

## 27º. Encontro Técnico AESABESP

### AVALIAÇÃO DA POSSIBILIDADE DE UTILIZAR O LODO DA ETA EM SUBSTITUIÇÃO AOS PRODUTOS QUÍMICOS USUALMENTE APLICADOS NO CONTROLE DE ODOR

**Daniel Gouveia Tanigushi:** Possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade de São Paulo (2005) e título de Mestre (2007) e Doutor (2013) em Ciências pela mesma universidade. Tem experiência acadêmica nas áreas de Fitoquímica, Ecologia Química, Saúde Ambiental, Engenharia Ambiental, Engenharia Sanitária e Gestão da Inovação. Trabalha na Companhia de Saneamento Básico do Estado de SP desde 2011 e é Professor Titular Doutor no Centro Universitário Monte Serrat desde 2013 ministrando disciplinas sobre saneamento para os cursos de engenharia ambiental e civil.

**Juliana Fernandes Dias:** Formada no curso Técnico em Química (2008) e Técnico em Meio Ambiente (2009) na E.M. 1º de Maio no Guarujá e Graduada em Engenharia Química pela Universidade Santa Cecília (2016). Atuou nos laboratórios de meio ambiente e de controle de qualidade da fábrica de Polioliol/Poliglicol da Dow Brasil Sudeste Ind. LTDA (2009). Atuou como técnica em meio ambiente no Porto de Santos pela Companhia Docas do Estado de São Paulo no monitoramento de áreas em remediação ambiental (2010). Trabalha na Companhia de Saneamento Básico do Estado de SP desde 2011 como técnica em sistema de saneamento no laboratório de controle operacional.

**Nicolas Alvarez Gonzalez:** Engenheiro Civil (1994) e pós-graduado em engenharia sanitária (2002) pela Universidade Santa Cecília. Desde 1991 ininterruptamente gerenciando unidades operacionais e administrativas dentro da SABESP. Experiência administrativa e operacional atuando desde a captação de água, passando pelo tratamento, reservação, distribuição, reparos em redes e adutoras, ligações de água e esgotos, elevatórias de esgoto, coletores e emissários, e tratamento e disposição final dos esgotos. Atualmente gerencia o Departamento de Produção de Água e tratamento de esgotos da Baixada Santista, responsável, dentre outras instalações por 16 estações de tratamento de água, 18 estações de tratamento de esgoto, 56 grandes reservatórios e 250 estações elevatórias de esgoto.

**Wilson Bassotti Filho:** Possui graduação em Tecnologia de Saneamento pela Unicamp (1988), Engenharia Civil pela Universidade Santa Cecília (1992) e pós-graduação em Saneamento pela USP (1997). Trabalha na Companhia de Saneamento Básico do Estado de SP desde 1988, atualmente na Divisão Operacional do Município de São Vicente, possui experiência Gerencial em Instalações de Tratamento e Distribuição de água potável e Sistemas de afastamento e tratamento de esgotos em áreas litorâneas.

**Wanda Maria Risso Günther:** Graduada em Engenharia Civil-IMT (1981) e Ciências Sociais-FFLCH/USP (1986), especialização Engenharia de Saúde Pública (1985), mestrado (1993) e doutorado em Saúde Pública (1998) pela Universidade de São Paulo. Atualmente é professora associada da Faculdade de Saúde Pública/USP, prefeita do Quadrilátero Saúde/Direito da USP, Coordenadora do Programa de Mestrado Profissional Ambiente, Saúde e Sustentabilidade da USP, Coordenadora do Laboratório de Mudanças Climáticas da FSP/USP e do Programa USP Recicla-FSP/USP. Pesquisadora 1D do CNPq. Ministra disciplinas na graduação e pós-graduação, desenvolve pesquisas e orientações na pós-graduação com ênfase em questões de resíduos sólidos, gestão ambiental, saúde ambiental e saúde pública.

#### RESUMO

Os cenários econômico e hídrico aliados às agendas regulatórias e ambientais cada vez mais rígidas, impõe grandes pressões aos prestadores de serviços de saneamento quanto à busca por eficiência, em grande parte focada na redução de custos, e por alternativas à destinação de resíduos gerados no tratamento de água. Neste contexto, este projeto vem estudando a viabilidade da substituição de produtos químicos utilizados no controle de odores nos SES's pelos resíduos ETA's que utilizem coagulantes férricos. Essa possibilidade deve-se à presença de íons de ferro, os quais já são os responsáveis pelo controle odores em métodos tradicionais. Os resultados preliminares confirmam a bases teóricas e vêm demonstram o potencial dessa aplicação, a qual, baseada em princípios químicos relativamente simples, poderá resultar na redução dos custos com destinação de resíduos e com a compra de produtos químicos para controle de odor, no atendimento à política nacional de resíduos sólidos e na possibilidade de ampliação dos sistemas de controle de odor evitando penalizações regulatórias, melhorando a imagem da empresa e agregando valor aos serviços. Alguns passos

complementares são necessários para demonstrar a viabilidade técnica da aplicação, os quais também basearão a análise de viabilidade financeira e a análise de viabilidade ambiental.

