

## XII Simposio Iberoamericano sobre planificación de sistemas de abastecimiento y drenaje

### “DIAGNÓSTICO E QUANTIFICAÇÃO DE PERDAS DE ÁGUA NO PROCESSO DE POTABILIZAÇÃO NA ETA DE GRAVATÁ – BRASIL”

*Kenny Rogers da Silva Henriques (1), Heber Pimentel Gomes (2), Renato de Sousa (3)*

Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento (LENHS), Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Centro de Tecnologia (CT), Cidade Universitária, João Pessoa – PB, Brasil. Telefone: +55 (83) 3216 7037. E-mail: kennyrogers.cg@gmail.com, heberp@uol.com.br, robert-renato@hotmail.com

#### RESUMO

Objetivou-se nesse trabalho, diagnosticar o volume de água dilapidada durante o processo de potabilização na Estação de Tratamento de Água – ETA de Gravatá, que dá suporte de abastecimento à cidade de Campina Grande-PB/ Brasil. O diagnóstico se concentrou nas perdas de água durante a limpeza das unidades de tratamento, sendo elas compostas de floculadores, decantadores convencionais e filtros rápidos. Verificou-se uma perda anual de 715519 m<sup>3</sup>, equivalente ao abastecimento de 17490 habitantes paraibanos. Os maiores volumes registrados foram advindos das lavagens de filtros e vazamentos em comportas. Foram analisadas três alternativas para reaproveitamento da água, sendo que a mais viável apontou uma capacidade de reaproveitamento de 86,5% gerando uma economia de R\$1.424.000,00/ano.

**Palavras-chave:** Desperdício de água, ETA, lavagem de filtros e decantadores.

#### ABSTRACT

Objective of this work, diagnose the volume of water lost during the water treatment in the Watertreatment plant – WTP of Gravatá, which supports supply to the city of Campina Grande / Brazil. The diagnosis focused on the loss of water during cleaning the treatment units which were composed of flocculation, conventional decanters and quick filters. Was verified an annual water loss of 715519 m<sup>3</sup>, equivalent to the supply of 17490 inhabitants. The largest volumes were recorded arising from the washes filters and leaks for floodgates. Were analyzed three alternatives for reuse of water, and the most viable reuse pointed a capacity of 86.5% generating savings of R \$ 1,424,000.00 / year.

**Keywords:** reuse water, WTP, washing of filters and decanters.

#### SOBRE O AUTOR PRINCIPAL

**Kenny Rogers da Silva Henriques:** Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). É, atualmente, técnico do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), em João Pessoa, membro do Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento (LENHS) da mesma universidade.

## INTRODUÇÃO

Um aspecto marcante do nosso tempo é a crescente pressão sobre os recursos naturais, fenômeno responsável por desencadear mudanças drásticas nos sistemas de suporte à vida na Terra. Entre os recursos mais degradados destaca-se a Água, e muitas populações em todo o mundo já se encontram em estado de calamidade devido à sua escassez.

Globalmente, embora as fontes hídricas sejam abundantes, elas são frequentemente mal distribuídas na superfície do planeta. Em algumas áreas, as retiradas são tão elevadas em comparação com a oferta, que a disponibilidade superficial de água está sendo reduzida e os recursos subterrâneos rapidamente esgotados (Bernardi, 2003).

O Brasil é um dos países mais ricos em recursos hídricos do planeta, com vazões médias geradas em território brasileiro que totalizam quase 180 mil m<sup>3</sup>/s valor que corresponde a aproximadamente 12% da disponibilidade mundial de recursos hídricos, que é de 1,5 milhões de m<sup>3</sup>/s. A disponibilidade hídrica total de águas superficiais do País é da ordem de 91 mil m<sup>3</sup>/s. Contudo, a grande variabilidade climática que caracteriza o território brasileiro reflete em uma distribuição desigual quanto aos recursos hídricos disponíveis, verificando-se extremos opostos: enquanto a Região Hidrográfica Amazônica detém disponibilidade elevada em torno de 74 mil m<sup>3</sup>/s, a Região Atlântico Nordeste Oriental, que abriga os estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, parte de Pernambuco e Alagoas, é a que mais sofre com seu regime hídrico, portando apenas 0,43% da vazão média e 0,09% de sua disponibilidade hídrica que corresponde a vazão inferior a 100 m<sup>3</sup>/s (Atlas Brasil, 2010).

