

# IMPACTO DO CONSUMO DESCONTROLADO DE ÁGUA NA PRODUÇÃO DE RESÍDUOS EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA. ESTUDO DE CASO: ETA-ITACOLOMI, OURO PRETO (MG)

IMPACT OF UNCONTROLLED WATER CONSUMPTION ON WASTE PRODUCTION IN A WATER TREATMENT PLANT. CASE STUDY: ITACOLOMI-WTP, OURO PRETO (MG)

## *Jackson de Oliveira Pereira*

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Doutor em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Professor Adjunto do Departamento de Tecnologia em Engenharia Civil, Computação e Humanidades da Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ) – Ouro Branco (MG), Brasil.

## *Sheila Bárbara Ferreira Silva*

Engenheira Civil pela UFSJ. Técnica em Meio Ambiente e Mineração, Tecnóloga em Gestão da Qualidade pelo Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG) – Ouro Branco (MG), Brasil.

## *Patrícia Cristina de Faria*

Engenheira Civil pela UFSJ. Mestranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Ouro Preto (PROPEC/UFOP) – Ouro Branco (MG), Brasil.

## *Tallita Tostes da Costa*

Engenheira Ambiental pela UFOP. Mestre em Geotecnia pela UFOP. Técnica de Meio Ambiente pelo IFMG – Ouro Branco (MG), Brasil.

## *Viviane das Graças*

### *Rodrigues Pires*

Química Industrial e Administradora Pública pela UFOP. Mestre em Engenharia Ambiental pela UFOP. Coordenadora do Serviço Municipal de Água e Esgoto de Ouro Preto (SEMAE) – Ouro Branco (MG), Brasil.

### **Endereço para correspondência:**

Jackson de Oliveira Pereira – Universidade Federal de São João del-Rei – Campus Alto Paraopeba (DTECH/UFSJ/CAP) – 36420-000 – Ouro Branco (MG), Brasil – E-mail: jackson@ufsj.edu.br

## *RESUMO*

O presente trabalho avaliou a produção de resíduos na Estação de Tratamento de Água (ETA) Itacolomi (Ouro Preto, MG), com ênfase nas suas condições operacionais. A ETA opera em condições de sobrecarga para garantir o abastecimento de água da população, diante do consumo descontrolado, já que o município não possui hidrômetros para medição do consumo, sendo cobrada apenas uma tarifa operacional básica. A produção de resíduos foi avaliada em termos volumétricos e em massa durante 75 dias, a partir da medição dos volumes gastos na lavagem dos filtros e dos decantadores da ETA e das concentrações dos parâmetros turbidez, cor, sólidos totais (ST), sólidos voláteis totais (STV), demanda química de oxigênio (DQO). Os resultados da produção de lodo observados foram de 73,45 m<sup>3</sup>/dia (em termos volumétricos) e de 32,10 kgST/dia (em massa). A análise dos dados revelou que as condições de sobrecarga ocasionam uma geração de resíduos 73% superior ao que seria observado caso o consumo de água fosse controlado.

**Palavras-chave:** tratamento de água; resíduos do tratamento de água; condições operacionais.

## *ABSTRACT*

This study evaluated the waste production in the Itacolomi Water Treatment Plant (WTP) (Ouro Preto, MG), emphasizing its operational conditions. The WTP operates in overload conditions to guarantee the water supply to the population due the uncontrolled consumption, seen as the municipality does not have hydrometers to measure the water consumption, with only a minimum operating cost being charged. The volume and the mass of the waste were evaluated during 75 days, from the measurement of the volumes of water spent on washing the filters and settlers of the WTP, and the concentrations of the parameters turbidity, color, total solids (TS), volatile total solids (VTS) and chemical oxygen demand (COD). The volumetric production of sludge observed was 73.45 m<sup>3</sup>.day<sup>-1</sup> and, in terms of mass of TS, was 32.10 kgTS.day<sup>-1</sup>. The data analysis revealed that the overload conditions cause a waste production 73% greater than what would be observed if the water consumption was controlled.

**Keywords:** water treatment; water treatment wastes; operational conditions.

## INTRODUÇÃO

O tratamento de água para consumo humano constitui uma das principais e mais importantes medidas de controle ambiental para preservação da saúde, refletindo em benefícios sociais de elevada magnitude. Contudo, o processo de potabilização da água tem como impactos negativos a geração de resíduos, oriundos da remoção dos contaminantes presentes na água e da adição de produtos químicos.

No Brasil, a maioria das estações de tratamento de água (ETAs) emprega o tratamento convencional (ou ciclo completo) que gera resíduos na lavagem dos decantadores (ou flutadores), nos filtros e, em menor parte, nos tanques de preparação de soluções e suspensões de produtos químicos (CORDEIRO, 1999). Esses resíduos podem apresentar quantidades significativas de metais como alumínio, ferro, manganês, entre outros; altas concentrações de sólidos; turbidez e demanda química de oxigênio (DQO), e comumente são dispostos nos cursos de água a jusante das ETAs. 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, 2007).

Apesar disso, conforme relatado por Cordeiro (1999), no Brasil, tradicionalmente, a maior preocupação tem sido em relação aos resíduos gerados em estações de tratamento de esgoto (ETEs) e pouco tem sido discutido sobre resíduos provenientes de estações de tratamento de água para consumo humano. Tal observação pode ser confirmada pela existência de legislações no âmbito federal para lançamento de efluentes, Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005), e disposição e reuso de lodo de esgoto, Resoluções nº 375 e nº 380 (BRASIL, 2006, 2010), enquanto inexistem legislações específicas sobre os resíduos do tratamento de água. As únicas referências legais são a NBR 10.004 (ABNT, 2004), que classifica o lodo de ETA como resíduo sólido; a Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº 12.305/2010, que define o resíduo sólido com um material que, devido as suas particularidades, não deve ser lançado na rede de esgoto ou nos cursos d'água (BRASIL, 2010); e a Lei dos Crimes Ambientais nº 9.605/1998, que trata o lançamento irregular desses resíduos como passível de punição civil, administrativa e criminal.

