

Avaliação da degradação ambiental da bacia hidrográfica do rio São Sebastião de Cima, Santa Maria de Jetibá, ES

Evaluation of the environmental degradation of the hydrographic basin of São Sebastião de Cima river, Santa Maria de Jetibá, ES

Josivane Flavio de Lima Soares^{1*}, Antônio Carlos Domingos¹, Wanderson de Paula Pinto^{1,2} e Gemael Barbosa Lima¹

1 Núcleo Integrado de pesquisa em Engenharia Ambiental – NUPEA – Departamento de Ciências Ambientais, Faculdade da Região Serrana – FARESE. Rua Jequitibá, 121, Centro, Santa Maria de Jetibá, ES. CEP 29645-000. 2 Doutorado em Engenharia Ambiental no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo – PPGA-UFES. Av. Fernando Ferrari, 514 – Goiabeiras, Vitória, ES –Brasil, CEP 29075-910.

*Autor para correspondência: djosivane flavio@yahoo.com

Resumo Este trabalho objetivou mensurar o impacto da degradação da bacia hidrográfica do rio São Sebastião de Cima, a partir do ponto de captação de água da Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN) em Santa Maria de Jetibá, Espírito Santo, através da estimativa da produção de lodo seco da Estação de Tratamento de Água (ETA). Os dados de Controle Diário de Operação da ETA e da Apuração II foram obtidos junto à CESAN, e os Pluviométricos junto à Agência Nacional de Águas. Constatou-se que, durante o período de janeiro de 2000 a dezembro de 2014, foram geradas 505,216 toneladas de lodo seco estimado da ETA, para a produção de 7330693 m³ de água potável. Evidenciou-se que, quanto maior a precipitação, maior a presença de sedimentos no manancial e maior a produção de lodo da ETA, lodo este cuja formação mantém uma relação direta com a inexistência das matas ciliares em vários trechos do Rio São Sebastião de Cima, com o manejo inadequado do solo, com o uso e a ocupação das áreas com declividade superior a 45°, e com topo de morros degradados.

Palavras-chave: Água. Sustentabilidade. Sistema de Abastecimento de Água.

Abstract This study aimed to measure the impact of degradation of the River Basin São Sebastião de Cima, from the point of capture Water Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN) in Santa Maria de Jetibá, Espírito Santo, by estimating production dry sludge ETA. Data Control ETA operation Daily and Verification II were obtained from the Cesan and Pluviometric in ANA. It was found that during the period January 2000 to December 2014 were generated 505.216 tons of dry sludge estimated ETA, for the production of 7.330,693 cubic meters of drinking water. It was evident that the higher the rainfall, the greater the presence of sediment in the spring, and increased the production of ETA sludge, sludge this, the formation of which maintains a direct relationship with the lack of riparian forests in several parts of the San Sebastian River up, inadequate soil management, use and occupation of areas with slopes above 45°, and top of hills culminating in elevated turbidity.

Keywords: Water; sustainability; water supply system.

Introdução

A água é essencial à vida na terra, no entanto uma grande fração se encontra imprópria para consumo. A contaminação da água está ligada à degradação ambiental nas bacias hidrográficas, causada principalmente pelo desmatamento e pela retirada das matas ciliares, gerando assoreamento das calhas dos rios, aumentando a turbidez, reduzindo o volume dos mananciais, tornando esse recurso hídrico inviável ao consumo humano (TUNDISI *et al.*, 2008). Nasce daí a necessidade de um Sistema de Abastecimento de Água (SAA), que pode ser projetado para atender a um vilarejo ou a uma cidade, variando nas dimensões de suas instalações de tratamento da água (FUNASA, 2006).

O grau de conservação da bacia hidrográfica influencia nos custos de implantação de um SAA. Estima-se que os custos para potabilização da água no Brasil variam entre dez e cinquenta centavos por metro cúbico, variação decorrente, dentre outros fatores, da classe da água, que determina o tipo do tratamento. Devido à degradação das bacias hidrográficas, o período chuvoso favorece a lixiviação dos solos, sobretudo os menos coesos, que são mais erodíveis (LIBÂNIO, 2010).

Segundo Reis (2004), os investimentos em engenharia civil são insuficientes para garantir a disponibilidade de água potável à população, possibilitando a discussão sobre a importância da cobertura florestal e a relação do custo do tratamento. A degradação dos mananciais de abastecimento está relacionada com o uso e a ocupação do solo da bacia hidrográfica, influenciando os custos do tratamento.

O desenvolvimento econômico está associado ao suprimento de água para a sociedade. A não observância da vocação natural dos recursos hídricos tem gerado altos custos econômicos, sociais e ambientais. É necessária a conservação dos mananciais pelo setor de saneamento em todos os níveis hierárquicos da federação brasileira e pelas empresas públicas, de economias mistas e privadas em cada etapa do processo, incluindo práticas de manejo e conservação do solo nas bacias hidrográficas (ANDREOLI *et al.*, 1999).

O Brasil é composto por 5.564 municípios, dos quais 37,7% ou (2.098) geram lodo no processo de potabilização da água. Dentre os que geram lodo de Estação de Tratamento de Água (ETA), 67,4% ou (1.414) descartam o lodo em rios, contrariando a legislação e causando danos ao Meio Ambiente.

Ainda, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), 42,7% ou (896) dos municípios que geram lodo estão na Região Sudeste, e deste percentual, 49,6% ou (444) descartam lodo nos rios. Para Cordeiro (2001), a quantidade de lodo gerado no tratamento da água está relacionada ao grau de degradação da bacia hidrográfica e dos produtos adicionados para clarificação desse líquido.

Nesse contexto, este trabalho objetivou mensurar o nível da degradação da bacia hidrográfica do rio São Sebastião de Cima (SSC), a partir do ponto de captação de água da CESAN em Santa Maria de Jetibá (SMJ), Espírito Santo, através da estimativa da produção de lodo seco da ETA.

Materiais e Métodos

Caracterização da área de estudo

O Estado do Espírito Santo está inserido na Região Sudeste do Brasil, composto por 78 Municípios. O município de SMJ está localizado na Região Central Serrana do Estado, a 80 km da capital Vitória. É o maior produtor de morango, gengibre e hortigranjeiros do Estado, e segundo maior produtor de ovos do Brasil, além de ser importante produtor de café e eucalipto (INCAPER, 2013). A região é composta por propriedades rurais, inseridas em áreas de Mata Atlântica, com a atividade da olericultura praticada em 80% das 3000 propriedades familiares existentes (JACOBSON *et al.* 2009).

Bacia Hidrográfica

O rio São Sebastião de Cima é um afluente da margem esquerda do rio Santa Maria da Vitória. A bacia daquele rio está localizada na Região Central do Município, de onde é captada toda a água que abastece o centro da cidade e os bairros adjacentes (CESAN, 2015). Essa bacia possui 5182,16 hectares e a captação está nas coordenadas latitude 7784581,94m Sul, longitude 313660,59m Oeste, pelo Sistema Universal Transversa de Mercator (UTM). O cálculo da área de drenagem da bacia hidrográfica (Figura 1) foi determinado através da delimitação dos divisores topográficos, a partir do ponto de captação para montante. É ocupada por granjas e residências às margens do manancial, hortaliças, cafezal, pastagem, estradas

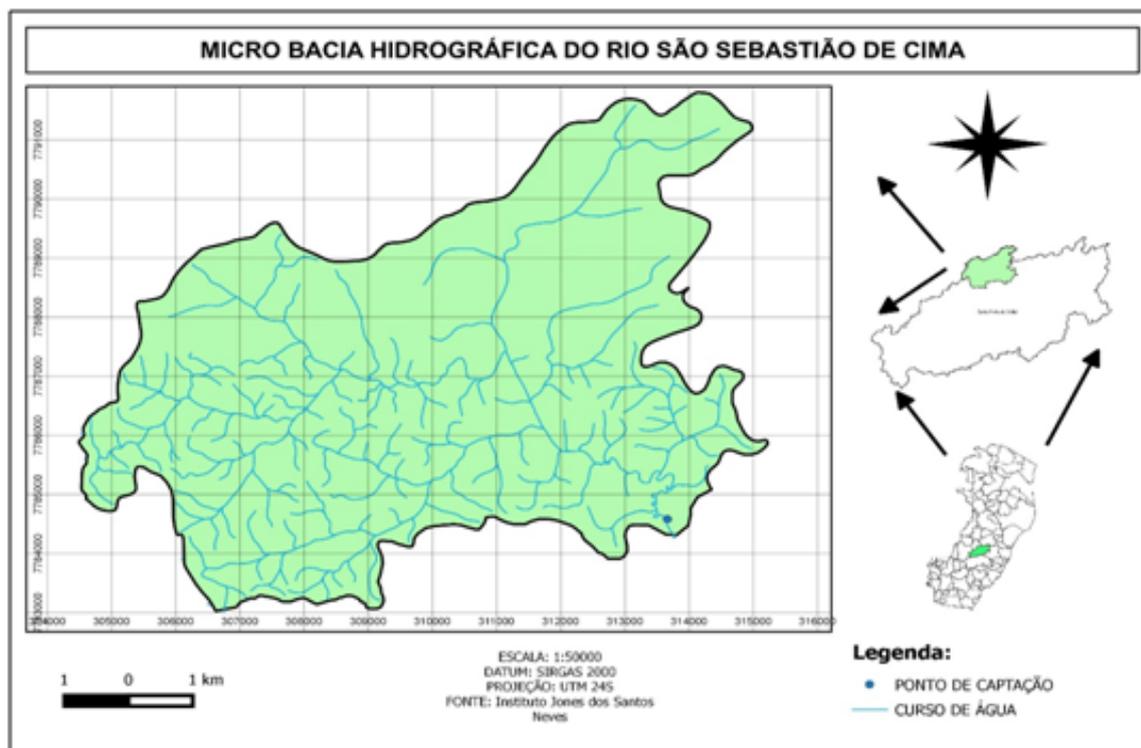


Figura 1 Bacia hidrográfica do rio São Sebastião de Cima a montante da captação de água da CESAN em Santa Maria de Jetibá. Fonte: Os autores.

vicinais, plantação de eucalipto e vegetação nativa.