**PALAVRAS-CHAVE:** Controle de odor, Destinação de lodo, Valoração de resíduos.

## **INTRODUÇÃO**

Este trabalho visa apresentar as bases técnicas e o desenho experimental do estudo de reaproveitamento de lodo férrico de ETA no controle de odor de sistemas de coleta e afastamento de esgotos, que está sendo desenvolvido no âmbito de Unidade de Negócios da Sabesp na Baixada Santista, bem como seus resultados preliminares.

A busca pelo bem estar social e o reconhecimento internacional do acesso aos serviços de saneamento básico como um direito humano, aliados com a crescente preocupação com a preservação do meio ambiente têm impulsionado a busca pela universalização dos serviços de saneamento básico em todo o país (Madeira, 2010; Salles, 2008). Todavia, a meta da universalização traz consigo grandes e novos desafios, um dos quais, frequentemente citado na literatura e debatido em encontros técnicos, trata da destinação ambientalmente correta dos lodos provenientes das Estações de Tratamento de Água (ETA's) (PROSAB, 2006; LUDUVICE, 1997).

Os sistemas tradicionais de tratamento da água baseiam-se no uso de processos químicos e físicos, envolvendo operações unitárias como a coagulação/floculação, a sedimentação (ou, em alguns casos, flotação), a filtração, a cloração, a correção do pH e a fluoretação, de modo a torná-la um produto em condições adequadas ao consumo humano, primordialmente por separar a água de seus contaminantes sólidos. Qualquer que seja o processo empregado gera resíduos sólidos, os quais constituem os chamados *lodos de ETA*, originados majoritariamente nos decantadores e na etapa de lavagem de filtros. Esses resíduos eram tradicionalmente lançados diretamente em corpos hídricos, prática que passou a ser coibida pela legislação e órgãos de fiscalização ambiental dado o potencial poluidor e impactos que causam no corpo receptor (PROSAB, 1999; PROSAB, 2001, PROSAB, 2006).

Visando à destinação ambiental adequada desse resíduo e à manutenção dos padrões de qualidade ambiental de rios e mananciais, toneladas de lodos produzidos diariamente passaram a ser destinadas aos aterros sanitários, reduzindo a vida útil desses locais e ocasionando elevado custo de gestão para sistemas de saneamento. A disposição de lodo em aterros compete com o serviço de manejo de resíduos sólidos urbanos, uma vez há tendência ao esgotamento das áreas disponíveis, logística e geologicamente propícias para a instalação de aterros (TANIGUSHI, 2013; PROSAB, 2006). Diversos estudos têm sido realizados visando à incorporação desse lodo a uma série de processos como: aplicação como condicionante de solo (CORDEIRO, 1994), incorporação em concreto para recomposição de calçadas (COSTA, 2011) e aplicação como matéria-prima na fabricação de tijolos (DUARTE, 2008). No Brasil, os prestadores de serviços de saneamento básico encontram grande dificuldade de atender às exigências dos órgãos fiscalizadores para implementar essas soluções, as quais além de extrapolar os limites físicos dos prestadores, envolvem *expertises* que muitas vezes não são encontradas em seus quadros técnicos por se afastarem de seus objetivos (*core business*) (SAMPAIO, 2013; PROSAB, 2006).

Mais recentemente, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL, 2010a) trouxe um elemento a mais para motivar a busca por alternativas à disposição de lodo de ETA's em aterros sanitários, quando instituiu que apenas rejeitos<sup>1</sup> poderiam ser dispostos nesses locais. Assim, os lodos de ETA's, enquadrados como resíduos e tendo atualmente a disposição em aterros como a única prática ambientalmente aceitável adotada em grande escala, pode sujeitar os prestadores à penalidade da lei (MMA, 2014).

Por fim, há que se destacar que o custo com a destinação de resíduos é um dos maiores custos envolvidos no processo, podendo representar de 30% a 60% dos custos operacionais das ETA's (SOUZA, 2012; MATTEO E FALANGA, 2007). Nesse contexto, uma solução que envolvesse a utilização desse material dentro do próprio

---

<sup>1</sup> Rejeito: resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada (PNRS, 2010).

negócio poderia ajudar a reduzir substancialmente os custos e a superar dificuldades de ordem técnica das alternativas hoje estudadas.

