

ESTUDO DE ALTERNATIVAS PARA O TRATAMENTO DE EFLUENTES GERADOS EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA DO TIPO CONVENCIONAL EM SANTA CATARINA

Fernando Chiodelli Salum¹, Maurício Luiz Sens²

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina
ENS – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental
Campus Reitor João D. F. Lima, Trindade – CEP 88040-970, Florianópolis (SC) – Brasil
¹feusalum@hotmail.com, ²mauricio.sens@ufsc.br

RESUMO: O setor de saneamento brasileiro enfrenta grandes dificuldades no gerenciamento dos resíduos gerados nas estações de tratamento de água e sua disposição final adequada. Há muito tempo, o destino desses resíduos gerados vem sendo o curso d'água mais próximo, o que causa significativo impacto ambiental e pode comprometer a saúde dos indivíduos que fazem uso dessa água. O objetivo desse trabalho é analisar e propor alternativas de tratamento e gerenciamento do lodo para 14 Estações de Tratamento de Água do tipo Convencional no Estado de Santa Catarina. O estudo buscou a redução da produção de lodo e aumento de sua concentração, a reutilização da água da lavagem dos filtros no próprio tratamento, o melhor aproveitamento das unidades de tratamento de lodo existentes em algumas estações, a não contaminação dos cursos d'água, a destinação adequada do lodo e a adequação à legislação como benefícios do tratamento proposto para os resíduos gerados nas unidades das estações. A coleta de dados, foi organizada em 3 etapas: análise documental, visitas técnicas e coleta de efluentes. As visitas técnicas foram realizadas em 4 etapas visando analisar os processos de tratamento de cada Estação de Tratamento de Água, bem como caracterizá-la. Para conhecer as características dos lodos das estações de tratamento foram realizadas coletas de amostras de lodo nas retrolavagens dos filtros e purga dos decantadores durante as visitas técnicas. As alternativas sugeridas para o tratamento dos efluentes das Estações de Tratamento de Água foram a implantação de tanques de pré-sedimentação e equalização para os lodos gerados com posterior etapa de desaguamento do lodo, através de métodos mecânicos e naturais. O lodo subproduto do desaguamento poderá ser aplicado em situações controladas para recuperação de solos degradados, disposto em aterros sanitários industriais e utilizado na confecção de materiais cerâmicos e concreto.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de Água, Lodo de Estação de Tratamento de Água, Efluente de Estação de Tratamento de Água, Tratamento de Lodo

1 INTRODUÇÃO

O setor de saneamento brasileiro enfrenta grandes dificuldades no gerenciamento dos resíduos gerados nas Estações de Tratamento de Água (ETAs) e sua disposição final adequada. Há muito tempo, segundo Richter (2001), o destino dos resíduos gerados em ETAs tem sido corpos de água receptores próximos a estação, e muitas vezes até a própria fonte que a estação processa.

Nas últimas décadas, esse panorama vem se alterando à medida que a legislação ambiental brasileira vem tornando-se mais restritiva com a promulgação de Leis Federais (CORDEIRO, 2001), como a Lei N° 9.433/97 e a Resolução CONAMA N° 430/11, e de Leis Estaduais, como a Lei N° 14.675/09. Destaca-se também o Art. 48 do Código Estadual do Meio Ambiente, que exige procedimentos de licenciamento ambiental para obtenção da outorga de direito de uso de recursos hídricos e de lançamento de efluentes, e por sua vez, exige o tratamento dos efluentes gerados (BRASIL, 2009), o que provoca mudanças na postura de gerentes e órgãos de fiscalização perante do problema.

Nesse contexto, os responsáveis pelos sistemas de tratamento de água se vêem enquadrados por essas legislações e obrigados a tomar as devidas providências. Para solucionar o problema, existem diversos métodos de gerenciamento de efluentes gerados em estações de tratamento de água que tratam e recuperam o lodo proveniente de lavagem dos filtros e purgas de decantadores, e buscam mitigar os impactos nos corpos d'água receptores.

A Constituição Federal de 1988 especifica em seu art. 225 que “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” (BRASIL, 1988).

Com esta perspectiva, o tratamento de efluentes de ETAs e sua destinação adequada visa somente assegurar esses direitos e defender o meio ambiente de impactos ambientais irreversíveis. Gonçalves (1999) alerta para os

danos causados no meio ambiente e seres humanos pelo conteúdo elevado de metais e sólidos devido à disposição do lodo sem tratamento.

No presente estudo se buscou a redução da produção de lodo e aumento de sua concentração, a reutilização da água da lavagem dos filtros na própria ETA, o melhor aproveitamento das unidades de tratamento de lodo existentes em algumas estações, a não contaminação dos cursos d'água, a destinação adequada do lodo e a adequação à legislação como benefícios do tratamento proposto para os resíduos gerados nas unidades da ETA.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Atualmente, segundo a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), existem aproximadamente 7.500 ETAs de ciclo completo ou convencional que empregam a coagulação, floculação, sedimentação, filtração e desinfecção como processo de tratamento de água (CORDEIRO, 2001).

Andreoli *et al* (2006) ressaltam que a disposição final inadequada desse lodo causa significativo impacto ambiental, como assoreamento dos rios e alteração das propriedades físico-químico da água, e pode comprometer a saúde dos indivíduos que fazem uso dessa água.

A NBR 10.004/04 classifica o lodo proveniente de ETA como resíduo sólido Classe II A, não inerte, em função de sua biodegradabilidade e solubilidade em água (ABNT, 2004). O resíduo gerado deve ser disposto em aterro sanitário, e para isso, Richter (2001) diz que o lodo deve ser desidratado, de modo a obter teores de sólidos inferiores a 20%, através de sistemas de desidratação de lodos, que levam em consideração os seguintes aspectos para seu dimensionamento:

- a) Característica do lodo;
- b) Estimativa da quantidade de lodo produzida;
- c) Métodos para minimizar a quantidade de lodo produzida;
- d) Métodos de desidratação.

