

1304 DIAGNÓSTICO DO IMPACTO AMBIENTAL DOS LANÇAMENTOS DE EFLUENTES DE ETAS ATÉ 30L·s⁻¹: ANÁLISE CRÍTICA DO MÉTODO.

Josete de Fátima de Sá ⁽¹⁾

Engenheira Civil (UFPR) MSc. Recursos Hídricos (IPH-UFRGS), atuando na área de Gestão Ambiental na Companhia de Saneamento do Paraná - SANEPAR.

Juliano César Rego Ferreira ⁽²⁾

Químico Ambiental (UTFPR), atuando na área de Gestão Ambiental da SANEPAR.

Ronald Gervasoni ⁽³⁾

Engenheiro Ambiental (PUCPR), Gerente de Gestão Ambiental da SANEPAR.

Cassiano Ribeiro Costa ⁽⁴⁾

Coordenador de Serviços e Sistemas de Gestão Ambiental da SANEPAR.

Endereço ⁽¹⁾: Av. Pedro Taques, 1381 - Jardim Alvorada - Maringá - CEP: 87030-000 - Brasil - Tel: +55 (44) 3293-1020 - e-mail: josetefs@sanepar.com.br

Endereço ⁽²⁾ ⁽³⁾ ⁽⁴⁾: R. Engenheiros Rebouças, 1376 - Rebouças - Curitiba - CEP: 80215-900 - Brasil - Tel: +55 (41) 3582-2347 - e-mails: julianof@sanepar.com.br, ronaldg@sanepar.com.br, cassianorc@sanepar.com.br

RESUMO

As Estações de Tratamento de Água (ETA) produzem lodos residuais, resultado do processo de lavagem dos filtros e descarga dos decantadores, os quais no Brasil, na maioria dos casos são lançados aos corpos de água sem tratamento. A Portaria GM/MS nº 888/2021 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2021) estabelece os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano, assim como o seu padrão de potabilidade. Nesse contexto, as estações de tratamento de água (ETA) devem empregar técnicas capazes de atender aos padrões estabelecidos para a produção de água potável. Além disso, a crescente preocupação e a regulação sobre a preservação e recuperação da qualidade do meio ambiente, têm restringido ou mesmo proibido o uso deste método de disposição, impondo a procura por alternativas que pouco interfira com o meio ambiente. Cabe a reflexão que a abordagem de ETAs acima de 50 L·s⁻¹, as quais geralmente possuem processos mais complexos de potabilização da água para o consumo humano, produzem, de maneira geral efluentes com concentração de sólidos mais elevada e também maiores volumes que para tal são projetados sistemas de desaguamento final deste material. A legislação vigente para este Estado, dispensa o licenciamento ambiental para ETAs de até 30 L·s⁻¹, por julgar que são atividades de baixo impacto ao meio ambiente, necessitam, contudo, emitir um relatório de monitoramento dos resíduos gerados no processo de tratamento a cada 2 anos. Assim este trabalho propõe uma metodologia de avaliação para cada ETA que se enquadra neste porte, a fim verificar a hipótese de baixo impacto. Esta metodologia de diagnóstico pode avaliar peculiaridades das pequenas localidades que, se causarem interferências significativas no meio ambiente, subsidiará o desenvolvimento de algumas ideias de estratégias adequadas ao gerenciamento das pequenas produções de lodo para desenvolvimento sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: produção de lodo, abastecimento público, tratamento de água, resíduo, ETA até 30L·s⁻¹

INTRODUÇÃO

As Estações de Tratamento de Água (ETA) produzem lodos residuais, resultado do processo de lavagem dos filtros e descarga dos decantadores, os quais no Brasil, na maioria dos casos são lançados aos corpos de água sem tratamento. A Portaria GM/MS nº 888/2021 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2021) estabelece os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano, assim como o seu padrão de potabilidade. Nesse contexto, as estações de tratamento de água (ETA) devem empregar técnicas capazes de atender aos padrões estabelecidos para a produção de água potável. Além disso, a crescente preocupação e a regulação sobre a preservação e recuperação da qualidade do meio ambiente, têm restringido ou mesmo proibido o uso deste método de disposição, impondo a procura por alternativas que pouco interfira com o meio ambiente. Cabe a reflexão que a abordagem de ETAs acima de 50 L·s⁻¹, as quais geralmente possuem processos mais complexos de potabilização da água para o consumo humano, produzem, de maneira geral efluentes com concentração de sólidos mais elevada e também maiores volumes que para tal são projetados sistemas de desaguamento final deste material.

A legislação vigente para este Estado, dispensa o licenciamento ambiental para ETAs de até 30 L·s⁻¹, por julgar que são atividades de baixo impacto ao meio ambiente, necessitam, contudo, emitir um relatório de monitoramento dos resíduos gerados no processo de tratamento a cada 2 anos. Assim este trabalho propõe uma metodologia de avaliação para cada ETA que se enquadra neste porte, a fim verificar a hipótese de baixo impacto.

