

## APLICAÇÃO DE INDICADORES DE GERENCIAMENTO E PRODUÇÃO DE RESÍDUOS EM UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA ANTE A RESOLUÇÃO Nº 021/09 – SEMA

José Gustavo Venâncio da Silva Ramos (\*), Patrícia Cristina Steffen, Ricardo Schneider

(\* ) Universidade Tecnológica Federal do Paraná, e-mail: gustavoramos848@gmail.com

### RESUMO

As Estações de Tratamento de Água (ETA) geram resíduos para produzir água potável, sendo o lodo gerado nos decantadores e a água utilizada para lavagem dos filtros (ALAF) os principais destes. No Paraná, a Resolução nº 21 – SEMA (PARANÁ, 2009) estabelece prazos para que as ETAs que apresentam vazão superior a 30 L/s implantem sistemas de tratamento de resíduos, sendo o ano de 2019 o limite para tal adequação. Diante disso, para subsidiar a tomada de decisão em uma ETA localizada na região oeste do estado do Paraná, o presente trabalho aplicou indicadores sugeridos por Achon *et al.* (2013) e pela NBR ISO 24512 (ABNT, 2012), além da sugestão de outros três, sendo a produção de resíduos relacionada com características operacionais da ETA. Foi constatado que a ETA não efetua o tratamento dos resíduos gerados, porém está em acordo com o prazo estipulado para Resolução nº 21 – SEMA, neste contexto, os indicadores aplicados neste trabalho podem servir de base para a escolha de métodos de tratamento, reutilização e disposição final dos resíduos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduos de ETA, água de lavagem de filtro, lodo, legislação ambiental.

### ABSTRACT

Water Treatment Plants (WTP) generate waste to produce drinking water, with the sludge generated in the settling basins and the filter backwash water (FBWW) the main ones. In Paraná, Resolution No. 21 - SEMA (Paraná, 2009) establishes deadlines for WTPs with a flow above 30 L/s implant waste treatment systems, with 2019 being the limit for such adequacy. In order to support decision-making in a WTP located in the western region of the state of Paraná, the present study applied indicators suggested by Achon *et al.* (2013) and by NBR ISO 24512 (ABNT, 2012), as well as the suggestion of other three, being the production of waste related to WTP operational characteristics. It was found that the WTP does not treat waste generated, but it is in agreement with the deadline stipulated by Resolution No. 21 - SEMA, in this context, the indicators applied in this work can serve as a basis for the choice of treatment methods, reuse and final disposal of waste.

**KEY WORDS:** WTP waste, filter backwash water, sludge, environmental legislation.

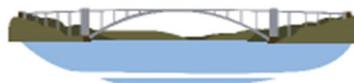
### INTRODUÇÃO

Para que a água bruta se transforme em água potável, deve passar por diversos processos de tratamento, que, em geral, demandam a utilização de produtos químicos para obter o resultado esperado. Normalmente, estes processos são operados pelas Estações de Tratamento de Água (ETAs), e, naturalmente, geram uma série de resíduos, onde o lodo de decantador e a água de lavagem de filtro os principais materiais a serem eliminados (BABATUNDE e ZHAO, 2007; OLIVEIRA *et al.*, 2014).

Devido a isso, tem-se que o gerenciamento destes resíduos deve buscar o menor impacto ambiental possível, porém, no Brasil não é o que ocorre. Segundo Achon *et al.* (2013), no país, a grande maioria das estações de tratamento de água ainda lançam seus resíduos aos corpos hídricos mais próximos, sem qualquer tratamento.

Segundo Achon e Cordeiro (2015), em uma das sub-bacias hidrográficas do estado de São Paulo, 86% das ETAs lançavam o lodo sem tratamento em corpos de água, enquanto que em países mais desenvolvidos, como na Europa e nos Estados Unidos, por exemplo, os resíduos oriundos das ETAs têm destinos diferentes em comparação ao Brasil.