Coelho *et al* (2011) afirmam que o gerenciamento adequado do lodo gerado tem caráter especial por tratar a ideia de redução de geração de resíduos ligada a economia de matéria-prima, afetando diretamente os custos de operação. Uma vez que a ETA é vista como uma indústria, seu efluente é tratado como resíduo industrial. Sendo assim, deve passar pelo mesmo conceito de gerenciamento de resíduos sólidos, passando pela minimização da geração dos resíduos, reutilização, reciclagem e disposição final.

O tratamento de lodo visa obter condições adequadas para sua disposição final, processo que envolve a remoção de água para concentrar os sólidos e chegar a um estado final sólido ou semi-sólido (RICHTER, 2001).

Von Sperling (2005) mostra as principais etapas do gerenciamento de lodos:

- Adensamento: processo físico que visa reduzir sua umidade e, em decorrência, seu volume;
- Estabilização: processo de remoção da matéria orgânica e sólidos voláteis do lodo que visam atenuar os maus odores no seu processamento;
- Condicionamento: preparação para a desidratação;
- Desaguamento ou desidratação: remoção de água e redução ainda maior da umidade, deixando o lodo com comportamento mecânico próximo ao dos sólidos;
- Higienização: remoção de organismos patogênicos;
- Disposição final: destinação final aos subprodutos.

Andreoli *et al* (2006) mostram que a principal etapa do tratamento de efluentes de ETAs é o desaguamento, etapa em que o lodo é reduzido facilitando seu manuseio, transporte e destinação final, e que pode ser realizado de duas formas: sistema de secagem natural e sistema de desidratação mecânica.

Depois o processo de desaguamento, a definição final do destino do lodo se configura a segunda etapa mais importante no tratamento do lodo da ETA e uma das mais difíceis para os administradores do sistema por envolver elevados custos de transporte e diversas restrições ambientais (RICHTER, 2001).

Quanto à disposição final do subproduto do deságue do lodo, que muitos estudos vêm sendo realizados com lodo de ETA utilizando-o em aplicações controladas em solos degradados (BITTENCOURT *et al*, 2012), fabricação de materiais cerâmicos (TARTARI *et al*, 2011) e aplicação em concreto (SOUZA, 2010).

Uma outra alternativa para o descarte do lodo de ETA está sendo a disposição em aterros sanitários, com a recuperação e reciclagem dos coagulantes com descarte do lodo excedente em aterros (GONÇALVES, 1999).

3 METODOLOGIA

Ao se traçar a metodologia para o estudo das alternativas de tratamento de lodo para as Estações de Tratamento de Água utilizou-se um conjunto de etapas seguidas geralmente em pesquisas definidas como estudos de caso:

- Formulação do problema;
- Definição da unidade-caso e determinação do número de casos;
- Coleta de dados;
- Avaliação e análise dos dados.

As atividades realizadas em cada etapa são descritas nos tópicos a seguir:

3.1 Formulação do Problema

A problemática desse trabalho foi construída após a percepção do crescimento da conscientização ambiental, no que concerne às Estações de Tratamento de Água, e da consciência de se adequar às leis vigentes no país. Após realizou-se pesquisas em literaturas técnicas visando encontrar outros estudos abordando a mesma problemática e conversou-se informalmente com profissionais de vasta experiência nesta área para verificar a importância e significância que o estudo teria.

3.2 Área de Estudo

A área de estudo é determinada na etapa de determinação da unidade-caso e determinação do número de casos analisados.

As unidades-caso no presente trabalho consistem em Estações de Tratamento de Água em Santa Catarina e foram selecionadas a partir da necessidade da prestadora de serviços de saneamento responsável pelas estações em se adequar às legislações vigentes e modernizar suas estações.

O estudo foi desenvolvido em parceria com a empresa MPB Engenharia, empresa privada de engenharia consultiva em meio ambiente e recursos hídricos, com sede em Florianópolis/SC, visando cumprir o contrato firmado pela empresa com a prestadora de serviços de saneamento dos municípios abordados no estudo.

O Estado de Santa Catarina encontra-se na região Sul do Brasil, possui 295 municípios e atualmente é subdividido em 6 mesorregiões político-administrativas (IBGE, 2015).

Fizeram parte do estudo 14 Estações de Tratamento de Água localizadas em 13 municípios distribuídos por 4 mesorregiões do Estado de Santa Catarina, sendo elas: norte catarinense, oeste catarinense, sul catarinense e vale do Itajaí.

3.3 Coleta de Dados

A coleta de dados, foi organizada em 3 etapas: análise documental, visitas técnicas e coleta de efluentes, descritas a seguir:

3.4 Caracterização dos Municípios

Para caracterização dos municípios foi elaborado uma tabela com os dados que abordam o número de habitantes, área, densidade demográfica, atividade econômica e região do Estado, que permitiram traçar um panorama de cada município e seu abastecimento. A obtenção de dados ocorreu através de análise documental em órgãos governamentais (IBGE) e documentos cedidos pela prestadora de serviços de saneamento.

Essa caracterização geral dos municípios em que as estações estão instaladas é apresentada na tabela abaixo. Os nomes dos municípios foram ocultados para preservar o nome da prestadora de serviços responsável pelos sistemas, sendo identificados com a letra S – Sul, N – Norte, O – Oeste e VI – do Vale do Itajaí.

