

1233- POTENCIAIS APLICAÇÕES DE BIOSSÓLIDOS – ESTUDO DE CASO EM UMA ETE DA CIDADE DE MACEIÓ-AL.

Klessia Francyni da Silva Lima⁽¹⁾

Engenheira Ambiental e Sanitarista (UFAL).

Ivete Vasconcelos Lopes Ferreira⁽²⁾

Engenheira Civil e Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Paraíba (*Campus II - Campina Grande*). Doutora em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Professora Titular do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas.

Marcio Gomes Barboza⁽³⁾

Engenheiro Civil pela UFAL. Mestre e Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Professor Titular do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas.

Endereço⁽¹⁾: Rua Santa Catarina, 278 - Tabuleiro dos Martins- Maceió - Alagoas - CEP: 57060-600 - Brasil
- Tel: +55 (82) 9115-7098 - e-mail: klessia.lima@ctec.ufal.br.

RESUMO

O tratamento de esgoto é um processo fundamental para a preservação do meio ambiente e da saúde pública. No entanto, esse processo gera subprodutos sólidos que precisam ser adequadamente tratados ou reaproveitados para evitar impactos negativos no meio ambiente e na saúde coletiva. O presente Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) propõe alternativas de reutilização dos subprodutos sólidos de uma ETE para reduzir os custos de disposição e contribuir para a sustentabilidade. A metodologia envolveu uma revisão bibliográfica sobre processos de tratamento e destinação de resíduos sólidos, além da caracterização dos resíduos gerados, como o lodo. A caracterização abrangeu tanto aspectos físicos e químicos dos subprodutos quanto sua adequação para reutilização. Nos resultados, a pesquisa indicou uma eficiência média de 93,87% na remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e de 86,25% na redução da Demanda Química de Oxigênio (DQO), demonstrando a efetividade do tratamento de esgoto na ETE estudada. Em relação ao lodo, observou-se que o uso de polímeros melhorou a eficiência na desidratação, permitindo uma consistência mais sólida e facilitando a manipulação e o transporte. Foi destacada também a viabilidade do uso agrícola do lodo como fertilizante, desde que tratados para reduzir patógenos e minimizar riscos ambientais.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos sólidos; Reaproveitamento; Estação de Tratamento de Esgoto.

INTRODUÇÃO

O marco legal do Saneamento Básico, atendido pela Lei Federal nº 14.026/2020, prevê o atendimento de 99% da população com água potável e de 90% da população com coleta e tratamento de esgotos até 31 de dezembro de 2033, com possibilidade de ampliação para 2040. Por conta disso, as administrações superiores têm impulsionado cada vez mais os projetos de esgotamento sanitário no Brasil. Segundo os dados de 2022 do Sistema Nacional de Saneamento Básico (SNIS), 52,2% do esgoto gerado no Brasil recebe o tratamento adequado, sendo atendida uma média de 112,8 milhões de habitantes com este serviço. É válido mencionar que o estudo realizado pelo SNIS contou com uma amostra de 5.150 municípios, equivalente a 92,5% do total, e com 97,5% da população. De acordo com o Panorama dos Resíduos Sólidos do Brasil, realizado pela Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe), cada brasileiro produziu, em média, 1,043 kg de resíduos por dia em 2022, totalizando 81,8 milhões de toneladas. Sendo desses, 61% deles encaminhados para aterros sanitários. Por essa razão, é crucial que os aterros sanitários busquem soluções para lidar com as demandas da produção de resíduos, e a adoção de práticas de reciclagem e reutilização tem sido cada vez mais reconhecida como uma alternativa eficaz para prolongar a vida útil dos aterros sanitários.

Além disso, é necessário que os empreendimentos busquem atender a um dos propósitos estabelecidos pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010), que consiste em promover a adoção de sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para aprimorar os processos produtivos e promover a reutilização dos resíduos sólidos, incluindo sua recuperação. O tratamento de esgotos gera subprodutos sólidos que deverão receber um tratamento e disposição final adequada. Com o aumento da cobertura do esgotamento sanitário, estes resíduos são gerados em quantidades elevadas, exigindo das Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) um alto custo e atenção especial devido à complexidade para a sua destinação adequada. Portanto, a reciclagem destes resíduos pode ser uma ótima alternativa para o desenvolvimento sustentável de uma cidade e redução de custos na administração das ETEs.