De acordo com Cornwell *et al.* (2000), apenas cerca de 11% das estações de tratamento de água norte-americanas descarregavam seus resíduos diretamente nos corpos de água, sendo 25% aplicado no solo, 24% em sistemas públicos de esgoto, e 20% em aterros sanitários. No Reino Unido, por sua vez, segundo Simpson *et al.* (2002) somente 2% do



lodo era lançado em cursos d'água e, a maioria, 52% era disposta em aterros sanitários, revelando uma preocupação já antiga nos países mais desenvolvidos com a importância de um adequado gerenciamento de resíduos.

A NBR ISO 24512 (ABNT, 2012) sugere diretrizes para a avaliação dos serviços de água potável (ABNT, 2012), e dentre estas normativas existem indicadores relacionados aos resíduos produzidos. Tais indicadores podem servir como auxiliares na busca da otimização dos processos de produção de água. A norma, entretanto sugere apenas dois indicadores para resíduos gerados em ETAs, afirmando que devem ser escolhidos outros que se adequem a cada ETA específica. Desta maneira Achon *et al.* (2013) sugeriram alguns indicadores, além dos apresentados pela referida norma, aplicando-os em cinco ETAs do estado de São Paulo, o que possibilitou demonstrar as características do gerenciamento de resíduos de ETA na porção do estado analisada.

Em 22 de Abril de 2009, foi publicada pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Paraná a Resolução nº 021/09 – SEMA, a qual estabeleceu critérios, procedimentos, trâmite administrativo, níveis de competência e premissas para que sejam concedidos Licenciamentos Ambientais de Empreendimentos de Saneamento, que contemplem sistemas de esgoto e abastecimento de água, estabelecendo 2019 como prazo último para que as ETAs que apresentam vazão superior a 30 L/s implantem sistemas de tratamento de resíduos. De acordo com a pesquisa bibliográfica realizada, ainda não existem estudos com a utilização de indicadores semelhantes aplicados ao estado do Paraná.

Através dos indicadores sugeridos pela NBR ISO 24512 (ABNT, 2012), Achon *et al.* (2013), e outros sugeridos neste estudo (produção de sólidos por volume de água tratada, produção média diária de sólidos e concentração de sólidos no lodo de decantador), é possível verificar, além das formas de tratamento e disposição final, a produção dos resíduos em relação às características de cada ETA, como o volume de água tratada, por exemplo, fornecendo dados que podem ser utilizados para adequação e/ou dimensionamento de sistemas de tratamento e disposição final de resíduos, além de permitir comparações entre ETAs semelhantes, ou entre uma mesma estação ao longo do tempo.

Diante disso, o presente trabalho realizou a análise da forma de gerenciamento e a produção de resíduos em uma ETA do Oeste do estado do Paraná, através de indicadores pertinentes, sendo estes: porcentagem do lodo reutilizado ou reciclado após o tratamento, porcentagem da água de lavagem de filtros reutilizada ou reciclada após tratamento, tipo de água utilizada na lavagem de decantadores e filtros, volume de ALAF gerada em litros por volume de água tratada, tipo de tratamento do lodo e da ALAF, perda de água nas lavagens, produção de sólidos por volume de água tratada, produção média diária de sólidos e concentração de sólidos no lodo de decantador.

## OBJETIVOS

Aplicar indicadores de gerenciamento e produção de resíduos em uma ETA do Oeste do estado do Paraná para observar se existem benefícios na aplicação dos mesmos no subsídio à tomada de decisão de métodos de tratamento, reutilização e disposição final dos resíduos gerados, visando adequação à Resolução nº 021/09 – SEMA.