Outro desafio da gestão do saneamento brasileiro, que embora não novo, apenas recentemente passou a ser focado pelos prestadores de serviços, diz respeito ao controle de odores dos Sistemas de Esgotamento Sanitário (SES's) (RUBIM, 2015; TEODOSIA & MANCUSO, 2003). O odor exalado pelos SES's deve-se principalmente à produção anaeróbia ou facultativa de sulfeto de hidrogênio ( $H_2S$ ) (NUVOLARI, 2003; EPA, 1985). Segundo Metcalf e Eddy (1991), em situações extremas, esses odores ofensivos podem resultar na depreciação dos valores das propriedades, queda na arrecadação de impostos e impactos no comércio local, além de problemas de saúde e de incômodos da comunidade. Ampliação dos SES's na busca pela universalização dos serviços aliada à maior conscientização da população acerca de seus direitos como cidadãos e usuários dos serviços e com o aprimoramento da atuação das Agências Reguladoras, as queixas acerca da emissão de odores pelos SES's tem crescido substancialmente (ARSESP, 2010; LUDUVICE, 1996).

Hoje, há algumas estratégias possíveis para a controle de odor, a aplicação de produtos químicos diretamente nos SES's a alternativa mais empregada (RUBIM, 2015; TEODOSIA & MANCUSO, 2003; LUDUVICE, 1996), o que incide em grande custo ao prestador do serviço. Apesar da não existência de dados publicados sobre os custos isolados desta aplicação, o custos totais com produtos químicos (incluídos os produtos químicos usados nas ETA's e ETE's) estão entre os maiores custos dos prestadores de serviços de saneamento (ADASA, 2010; ASSEMAE, 2007).

Cabe ainda ressaltar que o controle de odor é mundialmente pregado como boa prática não apenas para a manutenção da harmonia com a vizinhança, mas também como elemento de prevenção de danos às redes coletoras de esgoto, uma vez que o  $H_2S$  formado sofre transformações bioquímicas que o converte a ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ), corroendo metais e concretos e comprometendo o sistema de coleta instalado. A Agência de Proteção Ambiental Norte-americana, em seu guia sobre controle de odor e corrosão em SES's, estima que, em 1984, foram gastos US\$ 3,2 bilhões com reparos nessas instalações, em grande parcela devido à geração de  $H_2S$  nas tubulações.

Do cenário de interseção destes dois desafios do saneamento, emerge uma alternativa não estudada na literatura nacional, sendo apenas citada como uma possibilidade não detalhada em um artigo que aborda diversas alternativas para destinação de lodos de ETA's (TSUTIYA, 2001). Mesmo na literatura internacional, há poucos estudos (SUN et al., 2015) e apenas em laboratório (escala de bancada), com a utilização de lodo de ETA's contendo coagulantes férricos para o controle de odor em SES's.

A possibilidade dessa aplicação deve-se à presença de íons férricos e ferrosos no lodo dessas ETA's, empregados devido à propriedade de precipitar o sulfeto presente no esgoto, reduzindo assim o desprendimento desse gás para a atmosfera e, conseqüentemente, o odor exalado pelos SES's (SUN et al., 2015; TSUTIYA, 2001).

Dado esse princípio químico, este projeto visa avaliar o potencial técnico, econômico e ambiental quanto à aplicação de lodo proveniente de ETA's, que utilizam em seu processo coagulantes férricos, para o controle de odor em SES's. Espera-se que, com os resultados obtidos, seja possível reduzir a quantidade de lodo enviada aos aterros sanitários e a utilização de produtos químicos nos atuais sistemas de controle de odor.

Além dos benefícios acima elencados, caso o projeto demonstre resultados positivos, se logrará o atendimento à diretriz que permeia os paradigmas atuais de gestão ambiental e empresarial quanto à valorização dos resíduos, atendendo assim os requisitos da PNRS, o que minimiza a possibilidade de autuações e penalizações. Adicionalmente, a inversão da lógica de “geração de despesa” (com a compra de produto químico) para “redução de despesa” (com a destinação de lodos em aterro sanitários) permite que a utilização de sistemas de controle de odor seja ampliada. Além disso, agrega valor ao serviço de coleta e afastamento de esgoto, o qual poderia ser prestado com menor incômodo quanto ao odor e menor demanda por manutenções devido à corrosão.

## **OBJETIVO GERAL**

Apresentar estudo que está avaliando a viabilidade técnica, econômica e ambiental do reaproveitamento de lodo férrico de ETA, no controle do  $H_2S$  presente nos sistemas de coleta e afastamento de esgotos.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a) Avaliar a composição do lodo de ETA's com potencial para fornecimento.
- b) Avaliar o perfil da formação de sulfeto em potenciais pontos alvo de SES's.
- c) Avaliar, em bancada, a eficiência do uso de lodo de ETA, em comparação a produtos químicos tradicionalmente aplicados, para a diminuição de sulfeto em amostras de esgoto.
- d) Quantificar a potencial economia a ser gerada com a aplicação de lodo de ETA's.
- e) Avaliar a viabilidade técnica e legal da substituição.
- f) Avaliar as alterações estruturais necessárias para a substituição.
- g) Avaliar a viabilidade financeira da substituição.

