

XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

REÚSO DE ÁGUAS PLUVIAIS E RESIDUÁRIAS: ESTRATÉGIA PARA EFLUENTE SANITÁRIO

*Pedro Herlleison Gonçalves Cardoso*¹

Resumo – Esta pesquisa teve como objetivo caracterizar o efluente de uma Estação de Tratamento Anaeróbia de Esgotos Domésticos, incluindo alternativa de atendimento as diretrizes para reúso do mesmo, por meio de sua diluição com água de chuva. O estudo realizou-se no período de julho de 2008 a novembro de 2009. Avaliou-se a melhoria da qualidade do efluente final através da realização de diluições com água de chuva, para verificar se o efluente a ser reusado (diluições) apresentava uma qualidade melhor, possibilitando uma eficiência melhor no uso pretendido. Realizaram-se análises físico-químicas (Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), potencial Hidrogeniônico (pH), Sólidos Suspensos Totais (SST)) e bacteriológicas (Coliformes Termotolerantes). Foi verificado o comportamento dos resultados das amostras analisadas em relação a critérios e/ou diretrizes referentes à prática do reúso, para possível atendimento aos mesmos (USEPA, PROSAB e OMS). De acordo com os resultados obtidos, no que diz respeito às diluições, as mesmas não atingiram os valores limites das diretrizes, principalmente em quantidades de coliformes termotolerantes, que não houve uma diminuição significativa das casas logarítmicas (em número mais provável por 100 ml de amostra analisada). Concluindo, pode-se dizer que, as diluições não se enquadraram em nenhum tipo de prática de reúso, em virtude da concentração de coliformes fecais que excedeu os valores sugeridos pelas diretrizes.

Palavras-Chave – Esgoto tratado, água de chuva, e prática do reúso.

Abstract – This study aimed to characterize the effluent from a sewage treatment plant anaerobic Domestic Wastewater, it's including alternative care guidelines for reuse of the same by means of dilution with rain water. The study took place from July 2008 to November 2009. We evaluated the improvement of the quality of the final effluent by performing dilution with rain water, to see if the effluent to be reused (dilutions) had a better quality, it's allowing a better efficiency for its intended use. Analyses physico-chemical (biochemical oxygen demand (BOD), hydrogen potential (pH), total suspended solids (TSS)) and bacteriological (fecal coliform). I verified the behavior of the sample results analyzed in relation to the criteria or guidelines regarding the practice of reuse, for possible assistance to them (USEPA, PROSAB and WHO). According to the results, with respect to the dilution, they have not reached the limits of the guidelines, particularly in quantities of fecal coliform, that there was a significant decrease of the logarithmic homes (in most probable number per 100 ml sample analyzed). In conclusion, it can be said that the dilutions did not fit into any kind of reuse practice, due to the concentration of fecal coliform that exceeded the values suggested by current guidelines.

¹ Mestrando em Recursos Hídricos e Saneamento pela Universidade Federal de Alagoas. Endereço: Av. Menino Marcelo, 1391 – Tabuleiro do Martins - Maceió - AL - CEP: 30310-760 - Brasil - e-mail: pedroherlleison@yahoo.com.br

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Malinowski (2006), “reúso de água pode ser definido como o aproveitamento das águas que foram utilizadas, uma ou mais vezes, tendo como finalidade atender as necessidades de outras atividades ou em seu próprio uso original”. O reúso planejado, no Brasil é uma tecnologia recente. No banco de dados de dissertações e teses da Universidade de São Paulo (USP), por exemplo, os primeiros trabalhos sobre o assunto são do fim da década de 80 (dados por LAVRADOR (1987) e MANCUSO (1988)), ou seja, a menos de 20 anos vem sendo desenvolvidas pesquisas mais avançadas envolvendo a prática do reúso planejado, de forma a se chegar a um consenso de padrões, em relação a esta prática. Essas pesquisas se intensificaram, mas não foram definidos, até o momento, padrões específicos para o reúso de águas (Rodrigues, 2005).

Considerando-se que, inicialmente, deve-se priorizar o reúso de efluentes sem qualquer tipo de tratamento adicional, ou então, após a utilização de procedimentos simplificados para o ajuste de alguns parâmetros de qualidade como, por exemplo, o valor do pH e a concentração de microrganismos, é necessário avaliar qualitativa e quantitativamente o efluente disponível na instalação após o seu tratamento. De maneira geral, a prática do reúso só poderá ser aplicada caso as características do efluente disponível sejam compatíveis com os requisitos de qualidade exigidos pela aplicação na qual se pretende usar o efluente. Para a prática de reúso de efluentes é necessária uma avaliação das características do efluente disponível e dos requisitos de qualidade exigidos para a aplicação que se pretende, podendo, então, o efluente ser encaminhado, nas condições em que se encontra, da estação de tratamento até o ponto em que será utilizado. “A identificação das possíveis aplicações para o efluente pode ser feita por meio da comparação entre parâmetros genéricos de qualidade, exigidos pela aplicação na qual se pretende fazer o reúso”, assim como os parâmetros do próprio efluente (Hespanhol & Gonçalves, 2008).

