

# ANAIIS

Volume 01

# 50SSS

Simpósio sobre Sistemas Sustentáveis



9 788560 308965

Porto Alegre/RS, 2019



**Copyright © 2019, by Editora GFM.**

Direitos Reservados em 2019 por Editora GFM.

**Editoração:** Cristiano Poletto

**Organização Geral da Obra:** Cristiano Poletto; Julio Cesar de Souza Inácio Gonçalves; Fernando Periotto

**Diagramação:** Espaço Histórico e Ambiental

**Revisão Geral:** Angela Gunther

**Capa:** Espaço Histórico e Ambiental

**CIP-Brasil. Catalogação na Fonte**

---

Cristiano Poletto; Julio Cesar de Souza Inácio Gonçalves; Fernando Periotto (Organizadores)

ANAIS do 5º Simpósio sobre Sistemas Sustentáveis - Vol. 1 / Cristiano Poletto; Julio Cesar de Souza Inácio Gonçalves; Fernando Periotto (Organizadores) – Porto Alegre, RS: Editora GFM, 2019.

1.537p.: il.; 29,7 cm

ISBN 978-85-6030-896-5

***É AUTORIZADA a livre reprodução, total ou parcial, por quaisquer meios, sem autorização por escrito da Editora ou dos Organizadores.***

---

## 5SSS135

# ESTUDO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA DE LAVAGEM DE FILTROS DE AREIA EM UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA COM OBJETIVO DE REÚSO

Jéssica Balbinot Zortéa<sup>1</sup>, Lisete Cristine Scienza<sup>2</sup>, Vinícius Martins<sup>3</sup>

*1 Universidade Federal do Rio Grande do Sul/PPGE3M, e-mail: jessica.zortea@gmail.com; 2 Universidade Federal do Rio Grande do Sul/PPGE3M, e-mail: lisete.scienza@ufrgs.br; 3 Instituto Federal Sul-Rio-Grandense/Sapucaia do Sul (IFSUL), e-mail: vmartins@sapucaia.ifsul.edu.br.*

**Palavras-chave:** Reúso de água. Efluente. ETA.

### Resumo

Nos centros urbanos e industriais, a escassez de recursos hídricos é um grande problema, decorrente principalmente do aumento da demanda e da falta de manejo sustentável desse recurso natural essencial. Segundo a ONU, de todo o consumo que fazemos da água doce, 70% vai para agricultura, em especial para a irrigação, 22% para a indústria e 8% para o uso doméstico. Investir em pesquisas e projetos na gestão de demanda e reúso de águas industriais, representa não apenas uma forma sustentável de reduzir impactos ambientais, mas também a economia de custos de captação e tratamento de água e tratamento de efluentes. As perdas com as lavagens de filtros de areia na Estação de Tratamento de Águas (ETA) do presente estudo chegam a 4%. Considerando, que esta unidade em estudo trata aproximadamente 197.088 ton/mês, a água perdida somente na limpeza dos filtros é de aproximadamente 7.883,52 ton/mês, o que equivale a cerca de 26 horas de produção ao mês. O objetivo deste trabalho é avaliar a possibilidade de reúso da água de lavagem dos filtros, considerando a minimização de impactos ambientais e economia de consumo de água. Os ensaios de caracterização da água mostram que há pequenas modificações a fazer em relação à dosagem de produtos químicos, já que os parâmetros da água de lavagem dos filtros quando comparados aos da água a ser clarificada, diferem pouco. A razão de recirculação aceitável pelo processo e a análise econômica contemplando o custo das instalações do sistema de recuperação de água de lavagem, também precisa ser analisado.