No Estado de Minas Gerais, em um levantamento realizado pelo Ministério Público (2009) em 175 municípios, verificou-se que 87% das ETAs lançam seus resíduos nos corpos d'água. Tal levantamento levou o Conselho de Política Ambiental do Estado de Minas Gerais (COPAM) a publicar, no ano seguinte, a Deliberação Normativa nº 153, de 26 de julho 2010 (MINAS GERAIS, 2010), que convocou os municípios para a regularização ambiental de sistemas de tratamento de água com capacidade de produção superior a 20 L/s, estabelecendo prazos para regularização ambiental das ETAs e suas unidades de tratamento de resíduos (UTRs), condicionando, dessa forma, a necessidade de implantação das UTRs. A referida deliberação foi republicada em 21 de fevereiro de 2013, estendendo os prazos previstos em 2010, durante a reunião da Câmara Normativa e Recursal do Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) de 2016 para 2020 (dependendo da capacidade de produção da ETA). Essa prorrogação teve como um de seus argumentos a necessidade de os operadores das ETAs fazerem o levantamento de dados quantitativos e qualitativos dos resíduos gerados em suas unidades, na busca de tecnologias viáveis e apropriadas para essas UTRs (ABES, 2013).

O lodo de ETAs é basicamente constituído de 95% de água e cerca de 5% de sólidos, e a quantidade e a qualidade do lodo gerado dependerão da tecnologia de tratamento empregada, da qualidade da água bruta, dos tipos de produtos químicos utilizados e das dosagens empregadas, além da forma e da frequência de limpeza dos filtros e dos decantadores. De uma maneira geral, o lodo produzido nos decantadores (LD) apresenta um resíduo mais concentrado, com aspecto mais característico de resíduo sólido, enquanto as águas de lavagens de filtros (ALFs) apresentam características semelhantes às de um efluente líquido, devido ao maior volume de água gasto na lavagem dos filtros e a baixa concentração de sólidos.

Embora as características químicas e biológicas sejam importantes no que diz respeito à disposição final, a avaliação de impactos ambientais e o reaproveitamento do lodo, no caso do dimensionamento de uma UTR, a produção volumétrica, a produção em massa e o teor de sólidos são mais importantes, pois esses parâmetros irão condicionar o porte das instalações, já que o tratamento consiste basicamente no desaguamen-

to e adensamento do lodo (AWWA/ASCE/EPA, 1996). Por essa razão, a implantação de uma UTR requer o conhecimento da produção de lodo na estação, e, sobre esse aspecto, existem poucas informações na literatura. Ademais, os resultados disponíveis, muitas vezes, não são comparáveis, pois a quantidade de lodo gerada depende das condições operacionais da ETA.

Sobre esse aspecto, o presente trabalho analisou a produção de resíduos na principal estação de tratamento de água do município de Ouro Preto (MG) (ETA-Itacolomi), que opera em condições de sobrecarga. Tal condição peculiar, que pode ser observada em muitos municípios brasileiros, deve-se à inexistência de hidrômetros para medição do consumo das economias, o que propicia o consumo descontrolado da população e faz com que a ETA tenha de produzir um volume de água

superior à sua capacidade nominal para que não haja o desabastecimento. O município pratica apenas a cobrança de uma tarifa única para todos os usuários, denominada de taxa operacional básica (incluída na cobrança do IPTU), pelos serviços de abastecimento de água. Essa prática tem como impactos negativos:

1. a maior demanda de água dos mananciais, devido ao desperdício no consumo;
2. a maior geração de resíduos, devido às maiores vazões produzidas;
3. e a baixa qualidade na operação e manutenção, já que a receita gerada não garante a sustentabilidade do sistema.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Estação de Tratamento de Água de estudo

O estudo foi realizado na ETA-Itacolomi, operada pelo Serviço Municipal de Água e Esgoto (SEMAE) de Ouro Preto, durante o período de 22 de outubro a 15 de janeiro de 2014. A ETA é do tipo convencional, composta das unidades de coagulação/mistura rápida do tipo hidráulica (calha Parshall); floculador do tipo Alabama,

dividido em duas linhas de floculação em paralelo; dois decantadores convencionais em paralelo, com descarga de lodo por gravidade através de uma descarga de fundo; cinco filtros descendentes autolaváveis e um tanque de contato. As características de projeto das unidades componentes são apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1 – Principais características dimensionais e de projeto da Estação de Tratamento de Água – Itacolomi.**

Unidade	Quantidade	Dimensões de cada unidade	Parâmetros de projeto	TDH
Mistura rápida/coagulação	1 unidade	Largura da garganta: 6" (15,2 cm)	Gradiente 1236 s <sup>-1</sup>	0,43 s
Floculador	2 linhas Cada linha com 13 câmaras em série	8 câmaras (C x L x A)=1,10 x 0,92 x 1,80 m), seguidas de 5 câmaras (C x L x A)=1,10 x 1,56 x 1,80 m	Gradiente 70–10 s <sup>-1</sup>	20 min
Decantador	2 unidades	(C x L x A)=5,00 x 13,15 x 3,50 m	Taxa de aplicação 33 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> d	2,41 h
Filtro	5 unidades	(C x L x A)=3,05 x 1,90 x 1,90 m Leito filtrante: 0,11 m de pedregulho e 0,63 m de areia	Taxa de aplicação 150 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> d	–
Tanque de contato	1 unidade	(C x L x A)=3,20 x 10,30 x 2,19 m	-	24,1 min

TDH: tempo de detenção hidráulica.

A ETA-Itacolomi, inaugurada em 27 de setembro de 1992, foi projetada para uma vazão nominal de 50 L/s. A captação é realizada com barragem de regularização de nível no Córrego Teixeira, cuja bacia de drenagem situa-se no Parque Estadual do Ita-

### Condições operacionais

Embora a vazão nominal da ETA seja de 50 L/s, a produção de água tratada situa-se entre 86 L/s durante a estação seca, e de 92 L/s na estação chuvosa (correspondendo a um acréscimo de 84%), para que não haja o desabastecimento, diante do consumo descontrolado da população e do elevado índice de perdas. A população servida pela ETA corresponde a 50% da população urbana (cerca de 31.000 habitantes) do município, o consumo *per capita* é aproximadamente de 250 L/hab.dia, atingindo picos de 600 L/hab.dia (no Carnaval), e estima-se que o sistema apresenta perdas de água da ordem de 50%. A título de referência, a quota *per capita* média do Estado de Minas Gerais é de 149 L/hab.dia; caso houvesse a

colomi (unidade de conservação criada em 1967). O coagulante empregado é o cloreto de polialumínio (CPA), porém, devido à qualidade da água bruta, especialmente na estação seca, seu uso é muitas vezes dispensado.

micromedição e o consumo estivesse próximo do valor médio do Estado, a vazão média de produção da ETA-Itacolomi seria de 53 L/s (praticamente o seu valor nominal). Assim, o efeito das condições de sobrecarga na produção de lodo foi estabelecido comparando-se a produção observada nas condições em que a ETA opera atualmente em relação à produção esperada caso a ETA operasse com sua vazão nominal de 50 L/s.

