

I-215 - CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS GERADOS NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE LARANJAL – SÃO GONÇALO / RJ (ESTUDO DE CASO)

Elisa Resende Alvim Florentin Silva⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Pós-graduada em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Escola Politécnica/ UFRJ. Funcionária da Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro (CEDAE), exercendo o cargo de Engenheiro A na função de Assistente Técnico Operacional de Água. Mestranda em Engenharia Ambiental na Escola Politécnica/UFRJ.

Iene Christie Figueiredo⁽²⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Mestre em Engenharia Ambiental pela UFES. Doutora em Engenharia Civil - Tecnologia de Saneamento Ambiental pela COPPE/UFRJ. Professora Adjunta da Escola Politécnica/UFRJ, vinculada também aos mestrados Profissionais em Engenharia Ambiental e Engenharia Urbana desta instituição.

Endereço⁽¹⁾: Avenida Presidente Vargas, 2655, sede da CEDAE, 4º andar - Cidade Nova - Rio de Janeiro – RJ - CEP: 20210-031 - Brasil – Tel: (21) 2332-3181 - e-mail: elisa-silva@cedae.com.br

RESUMO

A disposição de lodos de estações de tratamento de água (ETAs) de forma ambientalmente correta e o reaproveitamento de sua fase líquida configuram-se em mais um desafio a ser enfrentado pelas companhias de saneamento e tem recebido maior atenção na Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro (CEDAE) nos últimos anos. O objetivo do presente trabalho é discutir sobre a caracterização e quantificação dos resíduos gerados na ETA Laranjal, pertencente à CEDAE, a fim de subsidiar uma análise futura sobre as soluções viáveis para disposição final técnica e ambientalmente exequíveis. Foram avaliados qualitativa e quantitativamente os lodos gerados na ETA Laranjal através de coleta de amostras *in loco*. Deste modo, observou-se que as características do lodo da lavagem de filtros são diferentes daquelas determinadas para os resíduos de lavagem e descarga de decantadores, o que levará à soluções de destinação final distintas para cada um destes efluentes. Os resíduos gerados na ETA Laranjal equivalem a cerca de 2% do volume de água potável produzido nesta planta.

PALAVRAS-CHAVE: Lodo de ETA, Estação de Tratamento, Resíduos, Efluentes.

INTRODUÇÃO

Em estações de tratamento de água (ETAs) grande parte da produção de resíduos é decorrente dos processos de lavagem dos decantadores e dos filtros. A quantificação destes resíduos pode ser feita com base na produção da ETA, observando-se valores usuais entre 0,2 e 5% do volume total de água tratada segundo autores do Programa de Pesquisa em Saneamento Básico – PROSAB (2006). Destaca-se que este resíduo, usualmente lançado de modo inadequado nos corpos d'água, pode ser tóxico ao homem e ao meio ambiente. Este quadro suscita a crescente necessidade de gerenciamento adequado destes efluentes, à medida que a legislação ambiental no setor torna-se cada vez mais restritiva quanto a sua disposição *in natura*.

Uma das alternativas para equacionar este problema é a utilização destes resíduos como matéria-prima em processos industriais, considerando princípios técnicos e ambientais, associados a estudos de viabilidade, de maneira a não comprometer a saúde das pessoas envolvidas no processo e a diminuir os impactos negativos causados ao meio ambiente. Nesse sentido, algumas pesquisas foram desenvolvidas no âmbito do PROSAB, destacando a possibilidade de sua reutilização ou recuperação. Os sólidos resultantes da desidratação dos resíduos de ETAs foram incorporados em concreto, usados em cerâmicas, dispostos em Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs), dentre outros. Já a fase líquida, oriunda da lavagem de filtros e resultante do desaguamento do lodo, pode ser reaproveitada em recirculação na própria ETA ou como água de reuso para fins não-nobres. Para tanto, torna-se fundamental estudos para adequada caracterização e quantificação de resíduos gerados em ETAs a fim de balizar a definição de métodos de minimização, tratamento e disposição final destes.

O desenvolvimento deste trabalho contou com o apoio e a participação da Companhia Estadual de Água e Esgoto do Rio de Janeiro (CEDAE).