OBJETIVOS

Excetuando o tipo de coagulante utilizado no processo de tratamento, normalmente sais de alumínio, os demais constituintes são oriundos do próprio manancial o qual fez-se a captação da água bruta para a posterior potabilização. Esses processos, que envolve diferentes técnicas são determinados pela fonte de água (superficial ou subterrânea), os riscos sanitários e os custos envolvidos. Em razão dos diferentes locais de retirada de água bruta confere-se propriedades distintas, em função da bacia hidrográfica, geoquímica do solo e também do uso e ocupação da bacia e, logo, diferentes concentrações de materiais constituintes do lodo.

Investigações mais extensas são necessárias devido a variabilidade geoquímica do solo, do regime de chuvas, do uso e ocupação da bacia. O presente estudo pretende avaliar as peculiaridades das diferentes regiões, ressaltando ainda que as ETAs de pequeno porte algumas vezes localizadas em cidades divisores de águas, em áreas de nascentes já camufladas pelas drenagens urbanas, onde as redes pluviais é que nutrem os corpos hídricos. Esta metodologia de diagnóstico pode avaliar peculiaridades das pequenas localidades que, se causarem interferências significativas no meio ambiente, subsidiará o desenvolvimento de algumas ideias de estratégias adequadas ao gerenciamento das pequenas produções de lodo para desenvolvimento sustentável.

METODOLOGIA

ÁREA DE ESTUDO

Inicialmente foram avaliadas 84 ETAs com vazão inferior a 30 L·s⁻¹ estão bem distribuídas espacialmente no Estado do Paraná, com exceção da região noroeste, em que predomina o abastecimento por poços ou ETAs de maior vazão. A Figura 1 ilustra a área de estudo, representada pela localização das ETAs com vazão inferior a 30 L·s⁻¹ e a Tabela 1 descreve suas localizações, vazão operacional L·s⁻¹, a matéria seca produzida no ano de 2023 (Ton/ano) e a matéria seca gerada por litro de água tratada produzida (kg·L⁻¹).

PLANO DE AMOSTRAGEM

O primeiro ponto escolhido a montante, deve estar localizado à 100 metros antes do lançamento do efluente proveniente da ETA. Os pontos a jusante serão localizados a 100, 250, 500, 750 e 1000 metros após o lançamento do efluente, sendo o primeiro em coerência com os pontos de monitoramento determinados pelas portarias de outorgas de efluentes de esgoto doméstico, ou conforme justificativa em relação às características do corpo receptor e condições de lançamento dos efluentes. Também será analisada a água do corpo receptor, proveniente da amostra composta por parcelas coletadas em 100, 250, 500, 750 e 1000 metros a jusante do lançamento do efluente.

O monitoramento para o diagnóstico foi feito em duas campanhas de amostragens, abrangendo o trimestre mais chuvoso e o de estiagem, de acordo com ano hidrológico. O primeiro ponto localizado a 100 m a montante do lançamento do efluente proveniente da ETA. Os pontos a jusante serão localizados a 100, 250, 500, 750 e 1000 metros após o lançamento do efluente. Portanto, foram contabilizadas para as 84 ETAs acessos a 06 seções de coletas para o Plano de Amostragem (504 seções a serem visitadas) e, posteriormente, nas 02 campanhas de campo, para a realização das coletas, resultará em 1.008 seções com coletas de amostras para 04 análises laboratoriais em cada coleta, no total de 2.016 análises para cada campanha (totalizando 4.032 análises). Considerando que dos 07 parâmetros requisitados, 03 deles (OD, pH e Turbidez) são obtidos em campo.

Para cada ETAs foram determinados, previamente os pontos a serem amostrados, contendo no mínimo:

- análise cartográfica das bacias de mananciais e bacias do lançamento do efluente, visando levantar as informações básicas de cada bacia e possíveis interferências;

- mapas individuais por ETA e tabela de localização do ponto de lançamento (com a localização mais próxima possível às distâncias de 100, 250, 500, 750 e 1000 m do ponto de lançamento), nome do corpo receptor, áreas de drenagem, confluências a jusante do lançamento que possam interferir na qualidade da água do corpo receptor;
- determinação dos tempos de percurso do efluente da ETA, para cada ponto de amostragem;
- avaliação da sazonalidade regional, com a definição dos períodos úmido e seco, associada à justificativa de programação das coletas dentro do ano hidrológico, tanto quanto possível;
- registro fotográfico do ponto da coleta, contendo coordenadas de localização (SIRGAS 2000), data e hora da coleta;
- descrição das análises laboratoriais referentes aos parâmetros aos 7 parâmetros estabelecidos;
- descrição da metodologia de interpretação dos resultados analíticos, visando determinar a causa impacto ambiental foi do efluente da ETA que implique na alteração da classe do corpo hídrico receptor;
- descrição da logística necessária para realização das coletas das amostras, considerando a trajetória do efluente lançado;
- datas previstas das campanhas de monitoramento.