**Keywords:** Water reuse. Effluent. ETA.

### Abstract

In urban and industrial centers, water scarcity is a major problem, stemming mainly from increased demand and the lack of sustainable management of this essential natural resource. According to the UN, of all our freshwater consumption, 70% goes to agriculture, especially irrigation, 22% to industry and 8% to domestic use. Investing in research and projects in the management of industrial water demand and reuse represents not only a sustainable way of reducing environmental impacts, but also saving water and effluent collection and treatment costs. Losses with sand filter washes at the Water Treatment Plant (ETA) of the present study reach 4%. Considering that this unit under study treats approximately 197,088 tons / month, the water lost only in filter cleaning is approximately 7,883.52 tons / month, which is equivalent to about 26 hours of production per month. The objective of this work is to evaluate the possibility of reuse of filter washing water, considering the minimization of environmental impacts and economy of water consumption. Water characterization tests show that there are slight modifications to be made with respect to the dosage of chemicals, as the parameters of filter wash water compared to those to be clarified differ little. The acceptable recirculation ratio and the economic analysis contemplating the cost of wash water recovery system installations also be studied.

### Introdução

A escassez de recursos hídricos é um grande problema para a sociedade, decorrente principalmente do aumento da demanda e da falta de manejo sustentável desse recurso natural. Segundo a ONU, de todo o consumo que fazemos da água doce, 70% vai para agricultura, em especial para a irrigação, 22% para a indústria e 8% para o uso doméstico. O setor industrial é o setor que mais tem incentivado pesquisas para otimização do uso da água, pois vivencia além do problema de carência de água, o alto custo do tratamento dos efluentes gerados.

A Estação de Tratamento de Água (ETA) do presente estudo tem por finalidade produzir água tratada, nas especificações adequadas para cada tipo de utilização, visando atender as necessidades de consumo de um complexo

petroquímico.

O processo de filtração na empresa é efetuado após a clarificação. A clarificação tem por objetivo remover as partículas coloidais que foram floculadas, reduzindo assim, a cor e a turbidez da água e obtendo-se água clarificada (AC). A filtração consiste na passagem da água clarificada por um leito de areia, com granulometria pré-determinada e uma vazão pré-fixada, com a finalidade de reter partículas suspensas, normalmente flocos de pequenas dimensões que não foram retidos na clarificação. Grande parte dessas partículas são retidas pelo leito de areia, pois seu diâmetro é maior que os poros existentes no leito. Este material retido diminui os espaços de passagem da água, permitindo que flocos menores ainda sejam retidos.

Com isso, ocorre uma gradativa diminuição de seções livres para a passagem de água, acarretando um aumento da perda de carga gerada pela camada filtrante. Quando a camada filtrante está bastante colmatada as partículas podem ser arrastadas pela água filtrada, aumentando a turbidez na saída do filtro. Quando isto ocorre, indica que o filtro está saturado e necessita ser lavado.

Os filtros de areia do presente estudo são do tipo rápido e por gravidade. São construídos em concreto armado, com boias em estrutura de magnésio, duas entradas com comportas para admissão de água a filtrar, duas canaletas coletoras de água de lavagem, um fundo falso, uma canaleta inferior ao fundo falso para admissão de água e ar (Figura 1). Para contralavagem dos filtros, o fundo falso é feito de lajotas pré-moldadas onde estão rosqueados os aspersores de plástico. Sobre o fundo falso estão colocadas sucessivamente o leito suporte e a camada filtrante. Os filtros dispõem de um controle automático de nível, de modo a equilibrar a perda de carga e manter o leito sempre inundado (dados disponibilizados pela ETA).