No período de estudo (outubro de 2013 a fevereiro de 2014), a ETA operou com vazão variando no intervalo de 81 a 92 L/s e os parâmetros de operação das unidades componentes da ETA-Itacolomi apresentaram valores conforme a Tabela 2.

**Tabela 2 – Condições operacionais da Estação de Tratamento de Água Itacolomi no período de estudo.**

Unidade	Parâmetros de operação	TDH
Mistura rápida/coagulação	Gradiente: 1.366–1.444 s <sup>-1</sup>	0,40–0,41 s
Floculador	Gradiente: >70→10 s <sup>-1</sup>	10–13 min
Decantador	Taxa de aplicação: 53,2–60,5 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> d	1,38–1,48 h
Filtro	Taxa de aplicação: 167,7–171 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> d Carreira de filtração: 24 h	–
Tanque de contato	–	13,1–14,8 min

TDH: tempo de detenção hidráulica.

## AMOSTRAGEM E MONITORAMENTO

### Água bruta

As análises da qualidade da água bruta foram realizadas pelo SEMAE, que disponibilizou as informações para a realização do presente trabalho. Para água bruta, foram realizadas as análises de rotina operacional, como turbidez, cor

aparente, pH, entre outros. No entanto, no presente trabalho são apresentados apenas os resultados de turbidez, que constitui o parâmetro de maior interesse para quantificação da produção de lodo.

### Água de lavagem dos filtros

As ALFs foram monitoradas coletando-se uma amostra dos cinco filtros durante o processo de retrolavagem, com

o auxílio de um balde e uma corda. Objetivando coletar a ALF no momento em que ela possuísse as maiores con-

centrações de sólidos, praticou-se a retirada das amostras 60 s do início da lavagem dos filtros, de acordo com recomendações de Souza Filho & Di Bernardo (1998). As alíquotas de cada filtro eram misturadas de maneira a compor uma amostra representativa do lodo produzido nos cinco filtros. Os volumes gastos nas lavagens foram estabelecidos a partir da medição do tempo e da vazão de retrolavagem de 1,8 m<sup>3</sup>/min.

### Lodo do decantador

As amostras do lodo do decantador foram coletadas durante a descarga completa da unidade, em diferentes níveis de água, conforme detalhado na Tabela 3. O volume de água gasto correspondeu, portanto, ao próprio volume do decantador, acrescido de cerca de 6 m<sup>3</sup> gastos na lavagem das paredes do decantador. As amostras coletadas em diferentes níveis foram analisadas segundo os parâmetros ST, STF, STV e DQO. Durante o período do estudo, em função da impossibi-

As análises de turbidez e cor aparente da água de lavagem dos filtros também foram realizadas pelo SEMAE, e as demais análises para avaliação da produção de lodo nos filtros, ST, STF, STV e DQO, no laboratório de Saneamento da Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), de acordo com os procedimentos do *Standard Methods of Examination of Water and Wastewater* (AWWA/APHA/WEF, 2012).

lidade de se retirar os dois decantadores de operação simultaneamente, um dos dois decantadores foi lavado exatamente no início (22 de outubro de 13) e no final do estudo (15 de janeiro de 2014), para permitir a análise da produção de lodo nessa unidade. A quantificação da produção total de lodo dos decantadores foi obtida adotando-se o valor correspondente ao dobro da produção observada no decantador analisado.

Tabela 3 – Detalhes da amostragem do lodo dos decantadores.

Ponto	Profundidade útil do decantador (m)	Profundidade da calha de fundo decantador(m)	Volume de influência (m <sup>3</sup> )	Análise visual (identificação da amostra)
1	0,00–1,75	-	115,06	Sobrenadante
2	1,75–3,40	–	108,49	Transição do sobrenadante para o lodo de fundo
3	3,40–3,50	–	6,58	Lodo de fundo
4	–	0,00–0,50	6,58*	Lodo de fundo com água de lavagem das paredes do decantador

\*Volume correspondente à calha de descarga do lodo ao fundo do decantador: dimensões (C x L x A)=13,15 x 1,0 x 0,5 m.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Turbidez da água bruta

No gráfico da Figura 1, que apresenta as variações temporais dos valores médios diários de turbidez da água bruta, observa-se que, em 74% do tempo, os valores da turbidez foram da ordem de 1,0 UNT, estando muito próximos do valor de 0,5 UNT estabelecido pela Portaria nº 2.914/2011 para água tratada. Apenas nos dias de chuva intensa, 4º dia operacional, e durante o período compreendido entre o 55º e 64º dias de moni-

toramento foram observados valores de turbidez mais elevados, com um máximo de 11 UNT.

Embora o período de realização do presente estudo tenha sido durante a estação chuvosa, as chuvas foram pouco frequentes nesse período, como em quase toda região Sudeste do país, o que explica os baixos valores de turbidez ao longo do período de monitoramento. Além disso,

