

CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DA ÁGUA DE LAVAGEM DE FILTROS EM ETA DE FILTRAÇÃO DIRETA – 2018

CHARACTERIZATION OF WASTE OF FILTER WASHING WATER IN DIRECT FILTERING FACILITY- 2018

Raissa Salviano Terto*
André Luis Calado Araújo**
Marco Antônio Calazans Duarte***

RESUMO: Levando em conta a crescente demanda populacional e industrial em busca de água potável, faz com que tenha um número maior de Estações de Tratamento de Água. Justifica-se o presente artigo que tem por objetivo geral elaborar uma caracterização dos resíduos provenientes da água de lavagem dos filtros em Estação de Tratamento de Água (ETA) de filtração direta, localizada no município de Extremoz-RN. Na metodologia, escolheu-se os parâmetros, logo depois, ocorreram as coletas das amostras para analisá-las no laboratório de Saneamento do IFRN. Dividiu-se as amostras em: água bruta, água de lavagem de filtros e o efluente clarificado e a segunda parte eram água de lavagem dos filtros no intervalo de tempo de zero a cinco minutos. Em seguida os dados passaram por um estudo estatístico (média, mínimo, máximo, desvio padrão, correlação e análise de variância), onde o efluente clarificado apresentou resultados melhores que a água bruta, deixando claro que pode ser reutilizado dentro da estação, evitando o desperdício. A água de lavagem dos filtros contém coagulantes, sólidos remanescentes do processo de sedimentação e acaba por ter os piores resultados em comparação com as outras duas amostras. Os parâmetros utilizados na água de lavagem obtiveram a maior correlação entre si. Acerca do período de lavagem dos filtros, a ALF-1 é o minuto, onde ocorre o máximo de remoção dos sólidos, sendo então, o melhor tempo de lavagem. Através da análise de variância, chega-se à conclusão de que os dois minutos finais da lavagem podem ser descartados.

Palavras-chave: ETA. Água de lavagem de filtros. Parâmetros.

ABSTRACT: Taking into account the growing population and industrial demand for drinking water, it has a greater number of Water Treatment Stations. It is justified the present article that has as general objective to elaborate a characterization of the residues from the water of washing of the filters in ETA of direct filtration, located in the municipality of Extremoz-RN. In the methodology, the parameters were chosen, soon after, the samples were collected to analyze them in the Laboratory of Sanitation of the IFRN. The samples were divided into: raw water, filter wash water and the clarified effluent and the second part were washing water from the filters in the time interval from zero to five minutes. The data then went through a statistical study (mean, minimum, maximum, standard deviation, correlation and analysis of variance), where the clarified effluent presented better results than the raw water, making it clear that it can be reused within the station, avoiding waste. The wash water from the filters contains coagulants, solids remaining from the sedimentation process and ends up having the worst

*Aluna do curso de Tecnologia em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte.

** Professor do curso de Tecnologia em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte.

*** Professor do curso de Tecnologia em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte.

results compared to the other two samples. The parameters used in the wash water obtained the highest correlation with each other. About the period of washing of the filters, the ALF-1 is the minute, where the maximum removal of the solids occurs, being the best washing time. Through the analysis of variance, we conclude that the final two minutes of the wash can be discarded. Keywords: ETA. Water filter washing. Parameters.

1 INTRODUÇÃO

A água possui uma excelente capacidade de dissolução, incorporando partículas suspensas e impurezas, as quais devem ser removidas para que a torne própria para o consumo humano. As Estações de Tratamento de Água (ETA) realizam todo o processo, funcionando como indústrias, transformando a água bruta em água potável, exercendo um papel fundamental no sistema de abastecimento.

A crescente demanda populacional e industrial e a qualidade da água oriunda do manancial são fatores que interferem diretamente nos processos de tratamento, bem como a tecnologia a ser utilizada, que varia conforme a finalidade da água, exigindo atenção por parte dos responsáveis pelos sistemas de abastecimento.

Segundo a IBGE (2002), existem duas classificações para as tecnologias de tratamento de água para abastecimento. As tecnologias convencionais incluem as etapas de coagulação, floculação, decantação ou flotação e filtração, enquanto as não convencionais empregam a filtração direta ascendente ou descendente, a dupla filtração e a filtração lenta para fins de potabilização.

A filtração é uma das etapas mais importante do processo de tratamento de água, pois viabiliza a separação de partículas suspensas e microrganismos, onde também tem relação intrínseca com o objeto desse estudo.

De acordo com Di Bernardo *et al.* (2003) uma das vantagens da filtração direta é o menor consumo de produtos químicos (coagulantes) durante o processo de tratamento, resultando em uma menor produção de lodo. Entretanto, a água que apresentar altos níveis de cor, turbidez e concentração de algas dificultará o processo de tratamento, em função da alternância da dosagem do coagulante.

As ETA produzem impactos negativos diretos ao meio ambiente, sendo um deles, a expressiva geração de resíduos, provenientes das águas de descarga dos decantadores e das águas de lavagem de filtros. No Brasil, algumas ETA já apresentam em suas instalações operacionais uma etapa de recirculação da água de lavagem dos filtros (DI BERNARDO *et al.*, 2012).

Dessa maneira vale ressaltar a importância do tratamento dos resíduos procedentes da água de lavagem dos filtros (ALF) para possibilitar seu adequado reaproveitamento. ALF e a descarga de lodo dos decantadores, representam geralmente entre 1 a 10% da vazão operacional da ETA (RAJ *apud* PEREIRA *et al.*, 2016;).

Muito embora seja uma excelente alternativa, principalmente na região Nordeste, onde encontra-se grande parte do semiárido que padece da má gestão dos recursos hídricos, a prática do reuso ainda não acontece em larga escala e os rejeitos acabam sendo despejados nos cursos de água, sem o devido tratamento, contrariando a legislação ambiental vigente.

Além dos prejuízos ao corpo aquático, os despejos de uma ETA podem ocasionar danos à saúde humana, devido à ocorrência de agentes patogênicos (SCALIZE, 2003) e metais pesados (BARROSO; CORDEIRO, 2001).

Levando em conta essa problemática, justifica-se o presente estudo que tem por objetivo geral elaborar uma caracterização dos resíduos provenientes da água de lavagem dos filtros em ETA de filtração direta, localizada no município de Extremoz-RN. Como objetivo específico houve a coleta de dados para avaliar se a recirculação dessa água é viável na referida ETA.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A seção fundamentação teórica do presente artigo foi dividida em quatro partes para uma melhor compreensão que são apresentados na sequência.

2.1 TRATAMENTO DE ÁGUA

Essencial ao surgimento e manutenção da vida, a água é indispensável para o desenvolvimento das diversas atividades criadas pelo ser humano e apresenta, por essa razão, valores econômicos, sociais e culturais. Assim, nos dias atuais há um sentimento crescente relacionado às exigências ambientais, de proteção aos mananciais, considerando-se o uso racional da água (MENEZES *et al.*, 2005).

O tratamento de águas de abastecimento pode ser definido como o conjunto de processos e operações realizado com a finalidade de adequar as características físico-químicas e biológicas da água bruta, isto é, como é encontrada no curso de água, com padrão organolepticamente agradável e que não ofereça riscos à saúde humana. (DI BERNARDO, 2003).

No Brasil existem cerca de 7.500 estações de tratamento de água (ETA) projetadas, em sua grande maioria, com ciclo completo, que inclui coagulação, floculação, decantação e filtração (SLATTER; DENTEL *apud* ACHON *et al.*, 2013).