OBJETIVOS DO TRABALHO

O presente estudo fará uma discussão sobre a caracterização e quantificação dos resíduos gerados nos dispositivos de tratamento de água da ETA Laranjal, pertencente à CEDAE, subsidiando a análise sobre as soluções viáveis para o seu manejo.

MATERIAIS E MÉTODOS

APRESENTAÇÃO DA ETA LARANJAL

A ETA Laranjal é uma estação que opera sob ciclo completo, utilizando-se de processos e operações convencionais, que englobam as etapas de pré-cloração, mistura rápida/coagulação, mistura lenta/floculação, decantação, filtração rápida, desinfecção, correção do pH e fluoretação. A água potabilizada nesta unidade atende integralmente à legislação, especificamente à Portaria Nº 2914/2011. A água bruta é proveniente das bacias dos rios Macacu e Guapi-Açu e é captada no canal de Imunana, canal artificial escavado em terreno natural, no município de Guapimirim. Esta água bruta é recalçada para a ETA Laranjal, situada no município de São Gonçalo.

Esta estação é, na realidade, constituída por três estações de tratamento distintas, apesar de situadas na mesma área, conhecidas por ETA 1, ETA 2, ETA 3 (Figura 1). A capacidade total de produção é de 6,00 m³/s, que atende aproximadamente uma população de 1.500.000 de habitantes dos municípios de São Gonçalo, Niterói, parte de Maricá e Ilha de Paquetá/RJ. Essas dimensões tornam a ETA Laranjal uma das maiores do estado do Rio de Janeiro, e de suma importância para abastecimento da população da região metropolitana leste.



Figura 1: Constituintes da ETA Laranjal e Locais dos Pontos de Coleta

A ETA Laranjal utiliza sulfato de alumínio como coagulante e produz, basicamente, como subprodutos do tratamento, resíduos produzidos nos decantadores (lodo) e na lavagem dos filtros. Além do coagulante, a presença de polímeros é comum nos lodos gerados na ETA, que também utiliza polieletrólito aniônico como auxiliar de coagulação.

CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS

A caracterização dos resíduos utilizou como referência a ETA 1 uma vez que sua capacidade nominal de tratamento corresponde aproximadamente a 50% da capacidade total da ETA Laranjal.

Um estudo de campo foi realizado na ETA 1 entre os dias 26 de setembro de 2013 e 26 de fevereiro de 2014, resultando em campanhas quinzenais (amostras da água de lavagem do filtro e da descarga periódica dos decantadores) e mensais (água de lavagem dos decantadores, água bruta e filtrada). A realização desta pesquisa deu-se no período tipicamente chuvoso e de altas temperaturas, de forma a representar a variação da qualidade da água bruta aliada à maior demanda de água pela população.

Como descreve a Tabela 1, foram selecionados cinco pontos de coleta: um para água bruta, um para água tratada pós-filtragem e três para cada linha geradora de resíduos (água residual de lavagem de filtro, água da descarga do decantador e água residual de lavagem do decantador). A Figura 2 ilustra estes pontos de amostragem no fluxograma da ETA 1. A amostragem foi do tipo composta, ou seja, para um mesmo descarte de um resíduo foram coletadas num frasco frações e intervalos de tempo iguais.

As amostras coletadas eram conduzidas para os laboratórios da CEDAE, onde foram processadas análises segundo os parâmetros: Cor aparente, pH, Turbidez, DQO, DBO, Série de Sólidos (RNFT, RNFF e RNFB), Alcalinidade, Nitrogênio Total, Fósforo Total, Fósforo Solúvel, Alumínio, Sulfato, Ferro, Manganês, Níquel, Zinco e Chumbo. Os resultados das análises físico-químicas foram tratados estatisticamente.

Tabela 1: Pontos de amostragem na ETA 1, período e frequência de monitoramento.

PONTO DE COLETA	LOCAL DE COLETA	TIPO DE AMOSTRA	FREQUÊNCIA DE COLETA	PERÍODO DE AMOSTRAGEM	NÚMERO DE AMOSTRAS
1	Água Bruta	Composta	Mensal*	Set./13 a Fev./14	5
2	Água Tratada Pós-Filtragem	Composta	Mensal	Set./13 a Fev./14	5
3	Água Residual de Lavagem de Filtro	Composta	Quinzenal	Set./13 a Fev./14	12
4	Água de Descarga/Purga do Decantador	Composta	Quinzenal	Set./13 a Fev./14	17
5	Água Residual de Lavagem / Esgotamento do Decantador	Composta	Mensal	Set./13 a Fev./14	7
6**	Canal de Efluentes	-	min. a min.	Dez./13 a Fev./14	~125.000

* Neste estudo foi mensal, mas a ETA faz controle diário.