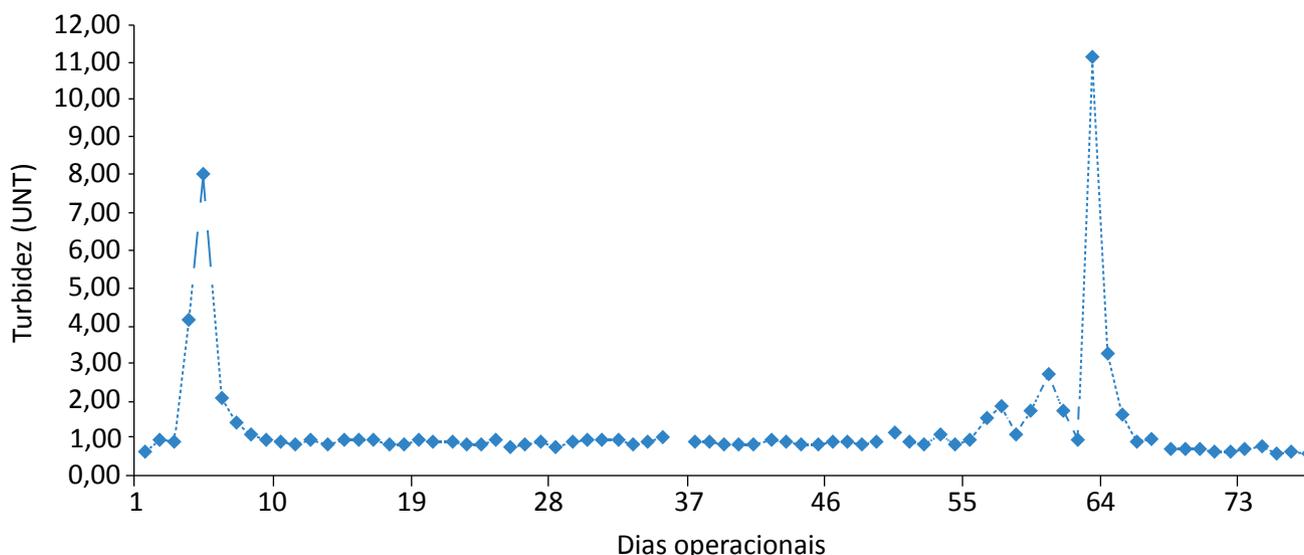


Figura 1 – Turbidez da água bruta ao longo do período de monitoramento.

como a captação é realizada em manancial protegido, os baixos valores de turbidez da água bruta são comuns no Sistema Itacolomi. Essas condições permitem, inclusive, que o emprego de coagulantes seja dispensando (em especial nos períodos de seca, quando a turbidez

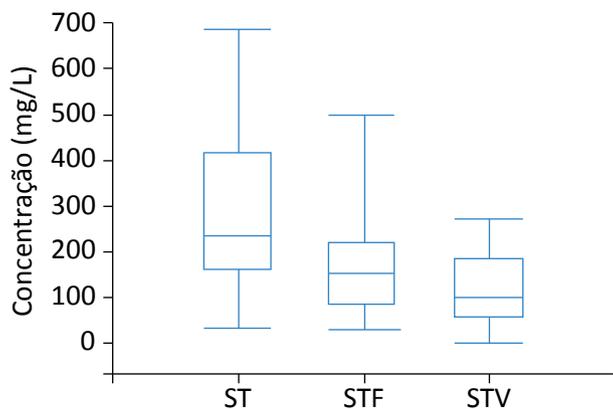
da água bruta é baixa), o que contribui para a redução da produção de resíduos, já que não há a inserção da massa desses coagulantes na água. Assim, uma elevada produção de lodo não é esperada na ETA-Itacolomi.

## Caracterização do lodo

### Filtros

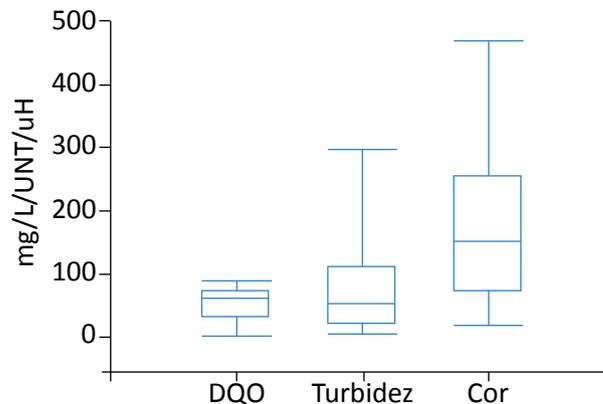
As características qualitativas do lodo produzido nos filtros em termos de ST, STF, STV, turbidez, cor

aparente e DQO são apresentadas nos gráficos das Figuras 2 e 3. As concentrações medianas de sólidos



ST: sólidos totais; STF: sólidos totais fixos; STV: sólidos voláteis totais.

Figura 2 – Gráfico *Box-Plot* das concentrações de sólidos totais, sólidos totais fixos e sólidos voláteis totais da água de lavagem de filtros.



DQO: demanda química de oxigênio.

Figura 3 – Gráfico *Box-Plot* dos valores de demanda química de oxigênio, turbidez e cor aparente da água de lavagem de filtros.

totais (ST), sólidos totais fixos (STF) e sólidos totais voláteis (STV) foram, respectivamente, de 302, 182 e 120 mg/L, resultando em percentual 39,7% de sólidos voláteis e 60,7% de sólidos fixos. Esses resultados revelam uma baixa fração de sólidos orgânicos que comumente se observa em lodos de ETAs. As variações das concentrações de ST foram de 36 a 685 mg/L, 23 a 491 mg/L para STF e de 13 a 270 mg/L para STV. No gráfico da Figura 3, que apresenta os resultados de DQO, turbidez e cor aparente da ALF, observa-se que esses parâmetros variaram, respectivamente, no intervalo de 1 a 89 mgDQO/L, com valor mediano de 51 mgDQO/L; de 4 a 297 UNT, com valor mediano de 110 UNT; e de 17 a 469 uH, com valor mediano de 172 uH. Os valores observados estão em conformidade com os intervalos de valores relatados na literatura: de 88 a 772 mgST/L, de 3 a 150 mgDQO/L, de 58 a 274 UNT e de 200 a 2.690 UH de cor (SCALIZE & DI BERNARDO, 1999; DI BERNARDO *et al.*, 2002; RIBEIRO, 2007).

Scalze (2003) cita que o emprego da lavagem do filtro mais sujo da bateria em cada turno de trabalho, baseado

### Decantador

As amostras do decantador foram coletadas ao final do período de monitoramento, durante a operação de lavagem, conforme a metodologia descrita. A Tabela 4 apresenta os resultados das concentrações de ST, STF, STV e DQO, analisadas em diferentes alturas durante a descarga do decantador (amostras 1, 2, 3 e 4).