Tabela 1. Caracterização dos municípios em estudo por região.

Municípios	População (hab)	Área (km ²)	Densidade demográfica (hab/km ²)	Principais atividades econômicas	Região do Estado de Santa Catarina	
Sul	S-1	29.018	211,864	136,97	Agricultura, indústria de transformação e pecuária	Sul
	S-2	40.170	182,929	219,59	Indústria, comércio e turismo	Sul
	S-3 e S-4	51.562	336,396	116,77	Pesca e turismo	Sul
Vale do Itajaí	VI-1	17.078	99,424	171,79	Turismo, pesca e agricultura	Litoral Norte
	VI-2	22.386	140,351	159,78	Pesca, agricultura e turismo	Litoral Norte
	VI-3	54.854	430,79	127,33	Indústria	Médio Vale do Itajaí
	VI-4	22.250	336,929	66,04	Agricultura	Alto Vale do Itajaí
	VI-5	12.355	252,884	48,86	Indústria de confecções, beneficiamento de açúcar e cultivo de arroz irrigado	Vale do Itajaí
Norte	N-1	52.765	1.140,39	46,27	Indústria e comércio	Planalto Norte
	N-2	55.313	1.404,03	37,69	Agropecuária e indústria	Planalto Norte
Oeste	O-1	68.621	799,449	85,79	Agroindústria	Meio-oeste
	O-2	21.792	356,316	60,45	Agropecuária e indústria de massas e biscoitos	Oeste
	O-3	25.713	293,279	87,67	Agropecuária e agroindústria	Oeste

Fonte: IBGE (2010); CIASC (2016).

3.5 Visitas Técnicas e Caracterização das ETA

Visitas técnicas foram realizadas à cada ETA durante um mês, com acompanhamento de seus operadores, para analisar os processos de tratamento de água de cada estação, bem como caracterizá-la visando auxiliar nos estudos de tratamento de efluentes posteriores. As visitas técnicas foram realizadas em 4 etapas, sendo cada etapa uma região do Estado visitada, selecionando as estações seguindo critérios de proximidade.

Estas visitas foram realizadas pelo pesquisador em todas as 14 estações selecionadas, com pelo menos uma visita à cada estação. Tinha como objetivo conhecer a estação e coletar amostras dos efluentes. Assim em cada visita técnica foi verificado: análise documental da ETA e observação dos aspectos: vazão de operação, coagulante e demais produtos químicos utilizados, estrutura e destinação final do efluente.

Os dados obtidos foram registrados em planilhas do Excel, e as unidades de tratamento e suas instalações foram fotografadas para comprovar o que foi observado em campo e posterior análise.

Após observar e analisar todos os processos, unidades de tratamento e instalações da ETA foram realizadas as coletas do efluente gerado pela retrolavagem dos filtros e purga dos decantadores.

3.6 Coleta do Lodo e Análises Laboratoriais

Foram realizadas coletas de amostras de lodo nas retrolavagens dos filtros e purga dos decantadores durante as visitas técnicas às ETAs. A realização das coletas não alterou o horário de limpeza padrão dos filtros e decantadores na ETA, sendo realizada de acordo com a rotina de cada estação.

A coleta do lodo proveniente da retrolavagem dos filtros foi realizada após o esvaziamento total de um filtro escolhido aleatoriamente, então inverteu-se o fluxo da água no filtro para realizar sua limpeza e coletou-se com um recipiente aproximadamente 10 litros, no fim da tubulação de saída, do primeiro lodo descartado. Para coletar o lodo sedimentado nos decantadores realizou-se a coleta em um recipiente com aproximadamente 10 litros do lodo inicial descartado, no fim da tubulação de saída do decantador.

Com as coletas realizadas, separou-se 4 litros de forma homogênea, de cada amostra (filtro e decantador) de cada ETA, fazendo posteriormente análise laboratorial. Com base na revisão bibliográfica realizada previamente foram estabelecidos os parâmetros principais para análise da qualidade do lodo de ETA em laboratório.

Os parâmetros analisados e os códigos das metodologias analíticas utilizadas em laboratório para quantificar os parâmetros foram estabelecidos de acordo com o *Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater* (2005).

3.7 Avaliação e Análise dos Dados

A etapa final consiste em avaliar quais os dados relevantes e significativos para o estudo e suas análises e interpretações.

A fim de enquadrar as informações coletadas e organizadas dentro dos objetivos traçados e realizar uma análise qualitativa das estações de tratamento e seus efluentes, decidiu-se não trabalhar com alguns dados quantitativos obtidos como estimativas populacionais, medições de áreas úteis construtivas e de terreno das estações e quantificações de efluentes gerados.

Sendo assim, foi realizado uma análise descritiva com base na literatura relacionado ao tema, observando as particularidades de cada estação e efluente, analisando a aplicabilidade dos indicadores existentes e identificando lacunas e dificuldades no que tange à avaliação do gerenciamento de resíduos sólidos. Esta análise possibilitou propor alternativa de tratamento adequado aos efluentes para as 14 estações de tratamento com recirculação de lodo, de modo a minimizar impactos ambientais.

4 RESULTADOS

4.1 Caracterização das Estações de Tratamento de Água

As Estações de Tratamento de Água avaliadas no trabalho são, em sua totalidade, do tipo Convencional, possuem faixas de vazões instaladas entre 20 e 290 l/s e operam com vazões médias mensais entre 20 e 212 l/s. Observou-se que 6 estações, convencionais ou compactas, operam com vazões acima da capacidade instalada.

Em relação aos coagulantes utilizados, apenas 4 estações utilizam o sulfato de alumínio enquanto que outras 10 utilizam o PAC.