** Controle de vazão.

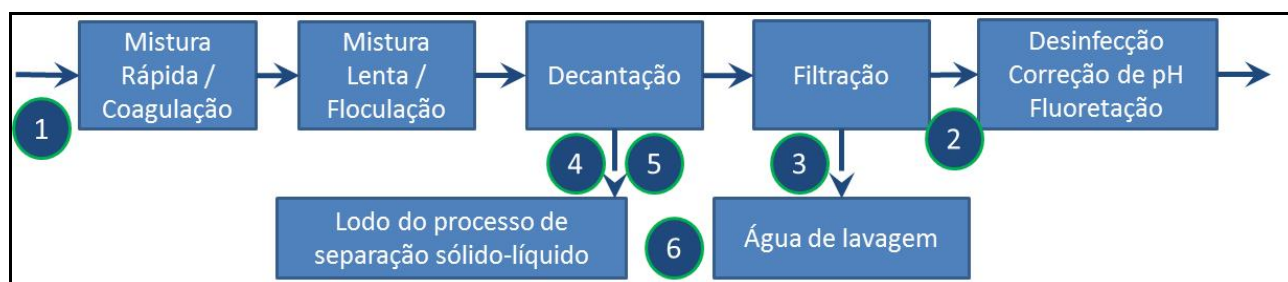


Figura 2: Pontos definidos para monitoramento e caracterização das águas.

QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS

O volume e a vazão da fase líquida e sólida dos resíduos serão calculados com base nos dados do nível de água do canal de drenagem por onde escoam os volumes descartados na lavagem dos filtros, a descarga e a lavagem dos decantadores (Ponto de coleta 6 na Figura 2). O período e frequência de monitoramento estão descritos na Tabela 1.

O canal de drenagem possui uma barragem delgada transversal, que tem a função de vertedor. Os dados de nível foram registrados de minuto a minuto pelo medidor de nível ultrassônico existente neste canal, a montante do vertedor. Esses dados são transformados em vazão e, posteriormente, em volume com auxílio da Equação 1 (fórmula de Francis), aplicada a vertedores retangulares de paredes delgadas e sem contrações.

$$Q = 1,838 L H^{3/2} \quad \text{Equação (1)}$$

onde,

L - largura do canal de drenagem, equivalente a 1,50 m;

H – nível de água sobre a crista do vertedor em metros. A crista do vertedor está na cota + 30 cm;

Q – vazão de água em m³/s.

RESULTADOS OBTIDOS

Primeiramente, ressalta-se que o período do ano escolhido para a campanha de campo deveria ter sido chuvoso, o que excepcionalmente não ocorreu e, pelo contrário, foi o início de um ciclo de escassez hídrica no sudeste brasileiro.

Os resultados analisados são decorrentes de 36 amostras, distribuídas em diferentes pontos, e foram compilados nas Tabelas 2 e 3, mostrando os principais parâmetros.

Tabela 2: Estatística de qualidade da água proveniente da lavagem do filtro.

ÁGUA RESIDUAL DE LAVAGEM DO FILTRO (ARLF)						
PARÂMETRO ESTATÍSTICA	TURBIDEZ (UNT)	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	RNFT ou SST (mg/L)	Al (mg/L)	FÓSFORO TOTAL (mg/L)
Núm. dados	11	9	9	9	11	10
Média	73,6	11	60	166	13,5	0,289
Mínimo	0,3	2	45	74	4,5	0,078
Máximo	381,0	22	91	393	35,1	0,738
Coef. Var.	1,42	0,78	0,28	0,60	0,74	0,76

Tabela 3: Estatística de qualidade das águas provenientes da descarga e lavagem do decantador.

