DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTOS

24 de Outubro - CEP 90000-000 - Porto Alegre - RS - https://prefeitura.poa.br/dmae

RELATÓRIO TÉCNICO Nº 21952280 - DMAE/DT-DMAE/GTAG-DMAE

RELATÓRIO DE ATUALIZAÇÃO DE ESTUDO DE TRATAMENTO DE LODOS 2022

1. Objetivo

O presente relatório visa informar à FEPAM sobre o andamento do estudo do Tratamento Combinado de lodos das ETAs nas ETEs do DMAE conforme itens propostos em cronograma de relatórios anteriores.

2. Caracterização quali-quantitativa dos lodos

2.1 Caracterização qualitativa de lodo de ETA

A caracterização dos lodos das ETAs do SAA está sendo realizada por meio do processo de licitação SEI nº19.10.000009237-1. Onde são solicitadas as análises de parâmetros baseados nos padrões estabelecidos na Resolução CONAMA 375/2006 e na norma ABNT NBR 10.004:2004. As análises realizadas até o presente momento ocorreram nas condições apresentadas abaixo, tendo os resultados também apresentados abaixo.

2.1.1 Amostragem

As amostragens dos lodos das ETAs foram realizadas no momento da lavagem dos decantadores. O decantador foi esvaziado, e o lodo que permaneceu depositado no fundo decantador foi coletado nos frascos e estes foram recolhidos pela empresa contratada.

2.1.2 Resultados

a. ETA JLS

Análise de julho 2020: De acordo com a ABNT NBR 10.004 os parâmetros satisfazem os limites permitidos para a amostra bruta. Ao considerar o anexo F (Concentração - Limite máximo no extrato obtido no ensaio de lixiviação), os ensaios de lixiviação também satisfazem os limites permitidos. Para o anexo G (Padrões para o ensaio de solubilização), dois dos parâmetros analisados ultrapassam os limites máximos permitidos, Ferro (Fe) e Manganês (Mn).

Análise de março 2021: De acordo com a ABNT NBR 10.004 os parâmetros satisfazem os limites permitidos para a amostra bruta. Ao considerar o anexo F (Concentração - Limite máximo no extrato obtido no ensaio de lixiviação), os ensaios de lixiviação também satisfazem os limites permitidos. Para o anexo G (Padrões para o ensaio de solubilização), os parâmetros Alumínio (Al), Bário (Ba), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Sulfato, Surfactantes ultrapassam os limites máximos permitidos.

b. ETA MV

Análise de agosto 2020: De acordo com a ABNT NBR 10.004 os parâmetros satisfazem os limites permitidos para a amostra bruta. Ao considerar o anexo F (Concentração - Limite máximo no extrato obtido no ensaio de lixiviação), os ensaios de lixiviação também satisfazem os limites permitidos. Para o anexo G (Padrões para o ensaio de solubilização), três dos parâmetros analisados ultrapassam os limites máximos permitidos, Alumínio (Al), Ferro (Fe) e Manganês (Mn).

Análise de abril 2021: De acordo com a ABNT NBR 10.004 os parâmetros satisfazem os limites permitidos para a amostra bruta. Ao considerar o anexo F (Concentração - Limite máximo no extrato obtido no ensaio de lixiviação), os ensaios de lixiviação também satisfazem os limites permitidos. Para o anexo G (Padrões para o ensaio de solubilização), os parâmetros Ferro (Fe), Manganês (Mn), Surfactantes ultrapassam os limites máximos permitidos.

c. ETA SJ

Análise de outubro 2020: De acordo com a ABNT NBR 10.004 os parâmetros satisfazem os limites permitidos para a amostra bruta.

d. ETA TR

Análise de outubro 2020: De acordo com a ABNT NBR 10.004 os parâmetros satisfazem os limites permitidos para a amostra bruta.

Análise de março 2021: De acordo com a ABNT NBR 10.004 os parâmetros satisfazem os limites permitidos para a amostra bruta. Ao considerar o anexo F (Concentração - Limite máximo no extrato obtido no ensaio de lixiviação), os ensaios de lixiviação também satisfazem os limites permitidos. Para o anexo G (Padrões para o ensaio de solubilização), os parâmetros Ferro (Fe), Manganês (Mn) ultrapassam os limites máximos permitidos.