A disposição atual do lodo gerado em quase todas as estações vem sendo o lançamento direto em cursos d'água sem nenhum tratamento prévio, e, na maioria dos casos, o curso d'água é próprio manancial em que a água bruta é captada.

4.2 Caracterização dos Efluentes Gerados

Confrontando os resultados das análises dos efluentes provenientes tanto das lavagens e descargas de filtros como dos decantadores com os encontrados na literatura observou-se que tais resultados se apresentaram semelhantes, uma vez que quase todos os parâmetros se encontram dentro dos intervalos de valores esperados para os efluentes de estações de tratamento de água do tipo convencional (BARROSO, 2001; RICHTER, 2001; ANDREOLI *et al*, 2006)

Porém, ao comparar os resultados de parâmetro entre as estações nota-se algumas discrepâncias de valores, que podem ocorrer devido aos tipos de produtos químicos utilizados, à qualidade do tratamento realizado em cada ETA ou à qualidade da água do manancial a ser tratada.

Observando os resultados em geral, percebe-se que alguns parâmetros indicam que as etapas de tratamento da estação estão operando corretamente. Os decantadores, como função, recebem os flocos maiores e mais pesados diretamente do floculador e é a unidade em que ocorre a produção do efluente mais concentrado, e por isso devem apresentar concentrações mais significativas em relação aos efluentes dos filtros em parâmetros como: Cor Aparente, Demanda Química de Oxigênio, Sólidos Dissolvidos, Suspensos, Sedimentáveis e Totais e Turbidez. Entretanto, são nos filtros que são gerados os maiores volumes de efluentes devido a sua maior frequência de lavagem e descarga.

Uma vez que os efluentes precisam obedecer às condições previstas de lançamento de efluentes em corpos d'água se viu a necessidade de comparar os resultados obtidos com as legislações e resoluções atuais pertinentes.

Sendo assim, para quantificar o quanto o efluente impacta o ambiente ao ser lançado no corpo d'água e em até que quantidades ele pode ser ou não nocivo ao manancial, foram comparados os resultados dos parâmetros com os valores máximos permitidos pela Lei Estadual nº 14.675 de 2009 e pelo padrão de lançamento de efluentes da Resolução CONAMA nº 430 de 2011, encontrados na Tabela 15.

Tabela 2. Limites estabelecidos para lançamento de efluentes em corpos d'água.

Parâmetros	Unidades	Padrão de Lançamento de Efluentes Resolução CONAMA n° 430 de 2011	Padrão de Lançamento de Efluentes Lei n° 14.675 de 2009
Cádmio Total	mg/L	0,2	0,1
Chumbo Total	mg/L	0,5	-
Cobre Total	mg/L	1	0,5
Cromo Total	mg/L	0,1	0,1
Ferro Total	mg/L	15	-
Fluoreto	mg/L	10	-
Manganês	mg/L	1	1
Nitrogênio Amoniacal Total	mg/L	20	-
pH	-----	5,0 a 9,0	6,0 a 9,0
Sólido Sedimentável	mL/L	1	-
Sulfeto	mg/L	1	-
Temperatura	°C	40	-
Zinco Total	mg/L	5	1

Nas Figuras 1 e 2 pode-se observar os valores de pH encontrados na amostra de cada estação.

Figura 1. Resultados de pH obtidos para os efluentes dos filtros.

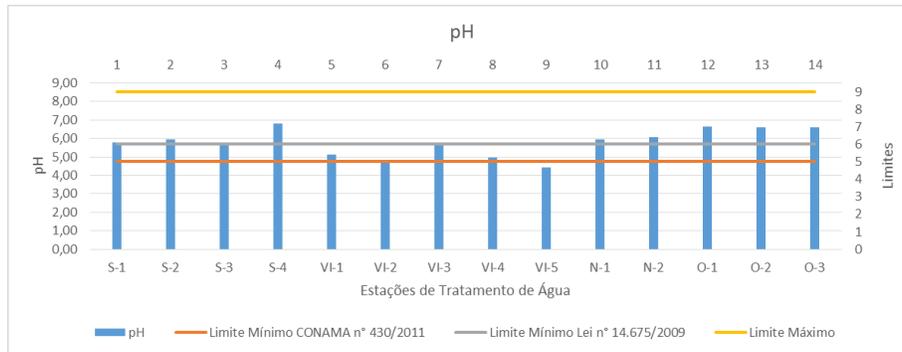
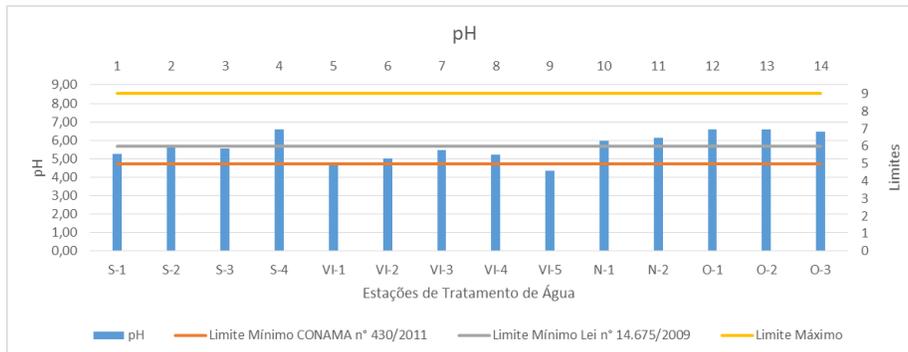


Figura 2. Resultados de pH obtidos para os efluentes dos decantadores.