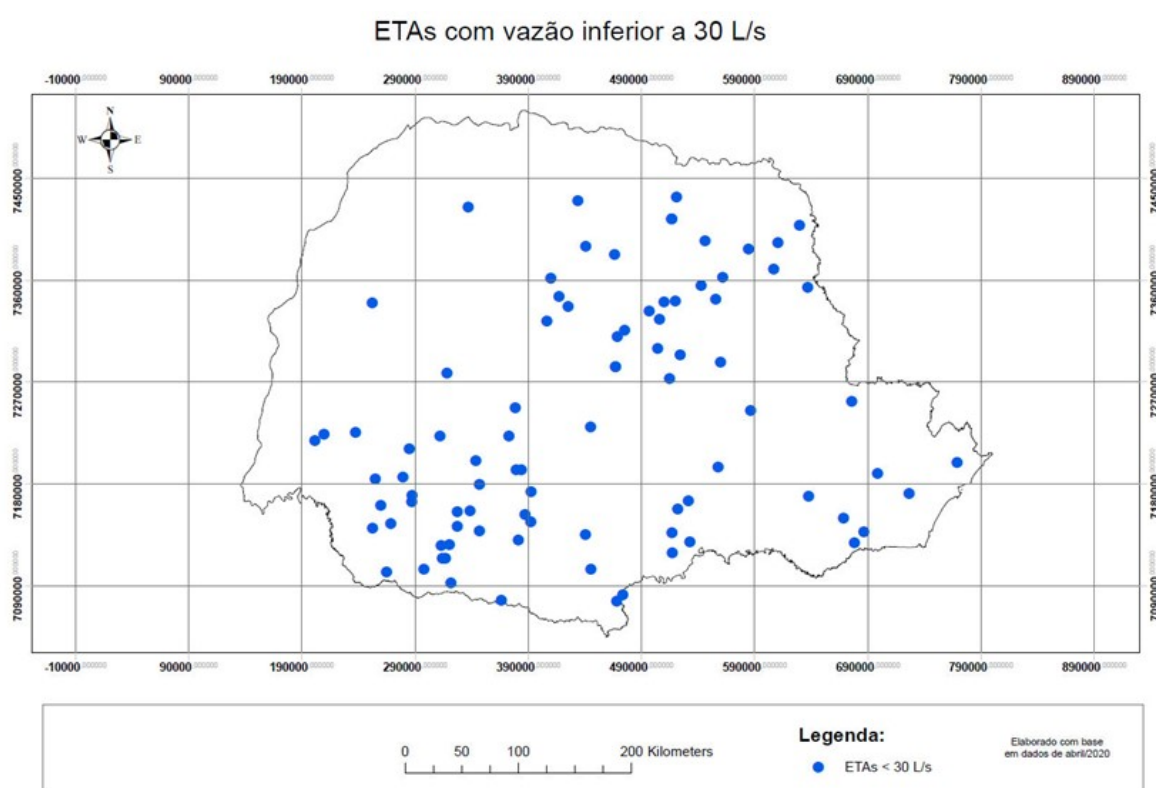


Figura 1: Distribuição das ETAs com vazão inferior a 30 L/s

COLETA E ANÁLISE DE ÁGUAS SUPERFICIAIS

As coletas foram realizadas logo após o descarte do lodo, acrescentando o tempo do descarte até a chegada do efluente no corpo receptor, assim como considerando o tempo da pluma contaminante percorrer o corpo receptor, com registros fotográficos de cada ponto de coleta, contendo coordenadas de localização (SIRGAS 2000), data e horário da coleta.

As técnicas de amostragens e as metodologias analíticas seguem o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, em sua versão mais recente e o laboratório dos ensaios está cadastrado no Cadastro de Certificação de Laboratório (CCL) da instituição ambiental para os parâmetros especificados na Tabela 2. Os parâmetros analisados são baseados na Resolução Conama nº357/2005, sendo considerada a classe de enquadramento de cada rio do estudo em questão. Devido às características do material descartado pelas estações de tratamento de água, propõe-se que sejam analisados os seguintes parâmetros: pH, Cor Verdadeira, Sólidos Dissolvidos Totais, DBO, OD, Turbidez e Alumínio Dissolvido (Tabela 2).

Tabela 1. As 84 ETAs em seus respectivos Municípios e Bacias Hidrográficas, Vazão Operacional (L/s), Matéria Seca (Ton/Ano 2023) e a matéria seca gerada por litro de água tratada produzida (kg/L) selecionadas para o estudo.