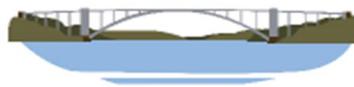
## METODOLOGIA

### Área de estudo

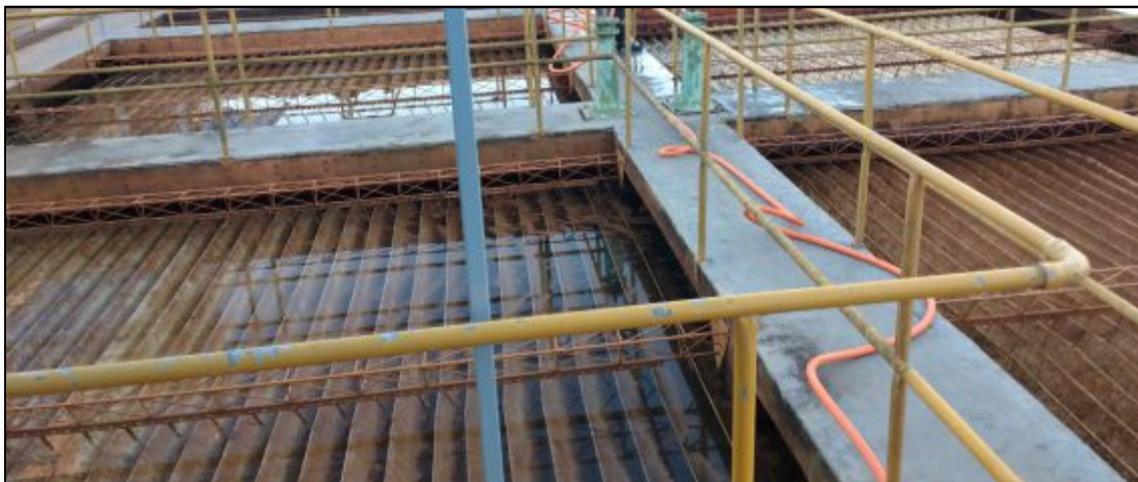
A ETA em questão foi estudada no período entre 09 de junho e 14 de agosto de 2018, a qual opera uma vazão de 444,8 m<sup>3</sup>/h, com produção média de 10.974,9 m<sup>3</sup>/dia, atendendo cerca de 62.288 pessoas. Apresenta ciclo completo, com as etapas de captação, adução, coagulação, floculação, decantação, filtração, cloração e fluoretação, em dois módulos de tratamento de água, os quais operam simultaneamente, exceto quando é necessário realizar alguma manutenção ou limpeza de um deles.

Para efeitos de aproximação assumiu-se que ambos os módulos atuam com mesma vazão durante a totalidade do tempo, sendo assim a vazão considerada para cada módulo foi de metade da vazão de operação, 5.847,45 m<sup>3</sup>/dia. Desta maneira foi analisado um período entre lavagens para cada um dos módulos, sendo:

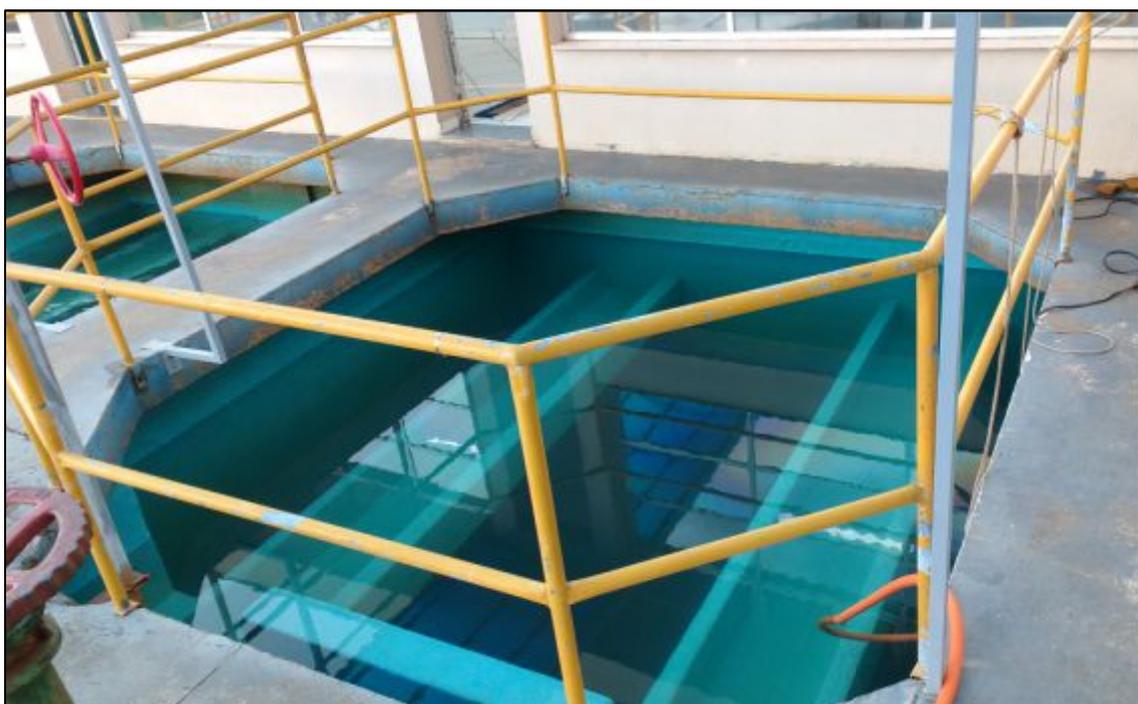
- Módulo 1: 09 de junho de 2018 até 07 de agosto 2018.
- Módulo 2: 26 de junho de 2018 até 14 de agosto 2018.



A Figura 1 ilustra o processo de pausa em um dos módulos durante o processo de limpeza dos decantadores, pode-se observar que um módulo está em operação (decantador em atividade) enquanto o outro está em manutenção/ limpeza (decantador vazio). A Figura 2 apresenta um dos filtros presentes na estação.



**Figura 1: Decantador em atividade (à esquerda) e decantador em manutenção/ limpeza (à direita). Fonte: Autores do Trabalho.**

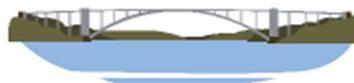


**Figura 2: Filtro presente na ETA estudada. Fonte: Autores do Trabalho.**

### Coleta de dados na ETA analisada

Foram analisados os métodos de gerenciamento e disposição final dos resíduos gerados na ETA e, então obtidos parâmetros operacionais da Estação de Tratamento de Água, através de levantamentos junto à equipe de funcionários da mesma, além de observação direta. Ainda, um protocolo foi elaborado e entregue a equipe responsável para obtenção dos dados. Os dados levantados, apresentados a seguir, foram obtidos nos dois períodos supracitados:

- População abastecida (habitantes).
- Vazão média anual de operação (L/s).



- Tipo de coagulante utilizado.
- Volume de água tratada durante o período de análise (m³).
- Frequência da lavagem dos filtros.
- Frequência de limpeza dos decantadores.
- Tratamento do lodo e da água de lavagem dos filtros (tratamento inexistente, tratamento parcial ou tratamento total).
- Porcentagem do lodo reutilizado ou reciclado após o tratamento (%)
- Porcentagem da água de lavagem de filtros reutilizada ou reciclada após tratamento (%)
- Tipo de água utilizada na lavagem dos decantadores (bruta, decantada, tratada).
- Tipo de água utilizada na lavagem dos filtros (bruta, decantada, tratada).
- Volume de água utilizada na lavagem dos filtros (m³/lavagem).
- Volume de água utilizada na lavagem dos decantadores (m³/lavagem).
- Volume de lodo acumulado no período (m³).
- Dosagem média de coagulante e outros aditivos no período (mg/L).
- Turbidez média da água bruta no período (uT).