Entre os resíduos sólidos provenientes dos processos de tratamento de esgoto, há dois em destaque para reutilização: a areia capturada pelo desarenador e o lodo 11 produzido por processos físico-químicos e microbiológicos. A areia, removida durante a etapa de pré-tratamento, é proveniente das caixas de areia, que funcionam como decantadores, permitindo que a areia se deposite devido à baixa velocidade do fluxo (Von Sperling, 2005). Já os "lodos de esgoto", conforme descritos por Marcos Von Sperling consistem nos resíduos sólidos coletados e acumulados durante o processo de tratamento. Esses lodos são compostos por diversos materiais, incluindo matéria fecal, produtos químicos, microrganismos, sólidos suspensos e outros contaminantes presentes nas águas residuais. A produção de areia e lodo nas estações de tratamento de esgoto apresenta desafios significativos tanto para a gestão ambiental quanto operacional dessas instalações. A acumulação de areia e detritos é um problema comum, pois pode levar à formação de gases com odor desagradável e possíveis obstruções ou acúmulos nas unidades de tratamento. Por outro lado, o lodo, que é um subproduto do processo de tratamento, também requer atenção especial. Se não for gerenciado de maneira adequada, pode representar riscos de poluição ambiental e para a saúde pública. O lodo contém microrganismos patogênicos que podem contaminar ao ambiente se não forem dispostos e higienizados corretamente. (Mendonça et al., 2019) Portanto, é fundamental que as estações de tratamento de esgoto adotem práticas adequadas de gerenciamento de subprodutos sólidos para minimizar esses problemas e proteger o meio ambiente e a saúde pública. Isso pode incluir o uso de tecnologias de tratamento avançadas, práticas de disposição seguras e sustentáveis, e programas de monitoramento ambiental e de saúde ocupacional.

OBJETIVOS

O principal objetivo deste estudo é desenvolver e avaliar uma proposta viável e eficaz para a recuperação dos subprodutos sólidos gerados em uma ETE.

METODOLOGIA UTILIZADA

A metodologia aplicada neste trabalho consistiu em uma abordagem teórico-prática, com base na revisão bibliográfica e na análise de dados reais de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) localizada na cidade de Maceió-AL. A etapa inicial contemplou um levantamento bibliográfico voltado aos processos de tratamento de esgoto e à destinação dos resíduos sólidos gerados, com ênfase na caracterização, no tratamento e no aproveitamento do lodo sanitário. Em seguida, foi realizada a caracterização do sistema de tratamento adotado pela ETE estudada, que compreende etapas de gradeamento, desarenação, tratamento biológico com reatores CFIC, desinfecção com hipoclorito de sódio e tratamento do lodo por meio de adensamento e desidratação em centrífuga, com adição de polímero catiônico, conforme a Figura 1 e 2.

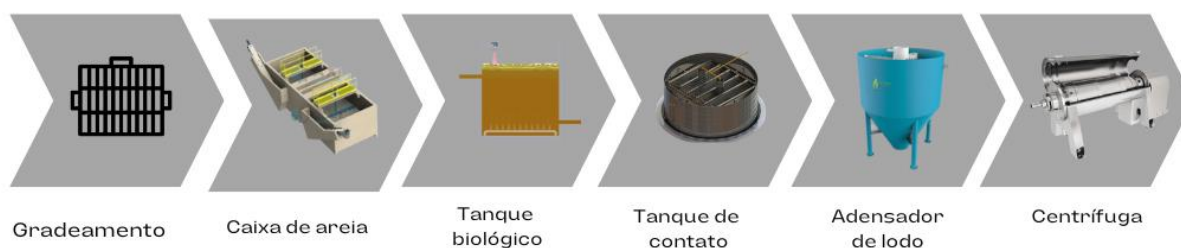


Figura 1: Fluxograma do processo de tratamento de esgoto.