Da acordo com os limites estabelecidos e citados, observou-se que poucas estações produzem efluentes com pH dentro da faixa tolerável para lançamentos. Ressalta-se então os baixos valores de pH das amostras, em que apenas 5 estações (S-4, N-2, O-1, O-2 e O-3) apresentaram valores maiores que 6, tanto para efluentes de filtros quanto de decantadores.

A alcalinidade não apresentou valores alarmantes, porém, atingiu concentrações mais elevadas na região oeste do Estado.

As Figuras 3 e 4 chamam a atenção à presença de sólidos sedimentáveis que só não se mostrou superior ao permitido em apenas duas amostras (filtros das ETAs S-1 e S-3), sendo a ETA S-4 a que apresentou os maiores valores, 160 vezes acima dos limites estabelecidos. Os demais sólidos também apresentaram valores bastante altos.

Figura 3. Resultados de sólidos sedimentáveis obtidos para os efluentes dos filtros.

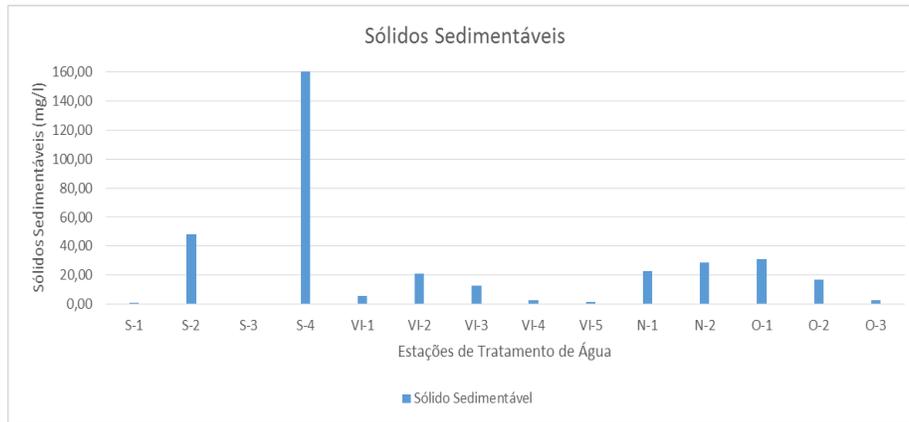
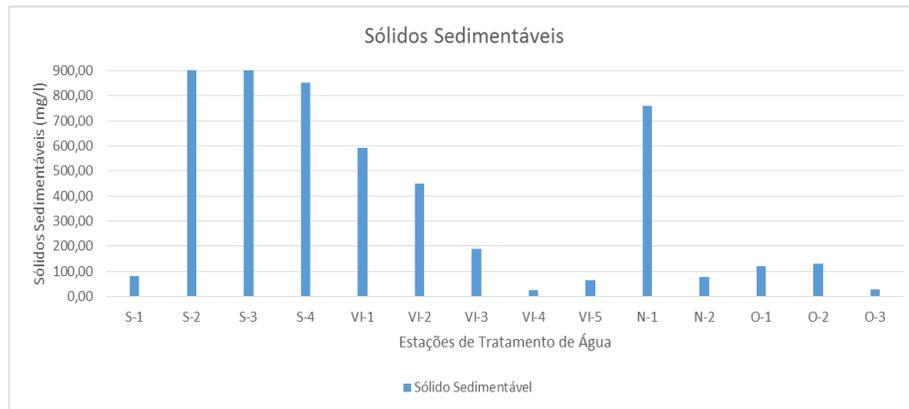


Figura 4. Resultados de sólidos sedimentáveis obtidos para os efluentes dos decantadores.



As altas concentrações de sólidos em suspensão no efluente dos decantadores são as principais responsáveis pelos resultados encontrados de turbidez, por isso, enquanto a turbidez apresentou uma média de 149,13 mg/l nos filtros, nos decantadores a média se mostrou mais de 40 vezes superior, com a ETA VI-1 atingindo 61.440 NTU.

O lodo do decantador apresenta valores médios 10 vezes acima dos encontrados para as águas de lavagem dos filtros, o que confirma o seu maior potencial poluidor e sua maior necessidade de tratamento.

Figura 5. Resultados de coliformes totais e Escherichia Coli obtidos para os efluentes dos filtros.

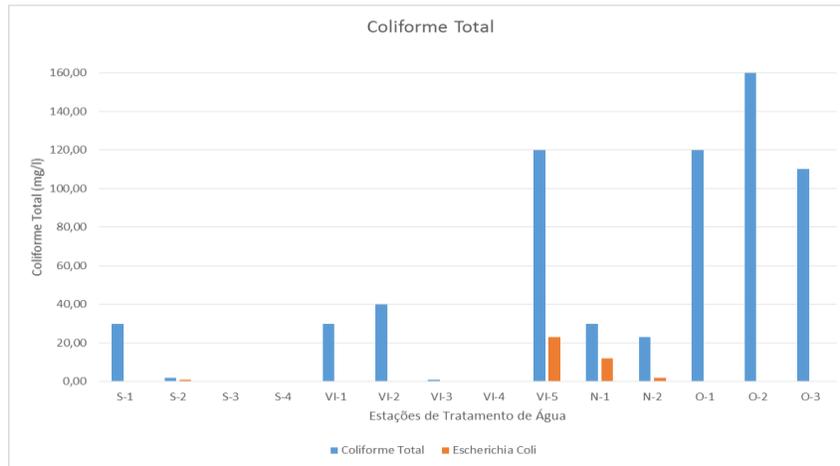
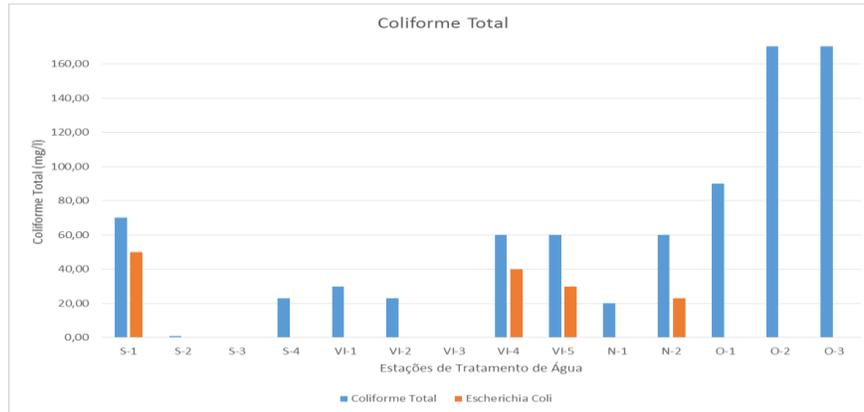