Neste contexto, é que para se ter noção da qualidade dos efluentes oriundos das estações de tratamento, para aplicar esses efluentes na prática do reúso, é importante o conhecimento de suas características físicas, químicas e biológicas. Tendo em vista que o esgoto doméstico é composto de 99,9% de água, e o restante é composto de sólidos, orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos, bem como de microrganismos, patogênicos ou não.

Em algumas situações, o efluente gerado em um processo qualquer pode apresentar características bastante próximas dos requisitos de qualidade da água exigidos para uma

determinada aplicação, mas que ainda não são suficientes para possibilitar o reúso, ou então, a quantidade de efluente não é suficiente para atender à demanda exigida. Para estas condições pode-se promover a mistura do efluente gerado com a água da chuva, de maneira a adequar as características do efluente aos requisitos do processo. Os benefícios desta prática estão relacionados com a redução da demanda de água proveniente do sistema de abastecimento e com a redução da geração de efluentes. É importante observar que a adoção desta alternativa também requer um programa de monitoração adequado, de maneira que seja possível garantir uma água de reúso com qualidade constante ao longo do tempo, por meio da variação da relação entre os volumes de efluente e de água do sistema de abastecimento (Hespanhol & Gonçalves, 2008).

Portanto, esta pesquisa teve como objetivo geral caracterizar o efluente de uma Estação de Tratamento Anaeróbia de Esgotos Domésticos, incluindo alternativa de atendimento as diretrizes para reúso do mesmo, por meio de sua diluição com água de chuva, possibilitando à prática do reúso das mesmas.

2 METODOLOGIA

O estudo foi realizado na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) - campus Juazeiro do Norte, localizado no município de Juazeiro do Norte/Ceará.

A ETE é caracterizada por um sistema anaeróbio composto de duas (02) séries paralelas de um (01) tanque séptico seguido de um (01) filtro anaeróbio, sendo que cada uma é independente da outra, tendo como disposição final dos efluentes dele um (01) sumidouro (Figura 01).

O sistema de tratamento é utilizado para tratar esgotos de cozinha e refeitório (incluindo pias e lavatórios), de laboratórios (onde não há química significativa) e banheiros (incluindo chuveiros e sanitários) que são provenientes de uma unidade de ensino técnico e tecnológico, onde o mesmo funciona em três (03) horários distintos (manhã, tarde e noite).

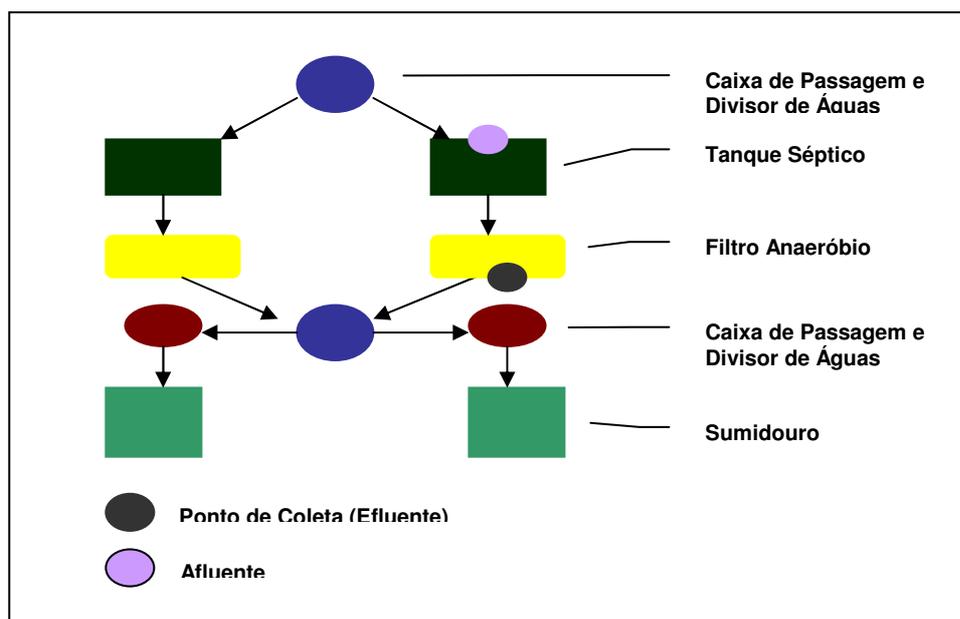


Figura 01 - Esquema da Estação de Tratamento de Esgoto em Estudo

A água de chuva utilizada para diluição das amostras de efluente foi proveniente de uma bateria de cisternas composta de três (03) caixas d'água, em paralelo, duas (02) com volume de 250 litros e uma (01) com volume de 300 litros, todas em polietileno (Figura 02), situada no terceiro (3º) Bloco de salas de aula do IFCE - Unidade de Juazeiro do Norte. A finalidade desta instalação foi captar e armazenar por tempo indeterminado a água de chuva prevista para o período chuvoso do ano de 2008 e 2009 objetivando simular as condições mínimas de armazenamento de água de chuva. Utilizando-se, portanto, uma amostra composta.