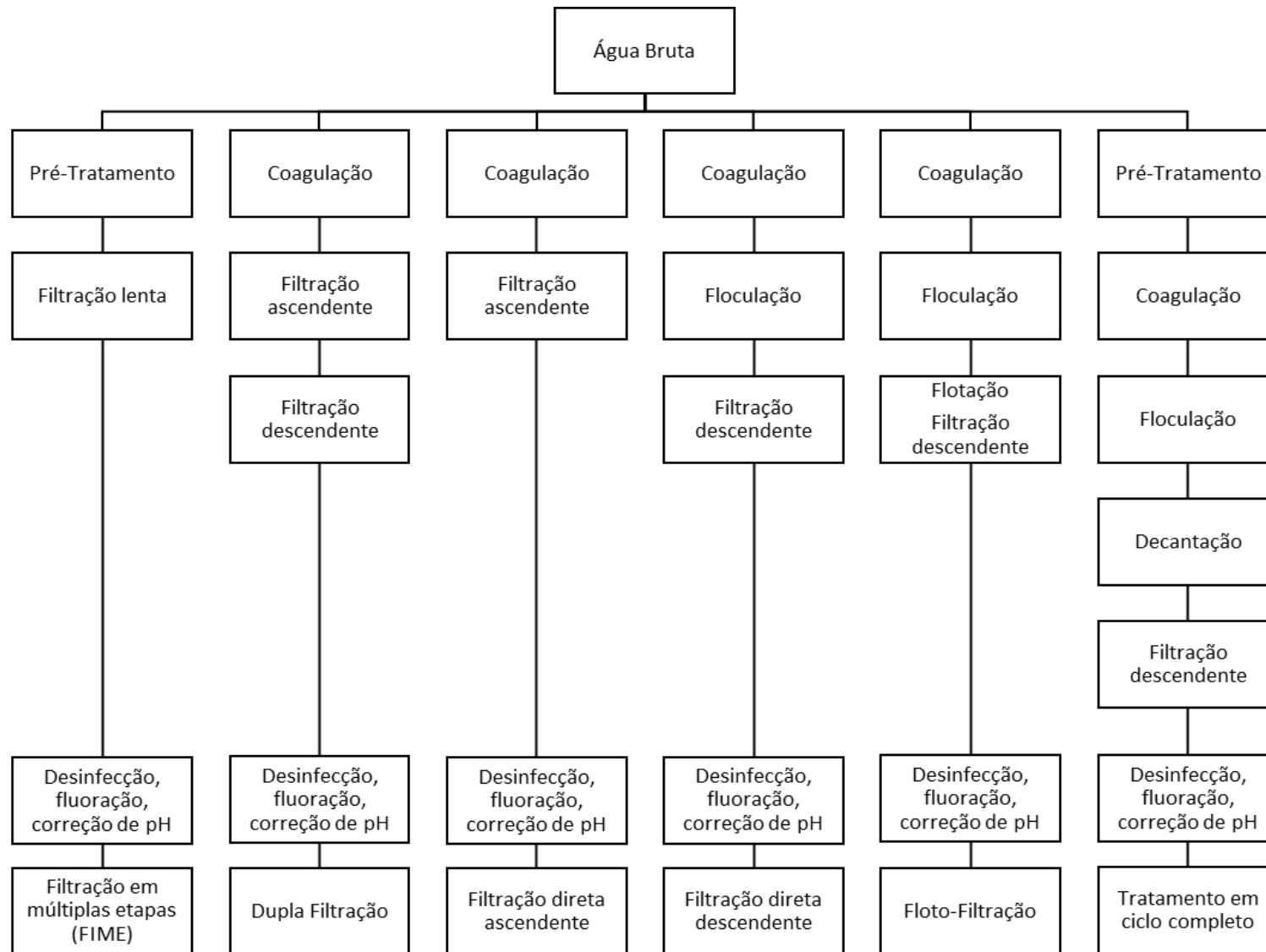
As ETA em ciclo completo podem ser convertidas para o tratamento por filtração direta nos períodos em que a água bruta do manancial apresentar qualidade compatível com esta tecnologia, o que possibilitará a redução do consumo de produtos químicos e também da geração de lodo (PÁDUA *apud* SILVA, 2016).

Estações de Tratamento de Águas (ETAs) são concebidas primordialmente em função da qualidade física, química e microbiológica da água do manancial de abastecimento, bem como pelas premissas de custos de implantação, manutenção e operação; flexibilidade operacional; manuseio e confiabilidade dos equipamentos e características socioeconômicas da população atendida (DI BERNARDO & PAZ; LIBÂNIO *apud* NG, 2017).

O projeto de uma ETA deve se basear em dados de estudos laboratoriais, valendo-se de reatores estáticos (Jarteste) ou instalações piloto de escoamento contínuo, tanto para selecionar o tipo de tecnologia a ser utilizada quanto para determinar os parâmetros operacionais e de projeto. O fator crucial na escolha da tecnologia de tratamento se refere à qualidade da água bruta. As tecnologias de tratamento de água podem ser sintetizadas em dois grupos, com coagulação química e sem coagulação química e, dependendo da qualidade da água bruta, ambas podem ou não ser antecedidas de pré-tratamento (BERNARDO; DANTAS *apud* CAMPOS, 2014). A Figura 1 permite a visualização das principais tecnologias de tratamento de água.

Na primeira coluna é a Filtração em múltiplas etapas (FIME); na segunda, a dupla filtração; na terceira, a filtração direta ascendente; na quarta coluna, filtração direta descendente; na quinta, a seguir, a flotofiltração e por fim, o tratamento em ciclo completo.

Figura 1 – Principais tecnologias de tratamento de água



Fonte: Adaptado de DI BERNARDO; DANTAS (2005).

Campos (1994) e Fontana (2004) frisam que a decisão das soluções técnicas para tratamento deve estar sempre associada à qualidade da água do manancial adotado. É natural que a solução mais racional recaia na melhor proteção e recuperação dos mananciais e na escolha das fontes que ofereçam água de melhor qualidade.

2.2 FILTRAÇÃO DIRETA

A filtração é o processo que tem como principal objetivo a remoção de partículas que causam cor e turbidez e microrganismos, sendo considerado a etapa mais relevante da ETA (DI BERNARDO & PAZ *apud* NG, 2017).

Valencia (1992) afirma que a filtração pode ser realizada com baixa carga superficial (filtros lentos), com alta carga superficial (filtros rápidos), em meios porosos (pasta de argila, papel de filtro), em meios granulares (areia, antracito, pedregulho ou combinados), por fluxo ascendente, descendente ou misto, podendo ainda trabalhar à pressão ou por gravidade, segundo a magnitude da carga hidráulica que exista sobre o meio filtrante. Quanto ao número de filtros varia conforme o tamanho da ETA, das taxas de filtração, de fatores econômicos e da vazão que se deve atingir. Não deve ser um número inferior a 3 filtros, mas geralmente, adota-se um número par (RICHTER E AZEVEDO NETO *apud* OLINGER, 2002).

A filtração direta é uma técnica de tratamento na qual a água coagulada ou floculada é encaminhada diretamente ao filtro, sem passar pelo decantador. Sua aplicação depende fortemente da qualidade da água bruta, principalmente com relação aos parâmetros cor e turbidez, podendo haver outras características que dificultem o processo de coagulação/floculação, como, por exemplo, a presença de microalgas e cianobactérias (MONDARDO, 2004). Di Bernardo *et al.*, (2003) complementam que outros parâmetros devem ser levados em conta, como sólidos em suspensão, densidade de algas e quantidade de coliformes.

A filtração direta descendente (FDD) exhibe como principais vantagens, exige menor área superficial (em relação a filtros lentos) e altura da caixa de filtração e remoção efetiva de microrganismos patogênicos e, portanto, oferece menor risco sanitário. Em contrapartida, filtros de fluxo descendente requerem lavagens mais frequentes devido à ação de filtração superficial ser preponderante e a qualidade do efluente filtrado ser inferior logo após a operação de lavagem (PAZ, 2007).

No Brasil, algumas ETA que utilizam a tecnologia da filtração direta descendente apresentam problemas operacionais, os quais podem levar à produção de água com qualidade imprópria para consumo humano (BRANDÃO *apud* MONDARDO, 2004).

De acordo com Nascimento (2009), a filtração direta ascendente possui como principal vantagem sobre a tecnologia de filtração descendente. Como o sentido do escoamento é na direção da diminuição da granulometria do material filtrante, o desenvolvimento da perda de carga é menor o que resulta em carreira de filtrações maiores. Di Bernardo *et al.*, (2003) ressaltam que a filtração direta ascendente exige um controle mais rigoroso da dosagem de produtos químicos, podendo haver possibilidade de contaminação do reservatório de água filtrada.

2.3 ÁGUA DE LAVAGEM DE FILTROS E RESÍDUOS DE ETA

A lavagem dos filtros pode consumir de 2 a 10% do volume total de água produzido por uma ETA. (BRAGA *et al.*, 2007). A ALF possui em sua composição, resíduos do coagulante na forma de partículas desestabilizadas, que podem auxiliar na coagulação de partículas em suspensão na água bruta quando promovida a recirculação da ALF, configurando-se como uma das potenciais vantagens do processo (GOTTIFRIED *apud* BRITO, 2018).

A lavagem dos filtros é uma das etapas cruciais para o início do funcionamento dos filtros. Diversos problemas decorrentes da operação dos filtros estão associados à lavagem inadequada, tais como aumento de turbidez, carreiras de filtração reduzida e perda de carga elevada nos filtros (USEPA; LOGSDON; SPELLMAN *apud* NG, 2017).

A água de lavagem de filtro é considerada a segunda maior quantidade de rejeito produzido em uma ETA convencional e apresenta características, também bastante distintas para ETA que utilizam coagulantes à base de sais de ferro e de alumínio. Os sólidos retidos nos filtros são aqueles remanescentes do processo de sedimentação, causados pela adição de condicionantes ou formados pela oxidação de ferro ou manganês (FONTANA, 2004).