Dados

Para realização deste trabalho foram utilizados os dados de controle diário de operação da ETA da sede de SMJ, obtidos junto à CESAN, no período de janeiro de 2000 a dezembro de 2014. O controle diário de operação da ETA é um formulário onde são inseridos os dados de vazão afluente, a dosagem de produtos químicos (cal, sulfato, cloro e flúor), o controle físico-químico da água bruta (cor, turbidez, pH e alcalinidade), a coagulada (turbidez), a decantada (turbidez e temperatura), o efluente dos filtros (turbidez), a tratada (cor, turbidez, pH, alcalinidade, cloro residual livre e íon de flúor), as horas trabalhadas, o volume aduzido, gasto e produzido, e o consumo de produtos químicos. No final do dia é calculada a média de cada item e totalizada a produção, ou seja, o volume aduzido, gasto e produzido. A partir desses dados é gerado outro formulário (Apuração da Informação II), que dentre outros parâmetros é composto através das máximas, médias e

mínimas da cor, da turbidez, do cloro e do flúor da água tratada, enquanto da água bruta são mensuradas as máximas, médias e mínimas da cor e da turbidez.

Utilizaram-se também dados de precipitação, obtidos do banco de dados da Agência Nacional de Águas (ANA), mantenedora do Sistema de Informações Hidrológicas (HIDROWEB), do período de novembro de 2003 a abril de 2013. Os dados de redução nas perdas, diminuição do consumo de água potável do período de 2000 a 2014 e hidrometração 2008 a 2014 foram coletados junto ao Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento, vinculado à Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades.

Metodologia

Existem pesquisas que trabalham com estimativa da geração de lodo seco por meio de fórmulas empíricas e metodologias que utilizam dados referentes à qualidade da água bruta e aos produtos químicos adicionados no tratamento (RITCHER, 2001; SARON, 2001; RIBEIRO, 2007). Neste

trabalho, a equação a seguir foi utilizada para fazer as estimativas, a mesma foi proposta por Kawamura (1991) e recentemente utilizada por Andrade Silva et al. (2013):

$P = 1,5 \times T + K \times D$, em que:

P = Estimativa da produção de sólidos (g de matéria seca/ m³ água tratada);

1,5 = Fator de correção (sólidos suspensos por turbidez);

T = turbidez da água bruta, Unidade Nefelométrica de Turbidez (NTU);

D = dosagem do coagulante, miligrama por litro (mg/L);

K = relação estequiométrica na formação do precipitado de hidróxido de alumínio.

Os valores para a relação estequiométrica K variam de acordo com o tipo de coagulante. De acordo com Ribeiro (2007), os valores de K são: K = 0,23

a 0,26 para o sulfato de alumínio. Richter (2001) usou 0,26, mesmo valor utilizado neste trabalho. A estatística descritiva e as análises foram feitas utilizando o Software livre R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2014), e para construção dos gráficos utilizou-se planilhas eletrônicas.

Resultados e Discussões

Visando a uma melhor compreensão inicial da variável Produção Média Mensal Estimada de Lodo Seco da ETA em g/m³ (PMMELSETA g/m³) estudada, são apresentadas, na Tabela 1, algumas medidas descritivas. A análise corresponde à série da PMMELSETA g/m³ do período de janeiro de 2000 a dezembro de 2014 de Santa Maria de Jetibá.

O valor mínimo 9,45 da PMMELSETA g/

Tabela 1 Medidas descritivas da produção média mensal estimada de lodo seco de ETA.

Medidas descritivas	Valor
Média (g/m ³)	63,66
Mediana (g/m ³)	44,00
Desvio padrão (g/m ³)	62,74
Coefficiente de variação (%)	98,55
Valor máximo (g/m ³)	519,00
Valor mínimo (g/m ³)	9,45

Fonte: Os autores.

Tabela 2 Estatística descritiva da precipitação de janeiro de 2004 a dezembro de 2012 Santa Maria de Jetibá.

Medidas descritivas	Valor									
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
Média (mm)	123	164,2	93,3	61,2	94,6	122,7	127,4	97,3	81,5	
Mediana (mm)	114	146,5	46,95	51,2	58,1	88	65,6	54,1	46,2	
D padrão (mm)	96,3	140,8	91,9	53,5	84,6	122,2	160,1	100,6	79,9	
Coef variação (%)	98,3	85,7	98,5	87,4	89,4	99,6	125,7	103,4	98,0	
Valor máximo (mm)	276,5	503,8	245,3	149,9	244,5	383	527,8	282,4	228	
Valor mínimo (mm)	10,6	18,3	5,8	2,1	2,7	15,5	4,8	3,3	8,9	
Valor anual (mm)	1475	1971	1119	734	1136	1472	1529	1167	978	

Fonte: Os autores.

m^3 foi registrado em julho de 2008, já o máximo foi de $519,00 \text{ g/m}^3$ em dezembro de 2013. A PMMELSETA g/m^3 média do período foi de $63,66 \text{ g/m}^3$, com desvio padrão de $62,74 \text{ g/m}^3$. O desvio padrão e o coeficiente de variação alto indicam uma média pouco representativa, explicada pela grande variabilidade intra-anual, caracterizada como sazonalidade (BAYER *et al.*, 2012) e pelo regime pluviométrico que difere em período semelhante da sazonalidade. Nóbrega *et al.* (2008) observaram que no período

do úmido as precipitações são homogêneas, porém com maior intensidade na Região Serrana do ES.

O regime da precipitação em SMJ obteve valor mínimo de $2,1 \text{ mm}$ em julho de 2007 e máximo de $527,8 \text{ mm}$ em dezembro de 2010. A maior média, $164,2 \text{ mm}$, e o maior volume de precipitação anual, 1971 mm , ocorreram em 2005. O desvio padrão e o coeficiente de variação alto indicam que as médias são pouco representativas, caracterizadas pelo regime sazonal da precipitação.

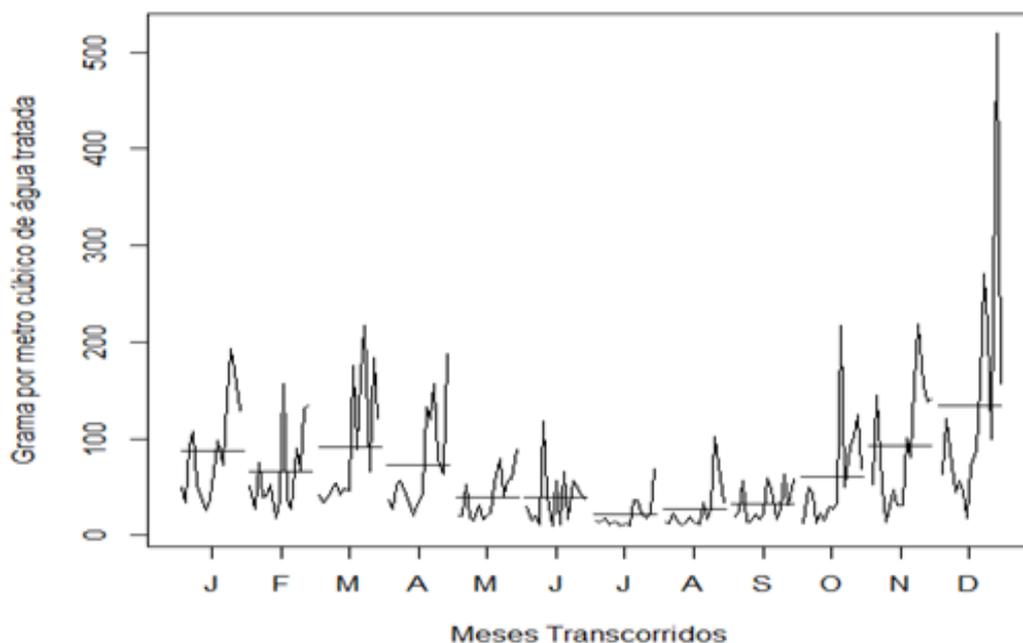


Figura 2 Análise gráfica da sazonalidade da série da PMMELSETA g/m^3 . Fonte: Os autores.

A série em estudo é não-estacionária, com tendência linear crescente, cuja sazonalidade é reflexo das oscilações meteorológicas características dos períodos seco e úmido do ano, portanto, a Figura 2 apresenta as subséries que confirmam a presença de sazonalidade e demonstram os períodos de máximo e de mínimo. Observa-se que a série possui um período de maior PMMELSETA g/m^3 de novembro a abril, período de maior índice pluviométrico, e um período de seca, de maio a outubro, confirmando a propriedade característica de sazonalidade.

