



## 472 - CUSTOS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO EM ETE: UM ESTUDO BIBLIOMÉTRICO

**Josiel Lucas Crispim dos Santos<sup>(1)</sup>**

Acadêmico de Engenharia Civil pelo Instituto Federal da Paraíba (IFPB).

**Livia de Brito Marques<sup>(2)</sup>**

Acadêmica de Engenharia Civil pelo Instituto Federal da Paraíba (IFPB).

**Bruno de Medeiros Sousa<sup>(3)</sup>**

Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (Natal, 2007) com Especializações em Projetos de Instalações Prediais (Natal, 2011) e em Meio Ambiente e Gestão de Recursos Hídricos (Natal, 2013). Mestre em Ciências Ambientais, Área de Concentração: Uso Sustentável de Recursos Naturais, Linha: Saneamento Ambiental pelo Instituto Federal do Rio Grande do Norte (Natal, 2019).

**Livia Cristina de Queiroz Gonçalves<sup>(4)</sup>**

Acadêmica de Engenharia Civil pelo Instituto Federal da Paraíba (IFPB).

**Klístenes Álex Oliveira dos Santos<sup>(5)</sup>**

Acadêmico de Engenharia Civil pelo Instituto Federal da Paraíba (IFPB).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Dicinelha Maria de Oliveira, 619 – Novo Horizonte – Lavras da Mangabeira - CE - CEP: 63.300-000 Brasil - Tel: (88) 9 81842343 - e-mail: [josiel.lucas@academico.ifpb.edu.br](mailto:josiel.lucas@academico.ifpb.edu.br)

### RESUMO

O Brasil enfrenta um déficit significativo no tratamento de esgoto, com apenas 50,8% dos esgotos domésticos sendo coletados e tratados. Investimentos governamentais buscam melhorar essa situação, destacando a importância de um planejamento criterioso para evitar custos elevados. Contudo, a seleção de tecnologias frequentemente negligencia aspectos cruciais como os custos operacionais e de manutenção, resultando em investimentos ineficientes. A gestão desses custos é essencial para o desempenho das Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), que são fundamentais para garantir o aproveitamento das águas residuais. O objetivo deste estudo é compilar as abordagens presentes nos documentos analisados e investigar os custos de Operação e Manutenção (O&M) associados a cada tipologia de tratamento aplicado. A pesquisa utilizou uma abordagem bibliométrica, sistemática e quantitativa. Usando as bases de dados Scopus e Web of Science, foram definidas palavras-chave como "*costs maintenance operations*" e "*WWTP*", combinadas com o operador booleano "AND". Os resultados foram filtrados por período (2018-2023) e tipo de documento (artigo). Os dados foram exportados para análise, incluindo parâmetros como autores, anos de publicação, local do estudo, área de estudo e correlações entre autores e países. Foram identificados 20 artigos relacionados aos custos de manutenção e operação em WWTP. A análise por ano destacou um aumento nas publicações entre 2021 e 2022. As ciências ambientais e a engenharia lideraram as áreas de estudo, sendo os Estados Unidos o país líder em pesquisa. A distribuição equitativa nas publicações entre autores indica uma interação positiva entre os pesquisadores. A análise das palavras-chave revelou que "*Wastewater treatment*", "*Wastewater*" e "*Water treatment plants*" têm correlação central, destacando a importância do tratamento de águas residuais ao analisar os custos de operação e manutenção. Além disso, o estudo revela a predominância do tratamento de Lodos Ativados nas ETEs, mas aponta a escassez de pesquisas e uso de outros métodos, como Lodo Granular Aeróbico (AGS) e Ozonização. A categoria "Sem especificação" em muitos documentos analisados levanta preocupações devido à falta de detalhes sobre os métodos de tratamento, dificultando a avaliação e comparação da eficácia dessas abordagens. Esse cenário destaca a necessidade de mais pesquisas sobre outras modalidades de tratamento, considerando não apenas indicadores sociais e ambientais, mas também indicadores econômicos para garantir investimentos sustentáveis a longo prazo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Custos de operação e manutenção, saneamento, estações de tratamento de esgotos



## INTRODUÇÃO

A expansão populacional propicia condições que podem causar o desequilíbrio hidrológico, como o aumento do volume de efluentes (HERNÁNDEZ-CHOVER; ÁGUEDA; HERNÁNDEZ-SANCHO, 2018). A fim de mitigar a problemática, faz-se necessário a implementação de estações de tratamento de esgotos (ETE), processo que demanda investimentos volumosos, além dos custos operacionais e de manutenção. Entretanto, a execução de ETE se configura como um desafio para as administrações governamentais, uma vez que é necessário considerar os aspectos econômicos, sociais e ambientais. Além disso, a escala dos municípios influencia diretamente o projeto de cada ETE, resultando em variações no processo operacional.