Figura 02 - Reservatórios para armazenamento da água de chuva.

As coletas foram realizadas no período de julho de 2008 a novembro de 2009 assim distribuídas:

- 1) Julho a outubro de 2008 - as coletas foram mensais, totalizando quatro (04) coletas;
- 2) Novembro a dezembro de 2008 - não houve coletas, esse período destinou-se para análise dos resultados das amostras caracterizadas anteriormente.
- 3) Janeiro de 2009 - foi realizada mais uma coleta (análise bacteriológica) para completar o estudo, já que das três (03) coletas (análise bacteriológica) realizadas anteriormente, só foram consideradas dois resultados bacteriológicos (meses de setembro e outubro), em virtude de problemas operacionais.
- 4) junho a novembro de 2009 – foi realizada coletas mensais, totalizando seis (06) coletas.

As diluições das amostras de efluente da ETE com a água de chuva obedeceram as proporções abaixo listadas (relação efluente/água de chuva) sugeridas por Oliveira Jr. (2008), considerando a viabilidade dos laboratórios e os fatores econômicos:

- 1) 25% de efluente + 75% de água de chuva;
- 2) 50% de efluente + 50% de água de chuva;
- 3) 75% de efluente + 25% de água de chuva.

As alíquotas diluídas foram preparadas no Laboratório de Análises Físico-Químicas de Águas e Efluentes (LAAE), tendo como volume total da amostra diluída de dois (02) litros.

As amostras coletadas foram analisadas físico-químicas e bacteriologicamente (Tabela 01) LAAE e no Laboratório de Análises Microbiológicas de Águas e Efluentes (LAMAe), pertencentes à Faculdade de Tecnologia CENTEC Cariri, em Juazeiro do Norte – CE. Os procedimentos analíticos utilizados encontram-se descritos em American Public Health Association / Standart Methods For The Examination of Water and Wastewater (APHA, 1998).

Tabela 01 - Análises Físico-Químicas e Bacteriológicas das Amostras

Análises	Unidade	Método
Físico-químicos		
Demanda Bioquímica de Oxigênio	mg/L	Frascos Padrões
Potencial Hidrogeniônico (pH)	-	Eletrométrico
Sólidos Totais Suspensos	mg/L	Gravimétrico
Bacteriológico		
Coliforme Termotolerante	NMP/100ml	Tubos múltiplos

Após análises, os valores foram comparados com alguns outros citados pela literatura. Nos Quadros 01, 02, 03, 04 e 05 estão mencionadas algumas diretrizes e critérios sugeridos pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA), onde refere-se a alguns parâmetros e seus respectivos limites para cada tipo de reúso; pelo Estado da Flórida (USA) para utilização de águas residuária não potáveis, onde estabelece critérios de qualidade; pela Espanha, onde estabelece critérios de qualidade da água indicados para utilização de água residuária urbana na irrigação agrícola e recreação; sobre a qualidade microbiológica das águas residuárias utilizadas na agricultura segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS); e as diretrizes estabelecidas pelo Programa de Saneamento Básico (PROSAB). Tais informações contidas nestes quadros são sugestões provenientes de estudos, que foram realizados para disposição de efluentes, tendo por finalidade a prática do reúso dos mesmos.

Tipos de Reúso	Parâmetro	Padrões
Urbano	pH	6 a 9
	DBO	≤ 10 mg/L
	Turbidez	≤ 2 UNT
	Coliformes Fecais	Ausentes
	Cloro Residual Livre (CLR)	≥ 1 mg/L
Irrigação de áreas de acesso restrito ao público	pH	6 a 9
	DBO	≤ 30mg/L
	Sólidos Suspensos	≤ 30 mg/L
	Coliformes Fecais	≤ 200/100ml
	CLR	≥ 1 mg/L
Agrícola para irrigação de culturas consumidas cruas	pH	6 a 9
	DBO	≤ 10 mg/L
	Turbidez	≤ 2 UNT
	Coliformes Fecais	Ausentes
	Agrícola para irrigação de culturas consumidas cozidas	pH
DBO		≤ 30mg/L
Sólidos Suspensos		≤ 30 mg/L
Coliformes Fecais		≤ 200/100ml
CLR		≥ 1 mg/L
Agrícola para irrigação de culturas não comestíveis	pH	6 a 9
	DBO	≤ 30mg/L
	Sólidos Suspensos	≤ 30 mg/L
	Coliformes Fecais	≤ 200/100ml
	CLR	≥ 1 mg/L
Recreacional (contato direto)	pH	6 a 9
	DBO	≤ 10 mg/L

	Turbidez Coliformes Fecais	≤ 2 UNT Ausentes
Paisagístico (sem contato do público)	DBO Sólidos Suspensos Coliformes Fecais CLR	≤ 30 mg/L ≤ 30 mg/L ≤ 200/100ml ≥ 1 mg/L
Industrial, para resfriamento sem recirculação	pH DBO Sólidos Suspensos Coliformes Fecais CLR	6 a 9 ≤ 30mg/L ≤ 30 mg/L ≤ 200/100ml ≥ 1 mg/L
Ambiental	DBO Sólidos Suspensos Coliformes Fecais	≤ 30 mg/L ≤ 30 mg/L ≤ 200/100ml

Quadro 01 – Algumas Diretrizes sugeridas pela USEPA para Reúso de Efluentes

Fonte: Modificado de RODRIGUES (2005).