Assim, a partir dos dados apresentados em tais itens, foi possível conhecer as características gerais da ETA e aplicar indicadores de produção e gerenciamento de resíduos.

### Aplicação de indicadores na ETA analisada

Com posse dos dados de produção e gerenciamento de resíduos da ETA estudada foram aplicados os seguintes indicadores propostos pela NBR ISO 24512 (ABNT, 2012), Achon *et al.* (2013) e sugeridos neste trabalho, aos períodos de acumulação, ressalta-se que os indicadores aqui propostos foram escolhidos focando-se no método de gerenciamento e na produção de resíduos.

Apresentados na NBR ISO 24512 (ABNT, 2012):

- Porcentagem do lodo reutilizado ou reciclado após o tratamento (%);
- Porcentagem da água de lavagem de filtros reutilizada ou reciclada após tratamento (%).

Apresentados por Achon *et al.* (2013):

- Tipo de água utilizada na lavagem de decantadores e filtros (tratada, decantada ou bruta);
- Volume de ALAF gerada em litros por volume de água tratada (L/m³);
- Tratamento do lodo e da ALAF (tratamento inexistente, tratamento parcial ou tratamento total);
- Perda de água nas lavagens: volume de água utilizado na lavagem de decantadores e filtros por volume de água tratada (%).

Sugeridos neste trabalho:

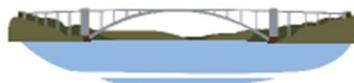
- Produção de sólidos por volume de água tratada (g/m³);
- Produção média diária de sólidos (kg/dia);
- Concentração de sólidos no lodo de decantador (kg/m³).

A produção de sólidos nos módulos foi obtida tal como indicado pela equação (1), fórmula da American Water Works Association - AWWA (1996):

$$P = 3,5.T^{0,66} \quad \text{equação (1)}$$

Onde:

P – produção de sólidos; relação entre massa de matéria seca e volume de água tratada (g/m³);  
T - turbidez da água bruta (uT);



Os resultados obtidos foram apresentados em forma de tabelas, seguidas de discussões críticas a respeito dos dados encontrados e análise sobre o eventual benefício de utilizar tais indicadores ante a Resolução n° 021/09 – SEMA (PARANÁ, 2009).

## RESULTADOS

### Dados operacionais da ETA analisada

Os dados operacionais da ETA analisada estão apresentados na Tabela 1:

**Tabela 1. Dados operacionais da ETA analisada**  
Fonte: Autores do trabalho.

Parâmetros	Resultado
População abastecida (habitantes)	62.288
Vazão média anual de operação (L/s)	123,56
Frequência de lavagem dos filtros	Diária
Frequência de limpeza dos decantadores	Mensal
Coagulante utilizado	PAC
Volume de água utilizada na lavagem dos filtros (m³/lavagem)	251,00 (*)
Volume de água utilizada em cada lavagem dos decantadores (m³/lavagem)	600,00

(\*) Uma vez ao mês é realizada lavagem com remoção da camada filtrante, com consumo de 520,00 m³ de água tratada.

A partir da Tabela 1, é possível perceber que a ETA analisada abastece 62.288 habitantes, com vazão média anual de operação de 123,56 L/s. A limpeza dos decantadores ocorre mensalmente, consumindo 600 m³ de água por lavagem, enquanto a dos filtros ocorre diariamente, consumindo 251 m³ de água por lavagem, além de uma limpeza mensal, com remoção da camada filtrante, a qual consome 520 m³ de água. O coagulante utilizado na Estação de Tratamento de Água analisada é o Policloreto de Alumínio (teor de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> mínimo de 10,5%), dosado de acordo com a necessidade constatada em análises da água bruta.

