

II-340 – REUSO DE ÁGUA: AVALIAÇÃO DE UMA UNIDADE DE RECUPERAÇÃO DE ÁGUA INSTALADA EM UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Altair Rosa⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR). Mestre em Gestão Urbana pela PUCPR. Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Doutorando em Hidráulica e Saneamento na EESC/USP. Professor da PUCPR.

Julio Cezar Rietow⁽²⁾

Engenheiro Ambiental pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR). Ex-estagiário da Assessoria de Pesquisa e Desenvolvimento (APD) da Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar).

Fabiana de Nadai Andreoli⁽³⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Mestre em Engenharia Ambiental pela UFES. Doutora em Educação pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR). Professora e coordenadora do curso de Engenharia Ambiental da PUCPR.

Lohanna Zadureski de Carvalho⁽⁴⁾

Engenheira Ambiental pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR).

Endereço⁽¹⁾: Rua Comendador Araújo , 5601 APTO 7 Centro-Curitiba- Paraná - CEP: 80420-000 - Brasil - e-mail: **altair.rosa17@gmail.com**

RESUMO

O acelerado crescimento populacional, somado a diversidade de oportunidades do mundo em desenvolvimento, vem ocasionando uma crescente demanda de recursos naturais e consequente degradação do meio ambiente. Destaca-se a gestão de recursos hídricos, marcado, principalmente pela geração de efluentes sanitários e a escassa disponibilidade de água para os usos múltiplos da sociedade. Para enfrentar esse cenário, uma possibilidade seria o reuso de efluentes tratados com ênfase em países em desenvolvimento, como o Brasil. Adicionalmente, a prática de reuso favorece o aumento da vida útil de estações de tratamento de água (ETA) e a diminuição de custos inerentes à gestão e busca por novos mananciais de abastecimento. Neste contexto, o foco principal deste trabalho é demonstrar os resultados obtidos em uma unidade de recuperação de água (URA) em escala piloto instalada em uma estação de tratamento de esgoto (ETE) de grande porte, com vistas nas potencialidades de reuso do efluente tratado. Adicionalmente, buscou-se na literatura parâmetros para comparação dos resultados obtidos com a unidade piloto visando as possíveis utilizações da água recuperada. As etapas da URA piloto são: flocculocantação (utilização do policloreto de alumínio), filtração convencional (3 camadas básicas filtrantes e uma taxa de filtração de 300 m³/m².dia), cloração (utilização do hipoclorito de sódio para um tempo de contato de 30 minutos) e filtração por carvão ativado (utilização de fibras de coco e uma taxa de filtração de 300 m³/m².dia), a URA apresentou uma capacidade máxima de tratamento de 15 L/s. Para a avaliação da eficiência de tratamento da URA, 7 coletas foram realizadas na entrada e saída do sistema. Os parâmetros analisados foram: cloro residual, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), teor de sólidos suspensos totais (SST), turbidez, pH e concentração de coliformes totais. Os resultados indicaram uma elevada eficiência de tratamento na URA, destacando-se, principalmente, a etapa de cloração, sendo essa a responsável pela total eliminação de coliformes totais presentes no efluente tratado da ETE. Ainda, as etapas de flocculocantação, filtração convencional e filtração por carvão ativado foram responsáveis por eficiências superiores a 90% para os parâmetros de SST e turbidez. Na comparação dos resultados obtidos da URA com os parâmetros internacionais de reuso de água, destacou-se a potencialidade do aproveitamento do efluente da unidade piloto para as práticas de reuso no meio urbano, ambiental, industrial e na agricultura.

PALAVRAS-CHAVE: Reuso de efluentes tratados, Unidade de recuperação de água, Usos múltiplos da sociedade.

INTRODUÇÃO

Com os problemas associados à escassez e poluição de corpos hídricos, o reuso de efluentes tratados torna-se cada vez mais necessário no contexto mundial. Contribuindo para a diminuição de água a ser captada em mananciais de abastecimento, o reuso pode influenciar diretamente no aumento da vida útil de estações de tratamento de água (ETA) e na diminuição dos custos inerentes à procura de novos mananciais [1].

Desse modo, o reuso de água consiste na recuperação de efluentes tratados para fins de aplicações, geralmente, menos exigentes do que aquelas intrínsecas aos padrões de potabilidade [2]. Adicionalmente, o conceito de qualidade da água do reuso está diretamente relacionado com a finalidade de sua aplicação. Sendo assim, a qualidade não deve ser maior do que aquela que sua finalidade exige [3].