Legenda: pH - potencial Hidrogeniônico; DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio.

Tipos de Uso	Padrões de qualidade
Áreas de acesso público restritivo ⁽¹⁾ , usos industriais	200 CF ⁽⁵⁾ /100ml 20mg/L SST 20mg/L DBO
Áreas de acesso público ⁽²⁾ , irrigação de cultivos ⁽³⁾ , lavagens de tanques sépticos ⁽⁴⁾ , recreação restrita, proteção contra incêndios, fins estéticos, controle de poeira.	CF ⁽⁵⁾ não detectáveis/100ml 5mg/L SST 20mg/L DBO

Quadro 02 - Critérios de qualidade do Estado da Flórida (USA) para utilização de águas residuárias não potáveis.

Fonte: modificado de ARAÚJO *et al.* (2008).

Legenda: ⁽¹⁾ Zonas com árvores, zona de pasto, áreas utilizadas para cultivar árvores, forragem ou áreas similares; ⁽²⁾ Gramados residenciais, campo de golf, cemitérios, parques, áreas paisagísticas ou similares; ⁽³⁾ Somente se os cultivos são descascados, cozidos ou processados termicamente antes de ser consumido; ⁽⁴⁾ Somente onde as residências não tenham acesso ao sistema de tubos; ⁽⁵⁾ - Coliformes Fecais.

Tipo de Cultivo	Nematóides Intestinais	Qualidade da Água
Irrigação de gramas e plantas ornamentais com contato direto (Parques públicos, campos de golf, etc.).	<1/L	pH 6 – 9 SS < 10 mg/l DBO <10 mg/l CF<10/100ml
Irrigação de gramas zonas de árvores e outras áreas onde o acesso ao público é restrito ou infrequente	<1/L	pH 6 – 9 SS < 30 mg/l DBO <30 mg/l CF <200/100ml
Irrigação de cultivos para consumirem crus	<1/L	pH 6 – 9 SS < 10 mg/l DBO <10 mg/l CF<10/100ml
Irrigação de hortaliças e frutas assim como hortaliças para serem consumidas cozidas (não se deve recolher frutos do solo)	<1/L	pH 6 – 9 SS < 30 mg/l DBO <30 mg/l CF<200/100ml

Irrigação de cereais e cultivos industriais, forragem e pastos.	<1/L	pH 6 – 9 SS < 45 mg/l DBO <45 mg/l CF<500/100ml
---	------	--

Quadro 03 - Critérios de Qualidade da água indicados para utilização de água residuária urbana na irrigação agrícola e recreação, na Espanha.

Fonte: Modificado de ARAÚJO *et al.* (2008).

Legenda: pH - potencial Hidrogeniônico; SS – Sólidos Suspensos; DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio; CF – Coliformes Fecais.

Condições de reúso	Grupos Expostos	Nematóides ⁽³⁾ (Nº de ovos /litro)	Coliformes Fecais ⁽⁴⁾ (Nº/100 ml)
Irrigação Irrestrita ⁽¹⁾ (culturas para serem comidas cruas, campos de desportos e parques)	Operários Consumidores Público	<1	≤ 1000
Irrigação Restrita ⁽²⁾ (cereais, culturas industriais, forragens, pastos e árvores)	Operários	<1	Não especificado
Irrigação Restrita e Localizada (se a exposição de operários e do público não ocorre)	Nenhum	Não se aplica	Não se aplica

Quadro 04 - Diretrizes recomendadas sobre a qualidade microbiológica das águas residuárias utilizadas na agricultura segundo a Organização Mundial de Saúde

Fonte: Modificado de WHO (1989) apud ARAÚJO *et al.* (2008).

Legenda: ⁽¹⁾ - Irrigação superficial ou por aspersão de qualquer cultura, inclusive culturas alimentícias consumidas cruas. Inclui também a hidroponia; ⁽²⁾ - Irrigação superficial ou por aspersão de qualquer cultura não ingerida crua, inclui culturas alimentícias e não alimentícias, forrageiras, pastagens e árvores. Inclui também a hidroponia; ⁽³⁾ - *Áscaris*, *Trichuris*, *Ancilostoma*, *Necator* - média aritmética do número de ovos viáveis, durante o período de irrigação; ⁽⁴⁾ - Média geométrica, durante o período de irrigação.