## **JUSTIFICATIVA**

Hoje os prestadores de serviços de água e esgoto vivem um momento desfavorável tanto no cenário interno quanto externo. Internamente, a crise hídrica que pressiona especialmente a região sudeste, afeta a disponibilidade da principal matéria-prima (água) e leva a uma brutal queda de arrecadação, justamente no momento em que alguns custos se elevam como desdobramento do cenário externo, como a alta do dólar (que impacta no pagamento de financiamentos internacionais, comuns em grandes companhias de saneamento) e os elevados custos das ações de contingência da matriz energética, repassados aos consumidores.

Cenários de crises como este demandam das empresas inovações para superar as dificuldades, o que, invariavelmente, passa por uma visão mais refinada sobre a eficiência. No processo pela busca por eficiência, uma ordem lógica é priorizar os esforços onde existem maiores possibilidades de ganhos, ou seja, nas maiores contas. Dentre essas, encontram-se a conta de material de tratamento e a conta de serviços operacionais, da qual a destinação de lodo representa uma parcela significativa.

O próprio marco regulatório do saneamento, estabelecido pela Lei 11.445/07 (BRASIL, 2007) e regulamentado pelo Decreto 7.217/2010 (BRASIL, 2010b), tem como parte de seus princípios a busca pela eficiência e modicidade tarifária, estabelecendo que deve haver "estímulo ao uso de tecnologias modernas e eficientes, compatíveis com os níveis exigidos de qualidade, continuidade e segurança na prestação dos serviços".

A demanda da sociedade pela qualidade também é cada vez maior e, dentro desse cenário, torna-se cada vez mais imperativo o controle de odor nos processos, reforçado pelos órgãos ambientais que exigem, no processo de licenciamento, que não haja a emissão de substâncias odoríferas que possam ser perceptíveis fora dos limites do empreendimento e causar incômodos ao bem-estar público, considerados como impacto de vizinhança.

Na questão do lodo, além dos desafios econômicos, há também a demanda legal, sobre a qual há muito discute, porém, sem perspectivas concretas de soluções de larga escala, relacionada ao atendimento da PNRS (Brasil, 2010a), que limita o uso de aterros sanitários, hoje a única solução ambientalmente adequada adotada em larga escala para os lodos de ETA, apenas para rejeitos. Assim, a possibilidade de enquadramento dos lodos de tratamento como resíduos impere a busca por alternativas de destinações ambientalmente adequadas e financeiramente viáveis.

## **MÉTODO**

Todo o trabalho será acompanhado de constante revisão bibliográfica a fim de contextualizar os resultados à luz da técnica a ser desenvolvida. A busca bibliográfica será realizada por meio de busca por artigos científicos nos bancos de dados específicos, constantes dos portais: Periódicos Capes e ISIKNOWLEDGE.

Naturalmente, a revisão bibliográfica terá um papel mais relevante, e por isso também, uma maior carga de trabalho, no início do projeto.

A caracterização do lodo de ETA será realizada por meio de análises quanti e qualitativas. Os seguintes parâmetros deverão ser analisados: (1) concentração de  $Fe^{+3}$  e  $Fe^{+2}$ , a fim de se determinar seu potencial de precipitação de  $H_2S$ , (2) todos os parâmetros dos Artigos 18 e 19-A do Decreto Estadual Nº 8.468/76 e dos Artigos 16 e 21 da Resolução CONAMA Nº 430/11. Em conjunto com a caracterização do esgoto, os resultados dessas análises permitirão uma avaliação dos impactos nos processos de tratamento e operação de ETE's decorrentes do lançamento desse material no SES's, bem como subsidiar a análise de requisitos legais dessa aplicação, a qual também deverá ser complementada pela análise dos parâmetros orientados pela Norma ABNT NBR 10.004:2004.

A definição de uma linha base circadiana de  $H_2S$  será efetuada por meio do uso de kits colorimétricos de sulfeto Merck®. Essa linha base, em conjunto com a caracterização do lodo e da estimativa de vazão (que será realizada por meio da vazão nominal das bombas e controle de horímetros), subsidiará a etapa de cálculo estequiométrico para se determinar as dosagens de lodo necessárias para se obter a redução esperada de  $H_2S$ .

Também serão avaliadas estequiometricamente as alterações dos parâmetros do afluente das ETE's após a dosagem de lodo no SES's e alguns de seus potenciais impactos aos processos de tratamento e à qualidade do efluente final. Para tanto, serão avaliados os parâmetros dos Artigos 18 e 19-A do Decreto Estadual Nº 8.468/76 e dos Artigos 16 e 21 da Resolução CONAMA Nº 430/11 dos afluentes e efluentes da ETE que venha a receber a dosagem de lodo em sua bacia de drenagem.