Considerando a diminuição da oferta em detrimento da crescente demanda por água potável nos diversos setores usuários, é imprescindível identificar e minimizar desperdícios desse recurso, implementando estratégias de gestão, gerenciamento e soluções de engenharia. O processo de potabilização, realizada nas Estações de Tratamento de água – ETAs é uma importante etapa produtiva e onde ocorrem as primeiras perdas significativas de água causando danos principalmente sociais, ambientais e econômicos.

Para transformar água bruta em água tratada são utilizados nas estações de tratamento de água processos e operações que se interligam de maneira semelhante à técnica produtiva industrial. Como todo processo industrial de transformação de matéria prima pode produzir resíduos em diversas etapas, o

processo produtivo de água potável também gera resíduos, que dependem de vários fatores relacionados à matéria-prima (qualidade da água bruta), aos produtos químicos adicionados, aos métodos de limpeza de lavagem dos decantadores e dos filtros e às condições de operação. Nas ETAs, durante a operação no processo de potabilização da água bruta, um dos procedimentos necessários é higienização dos tanques que compõe o complexo de tratamento, operação que demanda uma grande quantidade de água que geralmente é descartada no final. Esse montante descartado contribui como parte das perdas reais nos sistemas de abastecimento de água. Assim, o reaproveitamento de água de lavagem em ETAs é uma alternativa que pode ser viável para minimizar os problemas de escassez hídrica e reduzir possíveis impactos ambientais. Essas perdas em ETAs devem ser diagnosticadas e quantificadas para que as intervenções sejam planejadas e executadas de forma eficiente.

## OBJETIVOS

Objetivou-se nesse trabalho, diagnosticar e contabilizar o volume de água dilapidada durante o processo de potabilização de água na ETA de Gravatá, que dá suporte de abastecimento à cidade de Campina Grande-PB/ Brasil, fazer um comparativo entre o volume perdido e o consumo per capita de água do Estado, estimar as perdas econômicas e avaliar a necessidade de intervenções para reduzir as perdas e impactos.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Por definição, pode-se dizer que perdas em sistemas de abastecimento nada mais é que o volume de água na entrada menos o consumo autorizado sendo assim, pode-se dizer que as perdas em sistemas de abastecimento de água são agrupadas em perdas físicas e ou reais (não consumidas) e perdas não físicas e ou aparentes (consumidas, porém não faturadas), perdas estas que pode determinar o aumento do custo de funcionamento seja na captação, adução, tratamento e distribuição final, fazendo com que ocorra um aumento no custo da receita operacional (RAMOS atal, 2008).

Em um sistema de abastecimento de água as perdas físicas totais são as perdas de água que ocorrem entre a captação de água bruta e o cavalete do consumidor. Estas incluem as perdas na captação e adução de água bruta, no tratamento, nos reservatórios, nas adutoras de água tratada e instalações de recalque e nas redes de distribuição e ramais prediais até o cavalete (RAMOS atal, 2008).

As perdas reais são decorrentes de vazamentos que ocorrem nas tubulações das adutoras de água bruta e tratada, nas redes coletivas de distribuição, nos ramais de ligações prediais, nas ETAs e nos extravazamentos de reservatórios (GOMES, 2009).

Nas estações de tratamento de água, as perdas estão intimamente ligadas com as operações de limpeza e manutenção dos tanques de tratamento e o descarte de lodo residual. De acordo com RICHTER (2001), a quantidade de lodo descartado de um decantador convencional representa de 0,2 a 5% da água tratada. Os resíduos provenientes das lavagens dos filtros representam a maior quantidade de rejeito produzido numa ETA convencional, que correspondem a uma quantidade compreendida entre 1 a 5% do volume de água tratado. Segundo Cornwell (1987), a lavagem de filtros pode representar um desperdício de 2 a 5% do volume de água produzido numa ETA. A produção de resíduos representa um sério problema para os órgãos que gerenciam os sistemas de tratamento de água, considerando que no Brasil existem restrições para seu lançamento no ambiente natural, conforme leis federais (Resolução CONAMA nº 430 Brasil, 2011; Norma NBR 10.004, ABNT, 2004; Lei nº 9.433 Brasil, 1997; Lei nº 9.605, 1998). Apesar das leis ambientais irem contra o lançamento dos resíduos de ETAs no meio ambiente, a maioria das ETAs brasileiras lançam seus resíduos nos corpos d'água mais próximos, por ser a solução mais econômica e, também, devido à falta de uma maior fiscalização por parte dos órgãos ambientais.