2.2 Caracterização qualitativa dos lodos de ETE

O DMAE realizou análises para caracterização do lodo desidratado da ETE Serraria, quanto a classificação frente a NBR 10004. Comparando-se os resultados obtidos no ensaio de solubilização com os Valores Máximos Permitidos pela NBR 10004:2004 - Anexo G podemos afirmar que: Os parâmetros Ferro, Manganês ultrapassam os limites máximos permitidos. Assim o lodo foi caracterizado com Classe II A - Resíduo Não Inerte. As análises e a classificação foram realizadas pelo Laboratório Merieux NutriScience - RELATÓRIO DE ENSAIO N° 231476/2015-0.

2.3 Caracterização quantitativa do lodo de ETA

A massa de sólidos secos presente no lodo é obtida através do balanço de sólidos no sistema e cálculo estequiométrico dos resíduos resultantes da aplicação do coagulante químico. Foram selecionados alguns métodos para a estimativa de quantificação dos lodos de ETA do SAA. E conforme já apresentado no relatório de atualizações de 2021, optou-se pelo método do balanço de massa proposto por Katayama 2012. Após simplificações já relatadas utilizou-se a seguinte fórmula para cálculos de lodo gerado:

$$Mdec = Mlodo = Qab \times Cac$$

Onde:

Qab= vazão de água bruta

Cac= Concentração de SST na água coagulada

Mdec= Massa de lodo no decantador

Mlodo= Massa de lodo total gerado

A tabela abaixo apresenta a estimativa de geração de lodo nas ETAs do SAA. O cálculo foi feito com a média ponderada das análises relacionando a frequência de turbidez e a média de vazão do histórico operacional dos três últimos anos das ETAs. Os dados são apresentados em base seca e considerando a concentração de 20% de lodo que é como é comumente destinado após tratamento convencional.

ETA	ETA JLS	ETA BN	ETA SJ	ETA TR	ETA MV	TOTAL
Localização	Rua Barão do Guaíba, 781 - Menino Deus	Av. Inácio Antônio da Silva, 300 - Belém Novo	Rua Couto de Magalhães, 1.700 - Higienópolis	Praça Araé, s/nº - Tristeza	Rua 24 de Outubro, 200 - Moinhos de Vento	
Vazão(L/s)	2.531,51	764,53	2.013,71	293,62	1.271,61	
Lodo BS(ton / mês)	179,79	157,15	184,24	29,76	128,54	679,48
Lodo BS(ton / ano)	2.157,48	1.885,75	2.210,94	357,10	1.542,54	8.153,80
Lodo 20%(ton/ano)	10.787,39	9.428,76	11.054,68	1.785,48	7.712,69	40.768,99

2.4 Disponibilidade do lodo de ETA para o tratamento combinado em ETE

Como forma de embasar os estudos posteriores que consideram a quantidade de lodo que chega nas ETEs a partir do tratamento combinado, calculou-se o lodo disponível considerando cada combinação possível entre ETA e ETE do DMAE com o critério de localização. A figura a seguir mostra as combinações dos lodos das ETAs SJ e/ou MV com o esgoto da ETE Navegantes e a combinação dos lodos das ETAs JLS e/ou Ponta do Arado (PA) com o esgoto da ETE Serraria. A estimativa de lodo gerado na ETA Ponta do Arado, que ainda não opera, foi calculada a partir da média da estimativa de lodo das demais ETAs e a vazão prevista em projeto.

Cálculo de disponibilidade de lodo de ETA para o tratamento combinado

Combinado ETAs SJ e MV/ETE Navegantes		
Qeb	300,00	L/s
Mlodo	120674,94	mg/s
Clodo	402,25	mg/L

Combinado ETA PA e JLS/ETE Serraria		
Qeb	1700,00	L/s
Mlodo	163562,98	mg/s
Clodo	96,21	mg/L

Combinado ETA SJ /ETE Navegantes		
Qeb	300,00	L/s
Mlodo	71082,06	mg/s
Clodo	236,94	mg/L

Combinado ETA PA/ETE Serraria		
Qeb	1700,00	L/s
Mlodo	94199,60	mg/s
Clodo	55,41	mg/L

Combinado ETA MV/ETE Navegantes		
Qeb	300,00	L/s
Mlodo	49592,89	mg/s
Clodo	165,31	mg/L

Combinado ETA JLS/ETE Serraria		
Qeb	1700,00	L/s
Mlodo	69363,38	mg/s
Clodo	40,80	mg/L

Legenda: Qeb= Vazão esgoto bruto; Mlodo= Lodo de ETA em base seca; Clodo= Concentração de lodo de ETA no esgoto.