Nº	Nome da ETA	Município	BACIA HIDROGRÁFICA	VAZÃO OPERACIONAL (L/s)	MATÉRIA SECA (Ton/ano)	MATÉRIA SECA (Kg/L)
1	Balsa Nova	Balsa Nova	IGUAÇU	15,4	18,0	36,9
2	Campo do Tenente	Campo do Tenente	IGUAÇU	18,4	21,5	37,1
3	Cerro Azul	Cerro Azul	RIBEIRA	20,0	32,5	51,5
4	Lapa	Lapa	IGUAÇU	23,0	28,6	39,5
5	Bom Jesus	Mandirituba	IGUAÇU	9,5	8,1	27,2
6	Quatro Barras	Quatro Barras	IGUAÇU	20,4	1,6	2,4
7	Lago/Lagoinha	Tijucas do Sul	IGUAÇU	2,8	1,8	20,5
8	Tabatinga	Tijucas do Sul	IGUAÇU	3,7	0,5	3,9
9	Guaraqueçaba	Guaraqueçaba	LITORANEA	7,1	1,2	5,4
10	Sambaqui	Morretes	LITORANEA	38,5	4,5	3,7
11	2 Assaí	Assaí	TIBAGI	8,5	2,4	9,0
12	Congonhinhas	Congonhinhas	TIBAGI	13,5	11,6	27,1
13	01 - Curiúva	Curiúva	TIBAGI	8,0	3,4	13,5
14	01 - Figueira	Figueira	CINZAS	23,3	50,2	68,5
15	Uraí	Uraí	TIBAGI	23,0	37,2	51,3
16	Sapopema	Sapopema	TIBAGI	12,6	12,2	30,6
17	Santa Mariana	Santa Mariana	CINZAS	27,2	28,5	33,3
18	Borrazópolis	Borrazópolis	IVAI	22,4	43,84	62,2
19	Califórnia 1	Califórnia 1	TIBAGI	17,3	29,68	54,4
20	Cambira	Cambira	IVAI	13,3	11,31	27,0
21	Godoy Moreira	Godoy Moreira	IVAI	6,6	4,04	19,5
22	Lunardelli	Lunardelli	IVAI	9,5	7,25	24,3
23	Rio Branco do Ivaí	Rio Branco do Ivaí	IVAI	7,4	12,89	55,6
24	Rosário do Ivaí	Rosário do Ivaí	IVAI	8,3	12,33	47,1
25	Conselheiro Mairinck	Conselheiro Mairinck	CINZAS	11,1	9,3	26,6
26	Tomazina	Tomazina	CINZAS	12,9	26,1	64,4
27	Quatiguá	Quatiguá	CINZAS	27,3	30,3	35,2
28	Cambará	Cambará	PARANAPANEMA I	26,5	26,7	31,9
29	São José da Boa Vista	São José da Boa Vista	ITARARÉ	14,8	20,0	42,7
30	Siqueira Campos	Siqueira Campos	ITARARÉ	30,5	52,3	54,5
31	Alto Piquiri	Alto Piquiri	PIQUIRI	19,2	6,0	10,0
32	Ribeirão Noitimbó	Astorga	PIRAPÓ	21,4	13,9	20,5
33	Rib. Água da Campina	Campina da Lagoa	TIBAGI	25,3	11,4	14,3
35	Bituruna	Bituruna	IGUAÇU	30,1	27,0	28,5
36	Rio Claro do Sul	Mallet	IGUAÇU	3,8	4,1	34,5
37	Mallet	Mallet	IGUAÇU	17,7	22,9	41,0
38	Rebouças	Rebouças	IGUAÇU	22,6	47,8	67,1
39	Rio Azul	Rio Azul	IGUAÇU	22,3	57,9	82,5
40	Paulo Frontim	Paulo Frontim	IGUAÇU	7,2	15,4	67,9
41	Candói	Candói	IGUAÇU	11,3	11,3	31,5
42	Cantagalo	Cantagalo	IGUAÇU	18,1	26,3	46,1
43	Foz do Jordão	Foz do Jordão	IGUAÇU	7,2	7,5	32,8
44	Marquinho	Marquinho	PIQUIRI	4,7	4,7	31,4
45	Turvo	Turvo	IVAI	16,3	13,1	25,4
46	Virmond	Virmond	IGUAÇU	7,2	7,6	33,5
47	Faxinal do Céu (Pinhão)	Pinhão	IGUAÇU	5,8	2,9	15,8
48	Reserva do Iguaçu	Reserva do Iguaçu	IGUAÇU	16,4	9,3	17,9
49	Rio Bonito	Rio Bonito do Iguaçu	IGUAÇU	15,8	13,5	27,2
50	Nova Laranjeiras	Nova Laranjeiras	IGUAÇU	8,8	6,8	24,4
51	Cândido de Abreu	Cândido de Abreu	IVAI	21,0	30,8	46,5
52	Carambei	Carambei	TIBAGI	25,4	31,8	39,6
53	Tibagi	Tibagi	TIBAGI	24,6	24,3	31,4
54	Natingui	Ortigueira	TIBAGI	2,8	0,7	8,4
55	Briolândia	Ortigueira	TIBAGI	2,2	2,6	37,2
56	Bairro dos Franças	Ortigueira	TIBAGI	4,2	3,8	28,9
57	Ortigueira	Ortigueira	TIBAGI	32,8	40,9	39,5
58	Piraí do Sul	Piraí do Sul	TIBAGI	16,5	14,2	27,2
59	Boa Vista da Aparecida	Boa Vista da Aparecida	IGUAÇU	18,9	26,6	44,5
60	Catanduvas (Passo Liso)	Catanduvas	IGUAÇU	17,4	22,4	40,9
61	Três Barras do Paraná	Três Barras do Paraná	IGUAÇU	16,7	12,0	22,8
62	Ramilândia	Ramilândia	PARANA III	9,9	4,7	15,0
64	Ibiracema	Catanduvas	IGUAÇU	3,9	2,0	15,9
65	Bom Sucesso do Sul	Bom Sucesso do Sul	IGUAÇU	13,6	14,8	34,7
66	Chopinzinho (1)	Chopinzinho (1)	IGUAÇU	30,7	37,6	38,8
67	Clevalândia	Clevalândia	IGUAÇU	25,0	12,6	16,0
68	02 Rio do Meio	Chopinzinho	IGUAÇU	28,6	42,6	47,3
69	Manguerinha	Manguerinha	IGUAÇU	19,0	24,6	41,0
70	Sulina	Sulina	IGUAÇU	13,6	18,8	43,6
71	Vitorino	Vitorino	IGUAÇU	18,1	15,7	27,5
72	São João	São João	IGUAÇU	18,7	24,2	41,1
73	Saudade do Iguaçu	Saudade do Iguaçu	IGUAÇU	13,8	13,0	29,9
74	Itapejara do Oeste	Itapejara do Oeste	IGUAÇU	24,1	29,1	38,3
75	Dr. Antônio Paranhos	São Jorge D'Oeste	IGUAÇU	1,8	1,6	27,5
76	Capanema	Capanema	IGUAÇU	17,9	15,0	26,6
77	Chopim	Cruzeiro do Sul	IGUAÇU	9,7	15,2	49,8
78	Cruzeiro do Iguaçu	Cruzeiro do Iguaçu	IGUAÇU	7,9	9,4	37,7
79	Salgado Filho	Salgado Filho	IGUAÇU	22,6	26,6	37,4
80	Salto do Lontra	Salto do Lontra	IGUAÇU	26,6	47,6	56,7
81	Nova Prata do Iguaçu	Nova Prata do Iguaçu	IGUAÇU	19,7	21,4	34,4
82	Ampére	Ampére	IGUAÇU	26,3	19,8	23,9
83	Anta Gorda	Santa Izabel do Oeste	IGUAÇU	14,8	14,4	30,9
84	Vera Cruz do Oeste	Vera Cruz do Oeste	PARANA III	27,1	11,7	13,7
TOTAL				1.339,6	1.491,3	35,30