Conforme Mirra *et al.* (2020), estudos reconhecem que a operação em ETE necessita de aprimoração e de ferramentas de gestão mais eficazes, uma vez que a grande maioria dos resultados negativos são ocasionados por falhas no planejamento, ineficiência energética e altos custos de operação e manutenção (O&M), resultando em elevados índices de ineficiência e, conseqüentemente, perdas financeiras.

Segundo o Atlas dos Esgotos, divulgado em 2020 pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), o Brasil apresenta um déficit considerável no que se refere ao tratamento de esgotos. A pesquisa realizada pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), em 2020, revela que apenas 50,8% dos esgotos domésticos gerados são coletados e tratados. Na tentativa de reverter esse cenário, o governo tem implementado diversas ações na busca de ampliar a cobertura desse serviço, investindo recursos significativos no setor de saneamento. Entretanto, diante dessa conjuntura, torna-se relevante não apenas investir, mas também planejar criteriosamente a implementação de novas infraestruturas.

Dessa forma, é imperativo que o planejamento de tais instalações devam incorporar não apenas a eficiência dos indicadores sociais e ambientais, mas também o indicador econômico dos sistemas de esgotamento sanitário. Dessa maneira, assegura-se que os investimentos não satisfaçam apenas as demandas imediatas, mas também sejam economicamente viáveis a longo prazo, evitando custos excessivos durante as etapas de operação e manutenção das ETE ao longo de toda vida útil. Este estudo busca realizar uma revisão sistemática da literatura referente aos custos de O&M em ETE.

O objetivo é compilar as abordagens presentes nos documentos analisados e investigar os custos de O&M associados a cada tipologia de tratamento aplicado. Adicionalmente, almeja-se a identificação dos principais autores e países que têm desempenhado um papel relevante nas pesquisas nesse domínio específico, bem como suas inter-relações. Dessa forma, o estudo visa facilitar pesquisas futuras através da sistematização da literatura.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A abordagem adotada para a pesquisa foi bibliométrica, caracterizada por sua natureza sistemática e quantitativa, visando uma análise objetiva dos dados coletados. Nesse contexto, o estudo apresenta indicadores que buscam revelar a produção científica e estabelecer os parâmetros que influenciam nos elementos compartilhados, conforme destacado por Macias-Chapula (1998) e Maricato (2010), com foco nos estudos relacionados aos custos de O&M em ETE. Os resultados foram obtidos através da aplicação do método proposto por Quevedo-Silva *et al.* (2016), adaptado conforme ilustrado na Figura 1.



Figura 1: Método adaptado Quevedo Silva (2016)

A revisão bibliométrica foi construída com base nas informações provenientes das bases de dados Scopus e Web of Science. Inicialmente (1ª etapa), foram selecionadas as palavras-chave "costs maintenance operations" e "WWTP", as quais foram aplicadas no primeiro banco de dados mencionado. A pesquisa foi conduzida sem o uso de aspas e sem a definição de outros parâmetros, utilizando apenas a combinação por meio do operador booleano "AND", conforme especificado na base de pesquisa. Os dados resultantes foram exportados e processados no software gratuito Vosviewer. Para a análise desses resultados, foram estabelecidos critérios específicos, abrangendo citações, anos de publicação, local do estudo, instituições de pesquisa, área de estudo, palavras-chave, correlação entre os autores e co-citações entre os países.

