



II-042 - DESAGUAMENTO DE LODO DE ESGOTO DO TRATAMENTO FÍSICO QUÍMICO UTILIZANDO CAL VIRGEM

David Garcia⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Universidade UNICESUMAR. Técnico em Química pelo Colégio Estadual João Ricardo Von Borel Du Vernay. Técnico em Meio Ambiente pelo Colégio Estadual Polivalente. Responsável Técnico da empresa MBAQuímica. Operador de ETE – SANEPAR.

Endereço ⁽¹⁾: Rua Terézio Ribas Teixeira, 478 – Tibagi – Paraná CEP: 84300-000 - Brasil - Tel: (42) 99936-3220 e-mail: davidg@sanepar.com.br

RESUMO

Esta pesquisa investiga procedimentos para desaguamento de lodo empregando a cal no processo de tratamento de esgoto físico químico. A metodologia de base empírica pressupõe a necessidade de comprovação prática de todo o processo através de experimentos laboratoriais e também na planta propriamente dita para observação dos dados e resultados da Estação de Tratamento de Esgoto da Sanepar na ETE Tibagi, localizada na Cidade de Tibagi no Estado do Paraná. O estudo discute nos referenciais teóricos sobre o uso da cal para acelerar o desaguamento do lodo em leito de secagem, bem como melhorar a carreira de descarga de lodo. Em resumo, prima-se pelos objetivos de utilizar a cal no processo de desaguamento de lodo em leito de secagem, acelerar o desaguamento e otimizar o uso dos leitos de secagem e a correta destinação final do lodo desaguado da ETE como biossólido para agricultura. Com os resultados finais desta pesquisa pretende-se replicar a técnica no âmbito das Gerências Regionais da Sanepar, divulgação no meio acadêmico através de publicação de estudo científico além do aprimoramento das técnicas e procedimentos no lócus de pesquisa.

PALAVRAS-CHAVE: Esgoto. Lodo. Cal. Leito de Secagem. Biossólido. Agricultura.

INTRODUÇÃO

Etapas nas Estações de Tratamento de Esgoto/ETEs domiciliares são necessárias para garantir o funcionamento correto dos processos de tratamento e, conseqüentemente para assegurar a despoluição ambiental (GARCIA, 2022). Entre os resíduos removidos nos processos de tratamento de esgoto estão os sólidos grosseiros (incluindo o lixo descartado indevidamente na rede de esgoto), os sólidos sedimentáveis (removidos dos desarenadores), a espuma e o lodo.

A premissa desse trabalho é a obtenção de melhores resultados nos parâmetros dos sistemas de tratamento físico químico de esgoto, otimizando resultados no processo de desaguamento do lodo formado. Propõe-se a aplicação do óxido de cálcio (cal virgem) nas descargas de lodo. Convém ressaltar que a grande dificuldade numa Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) é o lodo porque a disposição final adequada do lodo é uma etapa problemática no processo operacional de uma estação de tratamento de esgoto. (BETTIOL, Wagner et al).

A concepção desse estudo deu-se início no ano 2021 e foi realizado na ETE Tibagi, localizada na cidade de Tibagi no Estado do Paraná, data de start do módulo tratamento físico químico na estação. A motivação para esta pesquisa é a utilização de materiais para melhorar como um todo o processo de tratamento de esgoto da ETE, incluindo a destinação final dos resíduos, principalmente o lodo sendo este, em maior quantidade resultante do processo, a qual requer a necessidade dessa intervenção.

Quanto ao conteúdo pesquisado, convém ressaltar que a cal virgem (CaO) e a cal hidratada [Ca(OH)₂] são os produtos mais utilizados para a estabilização alcalina dos lodos na fase líquida. (de Sá farias, Mateus, et al.) Há uma série de interações que regem o fenômeno da coagulação/dispersão. As duas principais são originárias



SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO
DE ENGENHARIA SANITÁRIA
E AMBIENTAL



das forças de van der Waals e das forças entre as duplas camadas elétricas das partículas. (Mamede et al., 2026, p. 39). A propriedade interativa do CaO irá neutralizar as forças originárias eletricamente presentes no lodo, forças essas que impedem a separação sólido-líquido.

Conforme supracitado, a substância CaO utilizado no processo de bombeamento do lodo, essa mistura irá garantir a propriedade realógica na torta de lodo desidratado, pois a mesma é adicionada ao lodo liquidificado com o objetivo de adequar as condições de dispersão do mesmo. Espera que a reação do CaO resulte na reorganização iônica dos particulados do lodo bruto, visando a possibilidade de melhor separação sólido-líquido.