Na Figura 3, que apresenta a decomposição da série, observa-se uma sequência de picos e vales na PMMELSETA g/m^3 , decorrente das variações da precipitação, estando intrinsecamente relacionadas com as estações do ano e que se repetem anualmente com diferentes intensidades. Há,

portanto, aumento na PMMELSETA g/m^3 e flutuações sazonais. Percebe-se ainda uma crescente tendência ocasionada pela degradação da bacia hidrográfica em estudo. Constata-se que, além do comportamento intra-anual, há uma evidência significativa de acréscimo da variável ao longo do tempo.

A Figura 4 apresenta o cálculo da quantidade de água potável produzida no sistema de tratamento na cidade de SMJ, no período de estudo, demonstrando o aumento na produção da mesma. No ano 2000 foram produzidos $438845,000 \text{ m}^3$ de água, enquanto que, no ano de 2014, foram produzidos $627518,000 \text{ m}^3$, ou seja, percebe-se um aumento de $188673,000 \text{ m}^3$. No entanto, em dezembro de 2000 a população abastecida era de 5865 habitantes, com um consumo per capita de $74,824 \text{ m}^3$, ou $205 \text{ l.hab}^{-1}.\text{d}^{-1}$.

Em dezembro de 2014, a população era de

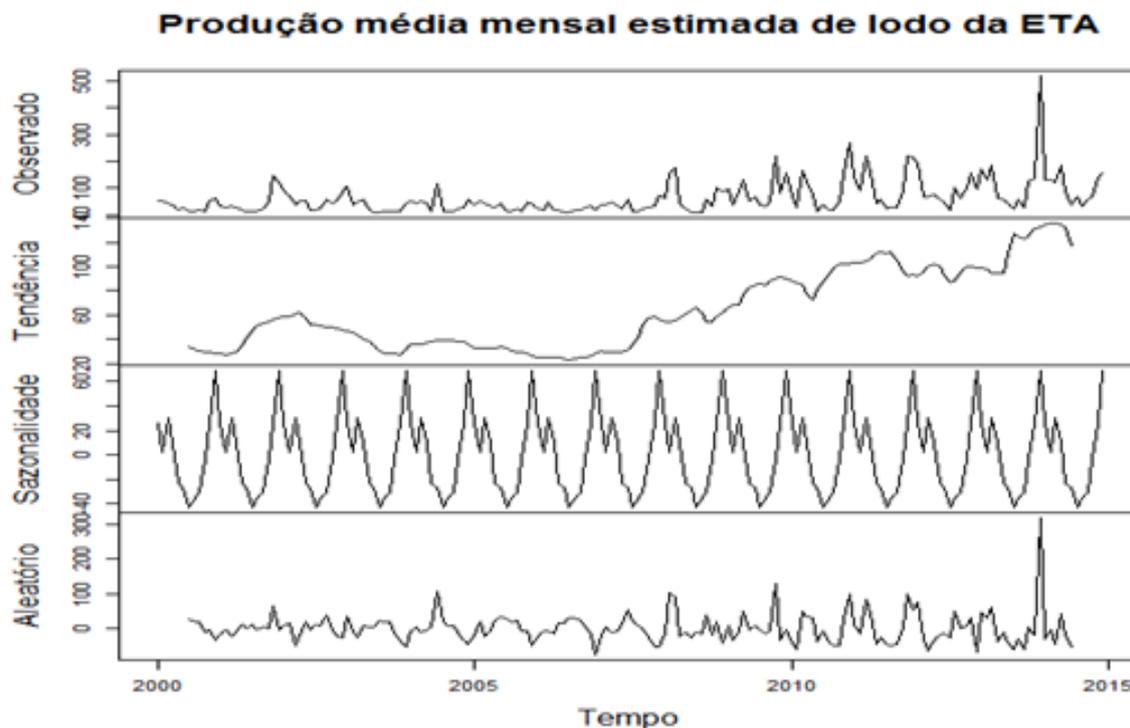


Figura 3 Decomposição da série temporal em componentes de sazonalidade, de tendência e de aleatoriedade. Fonte: os autores.



Figura 4 Produção anual de água potável na cidade de Santa Maria de Jetibá. Fonte: Os autores.

11353 habitantes (CESAN, 2015), um aumento de 5488 habitantes, com um consumo médio anual de 55,273 m³ por habitante, ou 151 l.hab-1.d-1. Apesar do aumento da população em 93,57%, observa-se redução no consumo de 26,34%, comparado com a média do consumo brasileiro, que é de 162 l.hab-1.d-1, da Região Sudeste de 187,9 l.hab-1.d-1, e do Estado do Espírito Santo de 198 l.hab-1.d-1 (SNIS, 2014). A cidade de SMJ consome menos 6,79% que a média nacional, 19,64% que a média da Região Sudeste, e 23,74% que a média estadual.

O aumento na produção caracteriza-se pelo crescimento da população. A redução do consumo, dentre outros fatores, está vinculada à hidrometração, pois quando há crescimento da micro medição diminuem-se as perdas e reduz-se o consumo (SNIS, 2000). A Tabela 3 corrobora com essa afirmativa, pois em 2012 o consumo médio de água no país era de 167,5 l.hab⁻¹.dia⁻¹, enquanto que em 2014 foi de 162,0 l.hab-1.dia-1, portanto houve decréscimo de 3,28% no consumo. De 2000 a 2014, observa-se redução nas perdas do faturamento no Brasil e na Região Sude-

Tabela 3 Redução nas perdas/ Hidrometração, diminuição do consumo de água potável.

Ano	Perdas na Produção % no Brasil	Perdas na Produção % no Sudeste	l.hab ⁻¹ .d ⁻¹	Índice de hidrometração
2000	40,4	39,0	149,4	
2001	40,6	39,8	144,6	
2002	40,5	38,8	142,6	
2003	39,4	37,0	148,7	
2004	40,4	37,8	142,7	
2005	39,0	37,3	145,7	
2006	39,8	39,3	145,1	
2007	39,1	38,8	149,6	
2008	37,4	36,2	151,2	89,1
2009	37,1	36,2	148,5	89,4
2010	35,9	34,3	159,0	89,3
2011	38,8	34,3	162,6	89,9
2012	36,9	33,5	167,5	90,3
2013	37,0	33,4	166,3	91,1
2014	36,7	32,6	162,0	91,4

Fonte: Os autores.

te de 9,16% e 16,41% respectivamente, e de 2008 a 2014 ocorreram 2,58% de aumento na micromedição. Outro fator que contribui para redução do consumo é a crise hídrica, por minimizar a demanda de água potável à população, que em contrapartida promove uma conscientização prática da importância e do uso racional dos recursos hídricos (MARTINS *et al.*, 2011).

Na Figura 5 é apresentado o cálculo estimado do lodo gerado pelo SAA em SMJ, no período estudado. No ano 2000 foram produzidos 15,054 toneladas de lodo para 438845,000 m³ de água potável, enquanto que no ano de 2014 foram geradas 64,286 toneladas de lodo para 627518,000 m³ de água potável. Percebe-se pela linha de tendência um acréscimo na geração de lodo.

Nota-se um aumento de 43% na produção de água potável e um aumento de 327% na geração de lodo. Durante os quinze anos, foram totalizadas 505,216 toneladas de lodo seco estimado para produção de 7330693,000 m³ de água potável. A Tabela 4 apresenta a produção média de lodo do período - 68,9 g/m³ - e um aumento de 198,5 g/m³ no processo de tratamento, evidenciando a crescente degradação da bacia hidrográfica.

Silva *et al* (2013) realizaram um estudo em dois processos de tratamento de água captada em mananciais superficiais, traçando comparativo da quantidade do volume de lodo estimado e do real. Os resultados mostraram que houve variação na quan-

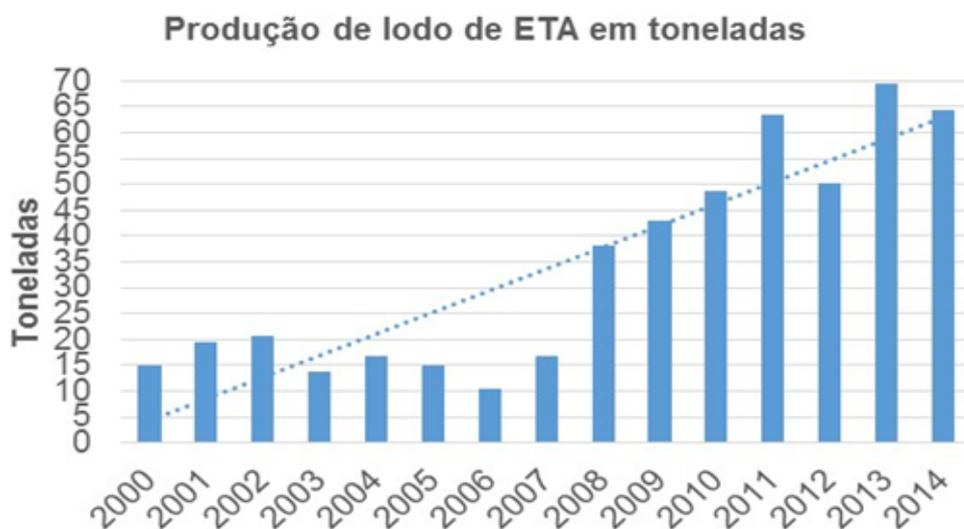


Figura 5 Quantidade média estimada em toneladas anual de lodo da ETA gerado no SAA em Santa Maria de Jetibá. Fonte: Os autores.