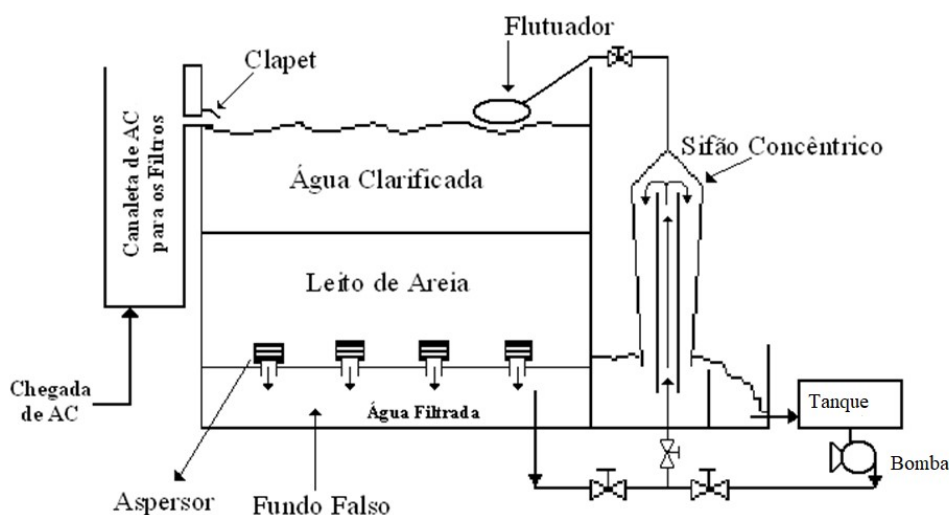


Figura 1: Modelo do filtro de areia utilizado na ETA.

A empresa possui cinco filtros de areia operando em paralelo com vazão unitária de  $305 \text{ m}^3/\text{h}$  que irão servir para o fornecimento de água de lavagem dos próprios filtros, água de alimentação da desmineralização e água potável.

A contralavagem dos filtros é feita com água e ar em 3 fases:

- Descolmatação: com uma pequena vazão de ar, tem a finalidade de expandir o leito de areia, com o intuito de desprender as impurezas de maiores dimensões.
- Lavagem com água e ar: com a mesma vazão e mais ar, objetiva através da vibração que comunica os grãos de areia desprender todas as impurezas e arrastá-las.
- Lavagem final: com maior vazão de água objetiva a retirada de toda o material retido no leito de areia.

Na Tabela 1 abaixo é possível verificar a relação do tempo e vazão em cada etapa da lavagem.

Tabela 1: Tempo e vazão de cada etapa de lavagem dos filtros.

Etapas	Tempo (min)	Vazão ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) ( $\text{Nm}^3/\text{h}$ )
Operação	---	305
Descolmatação	2	1520

de água bruta.

## Material e Métodos

Para iniciar o estudo sobre aproveitamento da ALF (Água de Lavagem dos Filtros) da ETA, foi realizado primeiramente a caracterização da mesma. Estudar as características das águas a serem reutilizadas é de suma importância para determinar a sua melhor forma de tratamento. Para isso foi planejada uma campanha de coleta de amostras da ALF de dois filtros durante o processo de contralavagem. Esta caracterização foi necessária também para verificar se o tempo atual de lavagem dos filtros estaria sendo efetivos para sua limpeza.

As coletas foram realizadas durante a lavagem de dois filtros de areia (A e B), utilizando como tempo de campanha 120 e 180 horas, respectivamente. As amostras foram coletadas junto a calha principal, logo acima do batente de expurgo. Este ponto foi considerado o mais representativo, pois se situa no local onde a água verte. As amostras eram coletadas por meio de balde sendo a coleta feita de 50 em 50s, a última coleta foi de 60s, totalizando o tempo de 16 minutos (Tabela 2). A amostra composta 1 (C1) corresponde a mistura de frações proporcionais das amostras representativas da lavagem dos filtros.

**Tabela 2: Tempo de descarga e volumes coletados para caracterização**

Número da amostra	Tempo de descarga (s)	Volume coletado (mL)
1	50	1000
2	100	1000
3	150	1000
4	200	1000
5	250	1000
6	300	1000
7	350	1000
8	400	1000
9	450	1000
10	500	1000
11	550	1000
12	600	1000
13	650	1000
14	700	1000
15	750	1000
16	800	1000
17	850	1000
18	900	1000
19	960	1000
C1	-	2000

Foram realizadas 19 coletas da água de lavagem dos filtros A e B. O prazo de 180 horas para cada lavagem foi o escolhido por ser o utilizado normalmente pela ETA. Já o prazo de 120 horas foi escolhido pois o filtro já estava colmatado, em função da dosagem excessiva e progressiva de polieletrólito, polímero floculante que é dosado na água a ser clarificada, a montante do filtro.