Uma das formas de reduzir a quantidade de resíduos gerados no processo de tratamento e minimizar o problema das perdas é o reaproveitamento das águas de lavagens dos filtros e decantadores. O reaproveitamento da água de lavagem em ETAs pode trazer muitas vantagens para o sistema, pois representa uma parcela considerável de água aduzida que deixa de ser descartada. A utilização benéfica do reaproveitamento pode ser considerada uma oportunidade de ganho econômico para as empresas de saneamento, por aumentar a receita gerada pela água reaproveitada e tratada e pela redução dos custos ambientais.

A recuperação da água de lavagem dos filtros é alternativa que deve ser considerada quando do projeto de uma ETA, uma vez que não apenas ocorre uma redução do volume de despejos gerado, como também pode permitir o seu reaproveitamento integral.

## **Perdas Reais Operacionais**

Essas perdas correspondem a totalidade de água produzida que não chega aos consumidores. No contexto da fase de potabilização em ETAs esse montante corresponde ao volume de água gasto no processo de tratamento. Podem ser identificados dois tipos principais de perdas operacionais, a saber:

### **Perda de água na lavagem de filtros**

Segundo a CORNWELL (1987), em média, uma ETA gasta de 2% a 5% do volume de água produzido no processo de lavagem dos filtros. É consenso entre vários autores é o maior volume de água gasto no processo de tratamento.

### **Perda de água no descarte de lodo e lavagem de decantadores**

Pelo fato do decantador ser a unidade de separação entre sólido-líquido, que permite a remoção dos sólidos em suspensão presentes na água floculada, o volume de lodo acumulado em seu interior tem de ser eliminado de modo a não comprometer a sua operação. Deste modo, o volume de água gasto na operação dos decantadores compreende não apenas o volume de água que corresponde à descarga de lodo, como também o volume de água gasto na limpeza de suas paredes.

Os resíduos gerados em cada unidade da ETA apresentam características distintas, em termos de vazão e concentração de sólidos. Segundo Di Bernardo (2005), os resíduos das ETAs convencionais se caracterizam por possuírem umidade maior que 95% e, normalmente, possuem concentrações de sólidos superiores a 2,5%.

### **Volume de água por problemas físicos estruturais**

Apesar de pouco citado em estudos sobre perdas em ETAs, os problemas estruturais, sobretudo em comportas de tanques geram vazamentos que contribuem significativamente no montante de água dilapidada durante o processo de potabilização.

## **METODOLOGIA**

### **Descrição da área de estudo**

A pesquisa teve como área de estudo a Estação de Tratamento de Água (ETA) de Gravatá, que está localizada no município de Queimadas, distante 25 km da cidade de Campina Grande e que é operada pela Companhia de Água e Esgotos do Estado da

Paraíba - CAGEPA. A ETA é responsável pelo abastecimento de água da cidade de Campina Grande e municípios vizinhos, atendendo uma população de aproximadamente seiscentos mil habitantes, funcionando 24 horas por dia e trata, atualmente, uma vazão média de 1,4 m<sup>3</sup>/s. O manancial utilizado no sistema de tratamento de água na ETA é proveniente da barragem Epitácio Pessoa, que está situado na região semi-árida do estado da Paraíba - nordeste do Brasil.

O estudo desenvolveu-se no ano de 2012, sendo avaliadas as etapas de tratamento, mecanismos de operação e infraestrutura da ETA de Gravatá. A Estação de Tratamento de Água de Gravatá está localizada na zona rural da cidade de Queimadas a 25 km da cidade de Campina Grande. Foi inaugurada na década de 1950, sendo ampliada por duas vezes, a primeira em 1973 e posteriormente em 1992, para suprir o aumento na demanda por água.

A ETA de Gravatá possui uma capacidade atual de tratamento na ordem de 1,4 m<sup>3</sup>/s operando em sistema convencional munida de calha parshall, floculadores mecanizados, decantadores convencionais, tanques de filtração rápida e desinfecção que utiliza Cloro gasoso como agente. Para quantificação da água dilapidada na ETA, foram analisadas separadamente cada processo, a saber:

### **Quantidade de água utilizada na lavagem dos decantadores e floculadores**

A ETA possui seis conjuntos (floculador+decantador) “antigos”, anteriores à 1992, e três conjuntos “novos” posteriores à 1992. A estimativa da quantidade de água desperdiçada durante higienização e descarga, foi obtida através dos respectivos volumes e frequência de limpeza. É importante salientar que o volume de água gasto na limpeza dessas unidades, compreende não apenas à descarga de lodo, mas também o volume de água gasto na limpeza de suas paredes com auxílio de bombas d’água. Porém essa quantidade não foi quantificada nesse trabalho.