Tabela 4 Produção de média de lodo do período em g/m^3 .

Período	Produção de lodo ton	Produção de água potável m^3	g/m^3
2000	15,054	438.845	34,3
2014	64,286	627.518	102,4
2000 à 2014	505,216	7.330.693	68,9

Fonte: Os autores.

tidade de lodo estimado e do real. A partir do lodo seco gerado, observou-se que o valor estimado que mais se aproximou do real foi obtido pelo método proposto por Ritcher (2001), divergindo em 8% para menos do lodo gerado pelo tratamento convencional.

Castro *et al.* (1997), observaram que a produção média de resíduos sólidos gerados em uma ETA variam entre 1 a 3% da vazão aduzida. Valores maiores foram encontrados neste trabalho, pois no ano 2000, a média foi 0,43% acima do valor máximo de referência, e em 2014, 7,24% e uma média do período de 3,89% acima do valor máximo de referência, evidenciando um aumento de 3,43% para 10,24% de resíduos gerados no tratamento da água, reflexo de um manancial desprotegido e manejo inapropriado do solo, aumentando o uso de coagulante para clarificação da água e a geração de lodo.

Uma das formas de reduzir a quantidade de lodo a ser descartado é recuperar o coagulante uti-

lizado no processo de potabilização da água, no entanto, para Castro *et al.* (1997), essa atividade é economicamente inviável, pois o custo desse processo é mais que o dobro do valor do produto. Outra maneira de reduzir a geração de lodo de ETA é substituir o coagulante, porém é também economicamente inviável (BRUSA *et al.* 2011). Outra alternativa é a redução de sedimentos no manancial através da conservação das áreas de preservação permanentes.

Chaves *et al.* (2005) trabalharam a temática a partir do Programa “Produtor de Água”, da ANA. Os autores aplicaram a metodologia em uma bacia hidrográfica rural do Distrito Federal utilizada para abastecimento público. Os resultados simulados apresentam redução de 73% dos sedimentos no corpo hídrico, aumento da vida útil do reservatório de captação em 3,7 vezes, minimização dos custos com o processo de potabilização da água em 74%, redução da ordem de 70% da poluição do manancial,

redução de interrupção no abastecimento de água e dos riscos de contaminação da população das cidades de Planaltina e Sobradinho por poluentes tóxicos e cumulativos, com investimento de R\$ 89,00/ha.

Silva *et al.* (2013) referindo-se a Januário e Ferreira Filho (2007), apresentaram valores para os custos de transporte e disposição final de lodos de ETA em regiões metropolitanas, variando entre R\$100,00 a R\$150,00 para cada mil quilograma. Usando esses valores como referência, o custo com transporte e destino final da produção de lodo dos quinze anos em estudo, seria entre R\$ 50.521,60 e R\$ 75.782,40, ou seja, R\$ 280,67 à R\$ 421,01 por mês. Contudo haveria outros investimentos, dentre eles a construção, operação e manutenção do leito de secagem. Wagner e Pedroso (2014) verificaram que há pouca disponibilidade de aterro sanitário adequado para recebimento de lodo de ETA, e que em último caso, deve-se construir em caráter exclusivo aterro para este fim.

Observando os dados da Figura 6 referentes à quantidade média anual estimada em g/m^3 de lodo seco da ETA, percebe-se uma inclinação ascendente da linha de tendência. O ano de 2006 apresentou a

menor média de geração de lodo seco $22,22 \text{ g/m}^3$ da série, com precipitação anual de 1.119,4 mm, sendo que o ano de 2000 foi o 4º com $33,96 \text{ g/m}^3$. A partir de 2007 houve uma crescente, culminando em 2013 com $128,87 \text{ g/m}^3$, apesar de 2007 ter ocorrido uma pluviosidade de 734,2 mm os anos da série que sucederam a geração de lodo g/m^3 foram maiores que 2006. Vale ressaltar que, quanto maior a precipitação, maior a produção de lodo para uma bacia hidrográfica estabilizada. Contudo, na bacia em estudo, devido ao aumento das ações antrópicas mesmo com menor índice pluviométrico, constata-se maior produção de lodo.

Foi observado por Andreoli, Rocha e Schuchardt (2013) que, dentre os componentes do lodo de ETA, estão presentes materiais orgânicos e partículas do solo, como areia, silte e argila, carreados pela água bruta. Tal carreamento é resultante da ação humana, do desmatamento que rompe com o equilíbrio natural acelerando o processo erosivo, do uso e ocupação inadequados do solo, situação semelhante observada por Pedron *et al.* (2006) em São João do Polêsine-RS, onde as atividades agropecuárias ocupam mais de 50% do território.

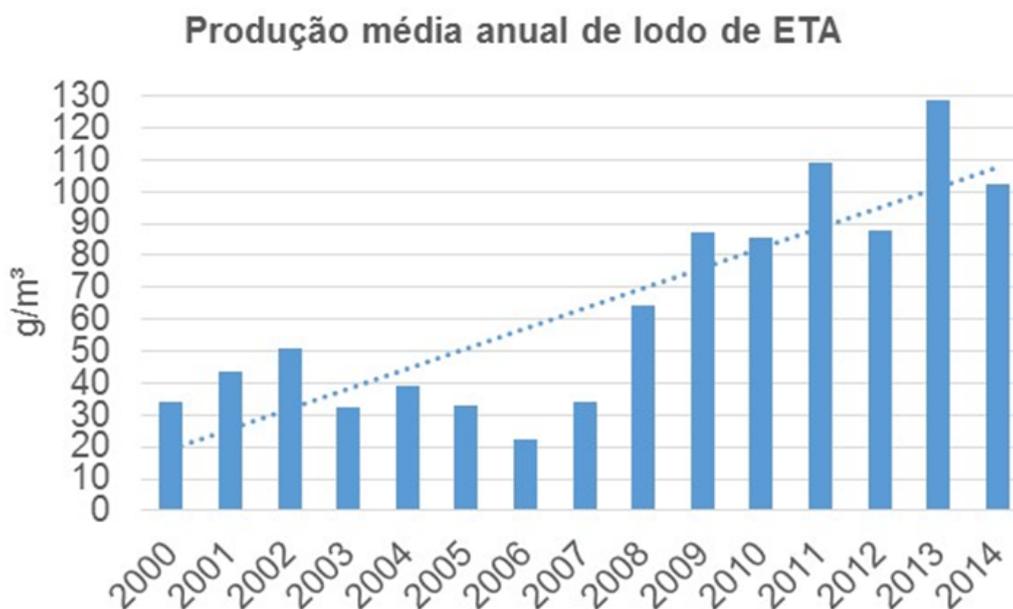


Figura 6 Quantidade média anual estimada g/m^3 de lodo de ETA gerado no SAA na cidade de Santa Maria de Jetibá. Fonte: Os autores.

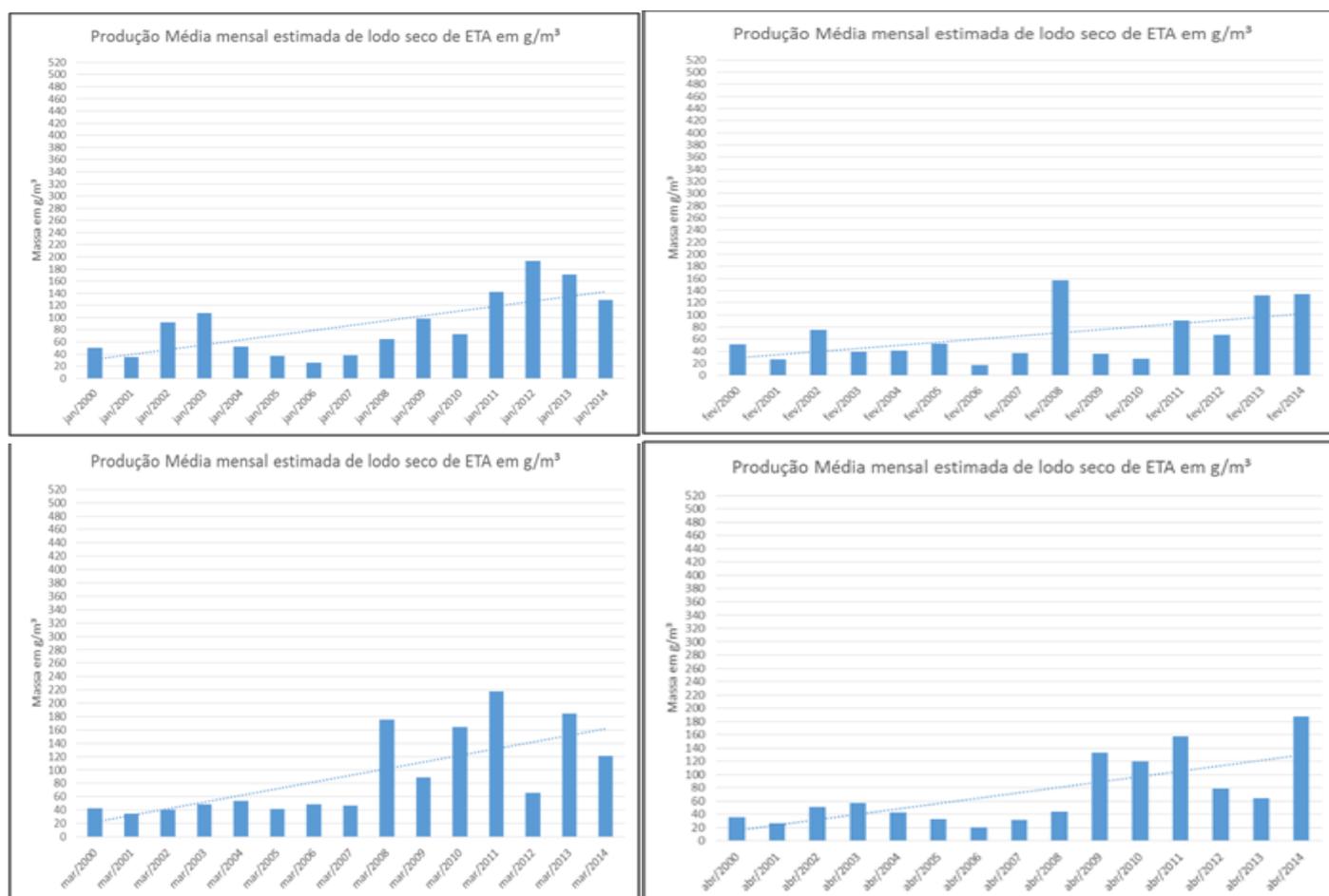
14,8% do município enquadra-se como APP, sendo 12,4% dessa área utilizada inadequadamente, acarretando prejuízos ambientais, econômicos e sociais.