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), o reuso de água pode ocorrer de forma indireta e direta. O reuso indireto pode ser entendido como aquele que já utilizou a água, uma ou mais vezes para fins domésticos ou industriais, sendo essa então descarregada em águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente de forma diluída a jusante do descarte. Já o reuso direto é caracterizado pelo uso deliberado de efluentes tratados para certas finalidades, como, por exemplo, a irrigação e a recarga de aquíferos [4]. Utilizando-se dessas definições, a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA – US Environmental Protection Agency) estabeleceu as potenciais formas de reuso, conforme apresentado na Figura 1.



Figura 1: Tipos de reuso segundo a USEPA (2004).

O reuso do tipo urbano são aqueles destinados à irrigação de parques públicos e jardins, para a lavagem de veículos, ruas, pátios, vidraças e monumentos. Também pode ser utilizado em banheiros comerciais e industriais para descarga de mictórios. Já o reuso do tipo ambiental pode ser entendido como o descarte do efluente tratado em *wetlands*, alagados, várzeas e córregos. O reuso na indústria pode se dar em torres de resfriamento, lavagens de pátios e equipamentos, uso em caldeiras e obras civis. Por fim, o reuso na agricultura pode ser utilizado na irrigação de plantas não comestíveis e plantas a serem consumidas cozidas. Adicionalmente, pode-se também utilizar na mistura de herbicidas, pesticidas e fertilizantes [5].

A prática do reuso de efluentes tratados vem sendo utilizada pelas companhias de saneamento em todo o mundo. Nos Estados Unidos, por exemplo, cerca de 8% do esgoto tratado é reutilizado em processos industriais e urbanos. Na Arábia Saudita, aproximadamente 16% de todo o esgoto gerado é reutilizado, sendo que em Israel, esse número pode ultrapassar os 70% [5].

Apesar de estar amplamente difundida na literatura internacional, observa-se, porém, que no Brasil, a prática de reuso encontra-se em fase de pesquisa para determinação da metodologia de tratamento a ser empregada e das melhores formas de utilização do efluente tratado.

Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo analisar os resultados obtidos de uma unidade de recuperação de água (URA) piloto tratando o efluente de uma estação de tratamento de esgoto (ETE). Adicionalmente, os resultados foram comparados com os valores preconizados pelo guia de reuso de água da USEPA (2004), com o intuito de se obter as possíveis utilizações da água recuperada pela unidade piloto para fins não potáveis.

MATERIAIS E MÉTODOS

A realização dos estudos contou com a instalação de uma URA piloto em uma ETE de grande porte localizada no município de Curitiba – PR, Brasil. A ETE é responsável por tratar o esgoto de mais de 500 mil habitantes, possuindo uma vazão de projeto de 1.120 L/s. Ainda, a ETE é caracterizada por possuir três etapas distintas de tratamento: preliminar, tratamento secundário (reatores do tipo UASB) e pós-tratamento com flotador.

Instalada a jusante da ETE a URA piloto (Figura 2) era composta pelas seguintes etapas de tratamento: tanque de floccodecantação (volume de 30 m³), tanque de filtração convencional (volume de 25 m³ com taxa de filtração de 300 m³/m².dia), tanque de cloração (volume de 25 m³ e tempo de contato de aproximadamente 30 minutos) e filtro de carvão ativado (volume de 25 m³ com taxa de filtração de 300 m³/m².dia), respectivamente. Com capacidade de tratamento máxima de 15 L/s, a operação da URA consistia em 20 dias de funcionamento e 7 dias de parada para eventuais limpezas no sistema.



Figura 2: Unidade de recuperação de água (URA) piloto.

No tanque de floccodecantação, o policloreto de alumínio (PAC) foi utilizado como coagulante. Após a formação dos flocos, a próxima etapa do sistema era então a retenção destes por meio da filtração convencional, sendo esta caracterizada por ser de fluxo descendente e possuir três camadas básicas filtrantes (pedregulho, areia e carvão antracitoso). Na etapa de cloração, o hipoclorito de sódio foi empregado como agente desinfetante visando à remoção dos microrganismos patogênicos não eliminados pela ETE. Por fim, o filtro de carvão ativado (fibras de coco) foi utilizado com vistas à diminuição da turbidez e eventuais sólidos que passaram pela etapa de filtração convencional.

Para a avaliação da eficiência do tratamento da URA piloto, 7 coletas na entrada e na saída do sistema foram realizadas. Os seguintes parâmetros inerentes ao tratamento foram analisados: cloro residual, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), sólidos suspensos totais (SST), turbidez, pH e coliformes totais.