3. Avaliação hidráulica

O DMAE, de acordo com trajeto de tubulações, sugere as combinações ETA x ETE elencadas abaixo como objeto de estudo. Os tópicos a serem cobertos na avaliação das combinações são apresentados. Ocorre que existe necessidade de verificações cadastrais, a partir de serviços de topografia, para efetivamente poder realizar as verificações necessárias. Estes serviços serão realizados a partir de contrato existentes no DMAE.

3.1 ETA São João para ETE Navegantes

- Verificação trajeto e cotas
- Verificação Lâminas
- Resumo necessidades construtivas

3.2 ETA Moinhos de Vento para ETE Navegantes

- Verificação trajeto e cotas
- Verificação Lâminas
- Resumo necessidades construtivas

3.3 ETA José Loureiro da Silva para ETE Serraria

- Verificação trajeto e cotas
- Verificação Lâminas
- Resumo necessidades construtivas

Está sendo avaliada a possibilidade de contratação de empresa especializada para a realização da avaliação técnica mencionada.

4. Tratabilidade do lodo de ETA na ETE

De forma a avaliar a viabilidade do tratamento combinado de lodo de ETA em ETE foram busca das diversas referências bibliográficas sobre o assunto já discutidas em relatório anterior. Dentre elas destacaram-se dois artigos por apresentaram a aplicação prática em companhias de saneamento no Brasil: O artigo “Full-scale effects of addition of sludge from water treatment stations into processes of sewage treatment by conventional activated sludge” e o artigo “Avaliação de estação de tratamento de esgoto com reator anaeróbio recebendo lodo de estação de tratamento de água Actiflo®”.

Conforme referências acredita-se estar comprovada a viabilidade de tratamento combinado de lodo de ETA em ETE. Entretanto, deve-se realizar estudo técnico-científico para avaliar as alternativas de processo de tratamento e as necessidades de adequação das unidades atuais, buscando maximizar a sustentabilidade da prática pretendida. Neste sentido, o DMAE está avaliando a possibilidade de contratação de empresa especializada para a realização de avaliações técnicas específicas.

4.1 Avaliação da remoção de fósforo do esgoto com tratamento combinado de lodos

Esta etapa da avaliação está sendo realizada visto a vantagem da possiblidade de remoção de fósforo do efluente da ETE a partir do tratamento combinado com lodo de ETA segundo diversos autores. Chao (2006) avaliou a possibilidade e a eficiência de remoção de fósforo do efluente secundário (final) de um sistema convencional de lodos ativados, com o uso de lodo de uma estação de tratamento que utiliza sulfato de alumínio como coagulante e polímero como auxiliar de coagulação e obtendo boas eficiências de remoção. Os testes da referência, realizados em bancada, serviram de base para o estudo realizado até o momento. Foram realizados testes de bancada no laboratório da ETE Serraria com amostras de esgoto da ETE e lodo coletado na ETA Belém Novo. Os testes foram que divididos em três fases:

Fase1: Na fase 1 foram realizadas avaliações preliminares e ajustes na metodologia. Iniciou-se misturando lodo de ETA em amostras de diferentes partes do processo de tratamento de esgoto (afluente, aerado e efluente). Então verificou-se a remoção de fósforo após agitação em Jar Test por 10 min. Depois disso o teste foi aprimorado passando para maiores tempos de teste, com análises a cada 1h, utilizando-se apenas o aerado na mistura com lodo de ETA e realizando-se o teste em triplicatas. Após ajustes verificou-se remoção de fósforo, porém com instabilidades, observou-se queda na remoção na terceira hora de teste, indicando redução no oxigênio da amostra de aerado.

Fase 2: Para fins de simulação da aeração que ocorre no tratamento de esgoto implementou-se um sistema de aeração no Jar Test. Conforme esperado, a remoção de fósforo nas amostras se tornou mais estável e foram analisadas diferentes concentrações de lodo de ETA (30, 60, 120, 200 e 400mg/L) nas amostras de esgoto. A maior remoção ocorreu ao adicionar 400mg/L de lodo de ETA em uma amostra com 8,56mg/L de fósforo inicial na qual ocorreu a remoção de 3,97mg/L de fósforo da amostra.

Fase 3: Na fase 3 os testes foram realizados com o intuito de observar as relações de proporcionalidade entre a disponibilidade de fósforo inicial, as diferentes concentrações de lodo e o fósforo removido na amostra de esgoto com adição de lodo de ETA. Neste caso partiu-se de amostras de aerado com diferentes concentrações de fósforo inicial e verificou-se algumas dosagens. A partir dos testes realizados, não foi possível identificar as proporcionalidades em nenhuma das duas variáveis avaliadas (concentração de lodo e disponibilidade de fósforo inicial).