A geração de água de lavagem de filtros (ALF) é um resíduo da operação de uma ETA. Normalmente, os filtros são retrolavados com água tratada. A vazão empregada deve ser suficiente para expandir o leito filtrante e desobstruir o material sólido retido na camada filtrante e, portanto, é necessário o uso de vazão bem acima da vazão de operação da estação, levando a produção de grande volume de água residuária, num curto espaço de tempo (USEPA *apud* CAMPOS, 2014).

Os filtros são normalmente lavados através do fluxo de água limpa no sentido ascendente. A vazão utilizada deve ser suficiente para expandir o leito filtrante e liberar o material sólido retido na camada filtrante, por isso é necessária a utilização de uma vazão bem acima da vazão de operação da estação, levando à produção de grande volume de água residuária, num curto espaço de tempo de 5 a 10 minutos (USEPA *apud* BRAGA *et al.*, 2007).

No Brasil, cerca de 73% dos resíduos de ETA são lançados nos cursos de água sem tratamento (IBGE *apud* FREITAS, 2017). O lançamento desses resíduos *in natura* tem como impactos ambientais a formação de bancos de lodo, o assoreamento, alterações de cor, distúrbios na composição química e biológica do corpo receptor, além do comprometimento dos usos da água (RIBEIRO *apud* PEREIRA *et al.*, 2016)

Os resíduos produzidos nas ETA convencionais, caracterizam-se por possuírem grande umidade, geralmente maior que 95%, estando sob forma fluida. Em termos de volume, a maior quantidade de resíduos é proveniente da lavagem dos filtros e, em termos de massa de sólidos, as maiores quantidades são geradas nos decantadores. (SOUZA e CORDEIRO *apud* ZIPF, 2010). Para Awwarf (1990) e Olinger (2002), quanto maior for a relação entre a dosagem de coagulante e a concentração de sólidos presentes na água bruta, menor será a concentração de sólidos presentes nos resíduos e maior será o volume de resíduo gerado.

Conforme Cornwell *et al.*, (1987) e Souza; Cordeiro, (2002), a produção de resíduos em uma ETA é função: das características da água bruta afluente; da quantidade e qualidade dos produtos químicos aplicados; da eficiência do sistema de tratamento e do método de remoção dos resíduos, isto é, do tipo de decantador ou flotador e filtros empregados.

Grandin *et al.*, (1993) complementam que os resíduos presentes são orgânicos e inorgânicos provenientes da água bruta, tais como algas, bactérias, vírus, partículas orgânicas em suspensão, coloides, areia, argila, siltes, além de compostos de cálcio, magnésio, ferro, manganês, etc. Outros metais pesados podem fazer parte dos sedimentos em águas pluviais

devido a poluentes arrastados pelo deflúvio superficial urbano ou mesmo por despejos de efluentes industriais nos mananciais que alimentam as estações de tratamento (Jesus *apud* Hoppen *et al.*, 2006).

As principais perdas de água, neste tipo de sistema, ocorrem devido à necessidade de limpeza das unidades de tratamento para remoção de resíduos (lavagem de flocladores, decantadores e filtros) e vazamentos nas unidades e/ou tubulações. O lodo é definido como resíduo sólido, e, portanto, deve estar em consonância com os preceitos da Lei 12.305/2010 (BRASIL, 2010) e da série de normas NBR 10.004/2004 (ACHON *et al.*, 2013).

Os resíduos gerados no filtro de água de retrolavagem (ALAF) é o maior volume primário de resíduo líquido em estação de tratamento convencional ou de filtração direta (CAMPOS, 2014). Richter (2001) e Rodrigues (2015) citam que esse lodo basicamente líquido, possui um teor de sólidos variando entre 0,1 a 4% na água de descarga dos decantadores, e entre 0,004 a 0,1% para água de lavagem dos filtros, dependendo de sua fonte de origem e do coagulante utilizado.

De acordo com Barbosa (2000) e Souza *et al.*, (2002) os materiais removidos da água bruta são constituídos por produtos químicos adicionados à água durante o tratamento e pela própria água que atua como agente transportador destes mesmos resíduos. Geralmente, tais resíduos apresentam baixa biodegradabilidade, alta concentração de sólidos totais, agentes patogênicos e, eventualmente, metais pesados que podem causar toxicidade à vida aquática.

Di Bernardo e Dantas (2005) relatam vários impactos ao corpo receptor e sua biota, ocasionados pelo lançamento de resíduos de uma ETA, por exemplo: o aumento na concentração de metais tóxicos, a alta concentração de sólidos em suspensão, prejuízos no ciclo de nutrientes, principalmente o fósforo, além da possibilidade de desenvolver condições anaeróbias em águas estacionárias ou de velocidade lenta. Nos locais de descarga, o curso d'água receptor pode ainda apresentar aspecto visual desagradável (CAMPOS, 2014).

Andreoli (2001) e Souza *et al.*, (2002) alertam que, muitos projetos de estações de tratamento não preveem o destino desses resíduos. Mesmo com o avanço do conhecimento sobre as técnicas para tratamento dos resíduos, uma destinação final viável e ambientalmente sustentável ainda é um grande desafio a vencer (DI BERNARDO *apud* FREITAS, 2017).

Para Barroso *et al.*, (2006) e Oliveira (2014), os resíduos são constituídos de fase sólida e fase líquida, sendo que a água livre da fase líquida presente no lodo pode representar quantidade suficiente para um possível reaproveitamento. Já a fase sólida é muito complexa e com diferentes tamanhos de partículas que podem dificultar a remoção dessa água. Assim, alternativas de redução do volume de lodo produzido nas ETA's deve ser levada em consideração e pode ser realizada mediante uso e desenvolvimento de sistemas naturais ou mecânicos.

2.4 REUSO NA ETA

O consumo, muitas vezes excessivo, de água na limpeza das ETA, aliado ao problema de sua escassez e à necessidade de preservação dos recursos ambientais, resulta também em uma estratégia de redução dos desperdícios no processo, mediante aumento direto de sua eficiência e, quando viável, da recuperação da água de lavagem para o próprio abastecimento ou para outros usos qualitativamente menos restritivos das águas recuperadas. (MENEZES *et al.*, 2005).

Nas ETA convencionais ou de ciclo completo, a água utilizada na lavagem dos filtros pode ser recirculada, com ou sem clarificação, para a câmara de chegada da água bruta, onde será misturada com a mesma. O volume gerado de água de lavagem é variável e depende da qualidade da água bruta, do tipo e eficiência do tratamento e, para as ETA tipo convencional, da eficiência dos decantadores. Desta forma, se faz necessária a presença de um reservatório ou um tanque, para recepção dos resíduos líquidos oriundos da retrolavagem, que permitirá equalizar e regularizar a vazão de recirculação (SOUZA FILHO *apud* REIS, 2009).

Freitas *et al.*, (2010) e Canale (2014) alertam que o reaproveitamento da ALF pode, por um lado, vir a comprometer a qualidade da água tratada, devido à maior concentração de patógenos em relação à água bruta, como cistos e oocistos de protozoários, principalmente *Giardia* e o *Cryptosporidium parvum*.

Por outro lado, o procedimento pode otimizar os processos de coagulação, floculação e consequentemente a separação dos sólidos da fase líquida, seja por decantação ou filtração, aumentando a eficiência do tratamento, como mostram (BOURGEOIS; SUMAN *apud* FREITAS, 2017), permitindo assim a geração de uma água tratada de melhor qualidade.

Uma das alternativas mais difundidas para aproveitar a água de lavagem dos filtros é a recirculação. Entretanto, após a sedimentação dos resíduos gerados nas ETA, o encaminhamento da água clarificada para o início do tratamento, pode recircular metais pesados, subprodutos da desinfecção e microrganismos, devendo tal prática ser avaliada com cuidado (REISSMANN e UHL *apud* CAMPOS, 2015).

Cornwell & Lee (1994) sugerem que a vazão de recirculação se mantenha abaixo de 10% da vazão da ETA, a fim de assegurar a qualidade microbiológica da água. A USEPA (2002) orienta que o percentual de recirculação deve ser determinado de acordo com cada ETA, definidos a partir de estudos em escalas menores. De acordo com USEPA (2000), uma forma de minimizar os riscos relacionados a reintrodução de contaminantes é através do tratamento dos resíduos antes da recirculação. (FREITAS *et al.*, 2017)

3 METODOLOGIA

Na seção metodologia serão apresentados a seguir, dois tópicos, a caracterização da área de estudo e a coleta de dados junto das análises laboratoriais.