O volume de cada amostra coletada foi de 1000 ml. As amostras foram armazenadas em frascos previamente preparados e rotulados. Cada amostra foi homogeneizada via agitação antes da análise de turbidez. Após a análise de turbidez, uma amostra final no volume de 2000 ml foi composta (C1).

Foram realizadas as seguintes análises da água de lavagem do filtro: turbidez, cor, pH, sólidos totais dissolvidos, sólidos suspensos, condutividade, cloretos, sulfatos, alumínio, manganês e ferro.

Além disso, o efeito do reuso da água de lavagem de filtros foi avaliado através de ensaios de coagulação/floculação realizados em Jar Test (Figura 2) utilizando as dosagens de produtos químicos em uso no período da amostragem. Foram realizados dois ensaios, sendo um somente com a água bruta e o outro com a mistura da água bruta + 5% de ALF da amostra

C1, para comparar a influência da mesma na clarificação e evidenciar a redução do agente coagulante. O valor de 5% de ALF foi escolhido seguindo a recomendação de outros trabalhos científicos de utilizar uma razão de recirculação menor que 10%. Os ensaios foram realizados em equipamento de *Jar Test*, modelo 218-6LDB da marca *Ethiktechnology*, com jarros do tipo béquer de 2 litro cada e misturadores individuais. Foram avaliadas cinco diferentes dosagens de sulfato de alumínio: 15, 20, 25, 30 e 35 ppm. Os ensaios seguiram o seguinte padrão:

- 1° - Agitação rápida à 100 rpm durante 1 minuto;
- 2° - Agitação à 50 rpm durante 3 minutos;
- 3° - Agitação à 30 rpm durante 5 minutos;
- 4° - Agitação à 15 rpm durante 7 minutos;
- 5° - Repouso durante 20 minutos.



Figura 2: Equipamento de *Jar Test* utilizado.

## Resultados e Discussão

Os resultados apresentados na Tabela 3 e Figura 3, comprovam que a turbidez é mais alta nos primeiros momentos da lavagem dos filtros A e B, sendo reduzida ao longo do processo. É possível verificar que durante a etapa de descolmatação a turbidez da água apresenta seus maiores valores, devido ao desprendimento das partículas com ajuda do ar.

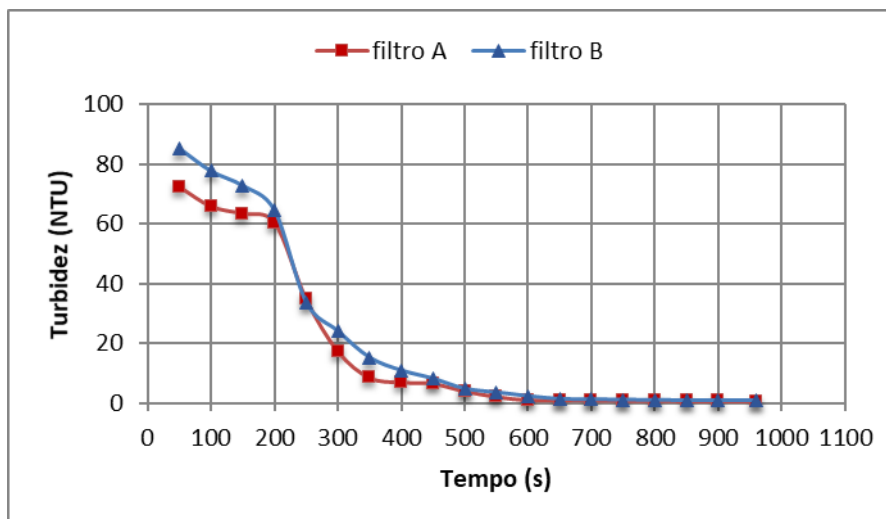


Figura 3: Gráfico representando os valores de turbidez da ALF em função do tempo.  
Tabela 3: Valores de turbidez da ALF referentes aos filtros A e B