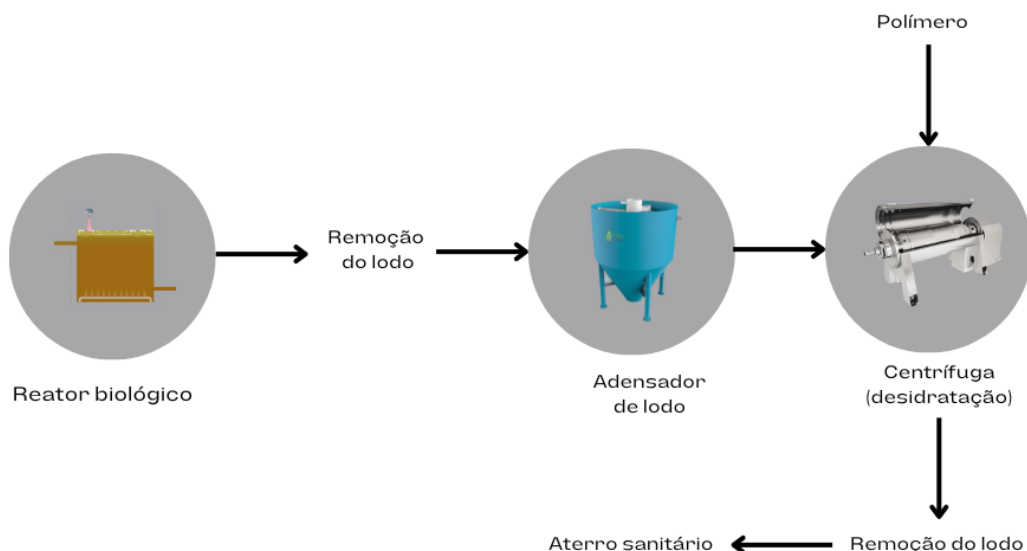


Figura 2: Fluxograma do processo de tratamento de lodo.

Complementando a análise, a ETE forneceu informações detalhadas acerca da geração de lodo, diferenciando-o em duas formas principais: o lodo adensado e o lodo desidratado (Tabela 4). O lodo adensado é proveniente das etapas iniciais do tratamento e ainda apresenta elevado teor de umidade, configurando-se como um material de natureza semilíquida, no qual parte da água foi removida, porém sem atingir consistência sólida. Já o lodo desidratado resulta de um processo mais intensivo de remoção de água, promovido pela ação da centrífuga e potencializado pela adição do polímero catiônico, na qual o seu consumo está indicado na Tabela 2. O consumo do polímero é calculado pela Equação 1, o que permite que a sua utilização seja realizada de modo a evitar desperdícios. Essa adição de polímero implica em considerável redução de volume e massa, otimizando o manuseio, o armazenamento e o transporte do resíduo.

Equação 1: Consumo de polímero.

$$\text{Consumo de polímero} = \frac{\text{Quantidade de polímero}}{(\text{Q lodo adensado} \times \text{Teor de sólidos adensado})} \times 100$$

Tabela 1: Geração de lodo

Período	Vazão de Lodo adensado (m³)	Teor de Sólidos Adensado (%)	Geração de Lodo Desidratado (ton)	Teor de Sólidos desidratado (%)
Janeiro 2023	931	2,35	78,97	21,76
Fevereiro 2023	970	2,45	96,19	22,30
Março 2023	990	3,24	134,51	20,85
Abril 2023	1.268	2,98	171,79	19,78
Mai 2023	539	3,92	63,84	21,72

Junho 2023	845	4,68	185,25	21,24
Julho 2023	805	4,32	191,80	22,01
Agosto 2023	1.009	3,60	154,21	21,33
Setembro 2023	867	4,57	177,50	20,84
Outubro 2023	970	3,25	153,57	20,03
Novembro 2023	1.331	3,28	185,58	20,38
Dezembro 2023	1.134	2,92	153,17	20,37
Janeiro 2024	1.537	2,95	187,05	20,8
Fevereiro 2024	1.392	3,48	214,52	20,05
Março 2024	1.230	4,55	169,85	20,55
Abril 2024	1.228	3,87	207,67	20,64
Mai 2024	954	4,59	195,60	20,91
Junho 2024	344	5,65	76,07	22,53

Fonte: Autor (2024).

Tabela 2: Consumo de polímero

Período	Consumo de Polímero (kg/ton ST)
Janeiro 2023	6,86
Fevereiro 2023	6,31
Março 2023	7,01
Abril 2023	5,95
Mai 2023	4,73
Junho 2023	5,06
Julho 2023	5,75
Agosto 2023	5,51
Setembro 2023	5,05
Outubro 2023	7,14
Novembro 2023	8,02
Dezembro 2023	9,06
Janeiro 2024	9,92
Fevereiro 2024	8,77
Março 2024	9,38
Abril 2024	6,31
Mai 2024	6,28
Junho 2024	6,43

Fonte: Autor (2024).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados demonstraram que a ETE analisada possui boa eficiência nos processos de tratamento, atingindo em média 93,87% de remoção da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e 86,25% da Demanda Química de Oxigênio (DQO), indicando a efetividade da degradação da matéria orgânica. Em relação aos nutrientes e sólidos, a eficiência média foi de 53,24% para o nitrogênio amoniacal, 64,97% para o fósforo

total e 70,94% para os sólidos suspensos totais. Esses valores revelam a importância do aprimoramento contínuo dos processos terciários da estação, sobretudo para melhorar a qualidade do efluente final.