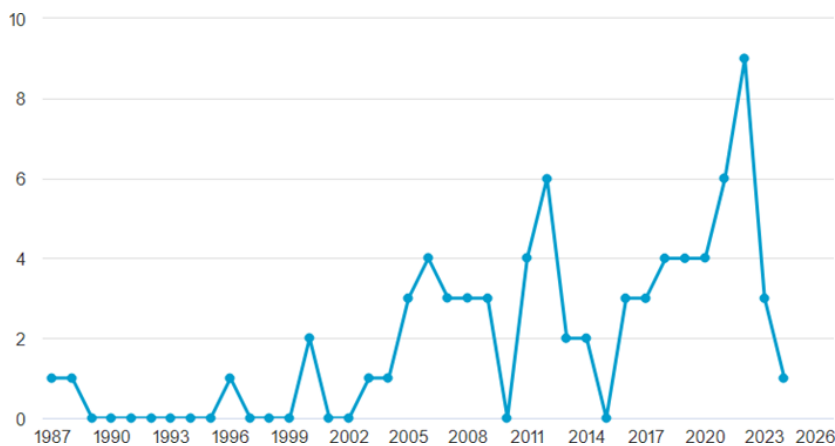
Em uma etapa subsequente (2ª etapa), as palavras-chave "costs maintenance operations" e "WWTP" foram novamente aplicadas, dessa vez nos dois bancos de dados, sem o uso de aspas e mantendo a combinação por meio do operador booleano "AND", conforme indicado na base de pesquisa. Para refinar a busca, foram estabelecidos parâmetros adicionais, limitando o período de análise de 2018 a 2023 e restringindo o tipo de documento a artigos. O resultado obtido foi novamente filtrado, realizando-se uma seleção com base no conteúdo dos documentos para manter apenas aqueles relacionados à temática proposta, ou seja, os custos de O&M em ETE. Os dados resultantes foram compilados e organizados em uma planilha eletrônica, na qual foram analisados os seguintes parâmetros: ano de publicação, autor, local do estudo, custo de operação e manutenção e tipo de tratamento utilizado.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a aplicação da 1ª etapa metodológica, 73 documentos foram retornados através da base de dados Scopus, sem aplicação da escala temporal. Foram analisados os seguintes parâmetros: anos de publicação, área de pesquisa, países que mais publicam e suas cocitações, correlação entre os autores e palavras-chaves.

Conforme apresentado na Figura 2, observou-se um interesse inicial pelo tema a partir de 1987. No entanto, imediatamente posterior a esse período, houve uma lacuna temporal caracterizada pela ausência total de registros documentais publicados sobre a temática, esse período consistiu do ano de 1989 ao ano de 1995. Após esse período, houve variações no número de publicações, porém é notório a taxa de crescimento gradual sobre a temática.

Cabe ressaltar que, contrastando com essas variações, o ano de 2022 se destacou ao registrar o maior número de publicações. Nesse sentido, é plausível associar esse aumento expressivo ao marco pandêmico da COVID-19, identificando-o como um dos fatores de impacto na saúde pública que possivelmente influenciou o aumento de estudos na área de saneamento básico.



**Figura 2:** Anos de publicação x Número de publicações

Conforme evidenciado pela Figura 3, fica expresso a relevância da área de ciências ambientais quanto ao número de publicações sobre o referido assunto, destacando-se possivelmente por sua atuação na avaliação de impactos ambientais, na conformidade com regulamentações específicas e na análise de riscos potenciais.



Em um plano subsequente, a área da engenharia assume um papel fundamental, possivelmente devido ao gerenciamento dos custos associados às ETE, abrangendo desde o projeto e dimensionamento da infraestrutura até a manutenção e o desenvolvimento de novas tecnologias voltadas para maior eficiência e sustentabilidade. As duas áreas supracitadas respondem por mais de 50% das publicações.

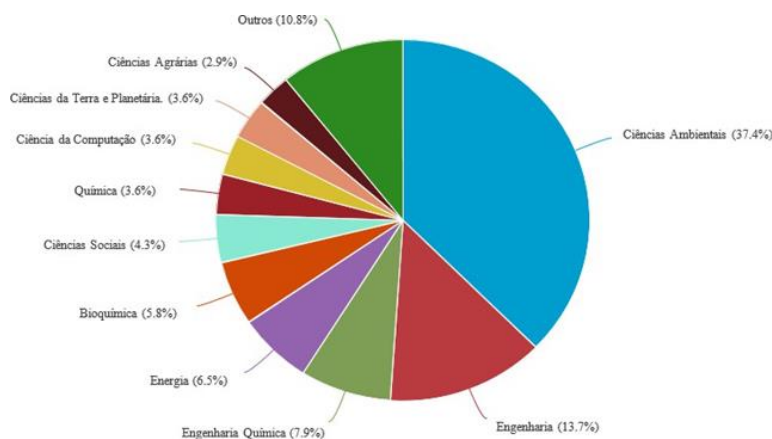


Figura 3: Área de pesquisa x Número de artigos publicados

No que diz respeito aos países que mais se destacam na abordagem dessa temática, a Figura 4 destaca os Estados Unidos como a nação líder em pesquisas sobre os custos de O&M em ETE. Essa predominância pode ser atribuída, em parte, à sólida infraestrutura de pesquisa e inovação presente naquele país. Possivelmente, aliada a uma forte preocupação em relação a eficiência econômica, sustentabilidade e o gerenciamento eficaz dos recursos hídricos.