Após as três fases de testes verificou-se que:

1. Há remoção de fósforo com adição de lodo de ETA no aerado;
2. A dosagem de 120mg/L e 200mg/L de lodo de ETA removem na faixa aproximada de 1 - 2 mg/L de fósforo;
3. A dosagem de 400mg/L de lodo de ETA remove mais de 2mg/L;

As informações obtidas servem irão compor a análise econômica do estudo com as seguintes considerações:

Considerando o caso em que a ETE Serraria recebe uma concentração superior a 50mg/L de lodo de ETA na ETE, seria possível a remoção de 0,5mg/L de fósforo no esgoto. Esta remoção equivale a dosagem de 15mg/L de Sulfato de Alumínio. Deixando de dosar 800ton/ano de Sulfato de Alumínio a economia em produto químico seria de R$1,3milhões/ano.

Considerando o caso em que a ETE Navegantes recebe uma concentração superior a 200mg/L de lodo de ETA na ETE, seria possível a remoção de 2mg/L de fósforo no esgoto. Esta remoção equivale a dosagem de 60mg/L de Cloreto Férrico. Deixando de dosar 560ton/ano de Sulfato de Alumínio a economia em produto químico seria de R$1,1milhões/ano.

5. Biodigestão de lodo

Conforme análise de sólidos realizadas em amostras de lodo de ETA, encontrou-se em média 14% de Sólidos Suspensos Voláteis (SSV). Já o lodo de ETE possui em média 50% de SSV. Considerando a quantidade gerada de lodo de ETA e ETE em base seca mensal, calculou-se o lodo restante após biodigestão com eficiência de 60%. Após a biodigestão o lodo aumenta a capacidade de secagem chegando a 36% de concentração para destinação final. Com estas considerações estima-se uma economia total de R$447mil por mês caso ocorra a biodigestão adequada no tratamento combinado conforme mostra tabela abaixo:

Lodo	t/mês à 20%	Base seca, t	% SSV	Base seca após biodigestor, t – 60% eficiência	Destinação após centrifuga à 36%	R$/mês
ETA	3.397	679	14	622	1.728	R$ 342mil
ETE	1.369	274	50	192	533	R$ 105mil
					Total	**R$ 447mil**

Já em relação a geração de biogás, considerando a base seca digerida com eficiência de 60% e capacidade de geração do biodigestor de 350Nm³/ton, a economia estimada é de R$142mil mensais conforme dados da tabela abaixo:

Biogás	Base seca biodigerida, t/mês	Capacidade geração, Nm³/t	kWh/Nm³	kWh/mês	R$/mês
ETA	57	350	6	120mil	R$ 58mil
ETE	82	350	6	172mil	R$ 84mil
				Total	**R$ 142mil**

6. Avaliação econômica

Conforme comentado em alguns tópicos acima, são necessárias ainda avaliações e informações para que seja possível realizar uma avaliação econômica da prática pretendida de tratamento combinado de lodo de ETA em ETE. Importante frisar que esta avaliação será realizada individualmente para as combinações ETA x ETE no item 3 acima, sempre confrontando o tratamento combinado com as alternativas convencionais de tratamento segregado dos lodos de ETA e ETE, a partir de espessamento e desidratação em centrifuga. Neste sentido, o DMAE está avaliando a possibilidade de contratação de empresa especializada para a realização de análises técnicas específicas para compor a avaliação econômica.

7. Referências Bibliográficas

CHAO, I. R. S. Remoção de fósforo de efluentes de estações de tratamento biológico de esgotos utilizando lodo de estação de tratamento de água. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.

KATAYAMA, V.T. Quantificação da produção de lodo de estações de tratamento de água de ciclo completo: uma análise crítica. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2012.

MARGUTI, A. L.; FERREIRA F. S. S; PIVELI, R. P. Full-scale effects of addition of sludge from water treatment stations into processes of sewage treatment by conventional activated sludge. Jornal of Environmental Management, v. 215, p. 283-293, 2018. http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.03.072

Em 10 de janeiro de 2023.

Documento assinado eletronicamente por **Debora Camargo Strada**, **Técnico Responsável**, em 22/03/2023, às 15:59, conforme o art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006, e o Decreto Municipal 18.916/2015.

A autenticidade do documento pode ser conferida no site http://sei.procempa.com.br/autenticidade/seipmpa informando o código verificador **21952280** e o código CRC **776BD96B**.

19.10.000005886-6 21952280v3

Criado por deboracs, versão 3 por deboracs em 10/01/2023 11:06:24.