ÁGUA DE DESCARGA DO DECANTADOR (ADD) e ÁGUA RESIDUAL DE LAVAGEM DO DECANTADOR (ARLD)												
PARÂMETRO ESTATÍSTICA	TURBIDEZ (UNT)		DBO (mg/L)		DQO (mg/L)		RNFT ou SST (mg/L)		Al (mg/L)		FÓSFORO TOTAL (mg/L)	
	ADD	ARLD	ADD	ARLD	ADD	ARLD	ADD	ARLD	ADD	ARLD	ADD	ARLD
Núm. dados	15	7	14	6	14	7	14	6	14	7	14	6
Média	2000,6	10822,9	50	117	443	2538	2077	8556	404,2	1189,1	7,129	28,458
Mínimo	190,0	7450,0	3	30	41	356	188	970	31,4	0,5	1,000	0,125
Máximo	9600,0	15000,0	137	218	1789	8827	8000	16540	2460,0	2506,7	41,662	90,981
Coef. Var.	1,50	0,27	0,78	0,59	1,07	1,16	0,99	0,69	1,90	0,78	1,48	1,13

As Figura 3 e Figura 4 representam a distribuição estatística dos dados obtidos em gráficos do tipo *box-plot*.

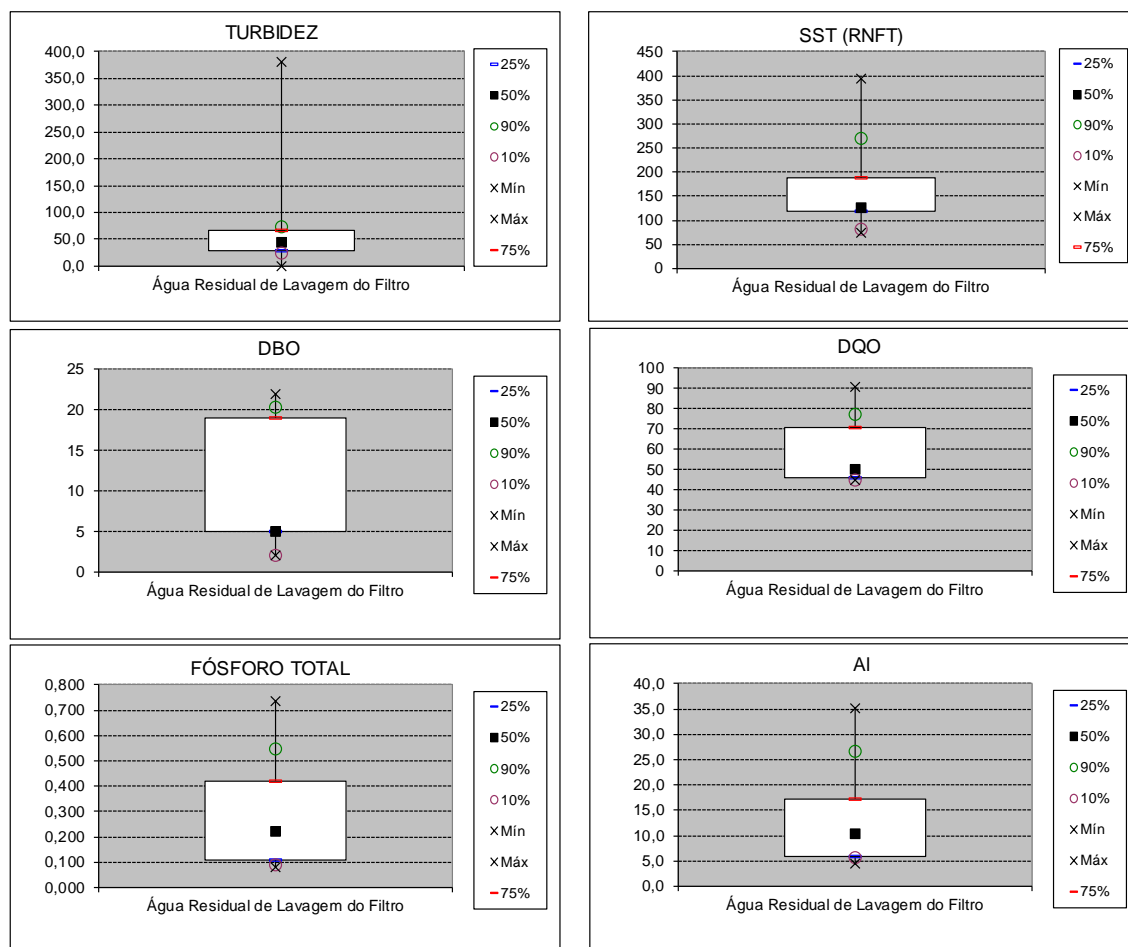


Figura 3: Distribuição dos valores estatísticos da lavagem do filtro.

