação da análise físico-química foi utilizada a metodologia proposta por Ayers & Westcot (2003) apud Brites (2008), que apresenta diretrizes para interpretar a qualidade da água para irrigação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O uso de vários tipos de água na irrigação, principalmente com a técnica do reuso de esgotos tratados, tornou necessária a elaboração e a avaliação de alguns parâmetros para a adequação da água à sua finalidade. Para a interpretação da qualidade para irrigação a Tabela 3 apresenta os valores indicados nas análises. Essas variáveis são fundamentais na determinação da qualidade agrônômica da água, principalmente para o reuso de efluentes.

Tabela 3 - Resultado da análise físico-química das amostras de esgotos da ETE de Iguatu – CE.

Indicador	Identificação das amostras			
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Média
CE (dS/m)	1,42	1,14	1,14	1,23
TSD (mg/L)	909	730	730	789,70
Cl^- (mmol/L)	9,60	9,88	9,88	9,79
Na^+ (mmol/L)	5,65	5,87	5,87	5,79
Ca^{2+} (mmol/L)	3,49	3,39	3,39	3,42
Mg^{2+} (mmol/L)	3,50	3,80	3,80	3,70
RAS	3,02	3,10	3,10	3,07
HCO_3^- (mg/L)	3,36	3,40	3,40	3,39
pH	6,5	6,5	6,5	6,5

Fonte: Resultados da pesquisa

De acordo com o software Qualigraf do Laboratório de Água, Solos e Tecidos Vegetais do Instituto Federal do Ceará, Campus Iguatu as amostras coletadas na ETE de Iguatu – CE foram classificadas em C3S1 de acordo com o Diagrama de Classificação das Águas para Fins de Irrigação (RICHARDS, 1954 apud HESPANHOL, 2002) em relação aos riscos de salinidade (depende da concentração total de sais solúveis, através da CE ou TSD) e de sodicidade (obtido através da RAS, com os teores de Ca^{2+} , Na^+ e Mg^{2+}).

Considera-se uma água classificada em C3 como de alta salinidade, afetando a disponibilidade de água à cultura e, portanto o desenvolvimento e produção das plantas e a qualidade do produto, se manifestando principalmente na redução do número de plantas e no desenvolvimento das culturas, com sintoma similar ao causado por estresse hídrico (REICHARDT, 1990).

A classificação da água em S1 define uma água de baixa sodicidade ou com baixa concentração de sódio. A sodicidade refere-se ao efeito do sódio, presente na água de irrigação, com danos nas suas propriedades físico-químicas, provocando problemas de infiltração da água no solo e sua disponibilidade para as plantas (REICHARDT, 1990).

Os problemas de toxicidade, geralmente, complicam e potencializam os problemas de salinidade e infiltração, pois a acumulação de Cloreto e Sódio, principalmente, em concentrações elevadas demora certo tempo e os sintomas visuais dos danos desenvolvem-se muito lentamente para serem notados (HESPANHOL, 2002).

De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005) o limite máximo de cloreto na água para irrigação é de 250 mg/L, porém foi identificada uma quantidade de 9,79 (mmolc/L), ou seja, 347, 55 mg/L nas amostras coletadas. Assim, por não ser retido ou adsorvido pelas partículas do solo, este elemento desloca-se facilmente com a água deste, sendo absorvido pelas raízes e transportado às folhas, onde se acumula pela transpiração. Se a concentração excede a tolerância da planta, produzem-se danos com sintomas característicos, como a necrose e queimaduras que têm início no ápice das folhas.

Já a toxicidade do Sódio é representada, de acordo com (PEARSON, 2003 apud BRITES, 2008), com teores acima de 3,0 mmolc/L. As amostras apresentaram teores 5,79 mmolc/L, caracterizando riscos de toxicidade se a água for utilizada na irrigação, podendo ocorrer queimaduras ou necroses nas plantas, ocorrendo ao longo das bordas das folhas.

Nas águas com teores altos de íons de Bicarbonatos, há uma tendência de precipitação do cálcio e do magnésio, sob a forma de carbonatos, reduzindo a concentração destes na solução do solo. O problema com relação ao bicarbonato na água de irrigação é que quando o solo seca, entre uma irrigação e outra, uma parte do bicarbonato precipita como CaMg^-CO_3 removendo assim, o

cálcio e o magnésio da água do solo aumentando a proporção relativa de sódio (BENETTI, 2006). O uso com teores elevados de bicarbonato devem ser evitados, principalmente quando for utilizado o sistema de irrigação por aspersão, devido aos problemas de incrustações que este provoca nas folhas, flores e frutos. De acordo com o Ayers & Westcot (1985) apud Brites (2008) teores de Bicarbonato acima de 8,5 mmol/L classificam a água como grau severo à restrição ao uso na irrigação, as amostras coletadas apresentaram 3,39 mmol/L, considerada de fraco à moderado.

No caso das águas para irrigação, Ayers & Westcot (1985) apud Brites (2008) recomendam uma faixa normal de pH entre 6,5 e 8,4, com isso as amostras coletadas apresentaram pH de 6,5.

Avaliando os dados obtidos na análise físico-químico os efluentes tratados da ETE de Iguatu – CE enquadram-se no grau de Fraco à Moderado em relação a restrição ao uso da água dos efluentes tratados na irrigação. Desse modo, existem parâmetros que estão nas faixas recomendadas e os que estão fora, mas que precisam ser ajustados e tratados para a devida adequação ao uso na irrigação.