Figura 6. Resultados de coliformes totais e Escherichia Coli obtidos para os efluentes dos decantadores.



As águas de lavagem dos filtros apresentaram ausência de Escherichia Coli em quase todas as análises, com exceção das estações S-2, N-1, N-2 e VI-5, enquanto para os Coliformes Totais somente as estações S-3, S-4 e VI-4 mostraram ausência, como pode ser observado na Figura 5.

A Figura 6 apresenta valores piores para os decantadores, em que apenas a ETA VI-3 não apresenta Coliformes Totais e 10 estações acusaram concentrações de Escherichia Coli.

Constatou-se que apenas 1 amostra dentre todas as 28 detectou a presença de Ovos Viáveis de Helmintos, porém em concentração praticamente nula.

Quanto aos metais, nos filtros quase todas as estações de tratamento apresentaram resultados baixos, quase mínimos em alguns casos, e dentro dos padrões de lançamento de efluentes, com exceção do Ferro na ETA S-4 e do Manganês nas ETA N-1, N-2 e VI-3.

Para os efluentes dos decantadores apenas três estações (VI-4, N-2 e O-2) obtiveram concentrações inferiores aos limites da Resolução do CONAMA no parâmetro Ferro Total. Para o Manganês, citado pelas duas legislações, apareceu com concentrações superiores ao limite em 4 estações na região do Vale do Itajaí e em uma do norte catarinense.

Figura 7. Resultados de alumínio total obtidos para os efluentes dos filtros.

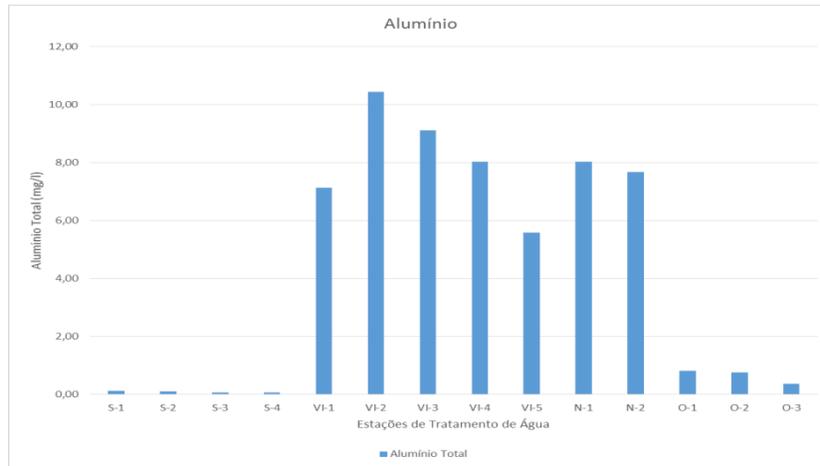
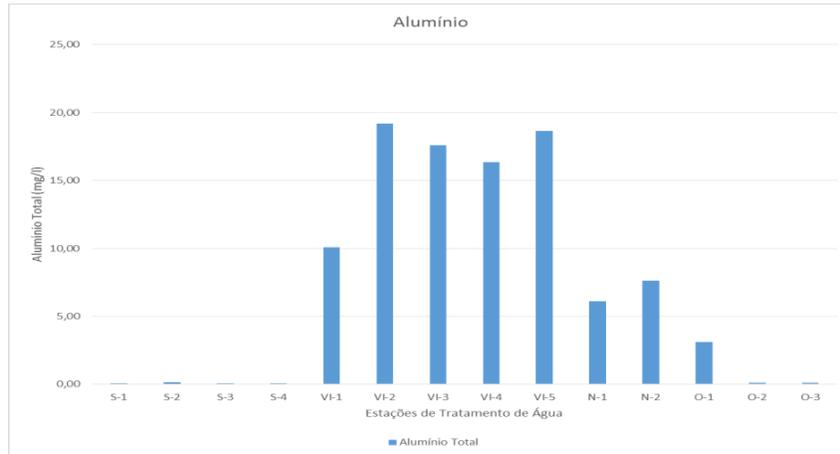


Figura 8. Resultados de alumínio total obtidos para os efluentes dos decantadores.



Nas Figuras 7 e 8, observa-se também a baixa concentração de alumínio nas estações do sul e do oeste de Santa Catarina, enquanto que as demais apresentaram uma média de aproximadamente 13 mg/l.

Demais parâmetros como cádmio, chumbo, cobre total, cromo total, fluoreto, nitrogênio amoniacal total, sulfetos e zinco, com limites máximos para lançamento estipulados pela legislação vigente mostraram-se abaixo dessas concentrações permitidas. A temperatura, por sua vez, por necessitar ser medida no momento da deságua do efluente no manancial não teve suas medições realizadas.