A cal adicionada neste processo reage com água e forma hidróxido de cálcio, conforme equação 1.0



Scott e Smith (1993) estudaram os efeitos dos cátions Ca^{2+} na flotação de quartzo e magnetita usando diamina, e averiguaram que para concentrações de CaCl_2 acima de 0,1mol/L a recuperação na flotação, tanto para o quartzo como para a magnetita, diminui. Isso pode ser atribuído à adsorção de cátions Ca^{2+} na dupla camada das duas espécies minerais. (MAMADE, et al 2016).

De acordo com um estudo realizado pelo investigador dessa pesquisa, além da remoção, também é necessário adequar o lodo para destinação final, por meio de etapas de tratamento que incluem além do desaguamento: estocagem, controle de maus odores, controle de vetores e transporte (GARCIA, 2022). Com a utilização do CaO no processo, irá acelerar o desaguamento do lodo, objetivando a redução da umidade e volume corroborando para a destinação final, nesse caso, utilização como biossólido na agricultura.

No Brasil, a Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar) é responsável pela operação de um dos maiores conjuntos de 261 ETEs com sistema anaeróbio do país (PARANÁ, 2022). Dos constituintes removidos pelo tratamento, o lodo é de longe, o que apresenta maior volume. O processamento, reciclagem e destinação final são os problemas mais complexo na área de tratamento de efluente (VAN HAANDEL; LETTINGA, 1994, p. 1441). O pré-tratamento em reatores Upflow Anaerobic Sludge Bed Reactor (UASB) ou em Reatores Anaeróbios de Lodo Fluidizado (RALF) promove uma redução de 65 a 80% da concentração do material orgânico (VAN HAANDEL; LETTINGA, 1994). Apesar da vasta utilização e das vantagens inerentes aos reatores anaeróbios, tipo RALF e UASB, observa-se esses sistemas tem capacidade limitada em produzir um efluente aceitável aos padrões restritivos estabelecidos pela legislação ambiental do País.

Buscando melhorar essa eficiência, adota-se o uso de coagulantes nos pós-tratamento de esgotos domésticos, com boa perspectiva para associação com efluentes provenientes de reatores anaeróbio. Nesse novo modelo de tratamento houve um aumento da demanda de descarga nos leitos de secagem devido a maior formação de lodo no compartimento de decantação do módulo físico químico ocasionado pelo processo de coagulação/floculação.

Com o uso da cal virgem observou a produção de um lodo com maior densidade e conseqüentemente, menor volume nas etapas de desaguamento. Tudo isso resultou em menores custos nas etapas de estocagem, transporte e disposição final além da otimização dos dispositivos de secagem, visto que na modelagem ora aplicada do tratamento físico químico, exige uma maior frequência de descarga de lodo dos compartimentos de decantação. Diante do exposto convém ressaltar que a premissa dessa pesquisa é obter a aceleração do desaguamento de lodo empregando o CaO (cal virgem) em determinada concentração a partir do processo físico químico nas etapas de desaguamento. Para concretização desta proposta faz-se necessário elencar alguns procedimentos tais como:

- Utilizar o CaO visando a formação de flocos mais estabilizados, para aumentar a frequência de descarga de lodo, com isso espera-se como resultado um lodo mais estável e denso dentro do compartimento de descarga ;
- Acelerar o desaguamento de lodo, para obtenção de um floco estabilizado e lodo mais denso aumentando a percolação do líquido no leito de secagem;
- Otimizar o uso dos leitos, devido menor tempo para secagem do lodo, haja vista, aceleração do processo de desaguamento, tendo como resultante o lodo desidratado que pode ser retirado para realização de novas descargas.

Esses são precisamente os objetivos específicos da pesquisa os quais servirão de base para a análise e discussão dos resultados.

O desenvolvimento desse trabalho contou com o apoio e a participação da Companhia de Saneamento da Paraná - SANEPAR.

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na ETE de Tibagi, município de Tibagi, Paraná que possui três unidades de Reator Anaeróbico de lodo Fluidizado de Fluxo ascendente (RALF) com 45 L/s-1 de capacidade nominal total e com uma vazão operacional média de 19 L s⁻¹. Também contém dois (02) módulos para tratamento físico-químico. Possui 6 leitos de secagem com uma área total de desaguamento de 356 m².