### Dados obtidos por módulo

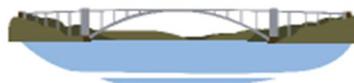
Os períodos de acúmulo de lodo, turbidez média da água bruta, dosagem média de coagulante e outros aditivos, além do volume de água bruta e lodo no período obtidos para cada módulo separadamente estão apresentados na Tabela 2:

**Tabela 2. Dados obtidos para cada módulo**  
Fonte: Autores do trabalho.

Parâmetros	Módulo 1	Módulo 2
Período de acúmulo	59 dias	49 dias
Turbidez média no período (uT)	24,4	21,4
Dosagem média de coagulante (mg/L)	8,75	7,90
Outro aditivo (mg/L)	0,00	0,00
Volume de água bruta no período (m³)	323.759,55	268.885,05
Volume de lodo acumulado (m³)	60,00	43,00

Observa-se que o Módulo 2 teve análise referente a 49 dias, enquanto o Módulo 1 foi analisado durante 59 dias. A turbidez média aferida na água bruta no primeiro período foi de 24,4 uT, e para o segundo 21,4 uT. A dosagem média de coagulante no primeiro Módulo foi de 8,75 mg/L enquanto para o segundo tal dosagem foi de 7,90 mg/L. Destaca-se que não foram utilizados outros aditivos em nenhum dos Módulos.

A produção de sólidos por volume de água tratada, para cada Módulo, obtida através da equação (1), está apresentada na Tabela 3, assim como a produção total de sólidos no período, obtida pela multiplicação de tais produções pelos respectivos volumes de água produzida.

**Tabela 3. Produção de sólidos nos Módulos**

Fonte: Autores do trabalho.

Parâmetros	Módulo 1	Módulo 2
Produção de sólidos (g/m <sup>3</sup> )	28,82	26,43
Produção de sólidos no período (ton)	9,33	7,11

É possível perceber que a produção de sólidos foi superior no Módulo 1 em relação ao Módulo 2, o que se deve as diferenças de turbidez da água bruta e dosagem de coagulante empregada nos períodos distintos.

### Aplicação de indicadores de produção e gerenciamento de resíduos

Os indicadores de gerenciamento e produção de resíduos em uma ETA, que relacionam os volumes de resíduos produzidos com características operacionais da ETA, além de suas políticas de gerenciamento, estão apresentados na Tabela 4:

**Tabela 4. Indicadores de gerenciamento dos resíduos na ETA analisada**

Fonte: Autores do trabalho.

Parâmetros	Módulo 1	Módulo 2
Porcentagem do lodo reutilizado ou reciclado após o tratamento (%)	0,00	0,00
Porcentagem da água de lavagem de filtros reutilizada ou reciclada após tratamento (%)	0,00	0,00
Tipo de água utilizada na lavagem dos decantadores	Bruta	Bruta
Tipo de água utilizada na lavagem dos filtros	Tratada	Tratada
Produção de sólidos por volume de água tratada (g/m <sup>3</sup> )	28,82	26,43
Produção média diária de sólidos (kg/dia)	158,17	145,05
Concentração de sólidos no lodo de decantador (kg/m <sup>3</sup> )	155,53	165,29
Volume de ALAF gerada por metro cúbico de água tratada (L/m <sup>3</sup> )	24,43	24,43
Perda de água nas lavagens (%)	2,63	2,67
Lodo tratado	inexistente	inexistente
ALAF tratada	inexistente	inexistente

Observa-se na Tabela 4 que os resíduos gerados na ETA não são reutilizados ou reciclados, assim como não é realizado tratamento para estes resíduos. Ambos também têm como destinação um corpo hídrico, o que pode contribuir para um quadro de prejuízo ambiental.

Ressalta-se que o processo de disposição final de resíduos da ETA estudada está em desacordo com a Lei 12.305, Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010), que entre outras diretrizes proíbe a destinação ou disposição final de resíduos sólidos através do lançamento destes em quaisquer corpos hídricos, entretanto segundo a Resolução nº 21 - SEMA (PARANÁ, 2009) as ETAs que apresentam vazão entre 30 L/s e 500L/s tem até dez anos, contados a partir de sua publicação, para adequarem seus sistemas de tratamento e disposição de resíduos. Desta forma, uma vez que o estudo foi realizado no ano de 2018 e a ETA apresenta vazão de 123,56 L/s, a mesma se situava dentro do prazo estabelecido.