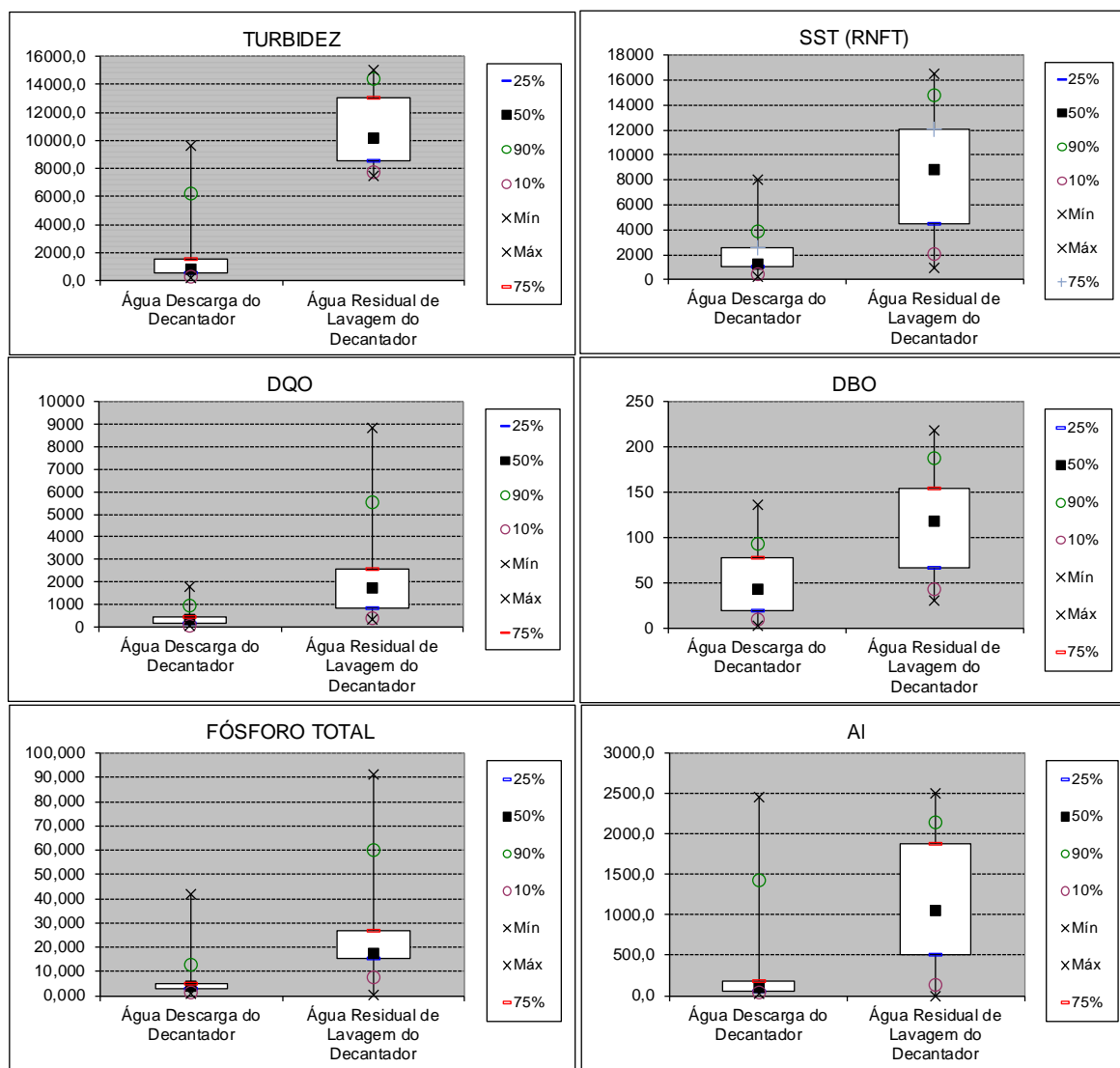


Figura 4: Distribuição dos valores estatísticos da descarga e lavagem do decantador.