A análise do cloro residual foi realizada por meio do analisador de cloro residual CI-17, princípio colorimétrico DPD, medindo na faixa de 0 a 5 mg/L de cloro residual com exatidão de $\pm 0,035$ mg/L. Para a análise da DBO foi empregado a metodologia de leitura de oxigênio dissolvido (OD) por eletrodo íon seletivo de oxigênio, sendo então as amostras seladas e mantidas em estufa por um período de 5 dias a uma temperatura de 20°C. A determinação dos SST foi realizada pelo método gravimétrico utilizando papel filtro e membrana Millipore de 0,45µm, sendo posteriormente as amostras levadas a estufa a uma temperatura de 103°C. A turbidez foi levantada por meio do turbidímetro digital portátil da Digimed, modelo DM-TU, com faixa de leitura de 0 a 1.000 uT. O pH foi determinado pelo pHmetro de laboratório da Digimed DM-22, com faixa de medição de -2 à 20 pH. Por fim, a análise de coliformes totais foi realizada pelo método Petrifilm EC, utilizando um indicador glicuronidásica para contagem das colônias.

Após a análise dos parâmetros mencionados, os resultados foram comparados com os valores preconizados pela USEPA (2004), em seu guia para aproveitamento de água de reuso. Desse modo, as Tabelas de 1 a 4 apresentam os parâmetros a serem analisados e seus respectivos valores máximos permitidos (VMP) para as diferentes formas de reuso.

Tabela 1: Parâmetros e VMP para o reuso urbano

Parâmetros	VMP	Unidade
Cloro residual	$\geq 1,0$	mg/L
DBO	$\leq 10,0$	mg/L
SST	$\leq 30,0$	mg/L
Turbidez	$\leq 2,0$	uT
pH	6 a 9	-
Coliformes totais	0	NMP ⁽¹⁾ /100 ml
Observações:		
⁽¹⁾ Número Mais Provável		

Tabela 2: Parâmetros e VMP para o reuso ambiental

Parâmetros	VMP	Unidade
Cloro residual	$\geq 1,0$	mg/L
DBO	$\leq 30,0$	mg/L
SST	$\leq 30,0$	mg/L
Turbidez	-	uT
pH	6 a 9	-
Coliformes totais	$\leq 200,0$	NMP/100 ml

Tabela 3: Parâmetros e VMP para o reuso industrial

Parâmetros	VMP	Unidade
Cloro residual	$\geq 1,0$	mg/L
DBO	$\leq 30,0$	mg/L
SST	$\leq 30,0$	mg/L
Turbidez	-	uT
pH	6 a 9	-
Coliformes totais	$\leq 200,0$	NMP/100 ml

Tabela 4: Parâmetros e VMP para o reuso na agricultura

Parâmetros	VMP	Unidade
Cloro residual	$\geq 1,0$	mg/L
DBO	$\leq 10,0$	mg/L
SST	$\leq 500,0$	mg/L
Turbidez	$\leq 2,0$	uT
pH	6 a 9	-
Coliformes totais	0	NMP/100 ml

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As Figuras de 3 a 8 apresentam os resultados das análises realizadas na entrada e na saída da URA. Desse modo, pode-se observar a elevada eficiência do sistema de tratamento piloto para os parâmetros de DBO, SST, turbidez e coliformes totais. A partir da etapa de cloração, o efluente tratado na URA elevou seu nível de cloro residual, garantido assim a eliminação de eventuais microrganismos patogênicos. O pH do efluente tratado pelo sistema não se alterou de modo significativo, permanecendo, dessa maneira, com índices considerados neutros.

A etapa de cloração conseguiu reduzir os elevados índices de coliformes totais presentes no efluente tratado da ETE. Em média, a eficiência dessa etapa foi de $(100,0 \pm 0,0)\%$. Já as etapas de floccodecantação, filtração convencional e filtração por carvão ativado foram responsáveis pela boa eficiência do sistema para a redução da turbidez e dos SST. Em média, a URA piloto constatou uma eficiência de redução da turbidez de $(98,1 \pm 2,2)\%$ e de redução de SST de $(96,8 \pm 1,6)\%$. Por fim, o sistema também mostrou elevada eficiência na redução da DBO do efluente da ETE. Em média, a eficiência da URA para esse parâmetro foi de $(76,9 \pm 9,6)\%$.