Com relação a esses resultados, observa-se que as características do sobrenadante do decantador são semelhantes às da água de lavagem dos filtros (amostra 1), enquanto, ao fundo, essas concentrações são mais elevadas (amostras 2, 3 e 4). Ainda,

em questões operacionais, origina resíduos menos concentrados e, devido ao maior número de vezes que são lavados, um maior volume de água. No caso da ETA-Itacolomi, de uma maneira geral, os filtros são lavados a cada 24 horas, em diferentes turnos, porém, normalmente o critério que condiciona a necessidade de lavagem dos filtros é a perda de carga no leito filtrante. Sobre esse aspecto, parece contraditório que em uma água bruta com baixa turbidez, em que as dosagens de produtos químicos muitas vezes são dispensadas, o tempo de carreira seja de apenas 24 horas. No entanto, a explicação para a colmatação dos filtros e a maior geração de lodo em um curto espaço de tempo reside nas condições de sobrecarga operacional às quais a ETA está submetida. Isso porque, como ela chega a operar com vazões de 81 a 92 L/s, as etapas de floculação de decantação ficam prejudicadas (maiores gradientes de floculação e elevada taxa de aplicação nos decantadores) e a remoção da turbidez passa a ocorrer principalmente nos filtros, o que leva à sua rápida colmatação. Ademais, os filtros operam com taxas de filtração de 245 a 275 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia, correspondendo a sobrecargas de 63 a 83% em relação à taxa de projeto.

após o completo esgotamento do decantador, a adição de água para lavagem de suas paredes resultou em uma ligeira diluição do lodo.

Em termos de ST, o lodo apresentou concentrações variando de 0,048 a 0,49%, podendo ser considerado um lodo pouco concentrado, o que pode ser explicado pelos baixos valores da turbidez da água bruta afluente a ETA-Itacolomi e pela não adição de coagulante durante grande parte do ano. Além disso, o curto tempo de acumulação e a sobrecarga operacional do decantador (propiciando condições inapropriadas para uma decantação mais efi-

**Tabela 4 – Características físico-químicas do lodo do decantador.**

Ponto	Profundidade útil do decantador(m)	Profundidade da calha de fundo decantador (m)	ST (mg/L)	STF (mg/L)	STV (mg/L)	STV/ST (%)	DQO (mg/L)
1	0,00–1,75	–	488	348	140	29,1	85
2	1,75–3,40	–	2.927	2.128	798	27,2	411
3	3,40–3,50	–	4.954	3.598	1.357	27,4	1726
4	–	0,00–0,50	4.581	3.352	1.229	26,8	1.658

ST: sólidos totais; STF: sólidos totais fixos; STV: sólidos voláteis totais; DQO: demanda química de oxigênio.

ciente) podem ter propiciado um baixo acúmulo de lodo. De acordo com Andreoli *et al.* (2006), esses valores comumente situam-se entre 0,1 e 4%. Pelas mesmas razões, os valores de DQO, que variaram entre 85 e 1.726 mg/L, também podem ser considerados baixos, já que os valores reportados na literatura indicam variações de 30 até 15.800 mg/L (CORDEIRO, 1999). Por fim, as frações de sólidos confirmam o caráter inorgânico do lodo produzido em ETAs, com percentual de STV/ST de 26,8 a 29,1%.

Considerando que o descarte do lodo ocorre com a completa descarga do decantador, a mistura dos lodos de diferentes alturas (ao final da descarga) apresentaria um volume total de 236,7 m<sup>3</sup>, com concentrações de 1.844 mgST/L, 1.338 mgSTF/L, 506 mgSTV/L e 324 mgDQO/L.

## Produção de lodo

### Filtros

O gráfico da Figura 4 apresenta o percentual de água tratada gasto na lavagem dos filtros da ETA-Itacolomi durante o período de monitoramento. A produção volumétrica de lodo nos filtros foi, em média, de 67,14 m<sup>3</sup>/dia e a vazão produzida de foi 7.534,85 m<sup>3</sup>/dia durante o período de monitoramento, resultando em um percentual médio de 0,9% da água tratada produzida sendo utilizada na ETA. A análise das condições de sobrecarga operacional revela um aumento de 72% na produção volumétrica de lodo nos filtros, pois, caso a vazão tratada estivesse limitada à

visando o aumento das concentrações de sólidos do lodo a ser descartado do decantador, Fernandes (2002) recomenda que 50% do sobrenadante do decantador seja encaminhado aos filtros, por meio de bombas ou sifões. Caso essa recomendação fosse praticada na ETA-Itacolomi (enviando-se o sobrenadante correspondente ao ponto 1 para os filtros), ter-se-ia um volume de lodo menor, de apenas 121,7 m<sup>3</sup>, com maiores concentrações dos parâmetros ST, STF, STV e DQO. Neste caso, as concentrações seriam de 3.126 mgST/L, 2.274 mgSTF/L, 852 mgSTV/L e 550 mgDQO/L, correspondendo a um aumento, em termos percentuais, de 69% em todos os parâmetros físico-químicos, quando comparado ao lodo originário da completa descarga do decantador.

vazão nominal da ETA (50 L/s) e o mesmo percentual de água gasto na lavagem dos filtros (0,9%) fosse observado, a produção volumétrica seria apenas de 38,88 m<sup>3</sup>/dia.

A estimativa da produção em massa de lodo, em termos de ST e STV, é apresentada na Figura 5. Os valores médios da massa de ST e STV e foram, respectivamente, de 20,46 e 8,18 kg/dia. Logicamente não são valores elevados, o que já era de se esperar, devido à baixa turbidez da água bruta e ao pouco uso de coagulante no período. Porém, observa-se uma ele-