Martinelli, Sarnaglia Junior e Coelho (2012), desenvolveram um estudo sobre APP's em dois municípios distintos, usando duas áreas de mesma proporção nos municípios de Pinheiros e SMJ, no Espírito Santo. Analisaram o grau de conservação das APP's, e para isso foram mapeados: o uso e a cobertura do solo de mata ciliar em Pinheiros e topo de morro em SMJ. Conforme os resultados apresentados, Pinheiros possui 14,6% de remanescentes florestais em mata ciliares, sendo que, 71,43% das áreas de APP's são utilizadas como pastagens, enquanto SMJ, das áreas de topo de morro, 67,47% estão preservadas, sendo este percentual relacionado com a declividade e altitude.

Mediante dados acima, constatou-se que 32,53% dos topos de morro de SMJ estão em usos diversos, o que contraria o Código Florestal e contribui para a carga de sedimentos nos mananciais. Evidencia-se o aumento da degradação na bacia hidrográfica de abastecimento da cidade de

SMJ, pois no ano 2000 foi gerado 33,96 g/m³ de lodo produzida na ETA, já no ano de 2014, gerou-se 102,30 g/m³, tendo um aumento de 201,24%.

A Figura 7 apresenta um conjunto de dados composto pelos meses que constituem o período úmido (dezembro a abril). Analisando o mês de janeiro, enquadrado no período úmido, temos em janeiro de 2000 a geração média de 50,66 g/m³ e em janeiro de 2014 a geração média de 129,16 g/m³. Em janeiro de 2006 ocorreu a menor geração de lodo de ETA 25,57 g/m³ e a maior foi em 2012, com 193,37 g/m³. A média de lodo da ETA dos meses de janeiro (2000 a 2014) foi 87,39 g/m³. Comparando-se a média de janeiro de 2014 (129,16 g/m³) com a média dos meses de janeiro (87,39 g/m³) temos um aumento de 241,77%. Porém, percebe-se um aumento significativo de 656,24% entre a menor geração de lodo (25,57 g/m³) e a maior (193,37 g/m³). Para os anos de 2006 e 2012, os dados pluviométricos justificam a discrepância entre ambos, pois em janeiro de 2006 foram 62,9 mm de precipitação, e em janeiro de 2012 foram 224,5 mm, ou seja, 256,91% a mais de precipitação, evidenciando que quanto maior a precipitação maior



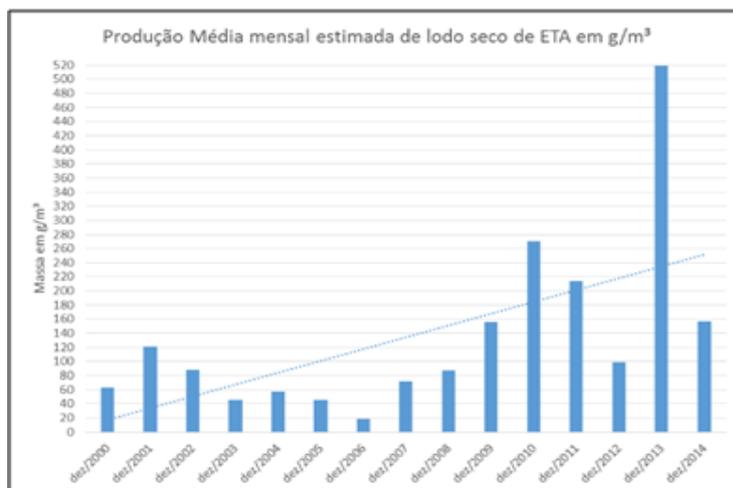


Figura 7 Quantidade média mensal estimada de lodo da ETA em g/m³ gerado no SAA, em Santa Maria de Jetibá.

Fonte: Os autores.

Atribui-se essa variação à degradação da bacia hidrográfica, ocupada por aproximadamente 1388 habitantes, granjas, currais, estradas vicinais, retiradas das matas ciliares para cultivo de hortifrutí, além da retirada de topo e de encosta de morro para plantação de café e eucalipto.

Centoducatte et al. (2011) constataram que 39,43% da área do município de SMJ situa-se em declividade entre 20-45°, com 20,43% dessa área usada para o cultivo agrícola. Em áreas com declividades superiores a 45°, 32,48% são ocupadas por ação do homem; já os topos de morro possuem 50,58% da área ocupados também por ação humana, infringindo a lei, ou são áreas consolidadas.

Antoneli (2011) avaliou a dinâmica do uso do solo e sua influência na produção de sedimentos na bacia do Arroio Boa Vista. Quantificaram-se as seguintes perdas de sedimentos conforme os tipos de uso do solo: faxinal 0,144 (t/ha), mata araucária 0,152 (t/ha), mata secundária 0,163 (t/ha), pastagem 1,05 (t/ha) e reflorestamento de eucalipto 1,27 (t/ha). Observou-se que a erosão do solo, dentre outros fatores, depende do grau e do tipo de cobertura vegetal, da intensidade da chuva e da inclinação do terreno. Santos et al. (2000) estabeleceram uma relação entre o tipo da cobertura vegetal e a erosão do solo nu, constatando que quanto maior a proteção do solo minimamente se dá a erosão, e quanto menor a proteção, maior a erosão, ambos acentuados ou não pela inclinação do terreno. Isso indica que a supressão da cobertura vegetal favorece a erosão do solo e lixiviação dos micros e macros nutrientes, contribuindo para o assoreamento e a eutrofização do rio, além da proliferação de algas, interfe-

rindo no processo de tratamento da água, aumentando a evaporação dos mananciais, minimizando a infiltração e a percolação da água no solo, consequentemente limitando a recarga do aflente no período seco, prejudicando a população pelo desabastecimento e restringindo o manancial ao uso do dessedentamento.