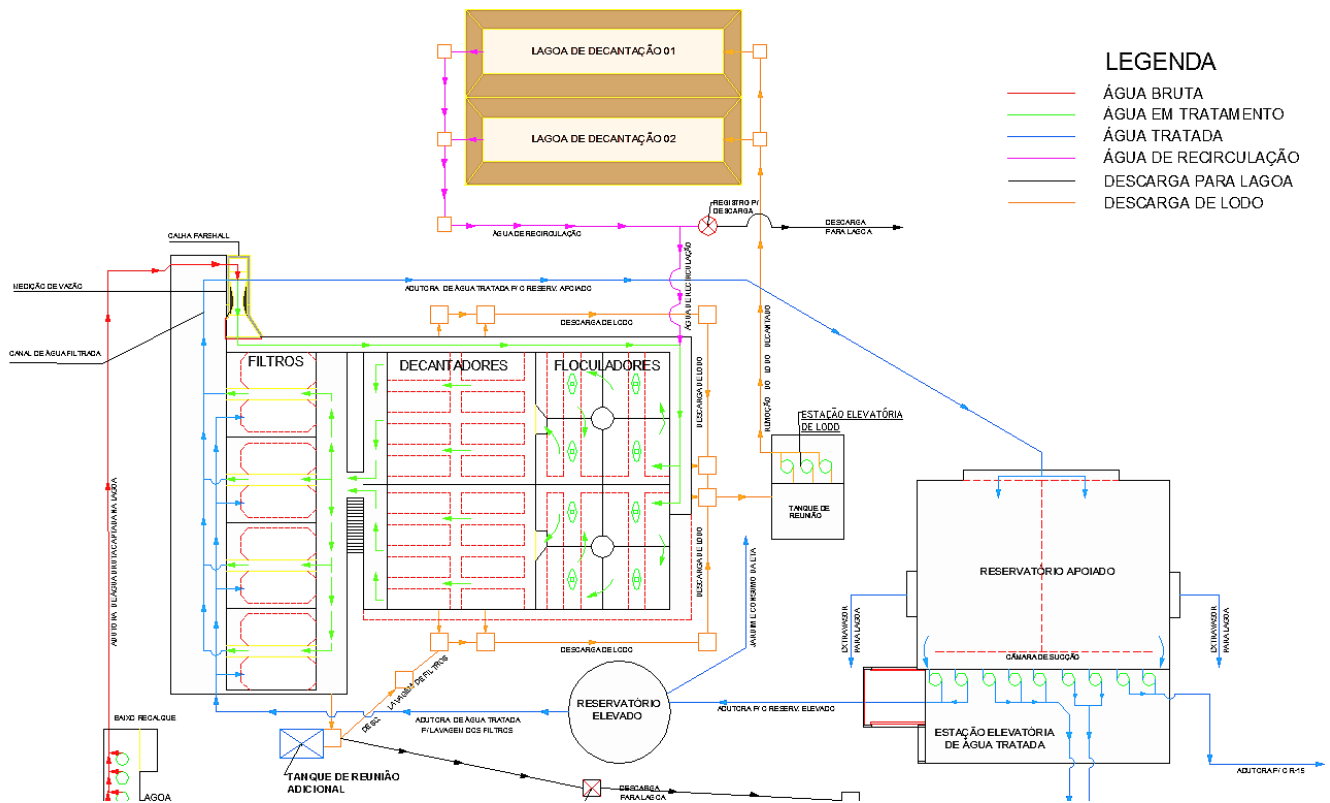
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A ETA Extremoz, foco desse estudo, está situada no município de Extremoz (5°42'20"S e 35°18'26"O), a aproximadamente 15 km da capital. Localizada mais precisamente no km 76 da BR-101, margem direita no sentido Natal - Touros, próxima à Lagoa de Extremoz, fonte que permite sua captação para futuramente ocorrer a etapa do tratamento da água.

A ETA Extremoz operada pela Unidade de Tratamento de Água e Esgoto de Natal Norte (UTEN), na Gerência de Manutenção de Natal Norte (GMN), unidades vinculadas a Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN).

Projetada para comportar duas estações independentes, com vazão de 500 L/s de água cada, das quais apenas uma foi construída e inaugurada em 26 de setembro de 1992, hoje opera com vazão média de 602 L/s. Abastece 70% da demanda da Zona Norte de Natal/RN, sendo os 30% restantes é suprido por 35 poços que integram o sistema Natal Norte. A partir do fluxograma da ETA Extremoz, é possível explicar no que diz respeito as etapas do tratamento da água bruta, contando com seus afluentes e efluentes.

Fluxograma 1 – ETA Extremoz-RN



Fonte: adaptado de Freitas *apud* Brito; Duarte; Araújo (2017).

Na sua concepção, a ETA foi projetada para atuar com a tecnologia do tipo convencional e por questões operacionais, funciona com o tratamento do tipo filtração direta, observando as seguintes etapas de i) pré-oxidação, ii) coagulação, iii) filtração e iv) desinfecção. Além do que, a ETA contém unidades de mistura rápida hidráulica em calha Parshall, floculação mecanizada, decantação de alta taxa e filtração rápida descendente, além da possibilidade de aplicação de produtos químicos na pré-oxidação e desinfecção (OLIVEIRA *apud* FREITAS *et al.*, 2017).

O sistema de filtração é composto por quatro unidades filtrantes em que a carreira de filtração varia entre 16 e 32 horas, seja por causa do aumento ou diminuição da perda de carga, como também alterações significativas de parâmetros físico-químicos da água tratada, monitorados constantemente pela CAERN. Os filtros são lavados de forma intercalada, a cada 4, 6 ou 8 horas, em virtude da qualidade da água.

A lavagem dos filtros é realizada no sentido contrário à filtração, durante um período de 5 minutos, nesse processo é gerado impurezas, partículas retidas no leito filtrante, por isso faz-se a retrolavagem ascendente, ocasionando uma expansão controlada do meio filtrante, garantindo a desobstrução de toda a camada filtrante. A água tratada destinada ao funcionamento desse mecanismo provém do reservatório elevado, com o volume de armazenamento de 350 m³, que atende à demanda que gira em torno dos 200 m³, consumidos no tempo de cada lavagem, representando uma vazão em torno dos 670 L/s.

O volume de ALF gerado é encaminhado para um tanque de reunião e então bombeado periodicamente para a lagoa de sedimentação, a única em operação dentre as duas unidades disponíveis na ETA. A lagoa de sedimentação possui volume útil aproximado de 5000 m³, recebe cargas de ALF em picos de vazão afluente (logo após os curtos períodos de lavagem dos

filtros) e gera um efluente clarificado (ECL) contínuo que retorna integralmente para a ETA (vazão que retorna a estação é de 4,6 L/s) em uma linha de recirculação instalada na entrada dos floculadores (BRITO; DUARTE; ARAÚJO, 2018).

3.2 COLETA DE DADOS E ANÁLISES LABORATORIAIS

As coletas das amostras foram realizadas no período de janeiro a abril/2018, semanalmente, totalizando 17 resultados completos, sendo divididos em quatro de cada filtro (F1, F2, F3, F4). Na ETA, os ciclos de lavagem em sua maioria aconteciam às 0h, 6h, 12h e 18h, mas eventualmente devido a ocorrência de chuvas ou mesmo a qualidade da água e outros fatores acarretavam mudanças no ciclo de 6 horas.

A cada processo de lavagem, foram obtidas 6 amostras de ALF minuto a minuto, levando em conta o instante inicial (ALF 0) e o instante final (ALF 5), além da ALF composta, representante da junção de todo o período de lavagem. Some-se a isso, uma amostra do Efluente clarificado da lagoa de sedimentação (ECL) e uma de Água Bruta (AB), essas duas para efeito de comparação. Em cada campanha de amostragem, foram obtidas 9 amostras, armazenadas em recipientes plásticos de 1L, como na Figura 3. As amostras eram sempre coletadas e analisadas no mesmo dia. Essas análises ocorreram no Laboratório de Saneamento do Instituto Federal do Rio Grande do Norte, Campus Natal Central.

Figura 2 – Recipientes plásticos com amostras de água bruta, água de lavagem dos filtros, efluente clarificado da lagoa de sedimentação e água de lavagem dos filtros minuto a minuto



Fonte: Elaboração própria em 2018.

Para objeto dessa pesquisa, foram selecionados os parâmetros turbidez (uT), cor aparente (uH), cor verdadeira (uH) e sólidos suspensos totais (g/L). O parâmetro cor verdadeira foi utilizado somente para a caracterização das três amostras, visto que a o período de lavagem engloba todas as ALF, então seria redundante avaliar a cor verdadeira.

Todos os parâmetros seguem os preceitos determinados no Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) & Water Environment Federation (WEF). Standard methods for the examination of water and wastewater (APHA, AWWA, WEF, 2012).