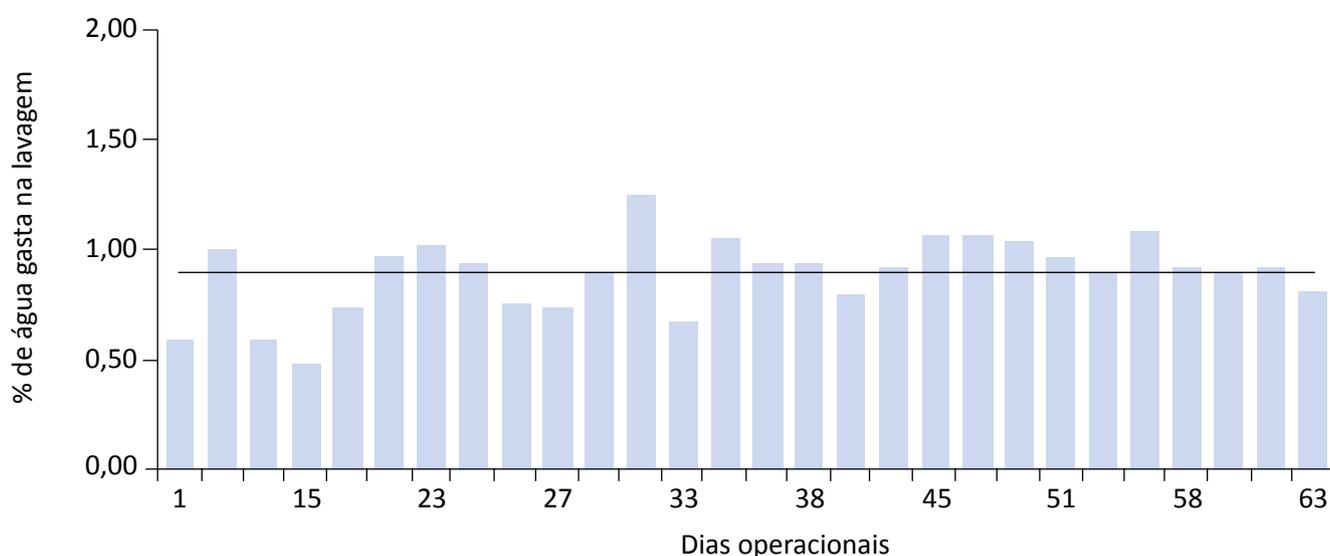


Figura 4 – Percentual de água gasta na lavagem dos filtros.

vação na massa de sólidos nas ALF ao longo do tempo de operação, que pode ser explicada pelas más condições de lavagem dos filtros e pelo aumento progressivo das concentrações de ST e STV no leito filtrante. Com relação à produção em massa, medida

### Decantadores

A produção volumétrica de lodo dos decantadores, considerando sua completa descarga, equivale ao próprio volume das duas unidades de 473,4 m<sup>3</sup>, que correspondem a volume de lodo a ser descartado de 6,31 m<sup>3</sup>/dia (dividindo-se esse volume pelo período entre duas descargas consecutivas, de 75 dias, neste estudo). Esses resultados indicam que a produção de lodo nos decantadores correspondeu a 9% do volume produzido nos

pelo parâmetro DQO (Figura 6), o comportamento não segue uma tendência similar ao parâmetro STV, uma vez que compostos inorgânicos reduzidos, que podem causar DQO, não são incomuns nas ALF. Neste caso, a produção média foi de 3,40 kgDQO/dia.

filtros e a 0,08% da vazão de água tratada diariamente. Gardin (1992) relata que os volumes de resíduos gerados nos decantadores são baixos, apresentando valores de 0,06 a 0,25% em relação ao volume de água tratada. Já a produção total em massa de ST, STF, STV e DQO foi, respectivamente, de 11,64, 8,44, 3,19 e 2,04 kg/dia (Tabela 5), correspondendo a 56,8, 38,9 e 60,0% em relação às massas de ST, STV e DQO observadas nas ALFs.

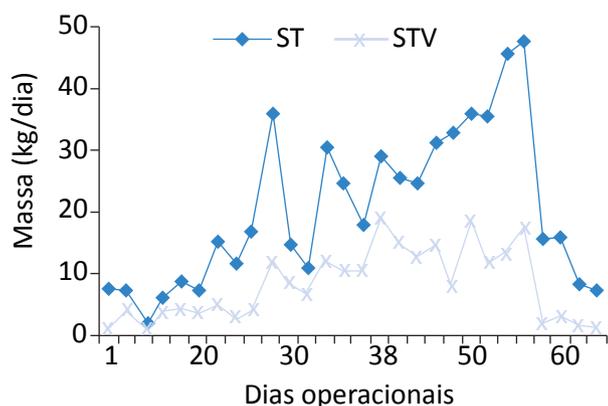
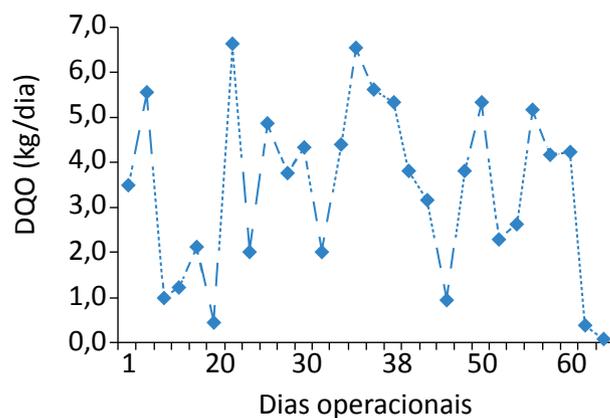


Figura 5 – Massa de lodo da água de lavagem de filtros em termos de sólidos totais e sólidos voláteis totais dos filtros.



DQO: demanda química de oxigênio.  
Figura 6 – Massa de lodo da água de lavagem de filtros em termos de demanda química de oxigênio.

Tabela 5 – Produção de lodo em massa segundo os parâmetros sólidos totais, sólidos totais fixos e sólidos voláteis totais e demanda química de oxigênio.

Ponto	Profundidade útil do decantador (m)	Profundidade da calha de fundo decantador (m)	ST	STF	STV	DQO
			kg/dia			
1	0,00–1,75	–	1,50	1,07	0,43	0,26
2	1,75–3,40	–	8,47	6,16	2,31	1,19
3	3,40–3,50	–	0,87	0,63	0,24	0,30
4	–	0,00–0,50	0,80	0,59	0,22	0,29

ST: sólidos totais; STF: sólidos totais fixos; STV: sólidos voláteis totais; DQO: demanda química de oxigênio.

## Produção total de lodo

Em termos volumétricos, a produção total de lodo (73,45 m<sup>3</sup>/dia) correspondeu a 0,98% do volume total de água tratada, sendo 91,8% gerados nos filtros (67,14 m<sup>3</sup>/dia) e 8,2% nos decantadores (6,31 m<sup>3</sup>/dia), estando coerente com os valores relatados na literatura (AWWA/ASCE/EPA, 1996; MATTOS & GIRAR, 2013). Por outro lado, a produção volumétrica total foi inferior aos valores normalmente observados e reportados na literatura, de 2 a 4% (MATTOS & GIRAR, 2013). Tal fato deve-se ao baixo índice pluviométrico no período e a menor disponibilidade de água no manancial, que obrigaram o sistema a gastar uma menor quantidade de água na lavagem dos filtros (reduzindo-se o tempo de lavagem), para que não ocorresse o desabastecimento, já que a vazão do manancial ficou reduzida a valores semelhantes à demanda da população.