Para a limpeza dos decantadores é utilizada água bruta, o que pode ser considerado positivo, uma vez que não se gasta água tratada para tal, já para os filtros é utilizada água tratada, uma vez que a utilização de outro tipo poderia conter impurezas as quais poderiam ficar incrustadas nas camadas filtrantes.

A ETA produziu no Módulo 1 158,17 kg de sólidos por dia, e no Módulo 2, 145,05 kg de sólidos por dia, tal indicador pode ser utilizado para guiar a programação de limpeza e disposição final, ou seja, pode-se estimar em quantos dias cada módulo atingirá certa quantidade de sólidos, desta forma programando-se a limpeza de decantador e transporte para local adequado em tal data, levando em consideração a eficiência dos métodos de tratamento. Além disso, pode-se também dimensionar sistemas para a equalização de fluxo, retirando o lodo a uma taxa constante.

Apesar de acumular lodo por mais tempo, a concentração de sólidos no lodo do Módulo 1 (155,53 kg/m<sup>3</sup>) se mostrou inferior ao do Módulo 2 (165,29 kg/m<sup>3</sup>), indicando que apesar de a quantidade total de sólidos ser superior, a percentagem de água inerente ao lodo foi maior em relação ao primeiro módulo.

Tais indicadores poderão ser utilizados para a escolha das formas de tratamento e principalmente disposição final com maiores custo benéficos. Uma vez que os processos para tal geralmente resumem-se na retirada de água livre presente no lodo, reduzindo seu volume e peso, a concentração pode guiar a equipe da ETA neste sentido.

O volume de ALAF gerado por volume de água tratada foi de 24,43 L/m<sup>3</sup> para ambos os módulos, uma vez que a estimativa da ETA é de que sempre se gasta a mesma quantidade de água para limpeza dos filtros. Este indicador pode servir como base para dimensionamento de sistemas de reaproveitamento deste resíduo, como a recirculação do mesmo, por exemplo.

A percentagem de água que deu entrada na ETA e que foi perdida nas lavagens representou 2,63 % e 2,67 % para os Módulos 1 e 2 respectivamente. O primeiro decantador apresentou menor percentagem de perda devido ao fato de terem mais dias para a “distribuição” da perda de lavagem do decantador, ou seja, uma vez que a estimativa de gasto d’água para as lavagens dos filtros e dos decantadores serem sempre constantes, quanto maior o período de acumulação, menor a percentagem de perda nas lavagens. Este indicador pode servir como base à metas de redução no valor gasto, contribuindo para a minimização de perdas.

Uma vez que da elaboração deste estudo até o prazo último previsto na Resolução nº 21 – SEMA (PARANÁ, 2009) falta menos de um ano, ressalta-se que a aplicação dos indicadores pode ser útil para as adequações necessárias.

## CONCLUSÕES

Diante do exposto, conclui-se que:

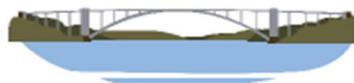
- No que concerne à metodologia de tratamento e disposição final dos resíduos gerados em seus processos de tratamento, a ETA não apresenta nenhum tipo de tratamento para o lodo nem para a água de lavagem dos filtros, entretanto, a mesma está em acordo com a Resolução nº 21 - SEMA (PARANÁ, 2009).
- Os indicadores de produção diária de sólidos podem ser utilizados como auxílio na tomada de decisão na elaboração de cronogramas de limpeza dos decantadores e escolha de método de disposição final, enquanto os de concentração podem ser utilizados como base para a escolha de métodos de tratamento.
- Quanto ao indicador de volume de ALAF gerado por volume de água tratada, o mesmo pode ser utilizado como base para escolha de sistemas de disposição final e reutilização do resíduo.
- Em relação ao indicador de perda de água nas lavagens o mesmo pode contribuir para estímulo da minimização de tal perda.
- A aplicação de indicadores pode ser benéfica para o auxílio nas adequações necessárias, e otimizações que se desejem alcançar em uma Estação de Tratamento de Água.