FILTRO A		FILTRO B	
Tempo (s)	Turbidez (NTU)	Tempo (s)	Turbidez (NTU)
50	72,4	50	85,4
100	65,9	100	77,8
150	63,5	150	72,9

200	60,5	200	64,6
250	34,8	250	33,7
300	17,4	300	24,1
350	8,6	350	15,2
400	7,06	400	10,9
450	6,62	450	8,16
500	4,12	500	4,78
550	2,22	550	3,55
600	1,13	600	2,29
650	1,05	650	1,31
700	1,04	700	1,17
750	0,92	750	1,05
800	0,86	800	0,93
850	0,77	850	0,87
900	0,72	900	0,81
960	0,69	960	0,78

A caracterização da água de lavagem dos filtros e da água bruta é mostrada na Tabela 4. Nota-se que essa corrente apresenta maior dureza e alcalinidade, maior turbidez, maior concentração de alumínio, ferro total e manganês. As demais características, como cor, pH e teor de matéria orgânica, apresentam uma variação que não possibilita caracterizar claramente a diferença. Os resultados indicam principalmente a presença de produtos químicos utilizados no processo de tratamento, o que indica um potencial de reutilização da água de contralavagem dos filtros no processo inicial de tratamento da ETA.

**Tabela 4: Caracterização física e química da água de lavagem dos filtros da ETA.**

Parâmetros	ALF Filtro O A	ALF Filtro B	C1
Turbidez (NTU)	18,44	21,59	12,1
Cor Aparente (Pt-Co)	71	83,5	64
Sólidos Totais (mg/L)	16	18	28
Sólidos Suspensos (mg/L)	18,4	25,0	15,6
Sólidos Dissolvidos (mg/L)	42,7	51,3	48,9
pH	---	---	6,8
Condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ )	---	---	294,1
Alumínio (mg/L)	---	---	0,25
Ferro (mg/L)	----	---	0,62
Manganês (mg/L)	---	---	0,18

O primeiro ensaio de *Jar test* foi realizado somente com água bruta com turbidez inicial de 8,47 NTU e pH de 6,91. Os resultados da redução de turbidez podem ser vistos na Tabela 5.

**Tabela 5: Relação da concentração de sulfato de alumínio com a redução da turbidez da AB.**

Concentração de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (ppm)	Volume de solução de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (mL)	Turbidez (NTU)	Redução de Turbidez (%)
15	1,14	6,24	26,33%

---

20	1,52	6,40	24,44%
25	1,9	4,68	44,75%
30	2,27	3,96	53,25%
35	2,65	3,12	63,16%

---

O segundo ensaio de *Jar test* foi realizado com a mistura de água bruta mais 5% de ALF. A turbidez inicial da água bruta estava um pouco mais elevada do que no teste 1, de 15,7 NTU e pH de 6,96. A turbidez da mistura C1 de ALF estava em 12,1 NTU. Os valores resultantes desse teste são apresentados na Tabela 6.

**Tabela 6: Relação da concentração de sulfato de alumínio com a redução da turbidez da AB + ALF.**

Concentração de $Al_2(SO_4)_3$ (ppm)	Volume de solução de $Al_2(SO_4)_3$ (mL)	Turbidez (NTU)	Redução de Turbidez (%)
15	1,14	14,7	6,37%
20	1,52	15,20	3,18%
25	1,9	15,1	3,82%
30	2,27	12,4	21,02%
35	2,65	6,08	61,27%