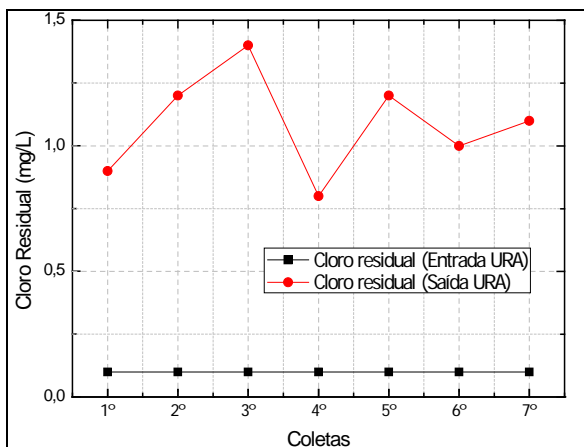


Figura 3: Resultados das análises de Cloro residual

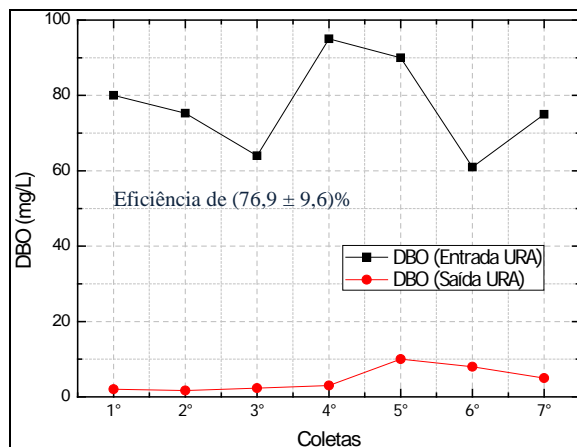


Figura 4: Resultados das análises de DBO

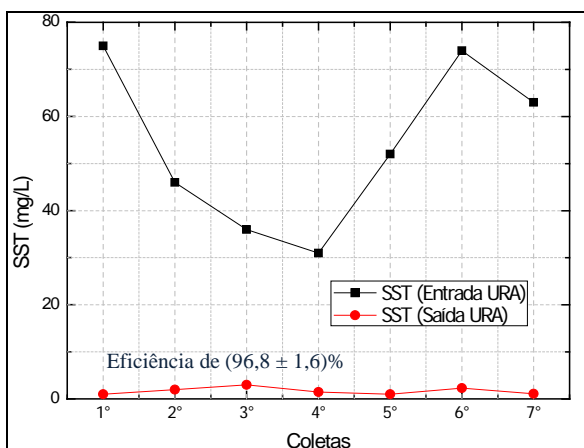


Figura 5: Resultados das análises de SST

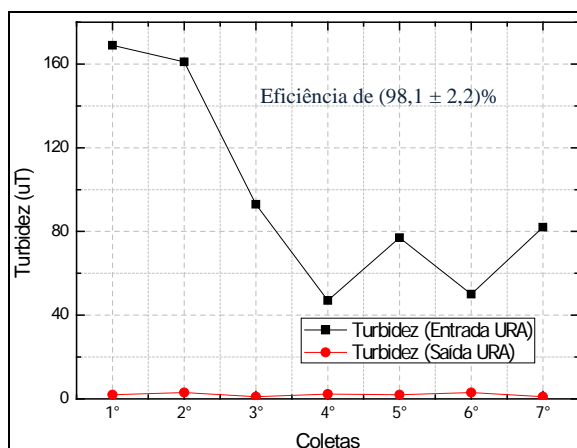


Figura 6: Resultados das análises de Turbidez

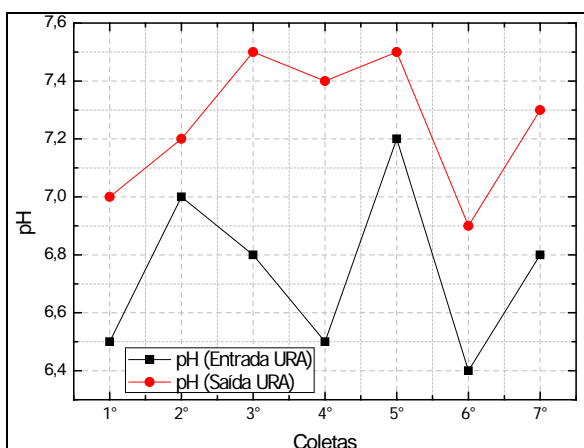


Figura 7: Resultados das análises de pH

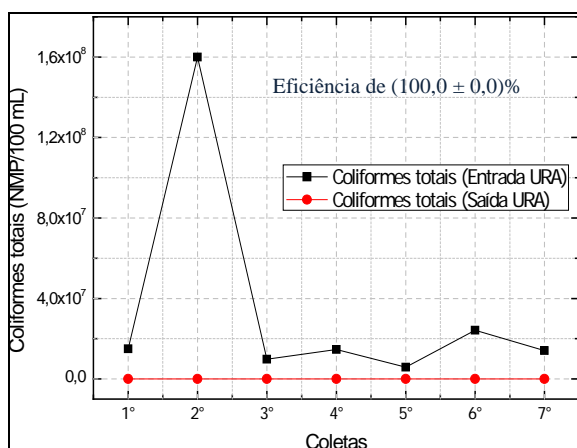


Figura 8: Resultados das análises de Coliformes totais

A Tabela 5 apresenta os valores médios dos resultados das análises do efluente tratado na URA, bem como seus respectivos desvios padrões. Desse modo, comparando esses valores com os VMPs do guia de reuso de água da USEPA (2004), nota-se a potencialidade do reuso do efluente tratado na URA piloto para todos os tipos de reuso (urbano, ambiental, industrial e agricultura) destacados no presente trabalho.

Os resultados de cloro residual, em média, foram próximos daqueles requeridos pelo guia de reuso de água. A DBO encontrada, juntamente com os valores de SST, coliformes totais e turbidez, evidenciaram as potencialidades do reuso agrícola e urbano (tipos mais restritivos de reuso) para o efluente tratado na URA piloto.

Tabela 5: Resultados das análises de saída da URA piloto

Parâmetros analisados	Valores	Unidade
Cloro residual	$(1,1 \pm 0,2)$	mg/L
DBO	$(4,3 \pm 3,5)$	mg/L
SST	$(2,0 \pm 1,2)$	mg/L
Turbidez	$(1,2 \pm 0,2)$	uT
pH	$(7,3 \pm 0,2)$	-
Coliformes totais	$(0,0 \pm 0,0)$	NMP/100 ml

CONCLUSÕES

A utilização da URA para tratamento do efluente e posterior reuso mostrou-se eficiente seguindo o roteiro metodológico proposto neste trabalho, uma vez que tratou o efluente no sistema, apresentando considerável eficiência em vários parâmetros analisados em laboratório.

A URA piloto obteve elevados índices de eficiência de tratamento para os parâmetros de DBO, SST, turbidez e coliformes totais, garantindo uma boa qualidade do efluente tratado no sistema.