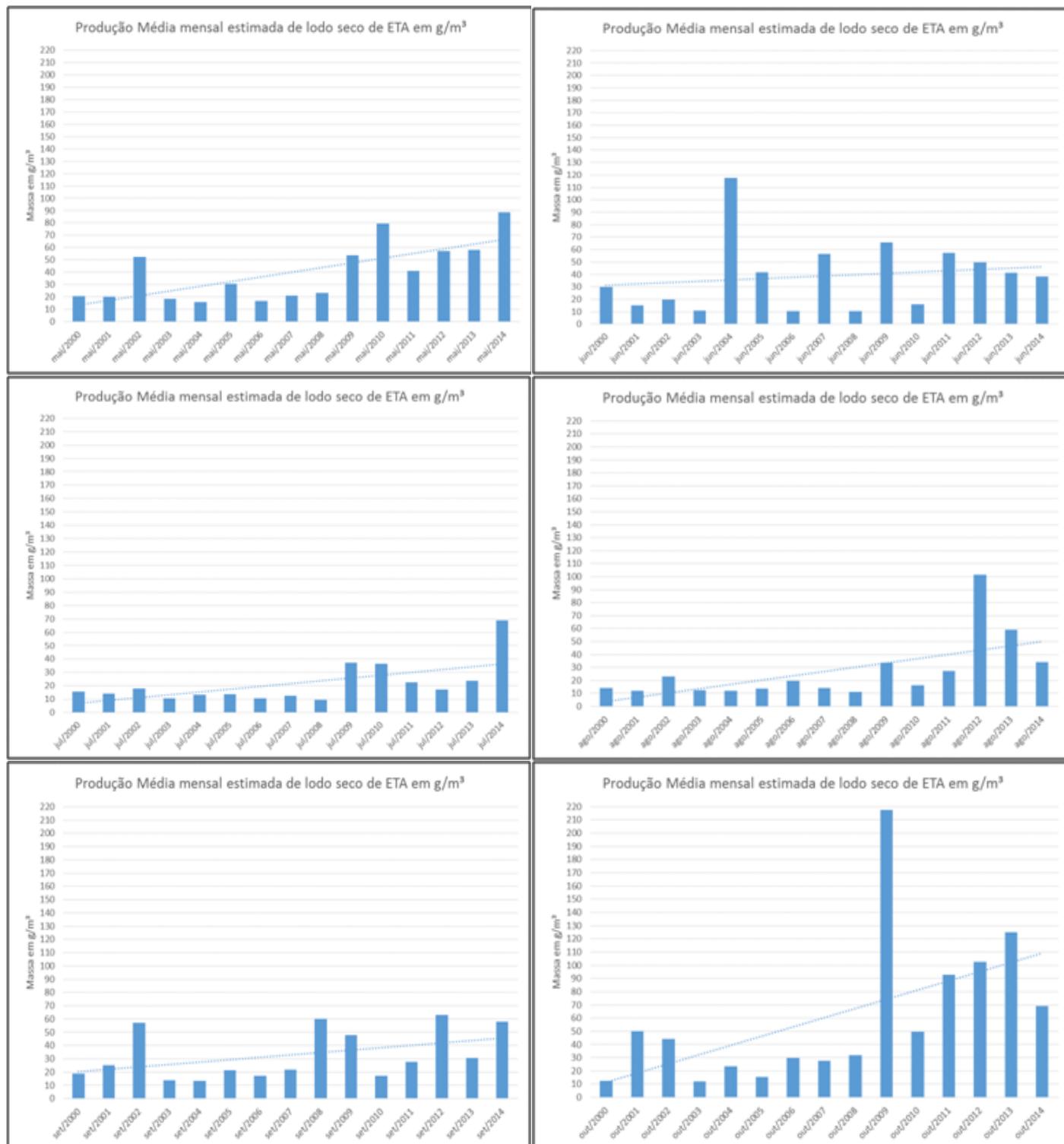
Os meses de fevereiro (2000 a 2014) apresentaram oscilações, apesar de a linha de tendência manter-se na crescente. A média dos meses foi de 65,52 g/m³. A menor produção de lodo ocorreu em fevereiro de 2006, com 17,65 g/m³, e com precipitação mensal de 32,1 mm. A menor precipitação ocorreu em fevereiro de 2009, 15,5 mm para a geração de 36 g/m³, enquanto a maior ocorreu em 2005, com 503,8 mm para 52,39 g/m³, e a maior geração de lodo ocorreu em 2008 com 156,55 g/m³, nota-se um incremento percentual de 159,70 % na produção de lodo em g/m³.

A análise dos meses de março demonstra variação percentual de 184,71% para o período, com média de 91,68 g/m³, mínima de 34,46 g/m³ em 2001 e máxima de 217,65 g/m³ em 2011. A pluviosidade de 2011 foi de 282,4 mm, a maior da série em estudo.

Já os meses de abril obtiveram média de 72,18 g/m³, mínima de 20,37 g/m³ em 2006, com apenas 40 mm de precipitação - a menor do período -, e máxima de 187,64 g/m³ em 2014, com um significativo aumento percentual de 419,49% na geração de lodo, sendo o maior entre os meses úmidos. Os meses de dezembro tiveram produção mínima de lodo de 18,59 g/m³ em 2006, com precipitação de 201,80 mm. A média foi de 134,20 g/m³, a maior dos períodos, influenciada pela maior média de todos os 180 meses em estudo, 519,00 g/m³ em 2013, porém não deter-

minada por ela, pois se esse valor discrepante fosse anulado, ainda assim dezembro teria a maior média, com 106,71 g/m³. Os meses de dezembro apresentam a maior média pluviométrica que os demais meses: 258,19 mm (2004 a 2013), com destaque para a média mensal de 2013, que foi de 390 mm O aumento percentual de 149,34 g/m³ na produção de lodo não foi tão significativo quanto os demais meses do período úmido.

Henriques *et al.* (2011) averiguaram a influência da pluviosidade na variação da turbidez no sistema de distribuição de água tratada e, segundo os autores, os níveis de turbidez relacionam-se proporcionalmente com a pluviosidade, devido à sobrecarga no sistema, em virtude da quantidade de sólidos suspensos na água bruta, ocasionando paralisação do tratamento e desabastecimento da população. Evidenciou-se que,



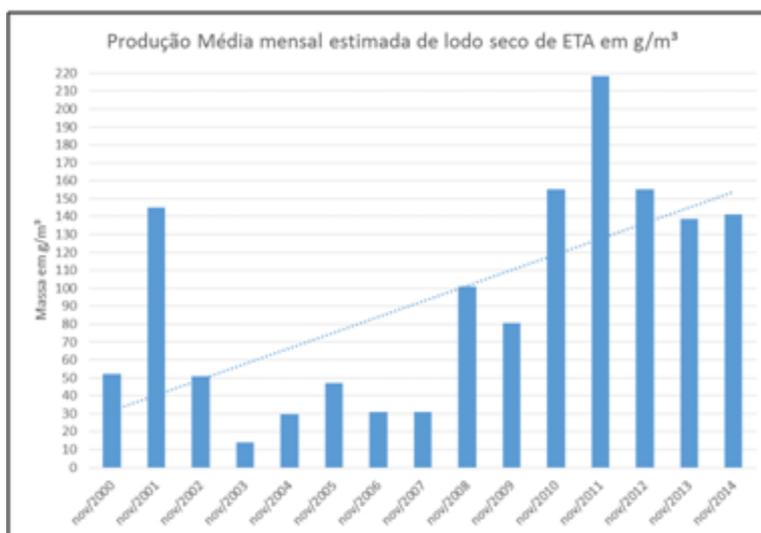


Figura 8 Quantidade média mensal estimada de lodo da ETA em g/m³ gerado no SAA em Santa Maria de Jetibá.

Fonte: Os autores

quanto maior a precipitação, maior a presença de sedimentos e matéria orgânica carregados no manancial (FUNASA, 2014), mantendo relação direta com a inexistência das matas ciliares em vários trechos do rio SSC, uso e ocupação das áreas com declividade superior a 45°, e topo de morros culminando na elevação da turbidez, ocasionando paralisação no Sistema de Tratamento e Abastecimento de Água de SMJ.

A Figura 8 apresenta a quantidade média da geração de lodo para o período seco (maio a novembro). Os meses de maio contaram com pluviosidade média de 65,72 mm (2004 a 2012), sendo que a menor foi de 5,8 mm em 2006 e a maior - 182,4 mm - em 2005. A média da geração de lodo foi de 39,95 g/m³, sendo a menor 15,81 g/m³ em 2004, com 10,6 mm de precipitação, e a maior 88,84 g/m³ em 2014, um aumento percentual no período de 328% na geração de lodo. Os meses de junho alcançaram média pluviométrica de 46,12 mm, mínima de 9,4 mm em 2008 e máxima de 119,9 mm em 2005. A produção média de lodo foi de 38,72 g/m³, sendo a menor 10,43 g/m³ em 2006 e a maior 117,61 g/m³ em 2004, com 19,8 mm e 111,1 mm de precipitação respectivamente. Através dos dados, percebe-se uma ascendência de 29,43% na produção de lodo a menor do período seco.

Starzynski e Simões (2015) realizaram um estudo de caso sobre o serviço ambiental hídrico prestado pelo Parque Estadual da Serra do Mar (PESM) às regiões urbanas do estado de São Paulo. Os autores concluíram que a alta taxa de crescimento da população exerce pressão sobre o PESM

e seus recursos hídricos e que, do montante outorgado, 64,40% destinam-se ao abastecimento público e 29,58% ao uso industrial, sendo 99,09% da água captada de mananciais superficiais e 0,91% captada de forma subterrânea. Dessa forma, a manutenção da cobertura florestal proporciona uma água com baixo teor de sedimentos, o que reduz os custos operacionais das Estações de Tratamento de Água.

Os meses de julho caracterizam-se com a menor média pluviométrica do período seco, com 20,25mm, a máxima foi de 49,9 mm em 2010, com destaque para julho de 2007 com apenas 2,1mm mensal, influenciando na redução da produção de lodo de ETA, que para os meses de julho, a média da produção foi de 21,62 g/m³, sendo a menor média de geração de lodo de todos os meses secos, e em julho de 2008 a menor produção de toda série histórica estudada: 9,45 g/m³, com precipitação de 2,7 mm. Contudo, pode-se observar um aumento de 338,52% para os meses de julho, reflexo do uso e ocupação inadequado do solo. Fato observado por Vanzela, Hernandez e Franco (2010). Comparando a qualidade e disponibilidade de água com o uso e ocupação dos solos, constataram que as áreas ocupadas por matas e pastagens, favoreceram a disponibilidade e a qualidade da água na bacia hidrográfica. Observa-se, ainda na Figura 8, que nos meses de agosto a produção média de lodo foi de 26,91 g/m³, sendo a menor de 11,08 g/m³ em 2008 e a máxima de 101,58 g/m³ em 2012. Houve acréscimo nos meses de 141,98% na geração de lodo, para índices pluviométricos mínimo de 3,3 mm mensal em 2011,

máximo de 174,5 mm em 2012 e médio de 35,35 mm dos meses de agosto do período. Nos meses de setembro, nota-se uma produção média de 32,88 g/m³, máxima de 63,22 g/m³ em 2012 e mínima de 17,00 g/m³ em 2010, com elevação percentual de 208,15%. Os dados pluviométricos para os meses supracitados apresentaram média de 34,54 mm, máxima de 77,2 mm em 2005 e mínima de 10,3 mm em 2010.