Posteriormente todos os dados foram analisados estatisticamente, resultando em média,

mínimo, máximo, desvio padrão, correlação e análise de variância. Na figura 4, encontra-se os equipamentos (colorímetro e o turbidímetro) utilizados para as análises.

Figura 3 – Colorímetro e Turbidímetro



Fonte: Elaboração própria em 2018.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tópico resultados e discussão foi dividido em duas seções, sendo a primeira referente a análise da água bruta, água de lavagem dos filtros e efluente clarificado e a segunda referente ao intervalo de tempo de cada lavagem dos filtros.

4.1 ANÁLISES REFERENTE A ÁGUA BRUTA, ÁGUA DE LAVAGEM DOS FILTROS E EFLUENTE CLARIFICADO

Na tabela 1 encontram-se os mínimos e máximos da Água bruta, Efluente Clarificado e Água de Lavagem dos Filtros.

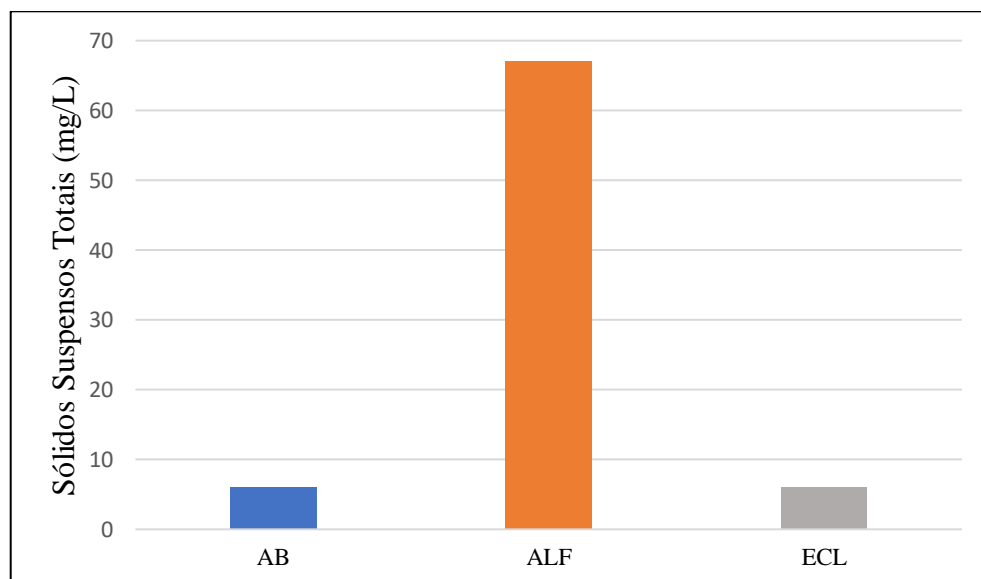
Tabela 1 – Dados estatísticos das amostras para efeitos comparativos

AMOSTRAS	MEDIDAS	TURBIDEZ (uT)	COR A (uH)	COR V (uH)	SST (mg/L)
AB	Máximo	3,7	27	9	2
	Mínimo	13	55	29	13
ALF	Máximo	25,8	172	11	33
	Mínimo	89	408	24	121
ECL	Máximo	3,7	22	13	2
	Mínimo	13	54	28	12

Fonte: Elaboração própria em 2018.

De acordo com o gráfico 1, a ALF apresenta a maior concentração de sólidos suspensos, conforme o esperado, levando em conta que ele é o resíduo bruto do processo da lavagem dos filtros. A água de lavagem é encaminhada para a lagoa de sedimentação, uma tecnologia de tratamento, após isso, transforma-se no efluente clarificado.

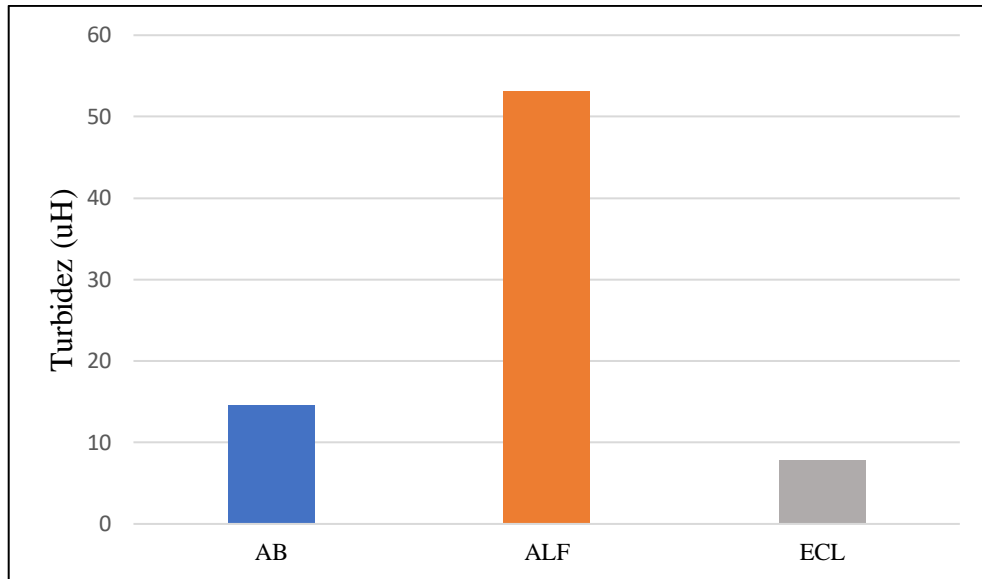
Gráfico 1 – Média dos sólidos suspensos totais das amostras de água bruta, água de lavagem dos filtros e efluente clarificado da lagoa de sedimentação.



Fonte: Elaboração própria em 2018.

Ainda a respeito do gráfico 1, podemos ver a igualdade entre o efluente clarificado e a água bruta, demonstrando que o processo de sedimentação pelo qual o resíduo bruto foi submetido, é eficaz. Isso se confirma (gráfico 2), onde no parâmetro turbidez que tem por objetivo analisar as partículas em suspensão na água, o efluente se mostra de melhor qualidade que a água bruta. Novamente o ALF se destaca por apresentar um alto valor em comparação com as duas outras amostras, conferindo-lhe um aspecto turvo.

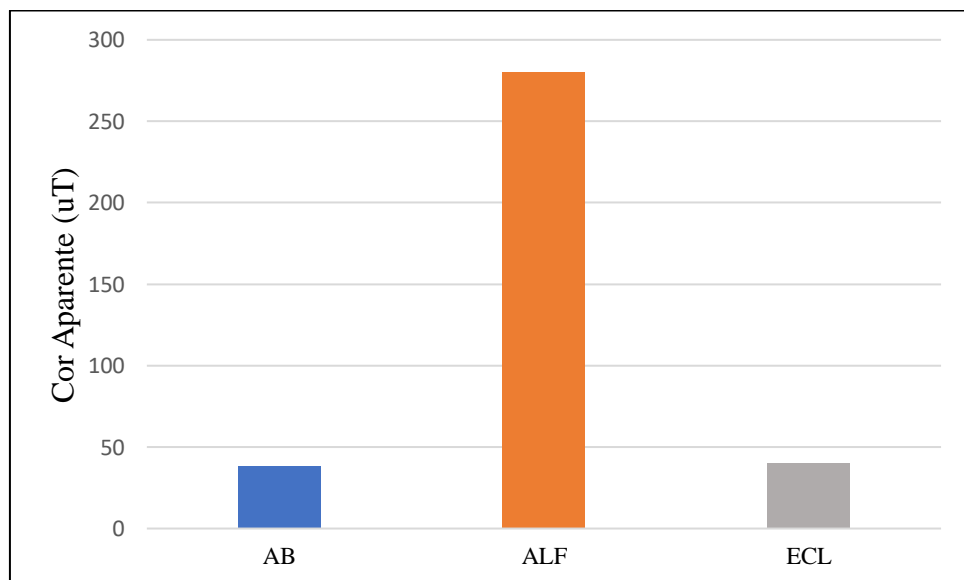
Gráfico 2 – Média de turbidez das amostras de água bruta, água de lavagem dos filtros e efluente clarificado da lagoa de sedimentação.



Fonte: Elaboração própria em 2018.

Com relação ao parâmetro cor aparente, a água bruta e o efluente clarificado exibem pequena amplitude, entretanto a água de lavagem manifesta uma alta, justificado pelo acúmulo de material suspenso. Esse parâmetro representado no gráfico 3 indica a presença de húmus, plâncton, além de outras substâncias dissolvidas na água e de acordo com a metodologia não se filtra as amostras, avaliando assim o resíduo bruto.