Categoria	Coliformes Termotolerantes	Ovos de Helmintos	Observações
Irrigação Irrestrita	≤ 1 x 10 ³	≤ 1	≤ 1 x 10 ⁴ CTer ⁽¹⁾ 100 ml ⁻¹ no caso de irrigação por gotejamento que se desenvolve distantes do nível do solo, em que o contato com a parte comestível da planta seja minimizada.
Irrigação Restrita	≤ 1 x 10 ⁴	≤ 1	≤ 1 x 10 ⁵ CTer ⁽¹⁾ 100 ml ⁻¹ no caso da existência de barreiras adicionais de proteção ao trabalhador ⁽²⁾ . É facultado o uso de efluentes (primários e secundários) de técnicas de tratamento com reduzida capacidade de remoção de patógenos, desde que associado à irrigação subsuperficial ⁽³⁾ .

Quadro 05 – Diretrizes do PROSAB para uso agrícola de esgotos sanitários

Fonte: Modificado de MOTA *et al.* (2007).

Legenda: ⁽¹⁾ CTer - Coliformes Termotolerantes; ⁽²⁾ Barreiras adicionais de proteção encontradas em agricultura de elevado nível tecnológico, incluindo o emprego de irrigação localizada e equipamentos de proteção individual. Exclui-se dessa nota a irrigação de pastagens e forrageiras destinadas à alimentação animal; ⁽³⁾ Neste caso não se aplicam os limites estipulados de coliformes e ovos de helmintos, sendo a qualidade do efluente consequência das técnicas de tratamento empregadas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 02 estão listados alguns parâmetros com relação ao atendimento ou não das amostras analisadas, em relação a cada tipo de reúso, de acordo com as diretrizes sugeridas pela USEPA (Quadro 01).

Os resultados obtidos (Tabela 02) expressam a viabilidade técnica para reutilização do efluente da ETE, sendo necessários, em alguns casos, tratamentos adicionais, por exemplo, um pós-tratamento com lagoa de polimento, podendo, desta forma, o efluente atingir os valores de coliformes fecais, por exemplo, dependendo do tipo de reúso pretendido. Apresentam também a viabilidade para o uso das diluições (efluente melhorado), bem como da água de chuva, que dependendo de como essa amostra será reusada, poderá ou não, ser posto em prática.

Em relação ao pH e SST, observou-se o atendimento integral aos valores limite sugerido pela USEPA, tanto a água de chuva, quanto o efluente, como as diluições. Em se tratando de DBO, notou-se que houve o atendimento quase que integral aos limites, com exceção do uso recreacional com contato direto, que é um uso que exige uma concentração de DBO menor do que o encontrado no efluente, e nas diluições; a água de chuva neste uso atendeu o valor limite sugerido. Ainda com relação à DBO, o efluente não se enquadrava em nenhum limite sugerido, onde o mesmo não atende a nenhum tipo de reúso.

Em relação aos valores de coliformes fecais, de todas as amostras analisadas, apenas a de água de chuva, atendeu aos valores limites, exceto para uso urbano, agrícola de irrigação de culturas consumidas cruas e recreacional com contato direto, que exigem ausência total de coliformes fecais. No que concerne ao efluente e as diluições, nenhuma amostra atendeu a todos os valores limites recomendados pela USEPA, sendo que, os valores encontrados para coliformes fecais não atenderam a nenhuma das diretrizes propostas. O que já era de se esperar considerando que o efluente é proveniente de uma ETE anaeróbia onde, na mesma, a concentração de entrada de coliformes fecais é enorme e o sistema não remove grandes quantidades, adequando aos critérios para os tipos de reúso.

Tabela 02 – Interpretação de alguns parâmetros com relação aos valores limite sugeridos pela USEPA para vários tipos de reúso

Parâmetro	Água de Chuva	Efluente ⁽¹⁾	Efluente 25% ⁽²⁾	Efluente 50% ⁽³⁾	Efluente 75% ⁽⁴⁾
<i>Urbano</i>					
pH	√	√	√	√	√
DBO	√	X	X	X	X
Coliformes Fecais	X	X	X	X	X
<i>Irrigação de Área de Acesso Restrito ao Público</i>					
pH	√	√	√	√	√
DBO	√	X	√	√	X
SST	√	√	√	√	√
Coliformes Fecais	√	X	X	X	X
<i>Agrícola de Irrigação de Culturas Consumidas Cruas</i>					
pH	√	√	√	√	√
DBO	√	X	X	X	X
Coliformes Fecais	X	X	X	X	X
<i>Agrícola de Irrigação de Culturas Consumidas Cozidas</i>					
pH	√	√	√	√	√
DBO	√	X	√	√	X
SST	√	√	√	√	√
Coliformes Fecais	√	X	X	X	X
<i>Agrícola de Irrigação de Culturas Não Comestíveis</i>					
pH	√	√	√	√	√
DBO	√	X	√	√	X
SST	√	√	√	√	√
Coliformes Fecais	√	X	X	X	X
<i>Recreacional (Contato Direto)</i>					
pH	√	√	√	√	√
DBO	√	X	X	X	X
Coliformes Fecais	X	X	X	X	X
<i>Paisagístico (sem o contato com o público)</i>					
DBO	√	X	√	√	X
SST	√	√	√	√	√
Coliformes Fecais	√	X	X	X	X
<i>Industrial, para resfriamento sem circulação</i>					
pH	√	√	√	√	√
DBO	√	X	√	√	X
SST	√	√	√	√	√
Coliformes Fecais	√	X	X	X	X
<i>Ambiental</i>					
DBO	√	X	√	√	X
SST	√	√	√	√	√
Coliformes Fecais	√	X	X	X	X