Tabela 2 - Parâmetros a serem analisados e limites de classes, conforme Resolução CONAMA 357/05

Parâmetro	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
pH	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9
Cor Verdadeira	Cor natural do corpo de água	75 mg Pt/L	75 mg Pt/L	*75 mg Pt/L
Sólidos Dissolvidos Totais	500 mg/L	500 mg/L	500 mg/L	*500 mg/L
DBO	3 mg/L	5 mg/L	10 mg/L	*10 mg/L
OD	> 6,0 mg/L	> 5,0 mg/L	> 4,0 mg/L	> 2,0 mg/L
Turbidez	40,0 NTU	100 NTU	100 NTU	*100 NTU
Alumínio Dissolvido	0,1 mg/L	0,1 mg/L	0,2 mg/L	*0,2 mg/L

* Considerados os padrões da classe 3, por não existir os referidos padrões na classe 4.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o tratamento, na etapa de decantação, há acumulação de lodo, que requer uma gestão cuidadosa em função dos impactos ambientais associados ao seu descarte inadequado, pois os produtos químicos utilizados se depositam nos decantadores junto com o material sólido presente na água bruta, formando o chamado lodo de ETA. Conforme a NBR 10004:2004 (ABNT, 2004), o lodo das ETA é classificado como resíduo sólido de Classe IIA, ou seja, não perigoso e não inerte, sendo os prestadores de serviço de abastecimento de água os responsáveis por sua destinação final. Não é permitido seu lançamento in natura em águas superficiais. Cabe a reflexão que a abordagem de ETAs acima de $50 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$, as quais geralmente possuem processos mais complexos de potabilização da água para o consumo humano, produzem, de maneira geral, efluentes com concentração de sólidos mais elevada e também maiores volumes que para tal são projetados sistemas de desaguamento final deste material.

Cabe ressaltar que o lodo é um aglomerado de substâncias retiradas da água durante o processo de tratamento. Excetuando o tipo de coagulante utilizado no processo de tratamento, normalmente sais de alumínio, os demais constituintes são oriundos do próprio manancial o qual fez-se a captação da água bruta para a posterior potabilização. Esses processos, que envolve diferentes técnicas são determinados pela fonte de água (superficial ou subterrânea), os riscos sanitários e os custos envolvidos. Em razão dos diferentes locais de retirada de água bruta confere-se propriedades distintas, em função da bacia hidrográfica, geoquímica do solo e também do uso e ocupação da bacia e, logo, diferentes concentrações de materiais constituintes do lodo.