A aplicação será prototipada em escala de bancada antes e após as determinações estequiométricas, a fim de avaliar a remoção de sulfeto da fase líquida em amostras de esgoto. Nessas etapas, as soluções resultantes da mistura amostra e lodo, assim como o sedimento que venha a formar no fundo do recipiente, serão caracterizados quanto ao peso específico para avaliar a possibilidade de sedimentação de resíduos na rede coletora de esgoto, que será feita por meio da aplicação de cálculos de tensão tratativa (NUVOLARI, 2003).

Obtendo-se resultados positivos nas etapas anteriores, será selecionada uma área para teste em escala piloto e elaborado material para solicitar autorização à agência ambiental. Em havendo sinalização positiva, deverá ser preparada a área e instalada a infraestrutura. O sistema deve começar a ser monitorado antes do teste para se estabelecer uma linha de base que demonstre os impactos positivos e negativos da aplicação. Durante o teste deverão ser monitorados: (1) concentração de sulfeto no site alvo, (2) sedimentação na rede, (3) impactos nos processos das ETE's, incluindo impactos quali e quantitativos no lodo e (4) alteração na qualidade do efluente.

Por fim, com base nos resultados dos volumes a serem dosados, do consumo de produtos químicos evitados, dos custos de adequação de infraestrutura e dos impactos nas ETE's e redes coletoras, será calculada a economia possível com a substituição.

## **RESULTADOS PRELIMINARES**

Um sistema de tratamento da água consiste em uma série de subsistemas com a finalidade de remover as partículas finas em suspensão e em solução presentes na água bruta, a fim de que se torne adequada para as necessidades da população (Richter, 1991). No Brasil, os métodos de tratamento de água para abastecimento público são variados, sendo a coagulação/floculação, decantação (ou flotação) e filtração, os processos mais utilizados (PROSAB, 1999). Durante o processo de coagulação são empregados produtos químicos com a finalidade de desestabilizar as partículas coloidais formando flocos, de tamanho suficiente para propiciar sua sedimentação com um baixo período de detenção (Richter, 1991).

Os coagulantes mais utilizados nos tratamentos de água são o sulfato de alumínio e o cloreto férrico. Estes sais, quando dissolvidos, liberam alumínio ou ferro com alta densidade de cargas elétricas, que são contrárias às cargas manifestadas pelas partículas contidas na água bruta, diminuindo o efeito de repulsão entre as partículas de mesma carga e levando à floculação dos sólidos. A decantação é a etapa posterior à coagulação/floculação, onde a água é deixada em repouso para que os flocos formados se depositem no fundo do tanque por meio da ação da gravidade. Essas operações geram uma grande quantidade de lodo.

A dosagem ideal de coagulante é realizada considerando principalmente os valores de turbidez, pH e alcalinidade natural da água ou de alcalinizantes adicionados (Richter, 2001; Di Bernardo et al., 2011). Estes parâmetros são extremamente importantes, pois são decisivos para a etapa da coagulação, a qual pode ser realizada por dois principais mecanismos: i) adsorção e neutralização das cargas negativas das impurezas contidas na água bruta, destacando-se as partículas coloidais, através do precipitado com carga positiva ou de espécies hidrolisadas positivas como o  $\text{FeOH}_2^+$ ; ii) por meio do mecanismo de varredura, intensivamente utilizado nas ETAs em que haja a floculação e a decantação (ou flotação) antecedendo a filtração rápida, onde a presença de excesso de precipitados de ferro [ $\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{p})$ ] causa o emaranhamento das impurezas entre eles, obtendo deste modo, flocos maiores dos quais são obtidos na coagulação por adsorção e neutralização das cargas (Di Bernardo et al., 2011). Considerando-se que o mecanismo de varredura produz flocos maiores e mais facilmente sedimentáveis é o mecanismo mais utilizado, gerando assim um lodo de ETA contendo o excesso de coagulante adicionado juntamente com os precipitados férricos, o que aumenta o potencial desse material para a aplicação pretendida neste trabalho.

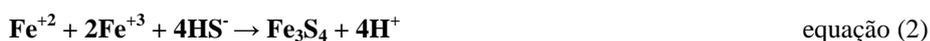
Os resultados preliminares de uma amostra coletada na ETA estudada de fato corroboram a presença de íons de ferro no lodo adensado, o qual apresentou valores de 4541,0 ( $\pm 3959,2$ ) mg/L de ferro insolúvel ( $\text{Fe}^{+3}$  - férrico) e 351,4 ( $\pm 554,0$ ) mg/L de ferro solúvel ( $\text{Fe}^{+2}$  - ferroso).