Como esperado, os resultados da água residual da lavagem dos filtros foram os que apresentaram menor concentração dos parâmetros analisados, o que indica a alta diluição do efluente.

Os resultados da água de descarga dos decantadores apresentaram qualidade pior do que a do efluente anterior e melhor do que a da lavagem dos decantadores, o que é natural devido à função da unidade decantadora.

A Tabela 4 compara os valores médios apresentados neste trabalho para cada linha geradora de resíduo da ETA 1 com os valores mais restritivos da legislação, federal ou estadual, e indica a eficiência de tratamento do efluente requerida para atender aos padrões de lançamento.

Tabela 4: Valor médio de cada água X Valor mais restritivo da legislação X Eficiência de remoção do resíduo

	VALOR MAIS RESTRITIVO DA LEGISLAÇÃO	VALOR MÉDIO ARLF	EFICIÊNCIA REMOÇÃO (E) ARLF	VALOR MÉDIO ADD	EFICIÊNCIA REMOÇÃO (E) ADD	VALOR MÉDIO ARLD	EFICIÊNCIA REMOÇÃO (E) ARLD
TURBIDEZ (UNT)	N/I*	73,6	-	2000,6	-	10822,9	-
DBO (mg/L)	E > 90% ¹ ou máx. 40 mg/L ²	11	0 %	50	90 %	117	90 %
DQO (mg/L)	méd. 300 mg/L ¹ (100 – 500) mg/L	60	0%	443	33 %	2538	89 %
RNFT ou SST (mg/L)	E ≥ 20% (emissário) ³ ou máx. 40 mg/L ²	166	76 %	2077	98 %	8556	100 %
Al (mg/L)	3,0 mg/L ⁴	13,5	78 %	404,2	99 %	1189,1	100 %
FÓSFORO TOTAL (mg/L)	N/I*	0,289	-	7,129	-	28,458	-

* Não identificado.

¹ Legislação Estadual: DZ-205/R6.

² Legislação Estadual: DZ-215/R4.

³ Legislação Federal: CONAMA 430/2011.

⁴ Legislação Estadual: NT-202/R10.

A etapa de quantificação dos resíduos ainda se encontra em andamento em função do grande número de dados gerados (124.720 informações de nível sobre o vertedor). Sendo assim, optou-se por avaliar previamente o volume de resíduos gerados com base em duas metodologias: (a) no nível médio, aplicado à Equação de Francis (Equação 1); e (b) no volume calculado com base na geometria das unidades geradoras (decantador e filtro).

Os dados estatísticos calculados a partir dos dados gerados no canal de drenagem estão resumidos na Tabela 5. Observa-se que o nível médio no canal é de 38 cm, o que representa um nível de água sobre a crista do vertedor igual a 8 cm.

Tabela 5: Estatística dos dados de nível d'água no canal de drenagem.

CARACTERÍSTICAS DOS NÍVEIS DE ÁGUA REGISTRADOS SOBRE O VERTEDOR	
Núm. dados	124.720
Nível Médio (cm)	38
Nível Mínimo (cm)	30
Nível Máximo (cm)	71
Coef. Var.	0,24
Largura de faixa de variação da amostragem (cm)	41

A vazão de efluentes na ETA 1, calculado segundo a Equação 1, é de 0,062 m³/s. Sendo assim, o volume médio de efluentes descartados por dia é de 5.389.959 litros. Sabendo-se que a capacidade nominal de tratamento da ETA 1 é em média 3,00 m³/s, os efluentes produzidos nos decantadores e filtros correspondem a 2,08% do volume produzido, conforme Metodologia (a).

A Metodologia (b) sugerida neste trabalho determina o volume com base na geometria das unidades geradoras e no tempo de descarte do efluente em cada uma. A quantidade neste cálculo representa o volume antes de chegar ao canal de drenagem. Na Tabela 6 encontram-se os volumes gerados em cada unidade da ETA 1.

Tabela 6: Volume descartado nas unidades de tratamento da ETA 1.