Foto 1 - ETE TIBAGI - Módulos físico químico
FONTE: Autor ((2022))

Adotou-se o método empírico, uma vez que a pesquisa é dedicada ao tratamento da "face empírica e factual da realidade; produz e analisa dados, procedendo sempre pela via do controle empírico e factual" (Demo, 2000, p. 21). A valorização desse tipo de pesquisa é pela "possibilidade que oferece de maior concretude às argumentações, por mais tênue que possa ser a base factual. O significado dos dados empíricos depende do referencial teórico, mas estes dados agregam impacto pertinente, sobretudo no sentido de facilitarem a aproximação prática" (Demo, 1994, p. 37).



Foto 2 - Adição da cal virgem na Estação Elevatória de Lodo (EEL)
FONTE: Autor (2023)

A pesquisa deu-se início no ano 2021, em virtude do início do processo de tratamento de esgoto físico químico. Inicialmente construíram-se suportes de estruturas metálica, com dimensões de 1,50 m de largura 1,50 m de altura e 4,50m de comprimento (Figura 3) nas quais foram fixadas as bolsas drenantes. Confeccionados em tecido de polipropileno e costurados com revestimentos internos de polietileno, as bolsas drenantes possuíam as seguintes dimensões: 1,10 m de largura, 1,40 de altura e 1,10 m de comprimento, com capacidade para 1,7 m³.



Foto 3 - Estrutura metálica com bolsas drenantes
FONTE: Autor (2022)

Foi realizado ensaios laboratoriais, com a finalidade de mensurar a quantidade ótima de cal. Adotou-se a aplicação de 8 ppm da cal virgem, isto é, para cada 15 m³ de lodo foi adicionado 120 kg de CaO. Com bons resultados, foi testado o desaguamento do lodo com a adição da cal virgem diretamente nos leitos de secagem.

O lodo desaguado é proveniente do tratamento físico químico, que entrou em operação no ano de 2021. Possui dispositivos utilizados para dar descarga a partir dos tanques de decantação para a estação elevatória de lodo (EEL) por processo gravitacional, e nessa etapa é dosada a cal virgem.

A homogeneização dar-se-á devido a turbulência durante a descarga. Após cheio todo o compartimento, a mistura lodo e cal são transportados até o leito de secagem visto que a elevatória de lodo possui sistema de bombeamento. A cada 15 dias são descartados 175 m³ de lodo (volume bruto) do sistema físico químico.

Com relação aos cuidados nessa operação, destaca-se a necessidade de manutenção dos leitos de secagem antes do procedimento de descarga com a realização de frisagem entre os tijolos e adição de uma camada de 2 a 3 cm de areia média para evitar a colmatção..



Foto 4 - Lodo em leito de secagem. Refere-se à aplicação da cal virgem na descarga
FONTE: Autor (2023)



FIGURA 5 - Lodo em leito de secagem em processo de desidratação após 24 horas
FONTE: Autor (2023)



Foto 6 - Lodo desidratado em leito de secagem pronto para ser retirado após 72 horas
FONTE: Autor (2023)



Foto 7 - Torta de lodo em leito de secagem pronta para ser retirada
FONTE: Autor (2023)



Foto 8 - Lodo em leito de secagem. Embalado para ser levado à Unidade de Gerenciamento de Lodo (UGL)

FONTE: Autor (2023)

RESULTADOS

Considerando os procedimentos dessa pesquisa retratados em forma de objetivos específicos. A análise dos dados possibilitam afirmar que a utilização do CaO (óxido de cálcio ou cal virgem) é viável para ser aplicado no processo de descarga de lodo tanto nos processos físico químico quanto em lodos de tratamento anaeróbio.

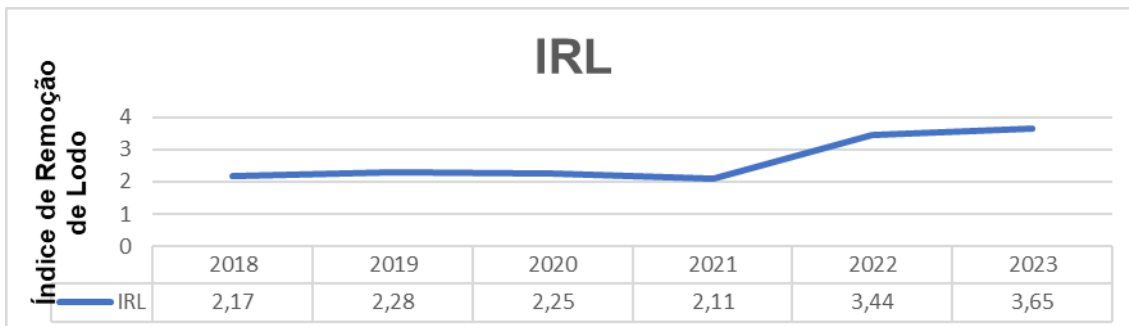
A necessidade de realização das descargas de lodo dos módulos de decantação do sistema de tratamento físico químico é de notória importância na operação da ETE. Esse procedimento evita o arraste dos sólidos sedimentáveis junto com o efluente tratado. Também foi possível observar que com a aplicação do CaO, houve aceleração no desaguamento de lodo nos compartimentos dos leitos de secagem corroborando em otimizar os leitos de secagem haja vista que foi possível realizar mais descargas de lodo, aumentando a eficiência de tratamento da ETE.