Legenda: ⁽¹⁾ - Esgoto Tratado; ⁽²⁾ - Amostra composta de 25% de efluente e 75% de água de chuva; ⁽³⁾ - Amostra composta de 50% de efluente e 50% de água de chuva; ⁽⁴⁾ - Amostra composta de 75% de efluente e 25% de água de chuva; DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio; pH – potencial Hidrogeniônico; SST – Sólidos Suspensos Totais; √ - a concentração média cumpre o valor-limite; X – valor-limite não alcançável.

Na Tabela 03 estão apresentados o comportamento das amostras analisadas em relação ao atendimento ou não aos critérios do Estado da Flórida (USA), (Quadro 02), no que diz respeito às áreas de acesso ao público.

De acordo com os valores obtidos (Tabela 03), à exceção da água de chuva, todas as amostras atenderam aos critérios sugeridos, para as áreas de acesso público restritivo (usos industriais), já as demais amostras, nas mesmas áreas de acesso, não se adequaram aos limites, por conta dos parâmetros DBO e coliformes fecais, cujos critérios exigem 20 mg/l e 200 NMP/100ml (Quadro 02), respectivamente. Nas áreas de acesso público, irrigação de cultivos, recreação restrita, proteção contra incêndio, fins estéticos e controle de poeiras, nenhuma das amostras situaram-se dentro dos limites recomendados, principalmente em relação aos coliformes fecais.

Tabela 03 – Interpretação do atendimento aos critérios de qualidade do Estado da Flórida (USA) para utilização de águas residuárias não potáveis

Parâmetro	Água de Chuva	Efluente ⁽¹⁾	Efluente 25% ⁽²⁾	Efluente 50% ⁽³⁾	Efluente 75% ⁽⁴⁾
<i>Áreas de acesso público restritivo⁽⁵⁾, usos industriais</i>					
DBO	√	X	√	X	X
SST	√	√	√	√	X
Coliformes Fecais	√	X	X	X	X
<i>Áreas de acesso público⁽⁶⁾, irrigação de cultivos⁽⁷⁾, recreação restrita, proteção contra incêndio, fins estéticos, controle de poeira</i>					
DBO	√	X	√	X	X
SST	√	X	X	X	X
Coliformes Fecais	X	X	X	X	X

Legenda: ⁽¹⁾ - Esgoto Tratado; ⁽²⁾ - Amostra composta de 25% de efluente e 75% de água de chuva; ⁽³⁾ - Amostra composta de 50% de efluente e 50% de água de chuva; ⁽⁴⁾ - Amostra composta de 75% de efluente e 25% de água de chuva; ⁽⁵⁾ - Zonas com árvores, zona de pasto, áreas utilizadas para cultivar árvores, forragem ou áreas similares; ⁽⁶⁾ - Gramados residenciais, campo de golf, cemitérios, parques, áreas paisagísticas ou similares; ⁽⁷⁾ - Somente se os cultivos são descascados, cozidos ou processados termicamente antes de ser consumido; DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio; SST – Sólidos Suspensos Totais; √ - a concentração média cumpre o valor-limite; X – valor-limite não alcançável.

Na Tabela 04 estão apresentados o comportamento das amostras analisadas relacionados ao atendimento aos critérios de qualidade da água indicados para utilização de água residuária urbana na irrigação agrícola e recreação, na Espanha (Quadro 03). Pode-se verificar que em nenhuma amostra contendo efluente, atendeu aos limites recomendados, justamente por conter um número alto de coliformes fecais. Sendo que a amostra de água de chuva, mais uma vez, atendeu aos limites recomendados em todos os parâmetros mencionados pelos critérios sugeridos.

Tabela 04 - Interpretação do atendimento aos critérios de qualidade na irrigação agrícola e recreação, na Espanha

Parâmetros	Água de Chuva	Efluente ⁽¹⁾	Efluente 25% ⁽²⁾	Efluente 50% ⁽³⁾	Efluente 75% ⁽⁴⁾
<i>Irrigação de gramas e plantas ornamentais com contato direto (parques públicos, campos de golf, etc.)</i>					
pH	√	√	√	√	√
SST	√	X	√	X	X
DBO	√	X	X	X	X
Coliformes Fecais	√	X	X	X	X
<i>Irrigação de gramas, zonas de árvores e outras áreas, onde o acesso ao público é restrito ou infrequente</i>					
pH	√	√	√	√	√
SST	√	√	√	√	√
DBO	√	X	√	√	X
Coliformes Fecais	√	X	X	X	X
<i>Irrigação de cultivos para consumirem crus</i>					
pH	√	√	√	√	√
SST	√	X	√	X	X
DBO	√	X	X	X	X
Coli. Fecais	√	X	X	X	X
<i>Irrigação de hortaliças e frutas assim como hortaliças para serem consumidas cozidas (não se devem recolher frutos do solo)</i>					
pH	√	√	√	√	√
SST	√	√	√	√	√
DBO	√	X	√	√	X
Coliformes Fecais	√	X	X	X	X
<i>Irrigação de cereais e cultivos industriais, forragens e pastos</i>					
pH	√	√	√	√	√
SST	√	√	√	√	√
DBO	√	X	√	√	√
Coliformes Fecais	√	X	X	X	X