5 CONCLUSÕES

De acordo com os parâmetros físico-químicos a água foi classificada como de alta salinidade e de baixa sodicidade, enquadrando-se num grau de restrição ao uso na irrigação considerado de fraco à moderado. Com isso, se usados na irrigação, os esgotos da ETE Iguatu – CE podem afetar a disponibilidade de água à cultura e o seu desenvolvimento e produção. Os teores elevados encontrados nas análises complicam e potencializam os problemas de salinidade e infiltração. O pH foi considerado normal, sem interferência nos processos de tratamentos dos esgotos e sem riscos na distribuição de água às plantas. É necessário o controle sanitário desses esgotos, adotando-se medidas e ações imediatas no tratamento de dejetos, o saneamento básico e a manutenção e distribuição da água.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Iguatu – SAAE e Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE/Campus Iguatu pelo apoio na pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, J. C. et al. **Água e desenvolvimento sustentável no Semiárido**. Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer, 2002. 169 p. (Série Debates).
- BENETTI, A. D. Reuso de águas residuárias na agricultura: cenário atual e desafios a serem enfrentados. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE O USO DA ÁGUA NA AGRICULTURA, 2, 2006, Passo Fundo. **Anais**. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2006. p. 160-175.
- BERBARDI, C. C. **Reuso de água para agricultura**. 2003. 63 f. Monografia (Especialização em Gestão Sustentável da Agricultura Irrigada) – Fundação Getúlio Vargas, Brasília, 2003.
- BRAGA, B. et al. **Introdução à engenharia ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 398 p.
- BRASIL. Resolução CNRH nº 54, de 28 de novembro 2005. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, v. 3, n. 1, p. 31, 28 nov. 2005a. Seção 1, p. 31-36.
- BRASIL. Resolução CNRH nº 121, de 16 de dezembro de 2010. Estabelece diretrizes e critérios para a prática de reuso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal, definida na Resolução CNRH nº 54, de 28 de novembro de 2005. **Diário Oficial da União**, Brasília, v. 3, n. 1, p. 42, 16 dez. 2010. Seção 1, p. 42-45.
- BRASIL. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, v. 2, n. 1, p. 33, 17 mar. 2005b. Seção 1, p. 33-36.
- Brites, C. R. C. **Abordagem multiobjetivo na seleção de sistemas de reuso de água em irrigação paisagística no Distrito Federal**. 2008. 280 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Universidade de Brasília, Brasília, 2008.
- CORREIA NETO, S. J. et al. A importância do reuso de água em centros de treinamento de combate a incêndio. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 6, 2010, Niterói. **Anais**. Niterói: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010. p. 55-68.
- HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 7, n. 4, p. 75-95, out./dez. 2002.
- LAVRADOR FILHO, J. **Contribuição para o entendimento do reuso planejado da água e algumas considerações sobre suas possibilidades no Brasil**. 1987. 264 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.
- LEITE, A. M. F. **Reuso de água na gestão integrada de recursos hídricos**. 2003. 120 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Gestão Ambiental) – Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2003.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. (Ed.). **Reuso de água**. Barueri: Manole, 2003. 579 p (Coleção Ambiental).

MATTOS, M. L. T.; SILVA, M. D. Controle da qualidade microbiológica das águas de consumo na microbacia hidrográfica Arroio Passo do Pilão. **Comunicado Técnico**, Pelotas: Embrapa, n. 61, dez. 2002.

PEREIRA, A. N.; OLIVEIRA, J. B. **Normas para apresentação de trabalhos acadêmico-científicos**. Iguatu: EAFI-CE, 2008. 62 p.

PHILIPPI JÚNIOR, A. et al. (Ed.). **Curso de gestão ambiental**. Barueri: Manole, 2004. 589 p (Coleção Ambiental).

POMPEO, R. P. **Avaliação técnica e econômica da utilização do efluente da ETE Martinópolis – São José dos Pinhais-PR**. 2007. 195 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

RODRIGUES, R. S. **As dimensões legais e institucionais do reuso de água no Brasil: proposta de regulamentação do reuso no Brasil**. 2005. 192 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Sanitária) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1990. 188 p.

SOUZA, M. A. A. A imposição ambiental como fator indutor da implantação do reuso da água. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO CENTRO OESTE, 3, 2004, Goiânia. **Anais**. Goiânia: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2004. p. 75-95.

TAVARES, L. C.; ALMEIDA, I. R.; DIAS, É. C.; TEIXEIRA, L. G.; FERNANDES, L. L. Avaliação da qualidade da água de abastecimento do campus saúde da cidade universitária José da Silveira Netto, Belém, Pará. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, p. 11392-11404, 2019.

TEIXEIRA, A. H. de C. E.; SILVA, A. L.; ASSIS, B. V.; OLIVEIRA, I. A.; SILVA, J. C.; NOGUEIRA, P. da S.; JACOB, R. S. Análise da viabilidade da instalação de um sistema de reuso de água cinza na pontifícia universidade católica de Minas Gerais unidade Barreiro. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, p. 13005-13012, 2019.

TELLES, D. A.; COSTA, R. P. (Coord.) **Reuso da água: conceitos, teorias e práticas**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2010. 408 p

XAVIER, L. G. **Sistema de gestão ambiental: a reutilização da água no processo produtivo de uma siderúrgica**. 2007. 67 f. Monografia (Curso de Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2007.