Pelos dados, depreende-se que os meses de outubro registraram média de 60,30 g/m³, mínima de 12,5 g/m³ em 2000, máxima de 125,12 em 2013, com um aumento na produção de lodo de 453,44 %. A média pluviométrica foi de 110,81 mm, mínima de 28,6 mm em 2005 e máxima de 383 mm em 2009. Luiz, Pinto e Schiffer (2012) relacionaram aspectos físicos e de uso do solo com os parâmetros físicos de cor e turbidez do rio Taquaral, em São Mateus do Sul, no Pará. Constataram que os parâmetros de cor e turbidez são mais elevados onde há lavouras nas áreas de maior declividade da bacia hidrográfica.

Já para os meses de novembro, a média foi de 92,74 g/m³, a máxima de 218,45 g/m³ em 2011 e a mínima de 14,03 g/m³ em 2003, com precipitação média 200,45 mm, máxima de 332,7 em 2010 e mínima de 79,2 mm em 2007. Os meses de outubro e de novembro são os meses de transição do período seco para o úmido, as primeiras chuvas carregam o solo, confor-

me observado por Heringer, Santos e Tutunji (2007).

A maior média de produção de lodo do período seco ocorreu em novembro (92,74 g/m³) e a menor em julho (21,62 g/m³). Sendo assim, o maior crescimento percentual foi em outubro (453,44%) e o menor em junho 29,43%. Os dados apresentados correlacionam-se positivamente com os índices pluviométricos, conforme Figura 9, pois a menor média pluviométrica foi em julho (20,25 mm) e a maior em novembro (200,45 mm). Conforme análise dos dados infere-se a relação direta para a bacia hidrográfica em estudo: quanto maior a precipitação, maior a produção de lodo de ETA, devido à pouca cobertura vegetal que deixa o solo suscetível a erosão, contribuindo para o assoreamento do manancial, elevando a turbidez, aumentando o uso de produtos químicos e, conseqüentemente, os custos com o tratamento da água, situação já observada por Reis (2004), que determinou os custos para o processo de tratamento da água captada em manancial superficial, proveniente de sete bacias hidrográficas com diferentes usos e percentuais de cobertura florestal, e constatou que o valor usado com produtos químicos utilizados no tratamento da água eleva-se com a redução do percentual de cobertura florestal na bacia de abastecimento. A autora observou também que, em casos extremos encontrados na ETA que capta água do rio Piracicaba, em bacia hidrográfica com 4,30%

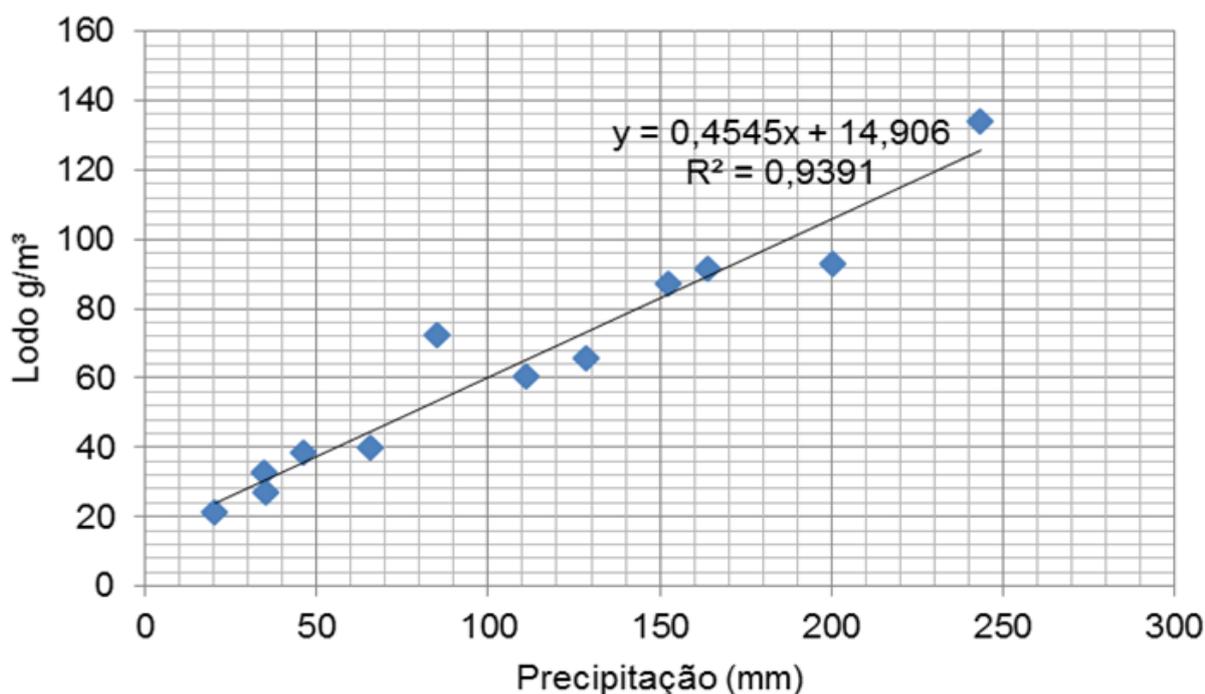


Figura 9 Correlação entre precipitação e produção de lodo da ETA. Fonte: Os autores.

de cobertura florestal, o custo específico dos produtos químicos usados no tratamento era de R\$ 92,61 para 1000 m³ tratados, enquanto que no sistema que abastece a Região Metropolitana de São Paulo, que capta água do Sistema Cantareira, cuja bacia hidrográfica apresenta 27,16% de cobertura florestal, o custo específico com produtos químicos era de R\$ 7,20/1000 m³. Cotia e outros, com percentual de 92% de cobertura vegetal, apresenta custos de R\$ 19,22 para 1000 m³.

A preservação e a recuperação das bacias hidrográficas são de fundamental importância para uma melhor qualidade da água e, consequentemente, sua menor turbidez, ocasionando uma menor produção de lodo de estação de tratamento de água. Dentre os parâmetros físicos da água, a turbidez é o principal indicador de sua qualidade e da preservação da bacia hidrográfica, além de ser o referencial determinante na escolha da quantidade de coagulante a ser adicionado para remoção das partículas em suspensão. Através da turbidez e da quantidade de coagulante, é possível determinar o quanto de lodo que foi removido no processo de clarificação da água. Os resultados apresentados evidenciam que quanto maior a turbidez maior a produção de lodo.

Considerações Finais

Conforme resultados obtidos, evidenciou-se que, quanto maior a precipitação, maior a presença de sedimentos e de matéria orgânica no manancial, maior a produção de lodo da ETA, mantendo uma relação com a inexistência das matas ciliares em vários trechos do rio São Sebastião de Cima, com o manejo inadequado do solo, com o uso e a ocupação das áreas com declividade superior a 45° e com os topos de morros, culminando na elevação da turbidez, ocasionando redução e paralisação no sistema de tratamento e abastecimento de água de Santa Maria de Jetibá.

Embora sejam necessários os investimentos em infraestrutura, as soluções de engenharia civil não são isoladamente as únicas intervenções importantes em um Sistema de Abastecimento Público. Elas devem estar associadas a inúmeras outras medidas de manejo, sobretudo à elevação do percentual de cobertura florestal da bacia, para isso não negligenciando as ações mitigadoras, restauradoras, educativas e conservadoras.

Conclui-se que a degradação ambiental interfere diretamente na quantidade e na qualidade da

água, que para consumo humano deve ser potável. Por isso, a preocupação com o tratamento da água não deve ser iniciado quando ela chega à ETA, porém o foco principal dessa preocupação deve ser as bacias hidrográficas, pois se torna mais viável a preservação destas que os investimentos em melhorias no sistema de tratamento de água, tanto no aspecto econômico, quanto no aspecto socioambiental, principalmente no que tange à questão da utilização consciente desse recurso natural, a fim de evitar seu esgotamento.

Como sugestão para trabalhos futuros, propõe-se um diagnóstico de uso e ocupação do solo e que se apresentem as aptidões naturais de cada área, conduzindo os proprietários através da conscientização e dos incentivos à adequação dos seus usos e manejos.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN), por permitir o uso dos dados, possibilitando a realização deste trabalho.

Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Disponível em <<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/>>. Acesso em 10 Mai. 2016.
- ANDREOLI, C. V.; ROCHA, W. N.; SCHUCHARDT, W. **Processo de Captação Subsuperficial com Pré-filtração de Água**. In: Carneiro, C.; Andreoli, C. V. (Coord.). Lodo de Estações de Tratamento de Água – Gestão e Perspectivas Tecnológicas. Curitiba: Sanepar, 2013. p. 273-300. Disponível em <<http://www.fappr.pr.gov.br>>. Acesso em 28 Dez. 2015.
- ANDREOLI, C. V. et al. **Os Mananciais de Abastecimento do Sistema Integrado da Região Metropolitana de Curitiba**, 1999 - SANARE - Revista Técnica da Sanepar. Disponível em <<http://www.sanepar.com.br>>. Acesso em 01 Out. 2014.
- ANTONELI, V. **Dinâmica do Uso da Terra e a Produção de Sedimentos em Diferentes Áreas Fontes na Bacia Hidrográfica do Arroio Boa Vista** - Guairanga - Pr. Curitiba, 2011. 354 f. Tese de Doutorado (Setor de Ciências Da Terra). Programa de Pós - Graduação em Geografia Universidade Federal Do Paraná, Curitiba, 2011. Disponível em <<http://acervodigital.ufpr.br>>. Acesso em 19 Abr. 2016.