Legenda: ⁽¹⁾ - Esgoto Tratado; ⁽²⁾ - Amostra composta de 25% de efluente e 75% de água de chuva; ⁽³⁾ - Amostra composta de 50% de efluente e 50% de água de chuva; ⁽⁴⁾ Amostra composta de 75% de efluente e 25% de água de chuva; pH – Potencial Hidrogeniônico; SST – Sólidos Suspensos Totais; DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio; √ - a concentração média cumpre o valor-limite; X – valor-limite não alcançável.

Na Tabela 05 está retratada a situação das amostras analisadas em relação à caracterização bacteriológica segundo as diretrizes da Organização Mundial de Saúde (Quadro 04). No que diz respeito à irrigação irrestrita percebe-se que, de todas as amostras analisadas, somente a água de chuva atendeu ao limite de coliformes fecais. Já para irrigação restrita e irrigação restrita e localizada, todas as amostras analisadas enquadraram-se dentro dos limites recomendados.

Tabela 05 – Interpretação do atendimento às diretrizes recomendadas sobre a qualidade microbiológica das águas residuárias utilizadas na agricultura segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS)

Parâmetros	Água de Chuva	Efluente ⁽¹⁾	Efluente 25% ⁽²⁾	Efluente 50% ⁽³⁾	Efluente 75% ⁽⁴⁾
	<i>Irrigação Irrestrita⁽⁵⁾ (culturas para serem comidas cruas, campos de esportes e parques públicos) – Grupos Expostos: Operários Consumidores Público</i>				
Coliformes Fecais ⁽⁶⁾	√	X	X	X	X
	<i>Irrigação Restrita⁽⁷⁾ (cereais, culturas industriais, forragens, pastos e árvores) – Grupos Expostos: Operários</i>				
Coliformes Fecais ⁽⁶⁾	√	√	√	√	√
	<i>Irrigação Restrita e Localizada (se a exposição de operários e do público não ocorre) – Nenhum Grupo Exposto</i>				
Coliformes Fecais ⁽⁶⁾	√	√	√	√	√

Legenda: ⁽¹⁾ - Esgoto Tratado; ⁽²⁾ - Amostra composta de 25% de efluente e 75% de água de chuva; ⁽³⁾ - Amostra composta de 50% de efluente e 50% de água de chuva; ⁽⁴⁾ Amostra composta de 75% de efluente e 25% de água de chuva; ⁽⁵⁾ - Irrigação superficial ou por aspersão de qualquer cultura, inclusive culturas alimentícias consumidas cruas. Inclui também a hidroponia; ⁽⁶⁾ - Coliformes Fecais - Média geométrica, durante o período de irrigação; ⁽⁷⁾ - Irrigação superficial ou por aspersão de qualquer cultura não ingerida crua, inclui culturas alimentícias e não alimentícias, forrageiras, pastagens e arvores. Inclui também a hidroponia; √ - a concentração média cumpre o valor-limite; X – valor-limite não alcançável

Na Tabela 06 está retratada a situação das amostras analisadas em relação às diretrizes do PROSAB para uso agrícola no que concerne à caracterização bacteriológica (Quadro 05). No que diz respeito à irrigação irrestrita e restrita, nota-se que de todas as amostras analisadas, somente a água de chuva, atendeu ao limite de coliformes fecais. As demais não atenderam, pois o valor limite para irrigação irrestrita e restrita, respectivamente, é de 1×10^3 NMP/100ml e 1×10^4 NMP/100ml (Quadro 05), e os valores das amostras analisadas excedem esses valores sugeridos.

Tabela 06 - Interpretação do atendimento às diretrizes do PROSAB para uso agrícola de esgotos sanitários

Parâmetros	Água de Chuva	Efluente ⁽¹⁾	Efluente 25% ⁽²⁾	Efluente 50% ⁽³⁾	Efluente 75% ⁽⁴⁾
	<i>Irrigação Irrestrita</i>				
Coliformes Fecais ⁽⁵⁾	√	X	X	X	X
	<i>Irrigação Restrita</i>				
Coliformes Fecais ⁽⁵⁾	√	X	X	X	X

Legenda: ⁽¹⁾ - Esgoto Tratado; ⁽²⁾ - Amostra composta de 25% de efluente e 75% de água de chuva; ⁽³⁾ – Amostra composta de 50% de efluente e 50% de água de chuva; ⁽⁴⁾ Amostra composta de 75% de efluente e 25% de água de chuva; ⁽⁵⁾ - Coliformes Fecais - Média geométrica, durante o período de irrigação; √ - a concentração média cumpre o valor-limite; X – valor-limite não alcançável.