4.3 Identificação de Alternativas de Tratamento de Lodo

No presente estudo se buscou avaliar alternativas que implantem uma Unidade de Tratamento de Efluente (TEF) própria em cada ETA.

No processo de identificação de alternativas de tratamento de lodo adequáveis ao tipo e funcionamento de cada ETA para implantação de unidades de tratamento de lodo, se estabeleceu alguns pontos importantes a se considerar na tomada de decisão, sendo eles:

- Características físico-químicas do efluente gerado;
- Condições topográficas e;
- Condições climáticas.

Considerando que os efluentes se apresentam com concentrações e características diferentes optou-se em tratar os efluentes separadamente. Sendo assim, identificar-se-á uma alternativa de tratamento para as águas de lavagem dos filtros e uma para o lodo dos decantadores.

4.3.1 Tratamento para Águas de Lavagem dos Filtros

Foram descartadas opções de tratamento que não contavam com o reaproveitamento dessas águas e não realizavam a pré-sedimentação. Desta forma identificou-se uma alternativa que visa o seu recalque para a entrada da ETA e se enquadra no que é sugerido na norma técnica.

Como os filtros são limpos diariamente e o volume de efluente gerado em cada limpeza representaria um grande aumento na vazão de entrada da estação torna-se impraticável seu recalque imediato para a entrada da estação juntamente com a água bruta.

Previu-se então a instalação de um tanque único de pré-sedimentação do lodo para todos os filtros onde o lodo denso sedimentará no fundo, e, após sua acumulação, será destinado à futura unidade de desaguamento de lodo da estação. Após o tanque, o efluente clarificado será recalcado com vazão constante ao início do tratamento de água.

O tanque deverá ser dimensionado de acordo com a vazão de projeto da estação e o volume de lodo gerado diariamente para oferecer um tempo de permanência suficiente para a promoção da sedimentação dos sólidos sedimentáveis e em suspensão.

A etapa de deságue do lodo pode ser constituída de vários mecanismos diferentes para realizar a secagem do lodo, como: os filtros prensas, as centrífugas e os leitos de secagem de lodo (CORDEIRO, 2001; RICHTER, 2001; VON SPERLING, 2005; ANDREOLI *et al*, 2006)

Em estações que já possuem essas estruturas, porém estão desativadas, sugere-se realizar reparos para que as mesmas sejam reaproveitadas e utilizadas novamente.

Com os avanços de pesquisas na área e cada vez mais estudos acerca do assunto, o lodo desaguado de ETA vem sendo utilizado cada vez mais para recuperar solos degradados, fabricação de materiais cerâmicos, aplicação em concreto e recuperação de coagulante.

4.3.2 Alternativas de Tratamento para o Lodo dos Decantadores

O tratamento do lodo dos decantadores difere do apresentado para os filtros pela concentração de sólidos no efluente e normalmente não é recomendada sua recirculação do efluente na entrada da ETA.

O volume da descarga de fundo realizada na limpeza dos decantadores não é significativo como da água de lavagem dos filtros porém apresenta grandes carga de sólidos sedimentáveis.

Como a efetividade de processos de desaguamento de lodo está ligada à concentração desses sólidos e sua homogeneidade sugere-se como opção de pré-tratamento a adoção de um tanque de equalização de lodos. O tanque, como função, equalizaria a vazão mantendo os sólido em suspensão através de agitação mecânica para destinar à unidade de secagem um efluente com concentração de sólidos adequada para que o tratamento atinja bons desempenhos.

Uma vez que as normas técnicas não sugerem adotar nenhum tempo de descarga de fundo mínimo, de maneira a auxiliar a manter o percentual alto de sólidos no efluente, recomenda-se realizar descargas de fundo menores nos decantadores, porém, com maior frequência para que apenas a fração mais concentrada do lodo seja retirada.

A fração sólida do lodo resultante da secagem deve ser destinada juntamente com a fração do lodo das águas de lavagem dos filtros à opção de destinação final mais econômica e sustentável.

5 CONCLUSÃO

A metodologia adotada para o levantamento dos dados bem como para a caracterização das Estações de Tratamento de Água e seus efluente se mostraram eficientes e cumpriram os objetivos traçados.

As Estações de Tratamento de Água avaliadas no trabalho são, em sua totalidade, do tipo Convencional e possuem faixas de vazões instaladas entre 20 e 290 l/s. Observou-se que 6 estações, convencionais e compactas, operam com vazões acima da capacidade instalada.

Em relação aos coagulantes utilizados, apenas 4 estações utilizam o sulfato de alumínio enquanto que outras 10 utilizam o PAC.

Por ora, a disposição atual do lodo gerado em quase todas as estações vem sendo o lançamento direto em cursos d'água sem nenhum tratamento prévio, e, na maioria dos casos, o curso d'água é o próprio manancial em que

a água bruta é captada. A ETA N-2 apesar de possuir unidades de tratamento de lodo mantém elas desativadas e também realiza o lançamento direto do lodo no curso d'água.

Algumas exceções são a ETA VI-1 e O-3 que possuem respectivamente uma Lagoa de Decantação operando de forma precária, em que a limpeza é realizada anualmente, e uma ETA compacta, em fase de testes operacionais com leito de secagem e reutilização das águas de lavagem dos filtros.

A caracterização físico-química dos efluentes das Estações de Tratamento de Água confirmou o resultado previsto nas literaturas referência analisadas, superou o limite máximo permitido para lançamento de efluentes das legislações Federais e mostrou que o lançamento direto do lodo no corpo d'água não pode ser realizado sem tratamento prévio.