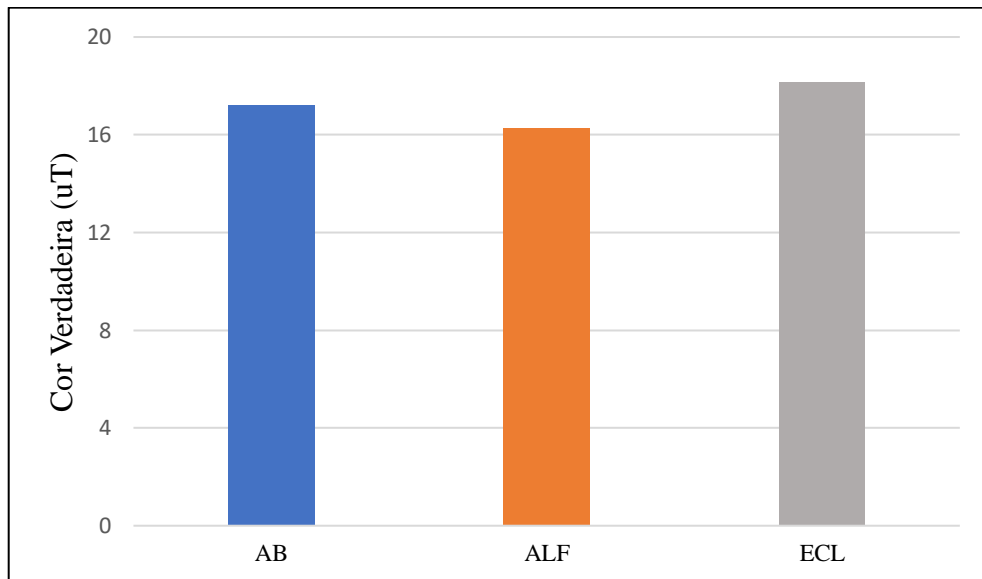
Gráfico 3 – Média da cor aparente das amostras de água bruta, água de lavagem dos filtros e efluente clarificado da lagoa de sedimentação.



Fonte: Elaboração própria em 2018.

Após o processo de filtração, onde retém-se as partículas em suspensão, juntamente com microrganismos, é analisado a cor verdadeira e o resultado exposto no gráfico 4, possibilita a compreensão de que os resultados das amostras ficaram próximos, ainda que o ECL tenha uma alta. O resultado do ALF ficou abaixo das duas outras amostras e além disso para efeitos de filtração, obteve um decréscimo de 94% em relação parâmetro cor aparente do gráfico anterior.

Gráfico 4 – Média da cor verdadeira das amostras de água bruta, água de lavagem dos filtros e efluente clarificado da lagoa de sedimentação.



Fonte: Elaboração própria em 2018.

A partir das análises das médias, a água de lavagem dos filtros por ser um resíduo bruto, que contém coagulantes e sólidos remanescentes do processo de sedimentação, de forma concentrada, obtém os piores resultados em três, dos quatro parâmetros avaliados na comparação com as outras duas amostras. Em contrapartida, o efluente clarificado da lagoa de sedimentação por vezes apresentou resultados melhores, na comparação com a água bruta, demonstrando que o processo de tratamento pelo qual ele sofre, é eficiente.

A fim de complementar os resultados antecedentes e ainda fazendo uso da estatística, buscou-se analisar as correlações entre variáveis. Os valores em amarelo representam a correlação entre os valores da coluna vertical com os valores da coluna horizontal (tabela 3).

Na água bruta encontra-se uma correlação entre turbidez e cor aparente de 91%; turbidez também está correlacionado com os sólidos suspensos totais de 70%. Já entre cor aparente e cor verdadeira é de 51%; cor aparente com sólidos suspensos totais apresenta 67% de correlação.

A respeito da água de lavagem dos filtros, todos os parâmetros se correlacionam um com o outro. Entre a turbidez e a cor aparente, a correlação foi de 90%; turbidez e cor verdadeira foram de 68%; turbidez e sólidos suspensos totais foram de 94%; cor aparente e cor verdadeira foram de 65%; cor aparente e sólidos suspensos totais é de 88%; por fim cor verdadeira e sólidos suspensos totais foram de 62%.

O efluente clarificado foi o que apresentou um número menor de correlação entre os parâmetros, apenas a turbidez com a cor aparente, resultando em 59%; cor aparente junto com a cor verdadeira obteve 52%.

Tabela 2 – Correlação entre os parâmetros dentro das amostras de água bruta, efluente clarificado da lagoa de sedimentação e água da lavagem de filtros.

AB	TURB	Cor A	Cor V	SST
TURB		0,00	0,35	0,00
Cor A	0,91		0,03	0,00
Cor V	0,24	0,51		0,20
SST	0,70	0,67	0,33	

ECL	TURB	Cor A	Cor V	SST
TURB		0,01	0,62	0,11
Cor A	0,59		0,03	0,18
Cor V	0,13	0,52		0,09
SST	0,40	0,34	-0,43	

ALF	TURB	Cor A	Cor V	SST
TURB		0,00	0,00	0,00
Cor A	0,90		0,01	0,00
Cor V	0,68	0,65		0,01
SST	0,94	0,88	0,62	

Fonte: Elaboração própria em 2018.

Legenda: São estatisticamente significativos, levando em conta o valor de 95% de confiança; $p > 0,05$ não existe correlação; $p < 0,05$ existe correlação significativa

Nota-se a que a Turbidez obteve uma boa correlação com os demais parâmetros, principalmente na água de lavagem dos filtros, como também, na água bruta, isso acontece, porque, todos de certa forma indicam a presença de matéria orgânica.

4.2 ANÁLISE REFERENTE AO TEMPO DA ÁGUA DE LAVAGEM DOS FILTROS

Inicia-se agora, a caracterização referente as águas de lavagem de filtros durante o período de lavagem, na tabela 3, onde tem-se os máximos e mínimos de turbidez, cor aparente e sólidos suspensos totais.

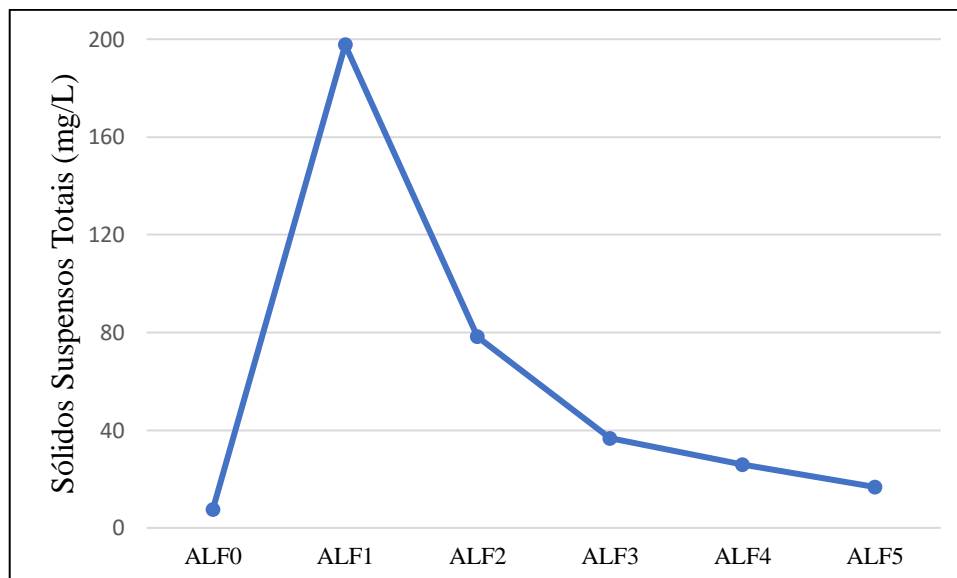
Tabela 3 – Dados estatísticos referentes a caracterização da água de lavagem dos filtros por minuto

AMOSTRAS	MEDIDAS	SST (mg/L)	TURBIDEZ (uT)	COR A (uH)
ALF 0	Máximo	2	6,6	55
	Mínimo	45	2,9	26
ALF 1	Máximo	319	301	1032
	Mínimo	69,7	56,5	268
ALF 2	Máximo	142	95,2	478
	Mínimo	22	18,7	129
ALF 3	Máximo	74	69,6	301
	Mínimo	6	10,7	76
ALF 4	Máximo	55	39,2	212
	Mínimo	3	6	40
ALF 5	Máximo	38	27,1	167
	Mínimo	2	3,5	24

Fonte: Elaboração própria em 2018.