## AGRADECIMENTOS

À SANEPAR e seus colaboradores, pela contribuição à pesquisa realizada e à UTFPR, pelo auxílio financeiro através do Edital 1/2018 – PROGRAD/PROREC.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Achon, C. L., Barroso, M. M., Cordeiro, J. S. **Resíduos de estações de tratamento de água e a ISO 24512: desafio do saneamento brasileiro**. Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v.18, n.2, p.115-122, abr./jun. 2013.
2. Achon, C. L., Cordeiro, J.S. **Destinação e disposição final de lodo gerado em ETA - Lei 12.305/2010**. In: XIX Exposição de Experiências Municipais em Saneamento. 45ª Assembleia nacional do ASSEMAE, de 24 a 29 de maio de 2015, Poços de Caldas, MG, Brasil, 2015. 8p. Disponível em: <http://www.trabalhosassemae.com.br/sistema/repositorio/2015/1/trabalhos/103/151/t151t1e1a2015.pdf>. Acesso 05 de abril de 2018.



3. American Water Works Association (AWWA); American Society Of Civil Engineers; U. S. Environmental Protection Agency. **Management of Water Treatment Plant Residuals**. American Society of Civil Engineers, New York, 1996.
4. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR ISO 24512 – Atividades relacionadas aos serviços de água potável e de esgoto – Diretrizes para a gestão dos prestadores de serviços de água e para a avaliação dos serviços de água potável**. Rio de Janeiro, 2012.
5. Babatunde, A. O., Zhao, Y. Q. **Constructive approaches toward water treatment works sludge management: an international review of beneficial reuses**. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, v. 37, n. 2, p.129-164, 2007.
6. Brasil. **Lei nº 12.305, de 2 de Agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. In: Presidência da República Brasileira, Brasília, 2010. Disponível em: Acesso: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm). 05 de abril de 2018.
7. Cornwell, D. A., Mutter, R. N., Vandermeiden, C. **Commercial Application and Marketing of Water Plant Residuals**. Denver: American Water Works Association, 2000.
8. Oliveira, M. D., Rezende, O. L. T., Oliveira, S. M. A. C., & Libânio, M. **Nova abordagem do Índice de Qualidade de Água Bruta utilizando a Lógica Fuzzy**. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v.19, n.4, p.361-372, 2014.
9. Paraná. **Resolução Nº 021, de 22 de Abril de 2009**. Dispõe sobre licenciamento ambiental, estabelece condições e padrões ambientais e dá outras providências, para empreendimentos de saneamento. In: Diário Oficial do Estado do Paraná, Curitiba, 2009. Disponível em: [http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao\\_ambiental/Legislacao\\_estadual/RESOLUCOES/RESOLUCAO\\_SEMA\\_21\\_2009\\_LICENCIAMENTO\\_PADROES\\_AMBIENTAIS\\_SANEAMENTO.pdf](http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao_ambiental/Legislacao_estadual/RESOLUCOES/RESOLUCAO_SEMA_21_2009_LICENCIAMENTO_PADROES_AMBIENTAIS_SANEAMENTO.pdf). Acesso 05 de abril de 2018.
10. Simpson, A., Burgess, P., Coleman, S. J. **The Management of Potable Water Treatment Sludge: Present Situation in the UK**. In: *Management of Wastes from Drinking Water Treatment*. Proceedings. London: The Chartered Institution of Water and Environmental Management, 2002.