- BAYER, D. M.; CASTRO, N. M. R.; BAYER, F. M. (2012). **Modelagem e previsão de vazões médias mensais do rio Potiribu utilizando modelos de séries temporais**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 17(2), 229–239. Disponível em <<http://132.248.9.34/hevila/Revistabrasileiraderecursos-hidricos>>. Acesso em 10 Mai. 2016.
- BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008**. Rio de Janeiro 2010. Disponível em <<http://biblioteca.ibge.gov.br>>. Acesso em 08 Jul. 2015.
- _____. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde - Funasa. **Manual de Saneamento**. 4º. Ed. rev. – Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006. 408 p.
- _____. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde – Funasa. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS / Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde**. – Brasília: Funasa, 2014. 112 p.
- BRUSA, A. B. S. D. et al. **Simulação dos Processos de Coagulação-Floculação-Decantação: Quantificação dos Lodos Produzidos**. 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES – Associação Bras. de Eng. Sanitária e Ambiental. Porto Alegre - RS, 2011. Disponível em <<http://www.abes-dn.org.br>>. Acesso em 29 Jan. 2016.
- CASTRO, A. A. et al. **Soluções para tratamento de resíduos de estação de tratamento de água – proposta para a unidade de tratamento de resíduos (UTR) do Rio das Velhas na RMBH**. In: 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Ambiental. ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Foz do Iguaçu, 1997. Disponível em <<http://www.bvsde.paho.org>>. Acesso em 22 Abr. 2013.
- CENTODUCATTE, L. D'Á. et al. **Efeito da topografia no padrão de USO e ocupação do solo no município de Santa Maria de Jetibá, ES 2011**. In: XV Simpósio Bras. de Sensoriamento Remoto, Curitiba. Disponível em <<http://www.dsr.inpe.br>>. Acesso em 13 Abr. 2016.
- CHAVES, H. M. L. et al. **Quantificação dos Benefícios Ambientais e Compensações Financeiras do “Programa do Produtor de Água” (ANA): II. Aplicação**. Revista Bras. de Recursos Hídricos, vol. 9, N 3 p 15-21, 2005. Disponível em <<http://www.adasa.df.gov.br>>. Acesso em 22 Abr. 2013.
- COMPANHIA ESPÍRITO SANTENSE DE SANEAMENTO (CESAN). **Relatório Anual de Qualidade da Água Distribuída em 2014**. Santa Maria de Jetibá, 2015. Disponível em <<http://www.cesan.com.br>>. Acesso em 08 Jul. 2015.
- CORDEIRO, J. S. **Processamento de Lodos de Estações de Tratamento de Água (ETAs)**. In: Andreoli, Cleverson Vitorio (Org.). Rede Cooperativa de Pesquisas: Aproveitamento do Lodo Gerado em Estações de Tratamento de Água e Esgotos Sanitários, Inclusive com a Utilização de Técnicas Consorciadas com Resíduos Sólidos Urbanos. Curitiba: ABES-RJ, 2001. P.141. Disponível em <<http://www.finep.gov.br>>. Acesso em 22 Abr. 2013.
- HENRIQUES, J. A. et al. **Análise da Influência da Pluviosidade nos Níveis de Turbidez do Sistema de Distribuição de Água de Campina Grande – PB com Aplicação de Sistema de Informações Geográficas**. 26º Congresso Bras. de Eng. Sanitária e Ambiental ABES - Porto Alegre - RS, 2011. Disponível em <<http://www.abes-dn.org.br>>. Acesso em 29 Jan. 2016.
- HERINGER, A. F. C.; Santos, P. F. B.; Tutunji, V. L. **Perfil Sazonal dos Enterococcus e Escherichia coli nos mananciais do Distrito Federal**. Univ. Ci. Saúde, Brasília, v. 5, n. 1/2, p. 13-26, 2007. Disponível em <<https://www.publicacoesacademicas.uniceub.br>>. Acesso em 29 Jan. 2016.
- INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL (INCAPER). **Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural (PROATER 2011 – 2013)**. Santa Maria de Jetibá. ES- 2013. Disponível em <<http://www.incaper.es.gov.br>>. Acesso em 10 Mar. 2015.
- JACOBSON, L. S. V. et al. **Comunidade Pomerana e Uso de Agrotóxicos: uma realidade pouco conhecida**. Santa Maria de Jetibá, 2009. Disponível em <<http://www.scielo.br>>. Acesso em 15 Mar. 2015.
- LIBÂNIO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. Campinas São Paulo 3a Edição revisada e ampliada. Editora Átomo, 2010.
- MARTINELLI, F. S.; SARNAGLIA Jr, V. B.; e COELHO, A. L. N. **Estado de Conservação de Áreas de Preservação Permanentes (APP) em duas áreas topograficamente distintas do Estado do Espírito Santo**. Espírito Santo, 2012. Natureza online vol. 10. n.4. p191-194. Disponível em <<http://www.naturezaonline.com.br>>. Acesso em 13 Abr. 2016.
- MARTINS, T. F.; ALLONSO, J. J.; MANCINI, S. D. **Avaliação da disponibilidade hídrica do sistema**

de captação de água superficial para abastecimento público da região urbana no município de Ituporanga. 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Porto Alegre – Rio Grande do Sul, 2011. Disponível em <<http://www.abes-dn.org.br>>. Acesso em 05 Jan. 2016.

NÓBREGA, N. E. F. et al. **Análise da Distribuição Sazonal e Espacial da Precipitação no Sul do Estado do Espírito Santo.** Espírito Santo, 2008. Disponível em <<http://hidrometeorologia.incaper.es.gov.br>>. Acesso em 22 abr. 2015.

PEDRON, F. A. A. et al. **Aptidão de Uso da Terra Como Base Para o Planejamento da Utilização dos Recursos Naturais no Município de São João do Polêsine – RS.** *Ciência Rural*, vol. 36, nº 001 Universidade Federal de Santa Maria- S^a Maria, Brasil p.105-112, 2006. Disponível em <<https://www.researchgate.net>>. Acesso em 20 Mar. 2016.

R Core Team R: **A Language and Environment for Statistical Computing.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2014. Disponível em <<http://www.R-project.org>>. Acesso em 09 mar. 2015.

REIS, L. V. S. **Cobertura florestal e custo do tratamento de águas em bacias hidrográficas de abastecimento público: caso do manancial do município de Piracicaba.** Piracicaba, 2004. Tese (doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2004. Disponível em <<http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br>>. Acesso em 20 Mai. 2013.

RIBEIRO, F. L. M. **Quantificação e caracterização química dos resíduos da ETA de Itabirito – MG.** 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos. Universidade Federal de Ouro Preto. Instituto de Ciências Exatas e Biológicas. Ouro Preto, 2007. Disponível em <<http://www.repositorio.ufop.br>>. Acesso em 20 Mai. 2013.

RICHTER, C. A. **Tratamento de lodos de estações de tratamento de água.** Editora Edgard Blucher Ltda.: São Paulo, 2001.

SANTOS, C. A. G. et al. **Influência do Tipo da Cobertura Vegetal Sobre a Erosão no Semiárido Paraibano.** *Rev. Bras. de Eng. Agrícola e Ambiental*, vol.4, n.1, p92-96, Campina Grande, PB, 2000. Disponível em <<http://www.scielo.br>>. Acesso em 15 Jan. 2016.

SILVA, M. S. A. et al. **Estimativa da quantidade de lodo produzido no tratamento de água do tipo convencional e Actiflo® – comparação de metodologias** 8º Encontro de Engenharia e Tecnologia dos Campos Gerais 27 a 30 de Agosto de 2013. Ponta Grossa, 2013. Disponível em <<http://www.aeapg.org.br>>. Acesso em 20 Mai. 2014.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO - SNIS. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto.** 2000 -2014. Disponível em <<http://www.snis.gov.br>>. Acesso em 22 de Abr. 2016.

STARZYNSKI, R.; SIMÕES, S. J. **Avaliação Quantitativa do Uso dos Recursos Hídricos em Unidade de Conservação: Estudo de Caso do Parque Estadual Serra do Mar.** São Paulo, 2015. Disponível em <<http://www.scielo.br>>. Acesso em 01 Mar. 2016.

TUNDISI, J. G. et al. **A bacia hidrográfica do Tietê/Jacaré: estudo de caso em pesquisa e gerenciamento.** São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf>>. Acesso em 11 Jan. 2014.

VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M. **Influência do Uso e Ocupação do Solo nos Recursos Hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, vol.14, n.1, p.55–64. Campina Grande, PB, UAEA/UFCG, 2010. Disponível em <<http://www.agriambi.com.br>>. Acesso em 03 Jun. 2015.

WAGNER, L. F.; e PEDROSO, K. **Disposição de Resíduos das Estações de Tratamento de Água.** *Faculdades Ponta Grossa Revista TECHNO ENG* ISSN: 2358-2669/Vol.1 n,09. P. G, 2014. Disponível em <<http://www.faculdadespontagrossa.com.br>>. Acesso em 20 Abr.2016.