### **Quantidade de água utilizada na lavagem dos filtros**

Na lavagem dos filtros é utilizada somente água em contracorrente não sendo utilizada lavagem superficial prévia ou fluxo de ar ascendente.

O volume de água utilizado na lavagem em contracorrente de um filtro é função do tempo de

lavagem. Na estação, é considerado o tempo mínimo de lavagem de 10 minutos, estabelecido pela NBR 12216/92, e uma vazão de 567 l/s. Todavia, o tempo gasto também é influenciado pela decisão do operador e sua experiência, podendo então ultrapassar o tempo mínimo. As condições projeto e de operação permite que haja expansão de 20% a 30% do leito filtrante, favorecendo assim sua limpeza.

### **Volume de água decorrentes de problemas estruturais**

Na ETA de Gravatá, a água oriunda de vazamentos nas comportas de filtros e decantadores, seguem por uma seção principal (tubulação cilíndrica) que desemboca fora dos limites da ETA, onde foi medida sua vazão.

### **Estimativa de equivalência populacional**

Foi conduzido um estudo comparativo entre o volume de água consumido nos processos da ETA e com consumo de água per capita dos paraibanos, e realizada uma estimativa de equivalência populacional. Segundo dados de 2011 do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS, a Paraíba ocupa o 17º lugar no ranking do consumo per capita de água no Brasil, totalizando uma média de 112,08 litros por habitante por dia, ou 40,909m<sup>3</sup>/ano.

### **Estimativa de perdas econômicas**

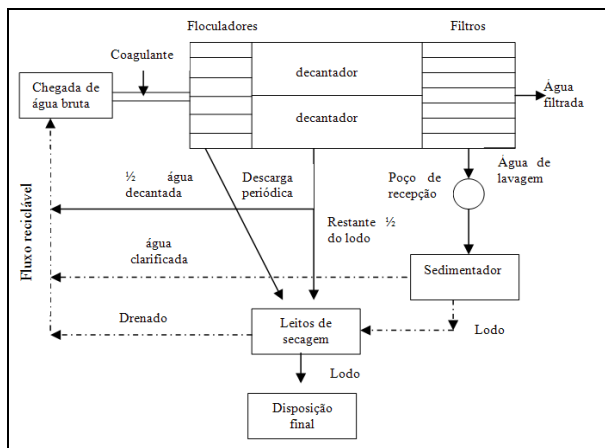
Segundo Tsutiya (2006), os volumes ou perdas reais carregam consigo os custos de produção e transporte da água tratada, tais como os custos de energia elétrica, produtos químicos, mão de obra, etc.

### **Alternativa proposta para o reaproveitamento de água de lavagem**

Neste trabalho foi estudada uma alternativa de projeto piloto (Figura 1) com o intuito de selecionar a melhor tecnologia de reaproveitamento da água de lavagem de ETAs e que atenda aos aspectos técnicos, econômicos e ambientais. A alternativa proposta foi elaborada a partir de soluções propostas na literatura - DI BERNARDO (2005), EPA (2001); CORDEIRO (1999).

Esta alternativa proposta (Figura 1) prevê que Água de Lavagem dos Filtros seja encaminhada para um sedimentador, onde a água clarificada retorna para o início da ETA e o lodo vai para o leito de secagem, juntamente com as águas de descargas e limpezas

dos decantadores, de onde o líquido drenado é recuperado.



**Figura 1. Esquema ilustrativo do sistema de reaproveitamento das águas de lavagens com sedimentador e leito de secagem**

### Caracterização dos efluentes de lavagem

As análises físico-químicas e bacteriológicas das águas efluentes da ETA foram conduzidas no laboratório da CAGEPA, na sua Unidade de Gerencia de Divisão de Tratamento e Controle de Qualidade, na cidade de Campina Grande. As metodologias utilizadas para análises físico-químicas estão descritas em APHA, (1998). O procedimento experimental para caracterização das águas de lavagem da ETA foi realizado da seguinte forma:

Água de lavagem dos filtros – as amostras foram coletadas durante a operação de lavagem dos filtros, com tempo de detenção de 72 horas, e as coletas das amostras ocorreram logo no início da lavagem e após 4 minutos. No laboratório foram realizadas as análises físico-químicas e bacteriológicas das variáveis: turbidez, cor, pH, temperatura, oxigênio consumido, alcalinidade total, condutividade, sólidos dissolvidos totais, dióxido de carbono, cálcio, dureza, cloreto, magnésio, coliformes totais e escherichia coli.