A produção de lodo em massa total na ETA-Itacolomi (ALF+LD), ao longo do período de monitoramento, está apresentada no gráfico da Figura 7. Em média, a produção em termos de ST foi de 32,10 kg/dia, sendo 36% advindos dos decantadores e 63% dos filtros. Sobre esses resultados, é interessante observar que a literatura relata que a produção em massa nos decantadores é superior à produção dos filtros (MATTOS & GIRAR, 2013).

Nesse caso, duas razões podem explicar a maior produção de lodo em massa nos filtros da ETA-Itacolomi:

1. quando o uso do coagulante é dispensado, devido aos baixos valores de turbidez, os flocladores e decantadores não cumprem nenhum papel no processo de tratamento, sendo a turbidez da água bruta removida apenas nos filtros;
2. quando o coagulante é empregado, devido aos maiores valores de turbidez, a sobrecarga hidráulica nos flocladores e decantadores reduz a eficiência dessas unidades, e novamente a turbidez é removida em maior parte nos filtros.

A análise das condições de sobrecarga operacional na geração de lodo na ETA-Itacolomi revela que o consumo descontrolado da população tem um impacto na produção volumétrica de lodo da ordem de 73%. Isso porque a produção observada de 73,45 m<sup>3</sup>/dia poderia ser reduzida para 42,33 m<sup>3</sup>/dia (38,88 m<sup>3</sup>ALF/dia+6,31 m<sup>3</sup>LD/dia), caso a vazão da ETA fosse da ordem de 50 L/s. Já a produção de lodo (gST) em relação ao volume de água tratada (m<sup>3</sup>) no período, apresentada no gráfico da Figura 7, foi, em média, de 4,28 gST/m<sup>3</sup>. Caso a vazão produzida estivesse limitada à vazão nominal da ETA de 50 L/s

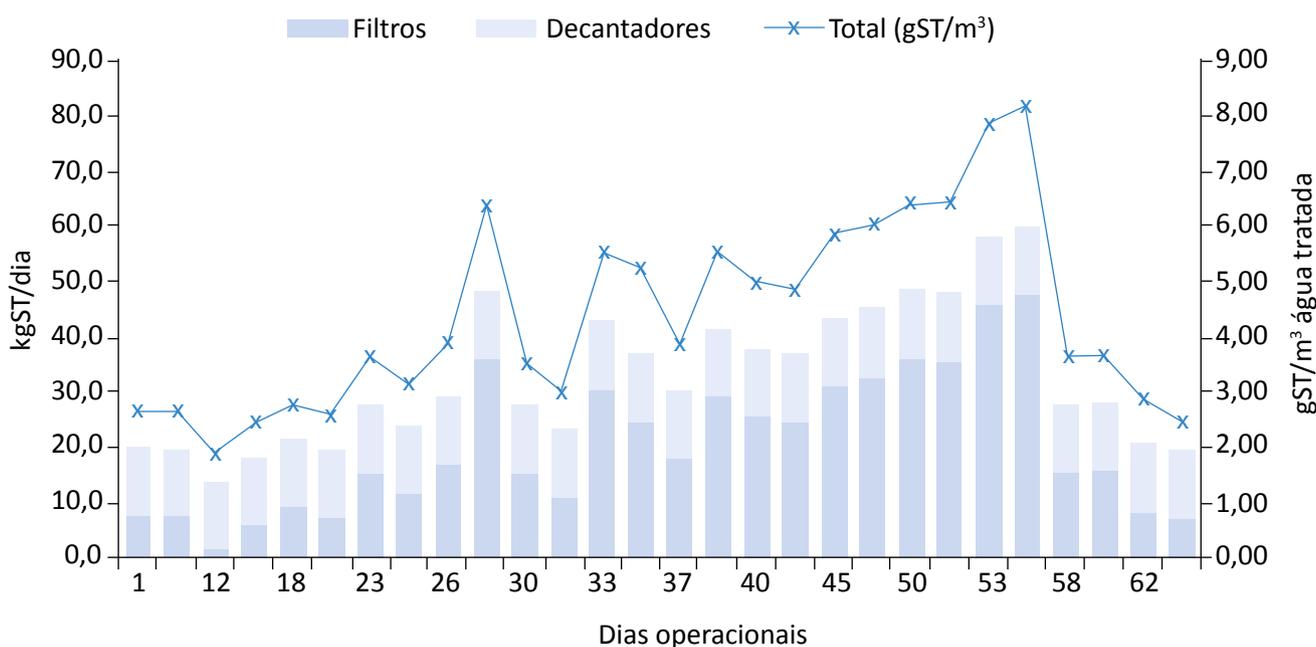


Figura 7 – Massa de sólidos totais produzidos na Estação de Tratamento de Água Itacolomi.

(4.320 m<sup>3</sup>/dia), e a produção de sólidos ocorresse nessa mesma taxa (4,28 gST/m<sup>3</sup>), a produção diária de lodo seria de 18,49 kgST/dia. Nessas condições, observa-se que a sobrecarga operacional na ETA-Itacolomi, devido ao consumo de água descontrolado pela população, teve um impacto na produção diária de lodo de 73,6%, já que a produção observada foi de 32,10 kgST/dia (consi-

derando-se que a produção em condições de operação com a vazão nominal seria de 18,49 kgST/dia).

Considerando a produção *per capita* de lodo, os valores observados no presente estudo foram de 2,36 L/hab.dia e 1,03 gST/hab.dia. Novamente, caso o controle do consumo fosse praticado, esses valores poderiam ser reduzidos para 1,36 L/hab.dia e 0,60 gST/hab.dia.

## CONCLUSÃO

As condições de sobrecarga da ETA-Itacolomi, em consequência do consumo descontrolado de água pela população devido à falta de hidrometração, agravam os impactos ambientais no manancial de abastecimento de duas formas: pelo aumento no volume de água captado e pelo aumento na produção de resíduos.

Quanto ao volume de água captado, caso houvesse o controle do consumo e a quota *per capita* do município estivesse na média do Estado de Minas Gerais, a vazão demandada seria praticamente a vazão nominal da ETA de 50 L/s. Porém, sendo operada com vazões de 82 a 92 L/s, o descontrole no consumo ocasiona um acréscimo demanda de água do manancial de 84%, correspondendo a um elevado impacto ambiental.