Os resultados também vêm corroborar a literatura consultada quanto a algumas generalidades esperadas em relação aos lodos oriundos de ETA's que utilizam cloreto férrico como coagulante em seus processos. Como se pode observar na Tabela 1, as características do lodo proveniente de ETA's possuem grande variabilidade, que se deve à variabilidade na qualidade da água bruta a ser tratada e, conseqüentemente, da variação da dosagem dos produtos químicos necessária ao tratamento (PEREIRA, 2011).

**Tabela 1. Características típicas de lodos de sais de ferro. Fonte: Richter, 2001.**

Sólidos Totais (%)	Fe (%)	Voláteis (%)
0,25 - 3,5	4,6 - 20,6	5,1 - 14,1

Para as aplicações tradicionais no controle de odor, sais de ferro são encontrados em soluções contendo de 5 a 12% de ferro ferroso ou ferro férrico (Di Bernardo et al., 2011). De acordo com a EPA (1989) os íons de ferro precipitam o  $\text{HS}^-$  conforme equações (1) e (2)

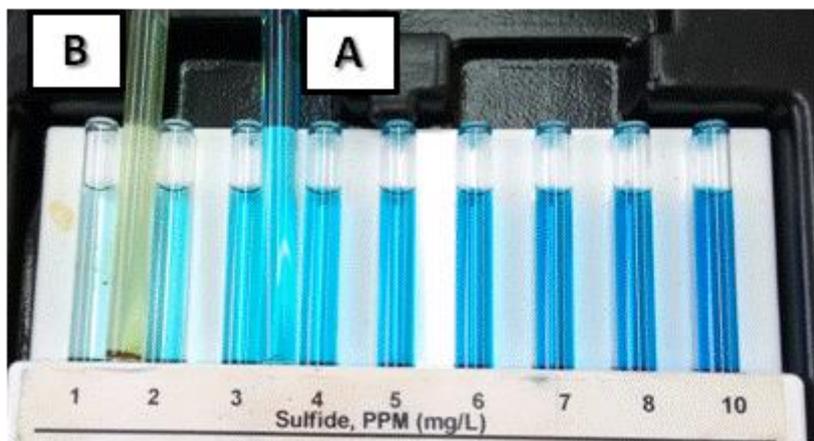


Dessa forma, usando um valor de referência arbitrário de 1 ppm de  $\text{H}_2\text{S}$  no líquido e as maiores concentrações de íons de encontradas, um litro de lodo poderia neutralizar o  $\text{H}_2\text{S}$  de até 589 L de esgoto.

Dentre os métodos para o controle de odor em sistemas de esgotos temos duas importantes vertentes: a inibição de sua geração e a eliminação do  $\text{H}_2\text{S}$  formado. Para a eliminação podemos utilizar a oxidação biológica, oxidação e a precipitação química, sendo esta última realizada por meio da adição de sais metálicos, como os sais de ferro ( $\text{Fe}^{+2}$  e  $\text{Fe}^{+3}$ ). O método da aplicação de produto químico em rede coletora é bastante indicado para áreas metropolitanas onde o tempo de detenção dos esgotos nestas é elevado (LUDUVICE, 1997). Os mais utilizados são os nitratos e os sais metálicos devido as suas vantagens no controle da produção de  $\text{H}_2\text{S}$  e outros gases odorantes. Uma das principais vantagens da adição do nitrato se deve ao fato de bactérias redutoras de sulfato preferirem o nitrato como fonte de oxigênio, reduzindo as concentrações de sulfetos quase a zero. Já o emprego dos metais propicia a sua reação com o sulfeto presente no esgoto formando sulfetos metálicos insolúveis. No entanto, devido à restrição quanto ao uso de metais pesados, os sais ferrosos são os mais utilizados tanto com foco no controle do odor, como no controle de corrosão provocada pela presença de  $\text{H}_2\text{S}$  (LUDUVICE, 1997).

A aplicação pretendida de lodos das ETA's como material para o controle do odor ( $\text{H}_2\text{S}$ ) em substituição aos produtos químicos baseia-se na premissa de que o ferro contido nesse material deverá reagir com o gás sulfídrico produzindo, assim, precipitados férricos levemente solúveis e enxofre elementar, produtos que não apresentam odor desagradável e que permanecem na fase líquida. Essa hipótese é corroborada pelos resultados preliminares com uma solução preparada de  $\text{H}_2\text{S}$  que mostraram a redução de 3 ppm para algo entre 1 e 2 ppm após a aplicação de 1 mL de amostra de lodo de ETA em 100 mL de amostra de efluente. Contudo, como pode

ser visto na Figura 1, a coloração/turbidez do lodo parece interferir na leitura do resultado do teste, fator de deverá ser equacionado durante o projeto, seja alterando diluições, aplicando filtração nas amostras ou mesmo alterando o método de análise de H<sub>2</sub>S.