Água de descarga e lavagem dos decantadores - as amostras foram coletadas durante as descargas e lavagens dos decantadores, com tempo de detenção de 90 dias; as coletas das amostras ocorreram no tempo de descarga de 10 e 30 minutos, após o início da descarga.

Os ensaios de clarificação foram realizados através do processo de sedimentação no Cone de Imhoff (em 1 e 2 horas). As amostras do líquido sobrenadante e lodo sedimentado foram caracterizadas, cujas variáveis analisadas foram:

turbidez, cor; pH, sólidos totais dissolvidos, condutividade e cloreto.

### Métodos para estimativa de produção dos resíduos dos filtros e decantadores

Para a estimativa do volume de água de lavagem, fez-se necessário conhecer a frequência das descargas dos decantadores e o volume correspondente a cada uma delas, assim como o volume de uma lavagem de um filtro e a frequência com que ocorrem na ETA, a partir das condições operacionais e do volume de água de lavagem dos filtros, flocluladores e decantadores. Para os decantadores, o levantamento de dados se deu em todo decorrer do ano de 2012, para se ter uma avaliação quanto aos períodos de ocorrência da operação de descargas e lavagens dessas unidades.

A produção de lodo da ETA de Gravatá pôde ser estimada através da fórmula empírica proposta por Cornwell (1987), representada pela Equação 1.

$$W = 0,0846 Q x (0,44 x D + 1,5 T + A) \quad (Eq. 1)$$

onde:

W = quantidade de lodo (kg/dia);

Q = vazão de adução de água (L/s);

D = dosagem de sulfato de alumínio (mg/L);

T = turbidez da água bruta (uT);

A = dosagem de “auxiliares” ou outros produtos adicionados (mg/L).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Diagnóstico e quantificação de perdas pela lavagem de decantadores

A estimativa de volume de água descartada na limpeza das unidades de floclulação e decantação considerou o volume dos conjuntos (floclulador+decantador) antigos e novos e suas respectivas frequências de limpeza, totalizando um volume total de 70900 m<sup>3</sup>/ano (ver Quadro 1).

### Diagnóstico e quantificação de perdas pela lavagem de filtros

O Quadro 2 apresenta a estimativa anual de água consumida na lavagem de filtros, totalizando vazão anual de 496400 m<sup>3</sup>.

**Quadro 1. Estimativa anual do volume de água desperdiçado na lavagem de floculadores e decantadores na ETA Gravatá**

conjunto	quantidade	volume total (m <sup>3</sup> )	frequência de limpeza por ano	estimativa de volume perdido (m <sup>3</sup> /ano)
Antigos	6	9500	3	28500
Novos	3	21200	2	42400
Total	-	-	-	70900

**Quadro 2. Processo de lavagem de filtros e estimativa anual de perdas de água.**

tempo de lavagem (s)	vazão (m <sup>3</sup> /s)	volume de lavagem (m <sup>3</sup> )	filtros lavados/dia	volume diário (m <sup>3</sup> )	estimativa de perdas (m <sup>3</sup> /ano)
600	0,567	340	04	1360	496400

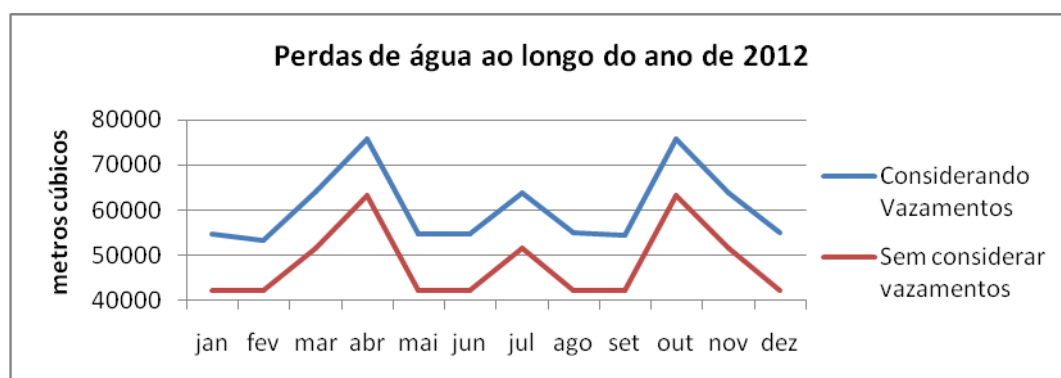
### Diagnóstico e quantificação de perdas por vazamentos