Portanto, conforme análise dos resultados, observou-se nessa pesquisa um desaguamento mais acelerado em relação ao que estava operando na planta, demonstrando a viabilidade do estudo.

Conforme observamos nos gráficos, nos anos 2021, 2022 e 2023 houve uma melhora significativa dos indicadores da Sanepar conforme demonstrado.



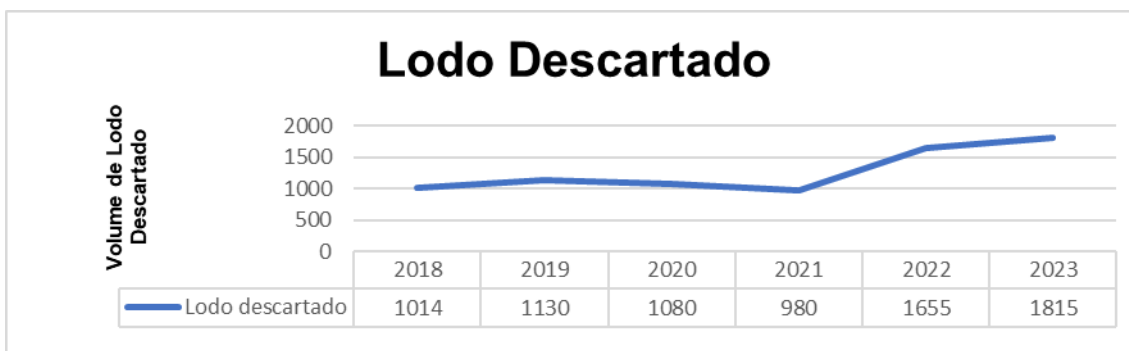
ÍNDICE DE REMOÇÃO DE LODO - IRL - ETE Tibagi



Índice de remoção de lodo (SANEPAR)

Fonte Sisweb

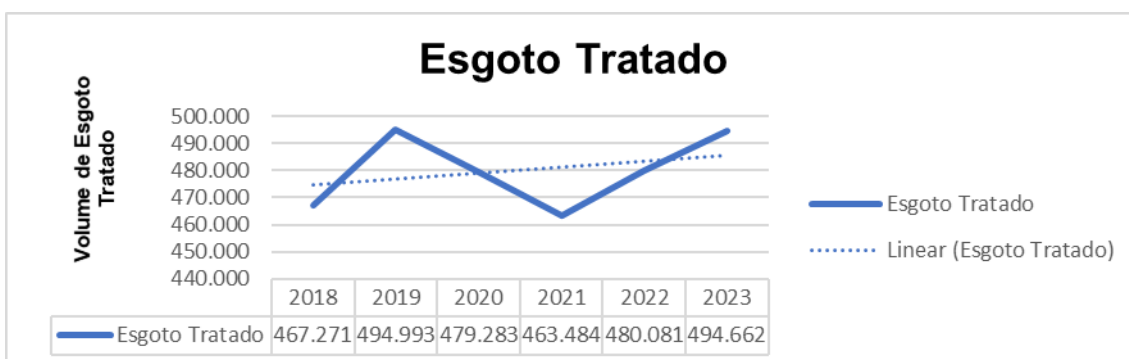
VOLUME DO ESGOTO RETIRADO - ETE Tibagi



Volume de lodo retirado em m³ (SANEPAR)

Fonte Sisweb

VOLUME DO ESGOTO TRATADO - ETE Tibagi



Volume de esgoto tratado em m³ (SANEPAR)