O abastecimento de água realizado pela Empresa e que abrange 349 municípios, contam com 157 ETAs com vazão operacional até $3.100 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$. As ETAs de pequeno porte têm vazão até $30 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$, as ETAs de médio porte têm vazão de 31 até $500 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$ e, a partir de $500 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$, consideradas de grande porte. A partir das estimativas de matéria seca produzida por ETA no ano de 2023 foi possível estimar a Matéria Seca gerada por Litro de Água produzida. Os valores encontram-se descritas na Tabela 2 e as Figuras 2 e 3 apresentam a relação entre a vazão operacional com a matéria seca produzida nas 157 ETAs.

Tabela 2. Valores de Matéria Seca Total correspondente ao ano 2023 para 157 ETAs e para as diferentes faixas de capacidade de produção, Matéria Seca Anual (Ton/Ano 2023) e a Matéria Seca gerada por litro de água tratada produzida ($\text{kg}\cdot\text{L}^{-1}$).

Vazão Operacional da ETA	nº ETAs	Vazão Operacional ($\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$)	Matéria Seca (Ton/ano)	Matéria Seca ($\text{kg}\cdot\text{L}^{-1}$)
até $30 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$	85	1.334,72	1.523,56	36,20
de $31 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$ a $500 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$	64	7.508,66	8.474,68	35,79
de $501 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$ a $3100 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$	8	12.866,06	10.015,27	24,68
Total de ETAs	157	21.709,44	20.013,51	29,23

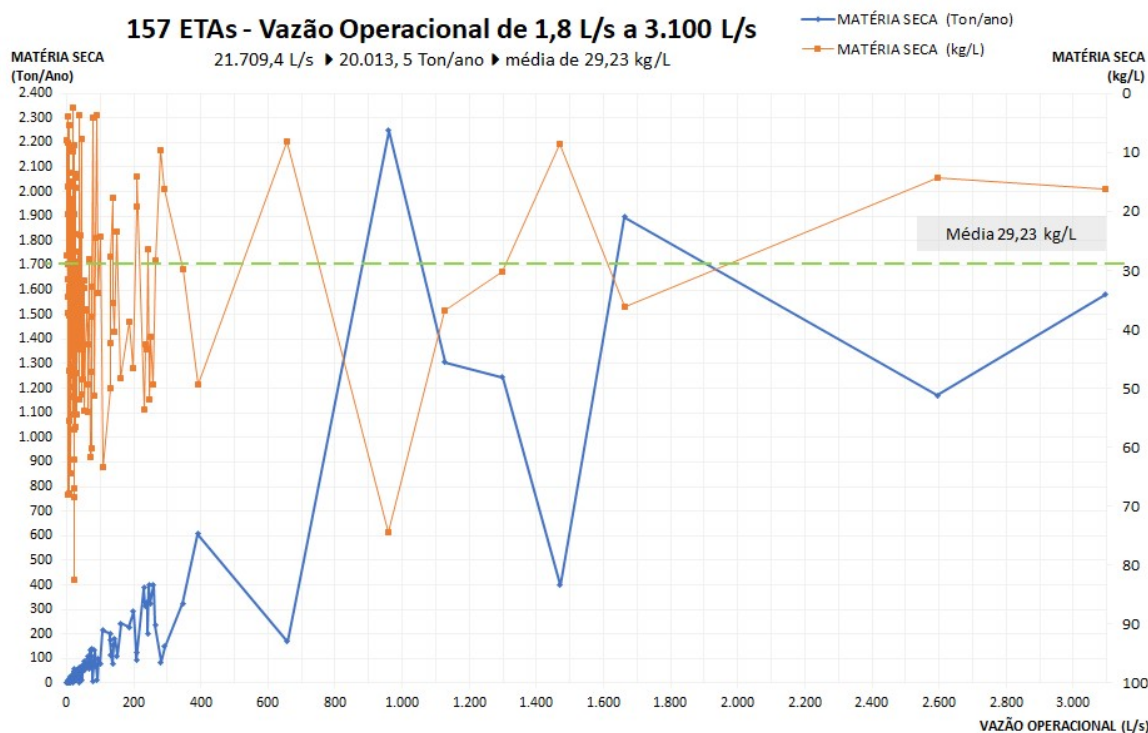


Figura 2: As 157 ETAs com as respectivas Vazão Operacional relacionada a Matéria Seca produzida no ano de 2023 e a respectiva Matéria Seca resultante da produção de Litro de Água.

A Figura 3 ressalta a relação entre a vazão operacional e a matéria seca para 85 ETAs que podem ser consideradas de pequeno porte. A estimativa média da Matéria Seca gerada por Litro de Água produzida é de 36,20 kg·L⁻¹.