UNIDADE DE TRATAMENTO GERADORA DO EFLUENTE	VOLUME DESCARTADO (L/MÊS)
Água Residual de Lavagem de Filtro	111.360.000
Água de Descarga/Purga do Decantador	8.640.000
Água Residual de Lavagem / Esgotamento do Decantador	19.494.000
TOTAL	139.494.000

Considerando o cálculo da vazão de efluentes com base na geometria das unidades geradoras, a vazão de efluentes seria 1,79%, valor equivalente ao volume médio de efluente descartado por dia de 4.649.800 litros, conforme Metodologia (b).

Há uma diferença entre as duas metodologias de 0,29%, correspondente a uma vazão de 0,0086 m³/s de origem desconhecida, mas que escoar pelo canal de drenagem.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resíduos produzidos na lavagem dos filtros apresentam baixa concentração de sólidos e turbidez. Com isso se confirma a possibilidade de se realizar o reaproveitamento desta água diretamente na cabeceira da ETA, obedecendo ao percentual de vazão de recirculação recomendado pela literatura.

Já os resíduos produzidos na descarga e lavagem dos decantadores apresentam elevada concentração de sólidos e DBO, caracterizando seu potencial poluidor e reforçando a necessidade do seu adequado manejo. A relação DQO/DBO elevada indica que a fração inerte do efluente é elevada e o provável manejo é um tratamento físico-químico.

O tratamento da fase líquida do efluente deve estar adequado ao padrão de lançamento. Os parâmetros de qualidade do efluente analisados neste trabalho são indicadores representativos dos contaminantes toxicologicamente e/ou ambientalmente relevantes do efluente, ou seja, representativos do potencial poluidor do efluente.

Com o intuito de se adequar aos padrões de lançamento recomendados pela legislação atual, as eficiências de remoção das substâncias encontradas nos efluentes dos decantadores deverão ser elevadas, na ordem de 90 a 100%.

Independentemente das concentrações dos efluentes oriundos dos decantadores serem mais elevadas, observa-se que suas cargas não são tão representativas devido ao volume descartado dos decantadores ser de aproximadamente 20% do volume total dos efluentes. As principais características dos efluentes dos filtros são as baixas concentrações e o elevado volume.

Ressalta-se que, apesar do potencial poluidor do efluente, dever-se-á estudar as condições do respectivo corpo receptor juntamente com o órgão ambiental estadual, caso o foco seja descartar o efluente ou sua fase líquida no corpo hídrico.

A comparação das duas metodologias de quantificação dos efluentes permite investigar uma possível perda física existente dentro da ETA 1. Provavelmente a diferença de 0,29 % obtida entre as duas metodologias é devido ao canal de drenagem incorporar as perdas provenientes de vazamentos das instalações como, por exemplo, comportas, registros, paredes e outros.

De posse dos dados de caracterização e de quantificação dos resíduos pretende-se estudar a viabilidade técnico-financeira, considerando diferentes rotas de manejo e gerenciamento do lodo aplicáveis à ETA Laranjal. Deste modo os resultados concederão à CEDAE uma ferramenta no auxílio da tomada de decisão de seu corpo técnico e diretoria.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 430, de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, Brasília, DF. 2011.
2. BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2914, 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, Brasília, DF. 2011.
3. PROSAB. Alternativas de Uso de resíduos do saneamento. 2006. Projeto coordenado por Cleverson V. Andreoli. ABES. Rio de Janeiro, 2006.
4. RIO DE JANEIRO (Estado). Instituto Estadual do Ambiente. Diretriz nº 205, de 08 de Novembro de 2007, revisão 6. Diretriz de controle de carga orgânica biodegradável em efluentes líquidos de origem industrial. Rio de Janeiro, 2007.
5. RIO DE JANEIRO (Estado). Instituto Estadual do Ambiente. Diretriz nº 215, de 08 de Novembro de 2007, revisão 4. Diretriz de controle de carga orgânica biodegradável em efluentes líquidos de origem sanitária. Rio de Janeiro, 2007.
6. RIO DE JANEIRO (Estado). Instituto Estadual do Ambiente. Norma Técnica nº 202, de 12 de Dezembro de 1986, revisão 10. Critérios e padrões para lançamento de efluentes líquidos. Rio de Janeiro, 1986.