Quanto à geração de lodo, os dados apontaram uma variação mensal entre 539 m³ e 1.537 m³ de lodo adensado (Figura 3) e entre 63,84 e 214,52 toneladas de lodo desidratado (Figura 4). O teor de sólidos do lodo desidratado oscilou entre 19% e 22,5%, considerado adequado para transporte e manejo. A adição de polímeros catiônicos foi fundamental no processo de desidratação, com consumo médio variando de 4,73 a 9,92 kg por tonelada de sólidos totais. A análise indicou que o lodo apresenta potencial para aplicação agrícola, desde que atendidos os parâmetros exigidos pela legislação vigente, como a Resolução CONAMA 498/2020, que regula o uso de biossólidos no solo. A areia, outro subproduto sólido da ETE, não foi analisada para fins de reaproveitamento devido à ausência de laudos laboratoriais específicos, mas é destacada como uma possibilidade futura, especialmente para a construção civil.

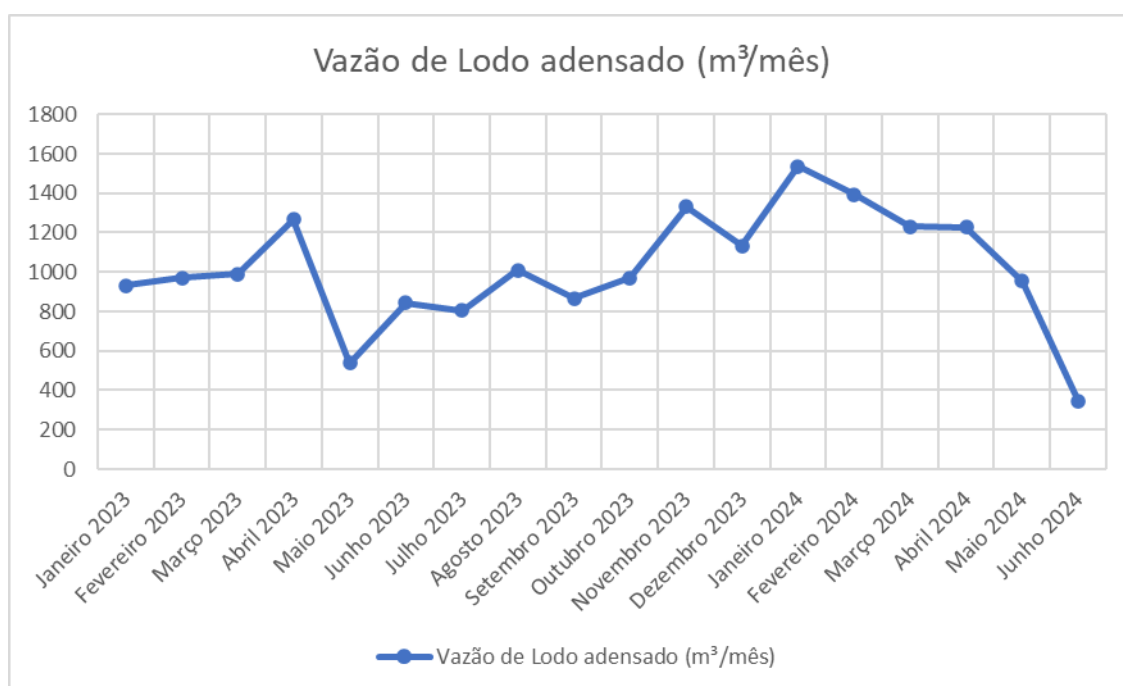


Figura 3: Vazão de lodo adensado.