---

O tratamento da ALF proposto é um tanque de equalização para promover a clarificação do efluente. A ALF seria adicionado ao tratamento continuamente com uma razão de recirculação abaixo de 10%, para não comprometer o tratamento da água. Será necessário a coleta desse efluente em um tanque e posterior bombeamento para o tanque de chegada da água bruta. A recirculação seria uma solução para diminuir as perdas nos processos de tratamento da água, visando uma melhor eficiência em termos de volume produzido, além de diminuir o passivo ambiental ocasionado pelo descarte de ALF em corpos d'água. Os ensaios de sedimentação são usuais para verificar a velocidade na qual as partículas decantam, esta velocidade é determinante no dimensionamento da unidade de tratamento de água de lavagem de filtro. Como ocorre lavagem nos filtros em intervalos de no máximo 24 horas, a aceleração do processo de sedimentação é indispensável

O Sistema de Recuperação de Água de Lavagem quando em operação reduzirá as perdas de água envolvidas no processo de tratamento e pode também reduzir a dosagem de sulfato de alumínio. O sistema de recuperação deve retornar a ALF no ponto de água coagulada do processo de tratamento. A ETA em estudo produz em média 640 L/s de água tratada e uma redução de 1 mg/L de adição de coagulante significam toneladas do produto no final de um mês.





## Considerações finais

Devido ao fato da água bruta utilizada nos testes de jarro apresentar diferente turbidez nos dois dias analisados, a eficiência do ensaio foi avaliada por intermédio de redução de turbidez. Apesar da redução da turbidez ter sido menor no segundo teste, é possível notar que na dosagem de 35ppm de agente coagulante o resultado foi muito semelhante nos dois testes, mesmo com a maior turbidez de água bruta no segundo teste. Também foi possível observar, que no teste da mistura AB+ ALF a floculação se iniciou mais rápido.

Para um estudo mais preciso das características da água bruta e água de lavagem dos filtros e suas variabilidades normalmente são indicados a realização de *Jar Tests* ou ensaios em estações piloto por, no mínimo, um ano antes de avançar com a implementação de projetos. Como dados laboratoriais consistentes são obtidos através de várias realizações de experimentos para se obter uma reprodutibilidade de resultados, se faz necessário a realização de estudos mais aprofundados para garantir a qualidade da água mantida hoje pela ETA.

De um modo geral, há grandes possibilidades de concretizar o projeto, levando em consideração os estudos técnicos e as análises realizadas, aliado a uma análise econômica, sendo uma alternativa para reduzir o uso de recursos hídricos, evitar o descarte de efluentes inadequados e diminuir o consumo de energia elétrica. Ainda se faz necessário todo estudo do retorno financeiro do projeto do Sistema de Recuperação de Água de Lavagem e da melhor razão de recirculação para a ETA em questão.

## Referências Bibliográficas

Brasil. Lei nº 12305, de 02/08/2010. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm.codlegi=636>>. Acesso em: 23/09/2019.

Cordeiro, J. S. 2008. O problema dos lodos gerados em decantadores de Estações de Tratamento de Águas. Tese de Doutorado em Hidráulica e Saneamento – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos.

Di Bernardo, L., & Scalize, H. C. 1999. Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água. Projeto PROSAB. Rio de Janeiro, RJ: ABES.

Di bernardo, L.; Paz, L. P. S. 2010. Seleção de tecnologias de tratamento de água. São Carlos: LDiBe, p. 868.

Di Bernardo, L; Dantas, A. 2005. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água - V. I e II. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, Brasil.

Heller, L. et al. 2004. Oocistos de *Cryptosporidium* e cistos de *Giardia* : circulação no ambiente e riscos à saúde humana. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, v. 13, n. 2, p. 79-92,

Scalizer, P. S. 1997. Caracterização e Clarificação por Sedimentação da Água de Lavagem de Filtros Rápidos de Estações de Tratamento de Água que Utilizam Sulfato de Alumínio como Coagulante Primário. São Carlos. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo.

Souza Filho, A.G. 1998. Caracterização e Clarificação por Sedimentação da Água de Lavagem de Filtros Rápidos de Estações de Tratamento de Água que Utilizam Cloreto Férrico como Coagulante Primário. São Carlos. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo.

Kawamura, S. 2000. Integrated design and operation of water treatment facilities. 2ed. New York: John Wiley & Sons, 691 p.