**Figura 1 - Amostras no gabarito de teste. A - amostra inicial. B - amostra após aplicação de 1 mL de lodo.**

Entretanto, cabe avaliar qual a dosagem necessária para que se obtenha a eficiência esperada de remoção, sem que sejam observados efeitos adversos à qualidade do efluente final e lodos das ETE's, assim como à rede coletora de esgoto.

De acordo com Pereira (2011), os lodos de ETA são característicos por possuírem composição principalmente inorgânica, composta por resíduos removidos da água bruta e pelos produtos químicos utilizados no processo, mas também possuem uma fração orgânica, que atingem valores entre 30 e 10 mg/L de DBO. Contudo, os resultados preliminares deste estudo apontaram uma grande diferença em relação a esses valores da literatura, uma vez que a amostra colhida apresentou DBO de 2.600 mg/L. Naturalmente, como referido anteriormente, espera-se uma variabilidade dos parâmetros físico-químicos (e até biológicos) dos lodos em decorrência da qualidade de água bruta. Mais além, deve-se destacar que o lodo aqui analisado foi aquele oriundo da saída dos adensadores, o que também pode explicar parte dessa variabilidade.

A alta carga orgânica encontrada pode ter desdobramentos positivos ou negativos, pois, de um lado, gera a perspectiva de que a passagem pelos reatores da ETE poderá gerar efeitos desejáveis ao balanço de massa final, por decompor parte dessa fração e assim reduzir o volume final de lodo a ser descartado. Por outro lado, essa carga adicional poderia afetar a eficiência da ETE, o que deve ser devidamente avaliado e torna fundamental as etapas desse estudo que são dedicadas à investigação dos impactos no afluente, processo e efluente das ETE's, apesar de estudos que investigaram o uso de ETE's como locais de destinação e tratamento de lodos de ETA's já apontarem que é possível realizar esse recebimento sem impactos ao tratamento (PEREIRA, 2011; SENA, 2011). Vale destacar que essa prática, também relatada por outros estudos (SUN et al., 2015; PROSAB, 2006), estudou apenas o uso de ETE's como destinação de lodo, com a aplicação do material próximo ou na entrada das estações, ou seja, sem os benefícios para o controle de odor e corrosão aqui almejados.

### **CONCLUSÕES PRELIMINARES**

Os relatos na literatura a cerca da composição dos lodos de ETA's e da capacidade que os íons de ferro possuem em precipitar o enxofre presente no sulfeto confirmam as bases químicas que sustentam a possibilidade da aplicação pretendida do lodo de ETA's no controle de odor de SES's. O projeto também encontra amparo bibliográfico quanto às preocupações iniciais que poderiam inviabilizar essa aplicação, que são os impactos que esse material poderia causar nas ETE's, uma vez que estudos demonstraram que até mesmo o recebimento de grandes volumes de lodo diretamente nas ETE's é possível, não obstante esse projeto não pretenda negligenciar essa fase do estudo.

Os resultados preliminares encontrados com a análise da amostra de lodo também sustentam o potencial quanto à viabilidade técnica dessa aplicação, que tem ainda grande potencial para redução de custos e para o

atendimento às novas agendas ambientais e regulatórias, além de ganhos à qualidade dos serviços e à imagem dos prestadores de serviços de saneamento.