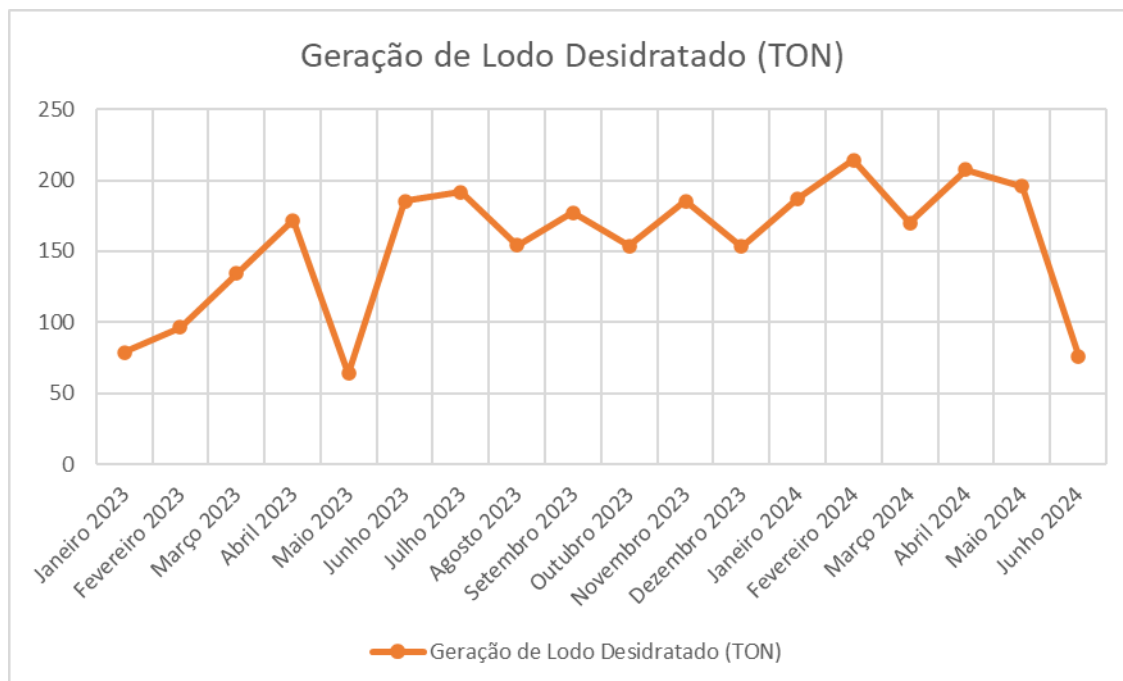


Figura 4: Vazão de lodo desidratado.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com base nos dados levantados e na análise dos resultados, conclui-se que o lodo gerado na ETE estudada apresenta características físicas e químicas compatíveis com o seu reaproveitamento, sobretudo na agricultura, como condicionador ou fertilizante do solo. A eficiência dos processos de desidratação, especialmente com o uso de polímeros, foi essencial para conferir ao lodo uma consistência sólida, facilitando o transporte, armazenamento e possível aplicação. Além de promover benefícios econômicos, a reutilização do lodo contribui significativamente para a sustentabilidade ambiental, reduzindo a necessidade de disposição final em aterros sanitários e promovendo a reciclagem de nutrientes.

O estudo reforça a importância de práticas sustentáveis nas ETEs, especialmente no que se refere à valorização dos biossólidos, que deixam de ser um passivo ambiental e passam a representar um recurso com valor agrônomo. Recomenda-se a continuidade de estudos para viabilizar o uso da areia retirada na etapa de desarenação, além de avanços nos processos de monitoramento e controle de contaminantes do lodo, garantindo segurança sanitária e ambiental em sua destinação final.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. *Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2023*. São Paulo: Abrelpe, 2023. Disponível em: <https://abrelpe.org.br>. Acesso em: 10 abr. 2025.

BRASIL. *Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010*. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 10 abr. 2025.

BRASIL. *Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020*. Atualiza o marco legal do saneamento básico. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 16 jul. 2020. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/L14026.htm. Acesso em: 10 abr. 2025.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento. *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS: Diagnóstico dos serviços de água e esgoto 2022*. Brasília: SNS/MDR, 2023.

Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/pmss/snis>. Acesso em: 10 abr. 2025.

MENDONÇA, N. M. Gerenciamento de subprodutos sólidos do tratamento de esgotos em empreendimentos habitacionais. In: SANTOS, A. B. dos et al. *Caracterização, tratamento e gerenciamento de subprodutos de correntes de esgotos segregadas e não segregadas em empreendimentos habitacionais*. Fortaleza: Imprece, 2019. p. 53-76.

VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto*. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 2005. 452 p.