Nas comportas que servem para executar manobras operacionais de abertura e fechamento de tanques, especificamente dos decantadores e filtros rápidos, verificou-se problemas estruturais de vedação, rachaduras e deterioração. Esses aspectos são evidenciados pela carência ou ineficiência de manutenção preventiva e corretiva.

Os vazamentos provenientes de comportas das unidades de decantação e filtração são canalizados

em uma única sessão para fora da ETA, onde foram realizadas as medições de vazão que sucederam ao longo do ano.

Não foram observadas variações significativas durante os turnos do dia e noite, assim como, no decorrer do ano, sendo a vazão média obtida de 4,7 L/s, contribuindo para uma perda anual em torno de 148219 m<sup>3</sup>. A figura 2 mostra o comportamento das perdas de água no ano de 2012 fazendo um comparativo da influencia dos vazamentos no montante anual.



**Figura 2. Influencia dos vazamentos no quantitativo anual de perdas**

### Diagnóstico de Equivalência Populacional de perdas de água

O Quadro 3 demonstra que o total de perdas no processo de potabilização de água na ETA de Gravatá foi estimado em 715519 m<sup>3</sup>/ano.

Considerando um consumo médio per capita de 40,909m<sup>3</sup>/ano, Esse montante corresponde ao abastecimento de 17490 habitantes paraibanos.

**Quadro 3. Resumo do quantitativo de perdas anuais de água na ETA**

Processo	Quantitativo de perdas (m <sup>3</sup> /ano)
Lavagem de floculadores e decantadores	70900
Lavagem de filtros	496400
Vazamentos em comportas	148219
Total	715519
Eq. Habitantes	17490 habitantes

**Resultados das análises experimentais**

O Quadro 4 apresenta os resultados das variáveis físico-químicas e bacteriológicas dos efluentes descartáveis da lavagem de filtros da ETA de Gravatá. Observou-se que os parâmetros físico-químicos analisados da água de lavagem dos filtros apresentaram características que atenderam aos padrões da Resolução nº 430/2011 CONAMA, para abastecimento de manancial Classe 2, exceto cor e turbidez no início da lavagem, que apresentaram valores bastante elevados. Sabe-se que efluentes com turbidez alta afetam a qualidade da água, quando lançados no corpo receptor, provocando impacto ambiental negativo, tais como: redução da transparência e diminuição da capacidade das plantas aquáticas de realizar a fotossíntese, obstrução das guelras dos peixes, assim como danos aos ovos e à população de macroinvertebrados. No entanto, após 4 minutos de lavagem, evidenciou-se

uma queda brusca de turbidez e cor aparente, cujos valores se apresentaram na faixa de 24,7 uT a 61,8 uT e 14,0 uC a 47,6 uC, respectivamente, tornando-se compatíveis com os valores da resolução antes mencionada.

O Quadro 5 apresenta os resultados das análises de sobrenadante e sedimentado da água de lavagem do filtro 2. Os resultados apresentados demonstram a eficiência da clarificação da água de lavagem de filtro para um período de 2 horas de repouso, sem adição de qualquer polímero como condicionante, no qual se consegue redução significativa das variáveis como turbidez (99,60 %) e cor (99,30%), em relação aos valores obtidos na caracterização da água resultante da lavagem do mesmo filtro. Os resultados das análises da água de lavagem dos filtros se apresentarem compatíveis com as características de água de tratamento de ciclo completo.