Fonte Sisweb

Vol



CONCLUSÕES

Esta pesquisa se propôs ao desafio de investigar a realização de procedimentos para obtenção de lodo mais denso, menor volume e aceleração no processo de desaguamento de lodo do sistema de tratamento de esgoto físico químico empregando a cal virgem. Verificou-se que com o uso da cal virgem no processo de desaguamento de lodo houve significativa aceleração no desaguamento, não obstante, otimizou o uso dos leitos de secagem e reduziu a quantidade de resíduos a ser encaminhada para higienização na UGL. Esse procedimento diminuiu o tempo de descarga, uma vez que o lodo formado se apresentou mais estabilizado e denso, permanecendo menor tempo nos leitos de secagem. Convém salientar que a técnica reduziu o risco operacional da ETE, pelo fato de melhorar a performance do tratamento. Também obteve-se **impactos** significativos nos custos, visto que não houve necessidade de investimentos para construção de novos leitos de secagem. A proposta descrita nesse trabalho, possibilita a replicabilidade às demais ETEs. Ao investigar o tema em questão é possível afirmar que esta alternativa de utilização da cal, também foi promissora na melhora dos indicadores **da Companhia**: Volume de Esgoto Retirado - Grafico 1, Índice de Remoção de lodo (IRL), Grafico 2 Volume do Esgoto Retirado e Grafico 3 Volume do Esgoto Tratado. Diante do exposto, os resultados obtidos demonstram ser promissores o que sugere a divulgação desta pesquisa no meio acadêmico, simpósios e congressos com publicação de estudo científico além do aprimoramento das técnicas e procedimentos no lócus de pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMARAL, C. L. C.; DA SILVA, I.; VASCONCELOS, T. N. H. Aplicação de uma atividade experimental investigativa para o ensino de tratamento de água. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 9, n. 1, p. 50–59, 2018. DOI: 10.26843/rencima.v9i1.1549.
 2. BITTENCOURT, C; **Tratamento de água e efluentes: fundamentos de saneamento ambiental e gestão de recursos hídricos**, 1.ed. São Paulo:
 3. **BETTIOL, Wagner et al.** Lodo de esgoto: impactos ambientais na agricultura. **Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006., 2006.**
 4. CAGLIARI, L. **Padronização do Uso de Policloreto de Alumínio e Poliácridamida em uma ETA de Porto Alegre**. Trabalho de Diplomação em Engenharia Química. Porto Alegre, 2018. p. 31.
 5. COSTA, M. J. C. (et al); **Co-digestão anaeróbia de substâncias surfactantes, óleo e lodo de esgoto**. (2007). Disponível em <https://www.scielo.br/j/jesa/a/qJCj7gd7xVZcJqmf7ZHM6bD/?lang=pt> acesso em 04 ago 2022.
 6. de Sá Farias, Matheus, et al. **"II-172-HIGIENIZAÇÃO DE LODO ANAERÓBIO DE ESGOTO SANITÁRIO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS."**
 7. DEMO, Pedro. **Pesquisa e construção do conhecimento: metodologia científica no caminho de Habermas**. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 1994.
 8. GARCIA D.; Desaguamento de espuma e lodo de esgoto em leito de secagem com adição de cal e uso de bolsas drenantes, in BARBOSA, F, C. **Fundamentos da engenharia sanitária e ambiental**. Piracanjuba (GO): Editora Conhecimento Livre, 2022, p. 174.
 9. HESPANHOL, I; MIERSWA J, C.; **Tratamento de efluentes e recuperação de recursos** [recurso eletrônico] / Metcalf, 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016.
 10. LIBARTI J, N. **Sistemas de Tratamento para águas e efluentes** [revista eletrônica] Curitiba: Contentus, 2020. 55 p.
 11. MAMEDE, Carlos Roberto Silva. Mitigação dos efeitos de cátions Ca²⁺ na flotação catiônica reversa de minério de ferro. 2016.
 12. PARANÁ. **Carta Anual de Políticas Públicas e de Governança Corporativa 2022**. Disponível em: <https://ri.sanepar.com.br/docs/Carta-consolidada-de-politicas-publicas-e-governanca-corporativa-Sanepar-2022-12-31-DqTNhjWr.pdf>. acesso em 02/10/2023.
 13. SCOTT, J. L., SMITH, R. W. **Calcium ion effects in amine flotation of quartz and magnetite**. **Minerals Engineering**, v. 6, n. 12, p. 1245-1255, 1993.
- SCHORR, A. S. Tratamento de Águas e Efluentes q Adriano de Souza Schorr; - Rio de Janeiro, RJ: Freitas Bastos, 2022.
14. VAN HAANDEL, A. C.; LETTINGA, G. **Tratamento anaeróbio de esgotos: um manual para regiões de clima quente**. Campina Grande: Epgraf, 1994.