As taxas de filtração dos tanques de filtração de convencional e filtração por carvão ativado, bem como o tempo de contato do hipoclorito de sódio com o efluente da ETE, mostraram-se satisfatórias para a elevação do cloro residual e para a redução dos valores de SST, turbidez e coliformes totais.

A comparação dos resultados obtidos com a URA piloto com o guia de reuso de água da USEPA (2004), demonstraram as potencialidades do reuso do efluente tratado no sistema para fins mais nobres, como o reuso urbano e o reuso na agricultura. Cabe ressaltar que o presente trabalho não levou em consideração as práticas de reuso visando a potabilidade de efluentes tratados.

Para confirmação das potencialidades de reuso aqui reportadas, destaca-se a necessidade da realização de novos testes na URA piloto, aumentando, dessa forma, o número de parâmetros a serem analisados. Adicionalmente, deve-se realizar novas buscas na literatura internacional e nacional por metodologias e normas de reuso de efluentes tratados.

Embora incipiente no Brasil, a prática do reuso de efluentes tratados em ETEs deve ser vislumbrada como uma ferramenta para alavancar o sistema de saneamento no país, caminhando rumo a um desenvolvimento mais sustentável, socialmente justo, ambientalmente correto, sanitariamente seguro e economicamente viável. Conclui-se que o sistema estudado é eficiente e pode ser considerado como uma promissora ferramenta a ser utilizada para o tratamento de efluentes de estações de tratamento de água para posterior.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MORUZZI, R. B. Reúso de água no contexto da gestão de recursos hídricos: impacto, tecnologias e desafios. OLAM – Ciência e Tecnologia. Rio Claro – SP. Ano VIII, Vol. 8, N. 3, 2008.
- METCALF & EDDY, INC, Wastewater engineering: treatment and reuse, 4 th. Ed. – New York: McGraw-Hill, 2003.

3. MANCUSO, P. C.S. ; SANTOS, Hilton Felício dos. Reuso de Água. Barueri: Manole, 2003. 579, 8 p.
4. OMS. Reuse of effluents: methods of wastewater treatment and health safeguards. Report of a WHO Meeting of Experts. Geneva, World Health Organization (Technical Report Series No. 517), 1973.
5. USEPA (U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY). Guidelines for Water Reuse. 2004