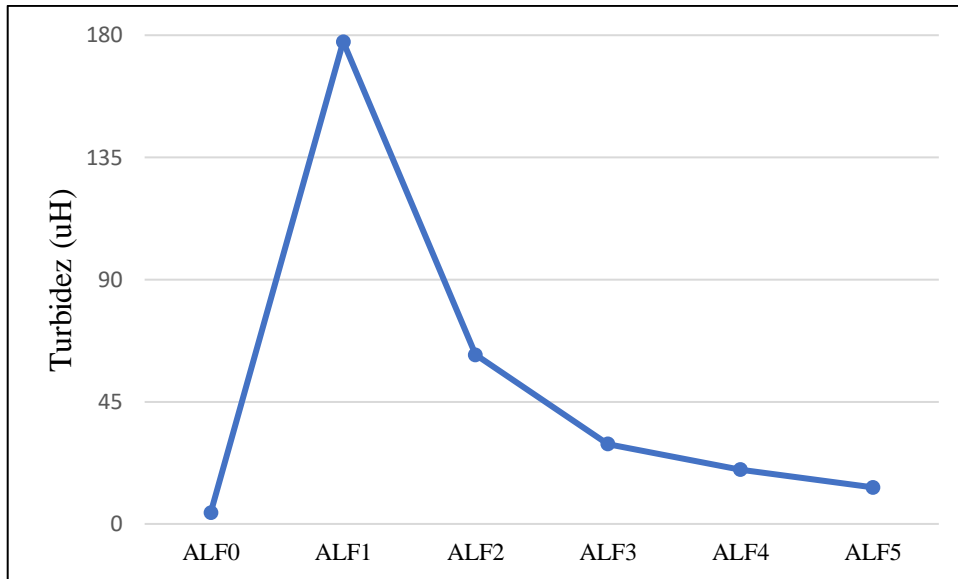
A partir dos dados obtidos, fez-se a média de cada parâmetro resultante do período de lavagem, exemplificados no gráfico 5 (sólidos suspensos totais), gráfico 6 (turbidez) e gráfico 7 (cor aparente).

Gráfico 5 – Média dos sólidos suspensos totais das amostras referentes ao período de lavagem.



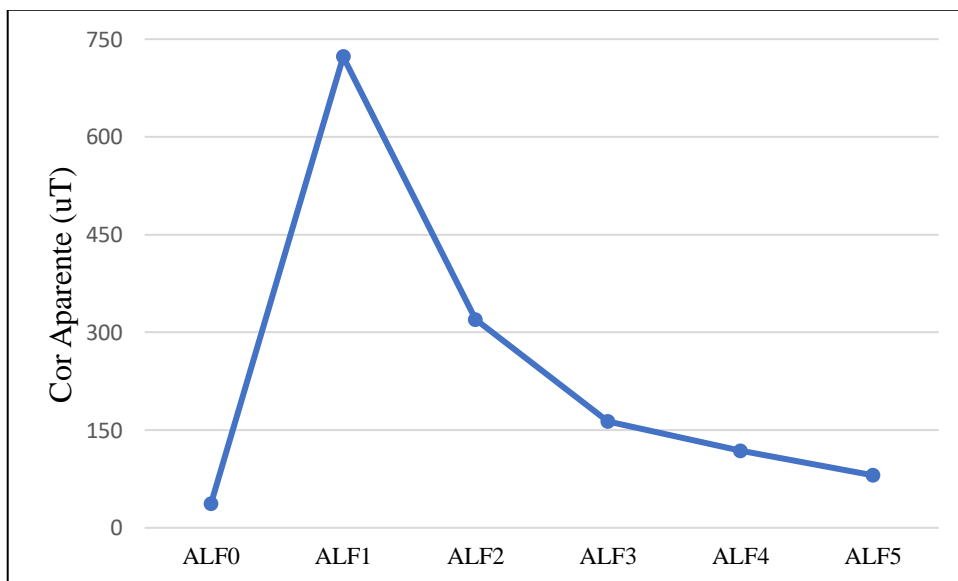
Fonte: Elaboração própria em 2018.

Gráfico 6 – Média de turbidez das amostras referentes ao período de lavagem.



Fonte: Elaboração própria em 2018.

Gráfico 7 – Média da cor aparente das amostras referentes ao período de lavagem



Fonte: Elaboração própria em 2018.

Podemos observar nos três gráficos um comportamento padrão da água de lavagem dos filtros em todos os parâmetros, onde no segundo minuto (ALF 1), ocorre a remoção das impurezas do filtro, de forma eficaz, sendo assim, esse é o melhor tempo de lavagem.

Para complementar os resultados anteriores, fez-se uma análise de variância de apenas um parâmetro, comparando as médias de Turbidez (tabela 4).

Tabela 3 – Análise de variância relacionada a turbidez do período de lavagem dos filtros

Turbidez	ALF-0	ALF-1	ALF-2	ALF-3	ALF-4	ALF-5
ALF-0		0,00012	0,00014	0,2344	0,7315	0,9642
ALF-1	21,82		0,00012	0,00012	0,00012	0,00012
ALF-2	7,303	14,51		0,04672	0,00382	0,00059
ALF-3	3,153	18,67	4,151		0,9599	0,7183
ALF-4	1,969	19,85	5,334	1,183		0,9923
ALF-5	1,152	20,67	6,151	2	0,8171	

Fonte: Elaboração própria em 2018.

Legenda: Possui um nível de confiança de 95%, para $p < 0,05$ existe diferenças de turbidez.

Baseado na tabela 4, infere-se que há diferenças entre o tempo de lavagem dos filtros. Primeiramente, deve-se observar o triângulo destacado em amarelo. A ALF-0 possui características diferentes da ALF-1 e também da ALF-2, todavia, apresenta características iguais as ALF-3, ALF-4 e ALF-5. A ALF-1 apresenta uma particularidade, é diferente de todos os outros tempos de lavagem, assim como a ALF-2 que também não tem semelhanças com nenhuma outra água. E finalmente, os outros períodos de lavagem, ALF-3, ALF-4 e ALF-5 são iguais entre si, ou seja, através desses dados, conclui-se que os dois últimos tempos de lavagem podem ser descartados. O ALF-3 por apresentar as mesmas características do ALF-0, significa um desperdício de lavagem, o uso do ALF-4 e ALF-5.

5 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos pela caracterização dos resíduos da água de lavagem de filtros permitem as seguintes conclusões/recomendações:

No que diz respeito as três amostras, o efluente clarificado da lagoa de sedimentação apresentou resultados qualitativamente melhores do que a água bruta, mostrando que a tecnologia de tratamento, pelo qual passa, é eficaz. O reuso dessa água na própria estação pode acontecer, desde que haja sempre o monitoramento contínuo e a água esteja de acordo com a legislação vigente do Conselho Nacional de Meio Ambiente.

Ainda a respeito da primeira etapa de caracterização, tem-se a água de lavagem dos filtros, da qual foram determinados os piores resultados, o que já era suposto, pois há uma grande concentração de sólidos. A água de lavagem se destacou por ter a maior correlação entre os parâmetros analisados.

Na segunda etapa da caracterização, a qual se refere ao tempo de duração de lavagem para remoção dos sólidos, observou-se o tempo de 2 minutos (ALF-1), como pode ser verificado nas Figuras 5 a 7.

A análise de variância, do ponto de vista da remoção dos sólidos retidos, permitiu concluir que o tempo de lavagem pode ser reduzido em dois minutos, visto a repetição do padrão no comportamento da água. A ALF-3, ALF-4 e ALF-5 que são os minutos finais da lavagem, os quais possuem as mesmas características da ALF-0, ou seja, estão próximos dos valores da água bruta. Partindo dessa premissa, a redução de 2 minutos no tempo de lavagem, permite uma economia de 320 m³ de água por dia. Em um ano, a economia estimada para a CAERN seria de 116.800 m³ de água tratada.

Recomenda-se a realização de pesquisas complementares a esse trabalho e um monitoramento a longo prazo do processo de lavagem, analisando essa água do ponto de vista químico, como por exemplo, avaliar a quantidade de alumínio presente nessa água de lavagem. É de suma importância também, realizar análises bacteriológicas, do tipo coliformes totais.

REFERÊNCIAS

ACHON, C. L.; BARROSO, M. M.; CORDEIRO, J. S. Resíduos de estações de tratamento de água e a ISO 24512: desafio do saneamento brasileiro. **Revista Engenharia Sanitária Ambiental**, São Paulo, v 18, p 115-122. 2013. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/esa/v18n2/a03v18n2.pdf>. Acesso em 02 mar. 2018.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION.; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION & WATER ENVIRONMENT FEDERATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**, 2012.

BARROSO, M. M.; ACHON, C. L.; CORDEIRO, J. S. **Eficiência do leito de drenagem para desaguamento de lodo de ETA que utiliza sulfato de alumínio como coagulante**. Montevideo, AIDIS, p.1-8, 2006. Disponível em <http://docplayer.com.br/14975920-Eficiencia-do-leito-de-drenagem-para-desaguamento-de-lodo-de-eta-que-utiliza-sulfato-de-aluminio-como-coagulante.html>. Acesso em: 16 nov. 2018.