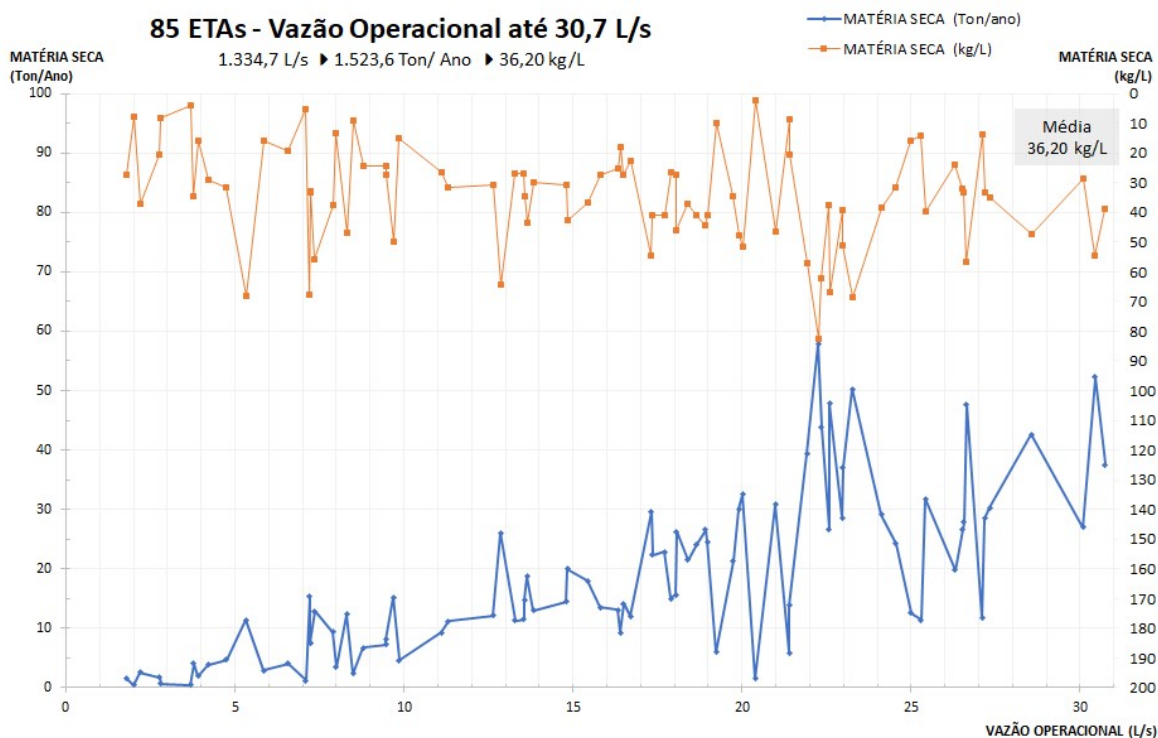


Figura 3: As 85 ETAs com Vazão Operacional até 31 L/s relacionada a Matéria Seca produzida no ano de 2023 e a respectiva Matéria Seca resultante da produção de Litro de Água.

DADOS OBTIDOS NO MONITORAMENTO DAS ETAs SELECIONADAS

Para as ETAs monitoradas foram avaliadas as áreas de drenagem a montante do ponto de lançamento do efluente da ETA, de modo a caracterizar os possíveis intervenientes na composição do corpo hídrico em análise, ao longo das seções a jusante até os 1000 m propostos, também são descritos os afluentes que se acrescentam e o uso e ocupação a montante da drenagem para as considerações das análises sejam imparciais. Observa-se que cada ETA apresenta características peculiares, de acordo com o seu ponto de lançamento. Das 84 ETAs, somente 58 tiveram acesso a, pelo menos 4 seções de amostragem, tendo as 24 ETAs menos de 4 seções por dificuldades de acesso pela mata densa, pântanos naturais ou pelo relevo íngreme. Duas das ETAs foram desativadas por estar com abastecimento somente por poço tubular e outra por ser integrada a um sistema de tratamento maior das proximidades.

Das 58 ETAs selecionadas, 15 apresentaram dificuldades para a coleta a montante do lançamento, na maioria por se localizar na cabeceira da drenagem que forma o corpo hídrico, sendo necessário soluções peculiares como deslocar a primeira seção de coleta, 100 m a montante do ponto de lançamento do efluente advindo da canalização de drenagem urbana até corpo hídrico a descoberto.

Para as análises globais também se poderá lançar mão dos dados obtidos de matéria seca por litro de água produzida (em kg/L) apresentado no Tabela 2. Esse parâmetro poderá ser avaliado em conjunto com as áreas de drenagem dos pontos de lançamento do efluente (o que nos possibilita mensurar a vazão disponível no corpo hídrico). Também deverão ser tomados em conta as ETAs por região geomorfológica e/ou pela vocação de uso da terra. Devem ser observados as peculiaridades de cada sistema de tratamento e particularidades em cada operação.