As alternativas sugeridas para o tratamento dos efluentes das ETAs foram a implantação de um tanque para pré-sedimentação das águas de lavagem dos filtros e um tanque de equalização para o lodo proveniente dos decantadores. Após essas unidades o lodo acumulado no fundo do tanque de pré-sedimentação e o lodo homogeneizado no tanque de equalização seguirão para a etapa de desaguamento do lodo.

De acordo com a revisão bibliográfica realizada previamente, os métodos de desaguamento do lodo poderão ser tanto mecânicos, centrífugas e filtros prensa, como naturais, leitos de secagem. Sendo recomendado o uso de prensa desaguadora por operar com processos em batelada e apresentar um custo menor (KAWAMURA, 2000 *apud* RICHTER, 2001)

Como destinação final do efluente, também levantada na revisão das literaturas, poderá se aplicar o lodo subproduto do desaguamento em aplicações controladas para recuperação de solos degradados, dispor em aterros sanitários industriais e utilizar com uma das matérias-primas na confecção de matérias cerâmicos e concreto.

6 RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Para trabalhos que venham a ser realizados na mesma área, ou com mesmo embasamento técnico, sugere-se:

- Ampliar a coleta de dados que servirá de base para a tomada de decisões, sugerindo-se: vazão de projeto, área do terreno da ETA e volume de lodo gerado;
- Caracterizar a água bruta que entra na ETA, para realizar comparações com os resultados obtidos para o efluente em alguns parâmetros;
- Realizar análise econômica das opções de desaguamento de lodo, para embasar a decisão pela opção com melhor custo-benefício;
- Aprofundar os estudos nas alternativas de disposição final do lodo, para verificar sua viabilidade de acordo com as características físico-químicas do lodo.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREOLI, Cleverson V.; PEGORINI, Eduardo S.; HOPPEN, Cinthya; TAMANINI, Cristina R.; NEVES, Paulo S. Produção, composição e constituição de lodo de estação de tratamento de água (ETA). In: ANDREOLI, Cleverson V. **Alternativas de uso de resíduos do saneamento**. Rio de Janeiro: ABES, 2006, p. 29-48.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004: Resíduos sólidos** – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

BARROSO, Marcelo M.; CORDEIRO, João Sérgio. Metais e sólidos: aspectos legais dos resíduos de estações de tratamento de água. **21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, ABES. João Pessoa, 2001. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/caliagua/brasil/i-064.pdf>.

BITTENCOURT, Simone, SERRAT, Beatriz Mont; AISSE, Miguel Mansur; *et al.* Aplicação de lodos de estações de tratamento de água e de tratamento de esgoto em solo degradado. **Eng. Sanit Ambient.**v.17 n.3 | jul/set, 2012 p. 315-324.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. 292 p.

BRASIL / CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente Resolução **CONAMA N° 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2006, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/>.

BRASIL. **Lei N° 14.675, de 13 de abril de 2009**. Código Estadual do Meio Ambiente. Diário Oficial da União, Brasília, DF.

BRASIL. **Lei N° 9.433 de 8 de Janeiro de 1997**. Política Nacional dos Recursos Hídricos. Diário Oficial da União, Brasília, DF.

CENTRO DE INFORMÁTICA E AUTOMAÇÃO DO ESTADO DE SANTA CATARINA (2016). **Mapa interativo de Santa Catarina**, 2016. Acesso em 20 junho 2016. Disponível em: <http://www.mapainterativo.ciasc.gov.br/>.

COELHO, Hosmanny M. G.; LANGE, Liséte C.; JESUS, Lucas Filipe L.; SARTORI, Matheus R.. Proposta de um Índice de Destinação de Resíduos Sólidos Industriais. **Eng. Sanit Ambient** | v.16 n.3 | jul/set 2011 | 307-316.

CORDEIRO, João Sérgio. Processamento de lodos de estações de tratamento de água (ETAs). In: ANDREOLI, Cleverson V. (coord.). **Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final**. Rio de Janeiro: RiMa, ABES, 2001, p. 119-142.

EATON, Andrew D; CLESCERI, Lenore; RICE, Eugene W; GREENBERG, Arnold E. **Standard methods: for the examination of water & wastewater**. 21 ed. Centennial Edition, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, DEPARTAMENTO DE POPULAÇÃO E INDICADORES SOCIAIS (2008). **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**, 2008. Acesso em 16 abril 2016. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaoodevida/pnsb2008/default.shtm>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, DEPARTAMENTO DE POPULAÇÃO E INDICADORES SOCIAIS (2010). **IBGE Cidades**, 2010. Acesso em 20 abril 2016. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br>.

GONCALVES, Ricardo Franci; BRANDÃO, Janete Teixeira; BARRETO, Elsa Maria Silva. Viabilidade econômica da regeneração do sulfato de alumínio de lodos de estações de tratamento de água. **20 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Rio de Janeiro, 1999.

RICHTER, Carlos A. **Tratamento de lodos de estações de tratamento de água**. 1ª ed. Editora Edgar Blücher LTDA, 2001.

SOUZA, Francis Rodrigues. **Compósito de lodo de estação de tratamento de água e serragem de madeira para uso como agregado graúdo em concreto**. (Tese) Universidade de São Paulo. São Carlos, 2010.

TARTARI, R.; DIAZ-MORA, N.; MODENES, A. N.; PIANARO, S. A. Lodo gerado na estação de tratamento de água Tamanduá, Foz do Iguaçu, PR, como aditivo em argilas para cerâmica vermelha. Parte I: caracterização do lodo e de argilas do terceiro planalto paranaense. **Cerâmica**, n 57, 2011 p. 288-293.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**/Marcos Von Sperling. v. 1, 3 ed. – Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2005.