BRAGA, M. D. *et al.* Caracterização microbiológica da água de lavagem de filtros e avaliação de diferentes cenários de recirculação. **Revista Aidis de ingeniería y ciencias ambientales: investigación, desarrollo y práctica**, vol. 1, n. 3, 2007. Disponível em www.revistas.unam.mx/index.php/aidis/article/download/14421/13757. Acesso em: 01 jul. 2018.

BRITO, T. M. de; DUARTE, M. A. C.; ARAUJO, A. L. C. Caracterização Quali Quantitativa dos Resíduos Gerados em ETA de Filtração Direta em Escala Real. *In: SIMPÓSIO ÍTALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL*, 14, 2018, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Abes, 2018. p. 1 - 8.

CAMPOS, M. C. D. **Influência da recirculação de água de lavagem de filtros na qualidade da água para consumo humano**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014. Disponível em: repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/.../1/Campos_MarlonCaianeloDias_M.pdf. Acesso em: 01 jul. 2018.

CAMPOS, H. L. **Caracterização das águas de lavagem de filtros em estações de tratamento de água de filtração direta.** 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/19779>. Acesso em: 29 jun. 2018.

CANALE, I. **Caracterização microbiológica, parasitológica e físicoquímica da água de lavagem de filtros recirculada em eta de ciclo completo.** 2014. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Inovação) – Universidade Estadual de Campinas, Limeira, 2014. Disponível em: http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/267710/1/Canale_Ivan_M.pdf. Acesso em: 28 jun. 2018.

DI BERNARDO, L. *et al.* **Tratamento de Água para Abastecimento por Filtração Direta.** PROSAB 3. Rio de Janeiro: Rima, 2003. Disponível em <https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/DiBernardo.pdf>. Acesso em 05 mar. 2018

DI BERNARDO, Luiz; DANTAS, Angela Di Bernardo. **Métodos e técnicas de tratamento de água.** São Carlos: Rima, 2005.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D.; VOLTAN, P. E. N. **Métodos e Técnicas de Tratamento e Disposição dos Resíduos Gerados em Estações de Tratamento de Água.** São Carlos: LDiBe, 2012.

FONTANA, A. O. **Sistema de leito de drenagem e sedimentador como solução para redução de volume de lodo de decantadores e reuso de água de lavagem de filtros – estudo de caso – ETA Cardoso.** 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/4357/DissAOF.pdf?sequence=1>. Acesso em: 07 mai. 2018.

FRANÇA FILHO, Luiz de. **Monitoramento e controle de qualidade de água na ETA Extremoz e tratamento de efluentes da Zona Norte de Natal.** 2016. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016. Disponível em

<https://monografias.ufrn.br/jspui/handle/123456789/3151?mode=full>. Acesso em: 30 nov. 2018.

FREITAS, D. G. D. *et al.* Efeitos da recirculação da água de lavagem de filtros na qualidade da água produzida. *In: Congresso Abes, FEIRA NACIONAL DE SANEAMENTO E MEIO AMBIENTE*, 2017. Disponível em: <https://www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2018/01/I-022.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2018.

FREITAS, D. G. D. **Efeitos da recirculação de água de lavagem de filtros em um sistema de filtração direta em escala de bancada**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/23399/1/DaianneGomesDeFreitas_DISSERT.pdf. Acesso em: 01 jul. 2018.

GRANDIN, S. R.; ALEM SOBRINHO, P.; GARCIA JR., A. D.; Desidratação de lodos produzidos em estações de tratamento de Água. *In: XVII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 1993, Natal. **Anais...** Natal. ABES, v. 2, p. 324-341.

HOPPEN, C. *et al.* Uso de lodo de estação de tratamento de água centrifugado em matriz de concreto de cimento portland para reduzir o impacto ambiental. **Química Nova**, [s.l.], v. 29, n. 1, p.79-84, fev. 2006. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422006000100016>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422006000100016. Acesso em: 01 jul. 2018.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. Departamento de População e Indicadores Sociais. Rio de Janeiro. IBGE, 2002. 431 p.

MENEZES, A. C. L. S. *et al.* Caracterização da água de lavagem de uma estação de tratamento de água, com vistas ao reuso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, (Suplemento), p.191-196, 2005. Disponível em: http://www.agriambi.com.br/revista/suplemento/index_arquivos/PDF/191.pdf?. Acesso em 20 jun. 2018.

MONDARDO, R. I. **Influência da pré-oxidação na tratabilidade das águas via filtração direta descendente em manancial com elevadas concentrações de microalgas e cianobactérias.** 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/87242/204387.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 29 abr. 2018.

NASCIMENTO, M. F. **Remoção de oocistos de Cryptosporidium por meio da filtração direta ascendente em areia: avaliação em escala piloto.** 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade de Brasília, Brasília, 2009. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/handle/10482/8991>. Acesso em: 01 jul. 2018.

NG, M. C. **Produção de água em eta com alteração da carreira de filtração.** 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/23786/1/ManChengNg_DISSERT.pdf. Acesso em: 01 jul. 2018.

OLINGER, C. **Caracterização e clarificação por sedimentação da água de lavagem de filtro rápido de uma estação de água.** 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002. Cap. 226. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/83820>. Acesso em: 01 jul. 2018.

OLIVEIRA, N. F. D. Avaliação da qualidade da água de lavagem de filtros e de decantadores da estação de tratamento de água bom jardim em Uberlândia. *In: IX SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL*, 2014, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre. Disponível em <http://www.abes-rs.org.br/qualidade2014/trabalhos/id876.pdf>. Acesso em: 01 jul. 2018.

PAZ, L. P. S. **Modelo conceitual de seleção de tecnologias de tratamento de água para abastecimento de comunidades de pequeno porte.** 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007. Disponível em

<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-03062008-122118/pt-br.php>. Acesso em 01 jun. 2018.

PEREIRA, J. O. *et al.* Impacto do consumo descontrolado de água na produção de resíduos em estação de tratamento de água. Estudo de caso: ETA-Itacolomi, Ouro Preto (MG). **Revista Brasileira de Ciências Ambientais (online)**, [s.l.], n. 39, p.2-13, mar. 2016. Zeppelini Editorial e Comunicação. <http://dx.doi.org/10.5327/z2176-947820166014>. Disponível em: http://abes-dn.org.br/publicacoes/rbciamb/Ed39/RBCIAMB_n39_2-13.pdf. Acesso em: 01 jul. 2018.

REIS, J. R. B. D. **Estudo de reuso e reciclagem de água de lavagem de filtro rápido de estação de tratamento de água, em sistema de ciclo fechado, independente.** 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009. Disponível em: http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/258655/1/Reis_JoseRobertoBezerrados_M.pdf. Acesso em: 30 maio 2018.

RODRIGUES, F. N. **Caracterização dos resíduos da estação de tratamento de água da UFLA e aproveitamento na confecção de tijolos de solo-cimento.** 2015. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015. Disponível em: http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/9785/1/DISSERTACAO_Caracteriza%C3%A7%C3%A3o%20dos%20res%C3%ADuos%20da%20esta%C3%A7%C3%A3o%20de%20tratamento%20de%20%C3%A1gua%20da.pdf. Acesso em 01 jul. 2018.

SCALIZE, P. S. Disposição de resíduos gerados em estações de tratamento de água em estações de tratamento de esgoto. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003. Disponível em: www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-13062007.../TeseBarroso2007.pdf. Acesso em 16 nov. 2018.

SILVA, M. S. G. **Adequação das condições operacionais de uma ETA “convencional” que trata água com cor e turbidez baixas.** 2016. 39 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016. Disponível em: http://arquivos.info.ufrn.br/arquivos/201616902807493678615e711f92751f0/Michell_Smith_-_Mestrado-dissertao.pdf. Acesso em: 02 jul. 2018.

SOUZA, F. G. C.; CORDEIRO, J. S. **Resíduos Gerados em Estação de Tratamento de Água com Descargas Diárias**. 2002. Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsAIDIS/PuertoRico29/glaucio.pdf>. Acesso em 01 jul. 2018.

VALENCIA, J. A.; Teoria y Practica de la Purificacion del Agua. **Asociacion Colombiana de Ingenieria Sanitaria y Ambiental**. Ed. Acodal. 72 p. Colômbia. 1992. Disponível em <http://cidta.usal.es/cursos/ETAP/modulos/libros/teoria.pdf>. Acesso em: 10 mai. 2018.

ZIPF, M. S. **Caracterização e estudo de reuso da água de lavagem dos filtros de uma estação de tratamento de água (ETA) de uma indústria têxtil de Blumenau-SC**. 2010. Monografia (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2010. Disponível em <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/124463>. Acesso em 01 jul. 2018.