Algumas ETAs apresentam diferenças significativas com respeito ao período de chuvas intenso ou de estio, no entanto, na maioria delas os resultados não divergem significativamente.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A metodologia proposta para o diagnóstico ambiental com o monitoramento do corpo hídrico ao longo do talvegue, conduz a uma avaliação minuciosa das peculiaridades de cada localidade e, realça possibilidades alternativas para os efluentes das ETAs, inclusive, em alguns casos pela proximidade das ETES, incorporá-los como lodo de ETE.

A aplicação no solo apresenta-se como uma alternativa para as ETAs de pequeno porte, embora as restrições regulatórias e ambientais, com a possibilidade de aplicações em setores agrícolas, silviculturais e de recuperação de terras.

As diretrizes estabelecidas na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), regida pela Lei Federal nº12305/2010 tem como objetivo promover a gestão integrada e o correto gerenciamento dos resíduos sólidos, com foco na não geração, redução, reutilização, reciclagem e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos.

As alternativas para a disposição final de lodo de estações de tratamento de água, como o aterro sanitário, a incineração, a aplicação no solo, a produção de material cerâmico e a fitorremediação. No entanto, cada método enfrenta desafios específicos. Conforme LOPES e MOTA FILHO (2023), o aterro sanitário enfrenta desafios relacionados aos altos custos de disposição e transporte, enquanto a produção de material cerâmico ainda carece de avanços com relação à qualidade do material resultante. A incineração, reconhecida por sua eficácia na redução do volume de resíduos e na criação de um material relativamente inerte, enfrenta preocupações com a lixiviação de metais por meio das cinzas, dependendo dos níveis iniciais de metais no lodo de ETA, implicando em custos mais altos e nas emissões atmosféricas.

Diante das interferências pouco significativas do lançamento do efluente de ETAs até 30 L·s⁻¹ diretamente nos corpos hídricos, é essencial avaliar cuidadosamente esses aspectos ao decidir sobre a melhor opção para a disposição do lodo, considerando-se tanto os aspectos ambientais quanto os econômicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMAD, T.; AHMAD, K.; ALAM, M. Characterization of water treatment plant's sludge and its safe disposal options. *Procedia Environmental Sciences*, v. 35, p. 950-955, 2016a. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.07.088>
- AHMAD, T.; AHMAD, K.; ALAM, M. Sustainable management of water treatment sludge through 3'R' concept. *Journal of Cleaner Production*, v. 124, p. 1-13, 2016b. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.02.073>
- CARNEIRO, C., ANDREOLI, C. (2013) **Lodo de Estações de Tratamento de Água - Gestão e Perspectiva Tecnológicas**. Catalogação na publicação Biblioteca SANEPAR, 2013. Curitiba - PR.
- DI BERNARDO, L., SABOGAL PAZ, L. P. (2008). Seleção de Tecnologias de Tratamento de Água.vol 2
- KATAYAMA, V.T.; MONTES, C.P.; FERRAZ, T.H.; MORITA, D.M. (2015) **Quantificação da produção de lodo de estações de tratamento de água de ciclo completo: uma análise crítica**. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, v. 20, n. 4, p. 559-569, 2015. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522015020040105046>
- LOPES, B. C., MOTA FILHO, C. R. (2023) **Nota Técnica 9 - Considerações sobre a disposição de lodo de estações de tratamento de água em estações de tratamento de esgoto**. *Cad. Téc. Eng. Sanit. Ambient.* | v.3 n.4 | 2023. p.113-123. <https://doi.org/10.5327/276455760304009>
- PAFFRATH, S.F.; CARISSIMI, E.; SCHNER, J.C.N.; FERRARI, K.F.H. & ETCHEPARE, R.G. (2024) **Understanding the interplay of sludge characteristics and dewatering in water treatment plants: a review**, *Environmental Technology Reviews*, 13:1, 794-813, <https://doi.org/10.1080/21622515.2024.2428446>
- PORTELLA, K.F.; ANDREOLI, C.V.; HOPPEN, C.; SALES, A.; BARON, O. (2003) **Caracterização físicoquímica do lodo centrifugado da estação de tratamento de água Passaúna**. Curitiba, PR. 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Joinville
- REIS, E. L., COTRIM, M. E., RODRIGUES, C., PIRES, M., FILHO, O. B., ROCHA, S. M., CUTOLO, S. A., (2007) **Identificação da influência do descarte de lodo de estações de tratamento de água**. *Quim. Nova*, Vol. 30, No. 4, 865-872, São Paulo - SP.
- RESOLUÇÃO Nº 021/2009 - SEMA. **Licenciamento Ambiental, Condições Padrões Ambientais e Previdências para Empreendimentos de Saneamento**.
- RITCHER, C. A. Tratamento de lodos de estações de tratamento de água. (2001) São Paulo: Edgard Blücher,