**Quadro 4. Caracterização físico-química e bacteriológica dos efluentes descartáveis da lavagem de filtros da ETA de Gravatá.**

Parâmetros	CONAMA (430/2011)	Água de lavagem dos filtros							
		Filtro 1		Filtro 2		Filtro 5		Filtro 6	
		0	4	0	4	0	4	0	4
Turbidez (uT)	100	181,0	61,8	448,0	29,4	193,0	24,7	191,0	29,4
Cor aparente (uc)	75	756,3	14,0	2.119	21,6	1.268	17,3	921,9	47,6
pH	6,0 a 9,0	7,2	7,0	7,0	6,9	6,8	7,1	6,9	7,0
Temperatura (°C)	< 40°C	26,8	25,2	27,5	26,2	27,3	25,9	27,6	26,0
Ox. consumido (mg/L)	-	3,8	3,03	4,3	3,13	3,5	3,4	4,7	3,43
Alc. total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	-	73,0	64,0	76,0	63,0	80,0	69,0	75,0	67,0
Sol. T. Diss. (mg/L)	500	216,0	213,0	265,0	210,0	263,0	208,0	262,0	207,0
Dióx. de Carb. (mg/L)	-	8,80	11,44	14,96	14,09	19,36	10,56	13,2	11,44
Cálcio (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	-	56,8	53,0	56,8	58,33	54,7	54,7	50,7	43,75
Dureza (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	250	101,3	118,0	109,5	100,0	117,6	103,4	109,5	106,2
Ferro (mg/L)	0,30	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
Cloreto (mg/L)	250	76,2	74,3	78,2	84,91	75,3	68,5	76,2	64,65
Magnésio (mg CaCO <sub>3</sub> )	-	44,5	65,0	52,7	41,67	62,9	48,7	58,8	62,45
Col. Tot. (NMP/100 mL)	-	A	A	A	A	P	P	P	P
E. coli (NMP/100 mL)	1000	A	A	A	A	P	A	P	P

N.A = Não analisado; A = ausência; P = presença

**Quadro 5. Análises de sobrenadante e sedimentado da água de lavagem do filtro 2.**

Amostra	Turbidez (uT)	Cor (uc)	pH	Temperatura (C°)	Condutividade (µS/cm)	Sólidos dis. totais (mg/L)	Cloreto (mg/L)
Sobrenadante	1,6	8,3	7,0	26,0	274,0	238,0	84,5
Sedimentado	875,0	2,0	7,0	27,0	276,8	243,0	159,0

O Quadro 6 apresenta os resultados das análises realizadas com as amostras da água de descarga e lavagem dos decantadores. As variáveis apresentaram variações acentuadas em suas características, em especial cor e turbidez, cujos valores se encontram fora dos padrões de lançamento permitidos pela resolução 430/2011 do CONAMA. Após o processo de sedimentação, 2

horas de repouso, as variáveis analisadas da amostra do sobrenadante apresentaram, em geral, comportamento similar aos da água bruta da ETA, captada no açude Epitácio Pessoa. Ocorreu uma redução significativa dos valores das variáveis cor e turbidez. Dessa forma, pode-se considerar que é viável, em termos de qualidade, o reaproveitamento da água de descarga e lavagem dos decantadores.

**Quadro 6. Caracterização da água bruta da água de descarga do decantador e sobrenadante**

Parâmetros	Sobrenadante	Água de descarga de decantador 3		Água bruta
	10 min.	10 min.	30 min.	
Turbidez (uT)	0,49	418,0	1.390,0	1,32
Cor aparente (uC)	12,5	1.511,1	6.357,0	10,10
pH	7,2	7,2	7,0	7,6
Temperatura (°C)	28,0	29,3	27,0	24,0
Oxigênio consumido (mg/L)	-	133,0	206,8	2,5
Alcalinidade total (mg/LCaCO <sub>3</sub> )	-	160,0	169,2	85,0
Condutividade (µS/cm)	679,2	670,9	679,1	200,4
Sólidos dissolvidos totais (mg/l)	392,0	387,0	2.862,0	195,0
Dióxido de Carbono (mg/l)	-	38,62	132,3	5,28
Cálcio (mg/l CaCO <sub>3</sub> )	-	40,5	41,2	50,0
Dureza (mg/LCaCO <sub>3</sub> )	-	162,2	169,8	54,2
Ferro (mg/l)	-	N.F.	N.F.	N.F.
Cloreto (mg/l)	83,0	86,8	87,9	69,5
Magnésio(mg/l CaCO <sub>3</sub> )	-	121,7	120,0	54,2
Coliformes totais (NMP/100 ml)	-	-	-	P
Escherichia coli (NMP/100 ml)	-	-	-	P

N.F = não foi feito.A – ausência, e P – presença

O volume de água recuperado nos estudos de bancada simulando a alternativa sugerida foi na ordem de 86,5% do total do sobrenadante, ou seja, 618924 m<sup>3</sup>/ano. Esse resultado revela que não foi

possível o reaproveitamento da totalidade do sobrenadante o que não afeta a viabilidade técnica e econômica da alternativa.