## **RECOMENDAÇÕES**

Diante do problema acima relatado quanto à medição colorimétrica de sulfeto na presença de lodo, deverão ser buscadas ferramentas alternativas para superar essa dificuldade. Neste contexto, os ensaios de sulfeto pelo método de eletrodo de íon seletivo (ISE) e por iodometria sugerem como alternativas a serem avaliadas.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. ADASA - Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal. **NOTA TÉCNICA Nº 002/2010. SRE/ADASA Proposta referente à 1ª Revisão Tarifária Periódica das tarifas dos serviços públicos de abastecimento de água e esgotamento sanitário praticadas pela CAESB.** 2010.
2. ARSESP - Agência Reguladora de Saneamento e Energia do Estado de São Paulo. **Relatório Anual.** 2010.
3. ASSEMAE - **Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento. Avaliação dos custos do controle de qualidade da água para consumo humano em serviços municipais de saneamento.** Brasília: Assemae, 2007.
4. BRASIL. Lei. 11.445 de 05 de janeiro de 2007. **Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico.**
5. BRASIL. Lei 12.305 de 2 de agosto de 2010a. **Política Nacional de Resíduos Sólidos.**
6. BRASIL. Decreto 7.217 de 21 de junho de 2010b. **Regulamenta a Lei no 11.445.**
7. CORDEIRO, João Sérgio. Processamento de lodos de Estações de Tratamento de Água (ETAs). **Resíduos sólidos do saneamento: Processamento, reciclagem e disposição final**, p. 121, 2001.
8. DI BERNARDO, Luiz *et al.* **Tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água.** LDiBe, 2011.
9. DUARTE, A. C. L. **Incorporação do lodo de esgoto na massa cerâmica para a fabricação de tijolos maciços: Uma alternativa para a disposição final do resíduo.** Natal, 2008, 111p.
10. DU, Yao *et al.* Role of iron in H<sub>2</sub>S emission behavior during the decomposition of biodegradable substrates in landfill. **Journal of hazardous materials**, v. 272, p. 36-41, 2014.
11. EPA - US Environmental Protection Agency. **Odor and corrosion control in sanitary sewerage systems and treatment plants.** Noyes Data Corporation, 1989.
12. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (BRASIL). **Manual de saneamento.** Funasa, 2004.
13. LUDUVICE, Mauricio L. *et al.* Controle de odores em estações de tratamento de esgotos. In: **Trabalhos técnicos.** ABES, 1997. p. 9.
14. Madeira, Ferreira R. O setor de saneamento básico no Brasil e as implicações do marco regulatório para a universalização do acesso. **Revista do BNDES**, v. 33, p. 123-154, 2010.
15. MATTEO, GLÁDIS M.; FALANGA, FERNANDO Q. Alternativa Para Desaguamento de Lodo de Estação de Tratamento de Água e Esgoto por Bag'S de Secagem. **37ª Assembléia Nacional da ASSEMAE**, 2007.
16. METCALF & EDDY. **Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery.** McGraw-Hill international ed., 1991.
17. MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Política de Resíduos Sólidos apresenta resultados em 4 anos.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/informma/item/10272-pol%C3%ADtica-de-res%C3%ADduos-s%C3%B3lidos-apresenta-resultados-em-4-anos>>. Acesso em: 15/09/2015.
18. PEREIRA, Vanessa E. **Disposição de lodo adensado de ETA em ETE com tratamento primário quimicamente assistido.** Tese Pós-Graduação, Unicamp. 2011.
19. PIRES, Gilson Teixeira *et al.* ADIÇÃO DE LODO DE ESGOTO DA ETE DO MUNICÍPIO DE JAGUARIÚNA EM TIJOLOS CERÂMICOS: ESTUDO DE VIABILIDADE. **Embrapa Meio Ambiente-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2012.
20. PROSAB - Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. **Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água.** ABES, 1999.
21. PROSAB - Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB). **Resíduos Sólidos do Saneamento: Processamento e Disposição Final.** ABES, 2001.
22. PROSAB - Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB). **Usos Alternativos de lodos de estações de tratamento de água e estações de tratamento de esgoto.** ABES, 2006.

23. RICHTER, Carlos A. **Tratamento de lodos: de estações de tratamento de água**. Edgard Blucher, 2001.
24. RIBEIRO, Ana Clara Torres. **Rio-metrópole: a produção social da imagem urbana. 1988. 2 v.** Tese de Doutorado.
25. RUBIM, Cristiane. A questão do odor é nova ainda no Brasil. **Revista TAE**, 25, 2015.
26. SALLES, Maria J. **Política Nacional de Saneamento: percorrendo caminhos em busca da universalização**. 2008. Tese de Doutorado.
27. SAMPAIO, Américo de O. Afinal, queremos ou não viabilizar o uso agrícola do lodo produzido em estações de esgoto sanitário? Uma avaliação crítica da Resolução CONAMA 375. **Revista DAE**, 193, 2013.
28. SENA, Helvécio Carvalho de. **Recebimento de lodo de ETA em ETE por lodo ativado operando com mídia plástica no tanque de aeração (MBBR)**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
29. SOUZA, Weverton Gesiel de. **Pós-secagem natural de lodos de estações de tratamento de água e esgoto sanitários**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
30. SUN, Jing et al. Feasibility of sulfide control in sewers by reuse of iron rich drinking water treatment sludge. **Water research**, v. 71, p. 150-159, 2015.
31. LILIAMTIS, Teodosia Basile; MANCUSO, Pedro Caetano Sanches. A geração de maus odores na rede coletora de esgotos do município de Pereira Barreto: um problema de saúde pública. **Saúde e Sociedade**, v. 12, n. 2, p. 86-93, 2003.
32. TANIGUSHI, Daniel Gouveia. **Avaliação dos ganhos de escala e escopo na eficiência da prestação dos serviços de saneamento básico segundo dados do SNIS**. 2013. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
33. TSUTIYA, Milton Tomoyuki; HIRATA, Angélica Yumi. I-025–APROVEITAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL DE LODOS DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 2001.
34. ZHANG, Lehua *et al.* Chemical and biological technologies for hydrogen sulfide emission control in sewer systems: a review. **Water research**, v. 42, n. 1, p. 1-12, 2008.