Quanto à produção volumétrica de resíduos, a produção de lodo observada nos filtros e nos decantadores foi de 73,45 m<sup>3</sup>/dia, correspondendo a 0,98% do volume total de

água tratada, sendo 91,8% gerados nos filtros e 8,2% nos decantadores. Caso a ETA operasse com sua vazão nominal, o volume de resíduos lançado no manancial seria de 42,33 m<sup>3</sup>/dia, o que significa que as condições de sobrecarga ocasionaram um impacto de 73% na produção de volumétrica de lodo em condições de consumo controlado.

A produção em massa de ST foi de 20,65 kgST/dia nos filtros e de 11,64 kgST/dia nos decantadores, resultando em uma produção total de 32,10 kgST/dia. Esses resultados conduziram a uma produção média em relação ao volume de água tratada produzida de 4,28 gST/m<sup>3</sup>. Caso a ETA operasse na sua capacidade nominal, a massa total de sólidos gerada seria de 18,49 gST/dia, o que significa que as condições de sobrecarga ocasionam um impacto na produção em massa de lodo de 73%, quando comparadas às condições de consumo controlado.

## REFERÊNCIAS

ABES – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 2013. Disponível em: <[http://www.abes-mg.org.br/arquivos/site/publicacoes\\_jornal/boletim/boletim-111.pdf](http://www.abes-mg.org.br/arquivos/site/publicacoes_jornal/boletim/boletim-111.pdf)>. Acesso em: 01 fev. 2014.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 10.004 - Resíduos Sólidos - Classificação*. ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WATER ENVIRONMENT FEDERATION (APHA/AWWA/WEF). *Standard Methods for the examination of Water and Wastewater*. 22<sup>st</sup> ed. Washington, DC: American Public Health Association, 2012.

AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION/AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS/ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (AWWA/ASCE/EPA). *Management of water treatment plant residuals*. New York: American Society of Civil Engineers, 1996. 294p.

ANDREOLI, C. V. (Coord.). *Usos alternativos de lodos de estações de tratamento de água e estações de tratamento de esgoto: Alternativas de Uso dos resíduos do saneamento*. 1<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: RiMa, ABES, 2006. 417p.

BRASIL. *Resolução nº 357*, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Brasília: Diário Oficial da União, 18 mar. 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2014.

BRASIL. *Resolução nº 380*, de 31 de outubro de 2006. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Brasília: Diário Oficial da União, 07 nov. 2006. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA\\_RES\\_CONS\\_2006\\_380.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_2006_380.pdf)>. Acesso em: 15 jan. 2014.

BRASIL. *Lei nº 12.305*, de 2 de agosto de 2010. Institui A Política Nacional De Resíduos Sólidos. Brasília: Diário Oficial da União, 03 ago. 2010. Acesso em: 15 jan. 2014.

BRASIL. *Portaria nº 2.914*, de 12 de dezembro de 2011. Brasília: Ministério da Saúde. Disponível em: <[http://bvsm.s.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](http://bvsm.s.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html)>. Acesso em: 15 jan. 2014.

BRASIL. *Lei nº 9.605*, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Disponível: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19605.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19605.htm)>. Acesso em: 20 jan. 2015.

CORDEIRO, J. S. Importância do tratamento e disposição adequada dos lodos de ETAs. In: REALI, M. P. (Coord.) *Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água*. Rio de Janeiro: ABES, 1999, p. 1-18.

DI BERNARDO, L.; SCALIZE, P. S.; SOUZA, F. A. G. Água de lavagem dos filtros rápidos. In: Reali, M. P. (Coord.). *Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água*. Rio de Janeiro: ABES, 1999. p. 143-168.

DI BERNARDO, L.; DI BERNARDO, A.; CENTURIONE FILHO, P. L. *Ensaio de tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água*. São Carlos: Rima, 2002. 237 p.

FERNANDES, A. N. *Balanço de massa e produção de lodo da Estação de Tratamento de Água Alto da Boa Vista – SABESP*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Sanitária) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

GRANDIN, S. R. *Desidratação de lodos produzidos nas estações de tratamento de água*. São Paulo, Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

MATTOS, M. R. U.; GIRARD, L. Caracterização físico-química e ensaios de adensamento em coluna do lodo produzido em uma Estação de Tratamento de Água de grande porte. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, n. 28, p. 34-43, 2013.

MINAS GERAIS. *Deliberação Normativa nº 153*, de 26 de julho de 2010. Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM. Disponível em <[http://200.198.22.171/down.asp?x\\_caminho=reunioes/sistema/arquivos/material/&x\\_nome=Item\\_5.1\\_Delibera%E7%E3o\\_Normativa\\_COPAM\\_n%BA\\_153\\_de\\_26\\_julho\\_de\\_2010\\_original.pdf](http://200.198.22.171/down.asp?x_caminho=reunioes/sistema/arquivos/material/&x_nome=Item_5.1_Delibera%E7%E3o_Normativa_COPAM_n%BA_153_de_26_julho_de_2010_original.pdf)>. Acesso em: 15 jan. 2014.

MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. *Parecer Técnico - Ref.: Ofício 1139/2008 (CAO-MA)* - Informações técnicas referentes aos danos ambientais decorrentes do lançamento de lodo in natura, pelas Estações de Tratamento de Água, no ambiente. Belo Horizonte: Procuradoria-Geral de Justiça, 2009.

RIBEIRO, F. L. M. *Quantificação e caracterização química dos resíduos da ETA de Itabirito - MG*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2007.

SCALIZE, P. S. *Disposição de resíduos gerados em estações de tratamento de água em estações de tratamento de esgoto*. Tese – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

SCALIZE, P. S.; DI BERNARDO, L. Caracterização da água de lavagem dos filtros rápidos de estações de tratamento de água e dos sobrenadantes e sedimentos após ensaios de clarificação utilizando polímero aniônico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20. 1999, Rio de Janeiro. *Anais eletrônicos...* Rio de Janeiro: ABES, 1999.

SOUZA FILHO, A. G. & DI BERNARDO, L. Caracterização e clarificação da água de lavagem dos filtros de uma ETA que utiliza cloreto férrico como coagulante primário. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20. *Anais...* Rio de Janeiro: , 1999.