### Estimativa de perdas econômicas de receita

Segundo Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento – SNIS, (2011)no Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos,publicado no ano de 2013, os custos operacionais no sistema de distribuição de água no Estado da Paraíba é na ordem de R\$ 2,33 por m<sup>3</sup>.

Considerando o valor econômico agregado a água tratada que por sua vez é perdida no processo de lavagem dos tanques decantadores e filtros, assim como o montante referente as perdas por vazamentos estruturais, as perdas econômicas de receita foi determinada em aproximadamente R\$ 1.424.000,00 por ano.

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Nos processos operacionais de potabilização de água bruta na ETA de Gravatá foram contabilizadas no ano de 2012 perdas de 715519 m<sup>3</sup> de água. Os principais motivadores de desperdícios são falhas operacionais, vazamentos em comportas e o não reaproveitamento do sobrenadante efluente de lavagem de tanques de filtragem, decantadores e floculadores. As perdas por vazamentos em comportas de filtros e decantadores da ETA de Gravatá, excedem as perdas quantificadas na manutenção dos decantadores. A alternativa sugerida, na qual a água de lavagem é encaminhada para um sedimentador, onde a água clarificada retorna para o início da ETA e o lodo vai para o leito de secagem, juntamente com as águas de descargas e limpezas dos decantadores, de onde o líquido drenado é recuperado, atende em termos técnicos, econômicos e ambientais. Com essa tecnologia de reaproveitamento aplicada, é possível recuperar, para a ETA em estudo, cerca de 618924 m<sup>3</sup> de água por ano, proporcionando uma economia anual de R\$ 1.424.000,00, levando-se em conta um custo médio de produção da água tratada de R\$ 2,33 por metro cúbico. Diante dos resultados, recomenda-se que sejam feitos investimentos em capacitação, manutenção periódica de comportas, o reaproveitamento dos efluentes de lavagem e adoção de novos métodos e tecnologias para diminuir as perdas de água e impactos ambientais gerados pela ETA.

## REFERÊNCIAS

- American Public Health Association (APHA) (1998). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington, 19 ed.
- Associação Brasileira De Normas Técnicas (ABNT) NBR 10.004 (2004). Dispõe sobre a definição e classificação dos Resíduos Sólidos.
- Atlas Brasil, abastecimento urbano de água: panorama nacional/ Agência Nacional de Águas (2010). Engecorps/Cobrape. – Brasília : ANA : Engecorps/Cobrape.
- Bernardi, C. C. Monografia (2003). Reuso de água para irrigação, Brasília. 52p.
- BRASIL (1997). Política Nacional dos Recursos Hídricos: Lei nº 9.433, 8 de janeiro de 1997.
- BRASIL. Resolução Nº 430 de 13 de Maio de 2011. Conselho Nacional do Meio Ambiente- CONAMA Ministério do Meio Ambiente, 2011.
- Cornwell, D.A. (1987). Water treatment plant management Denver, American Water Works Association Research Foundation, 308pp.
- Cordeiro, J. S. (1999). Importância do Tratamento e Disposição Adequada dos Lodos de ETAs. In: REALI, M. A. P. (coord.) Noções Gerais de Tratamento de Disposição Final de Lodos de ETA. Rio de Janeiro: ABES / PROSAB.
- Di Bernardo, L. (2005). Métodos e técnicas de tratamento de água - V. I e II. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, Brasil.
- United States Environmental Protection Agency - EPA – USEPA (2001). Economic Analysis for the Filter Backwash Recycling Rule. 816-R-D1-020
- Gomes, H. P. (2009). Sistemas de Abastecimento de Água: Dimensionamento Econômico e Operação de Redes e Elevatórias. 3ª edição. Editora Universitária/UFPB 277p. João Pessoa, Brasil.
- Ramos, H. M. at al. (2008). Alterações Climáticas e Gestão da Água e Energia em Sistemas de Abastecimento e Drenagem. IST – CEHIDRO. Lisboa. Portugal.
- Richter, C. A. (2001). Tratamento de lodo de estação de tratamento de água. São Paulo; Editora Edgard BlücherLtda.
- Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (2013). Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2011. Brasília: MCIDADES. SNSA, Brasil.
- Tsutiya, M. T. (2006). Abastecimento de Água. 3ª edição. São Paulo. Brasil.