Comparando as Tabelas 05 e 06, pode-se verificar que as diretrizes do PROSAB exigem mais em relação à parte bacteriológica, tais diretrizes recomendam $\leq 1 \times 10^3$ para irrigação irrestrita e $\leq 1 \times 10^4$ para irrigação restrita, isto em relação aos coliformes fecais por 100 ml de amostra analisada. Já as diretrizes estabelecidas pela Organização Mundial de Saúde, não especificam número de coliformes por 100ml da amostra para irrigação restrita, e na irrigação restrita e localizada, na mesma não se aplica. Apenas cita limites para irrigação irrestrita que é de ≤ 1000 NMP/100ml.

4 CONCLUSÃO

As diluições foram utilizadas objetivando obter melhor qualidade para a viabilidade de reúso. De acordo com as diretrizes da USEPA as amostras diluídas provavelmente não possibilitarão nenhum tipo de reúso em virtude dos coliformes fecais encontrados que estão em desacordo com os valores limites. Já de acordo com as diretrizes da Organização Mundial de Saúde, tais amostras enquadram-se para Irrigação Restrita (cereais, culturas industriais, forragens, pastos e árvores), tendo os operários como os grupos expostos e Irrigação Restrita e Localizada (se a exposição de operários e do público não ocorre), não tendo nenhum grupo exposto. Entrando em desacordo, as diretrizes do PROSAB, não aceitam tais amostras nem para irrigação restrita, tão pouco, para irrigação irrestrita, mais uma vez, por causa dos coliformes fecais, estão em desacordo com os valores limites em tais diretrizes.

Portanto, os resultados obtidos expressam a viabilidade técnica para reutilização do efluente da ETE do IFCE – Unidade do Juazeiro do Norte, incluindo alternativa de atendimento às diretrizes para reúso do mesmo, por meio de sua diluição com água de chuva. Em alguns casos há necessidade de tratamentos e/ou procedimentos adicionais, dependendo do tipo de reúso pretendido, tendo em vista que a característica do efluente está de acordo com o tipo de tratamento que o mesmo foi submetido, com concentração de DBO aceitável, mas mesmo assim, o efluente ainda tem que ser melhorado, para que as diluições sejam mais eficientes em relação ao atendimento aos valores limites sugeridos pelas diretrizes à prática do reúso.

Para pesquisas futuras, recomenda-se: Realizar novas proporções de diluições para verificar as características das mesmas, possibilitando assim, a prática do reúso de acordo com as diretrizes da Organização Mundial de Saúde, do PROSAB e da USEPA; Realizar novas análises

físico-químicas e, principalmente, bacteriológicas com as diluições preparadas em laboratório, realizando um monitoramento quinzenal ou semanal para a verificação da diminuição das casas logarítmicas em relação aos coliformes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION). (1998). *Standard methods for the examination of water and wastewater*; 19th ed. Washington, D, C., 1998.

ARAÚJO, G. M.; MOTA, S.; ARAÚJO, A. L. C.; OLIVEIRA, E. C. A de. *Avaliação do Potencial do Reúso das Águas Residuárias Tratadas, Provenientes do Sistema de Lagoas de Estabilização de Ponta Negra em Natal – RN*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23. Anais... ABES. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes23/II-171.pdf>>. Acesso em: 02 dez. 2008.

HESPANHOL, I.; GONÇALVES, O. M. *Conservação e Reúso de água: Manual de Orientações para o Setor Industrial*. Centro Internacional de Referência em Reúso de Água / FCTH – Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/publicacoes/pdf/ambiente/reuso.pdf>>. Acesso em: 13 set. 2008.

MALINOWSKI, A. (2006). *Aplicação de metodologia para a estruturação de diretrizes para o planejamento do reúso de água no meio urbano*. 221f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Disponível em: <<http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/bitstream/1884/5960/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Adriana%20Malinowski.pdf>>. Acesso em: 09 out. 2008.

MOTA, S.; AQUINO, M. D. de; SANTOS. A. B dos. (Org.) (2007). *Reúso de Águas em Irrigação e Piscicultura*. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará. Centro de Tecnologia, 350p.

OLIVEIRA Jr, J. L. de. (2008). *Diluição de esgoto doméstico tratado em água de chuva para otimização dos parâmetros no dimensionamento de bateria de cisternas para aplicação no reúso integrado de águas pluviais e residuárias no Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará - CEFET-Cariri*. 25f. Projeto de pesquisa (Graduação em Produção Civil) – Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará, Juazeiro do Norte, CE, 2008.

RODRIGUES, R dos. S. (2005). *As dimensões legais e institucionais do reúso de água no Brasil: Proposta de regulamentação no Brasil*. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-03112005-121928/>>. Acesso em: 14 out. 2008.