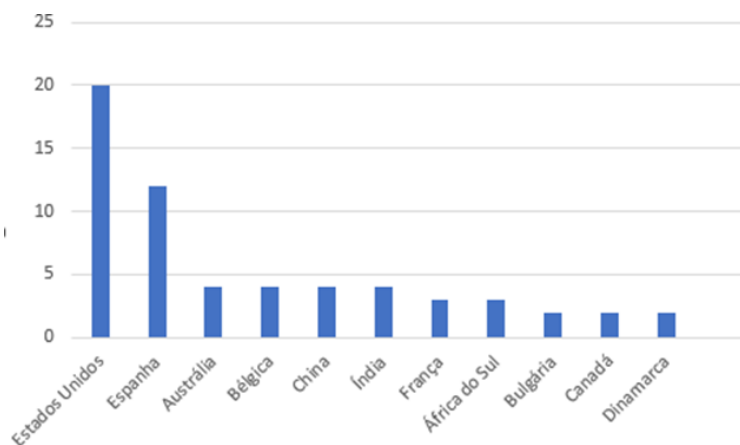


Figura 4: Países/Regiões x Número de Publicações

Embora os Estados Unidos liderem em termos de publicações sobre o tema, é interessante notar que não há correlação na autoria com outros países, como evidenciado pela Figura 5. Em contrapartida, a Espanha, que ocupa a segunda posição no quantitativo de publicações, e outros países membros da União Europeia, como França, Suécia e Bulgária, apresentam correlações significativas entre si.

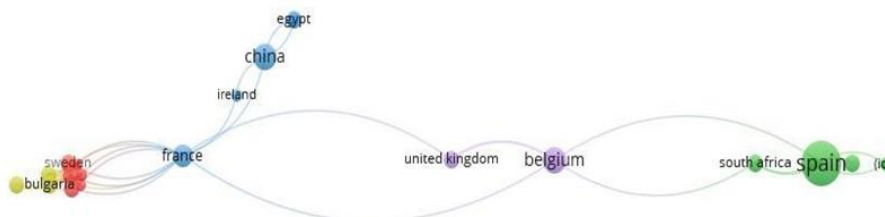
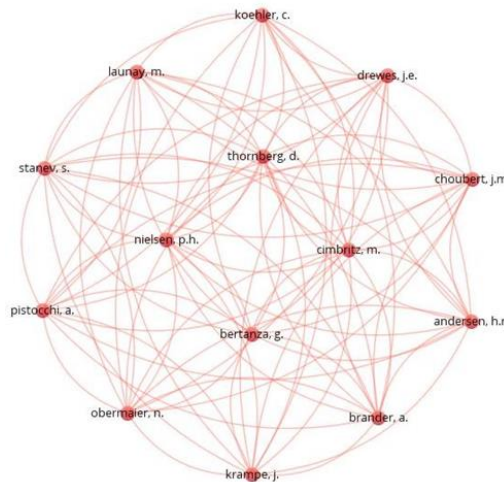


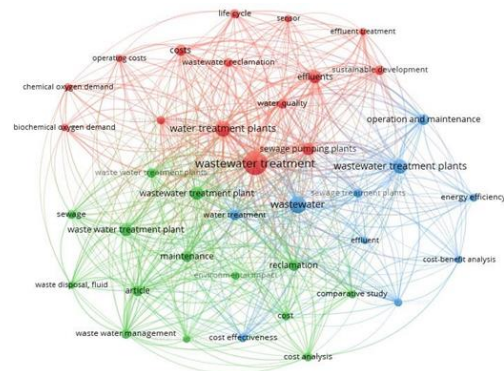
Figura 5: Co-citações Países

Com base na análise da Figura 6, é possível observar uma distribuição equitativa nas publicações entre os autores mencionados. Essa uniformidade sugere uma interação ativa entre os pesquisadores e o campo de estudo, indicando uma colaboração consistente e uma participação conjunta na produção de conhecimento nesse domínio específico.



**Figura 6: Correlação de autores**

Em relação à Figura 7, a mesma representa o grau de ocorrência das palavras-chave (representada pelo tamanho da circunferência), bem como suas interconexões (representada pela rede de malhas). Dessa forma, observa-se que as palavras-chave "Wastewater treatment", "Wastewater" e "Water treatment plants" possuem a maior notoriedade nesse quesito, ou seja, mantêm uma correlação central entre si. Esse fato indica que há uma conexão massiva e relevante entre esses termos no contexto da pesquisa.



**Figura 7: Palavras-chaves**

No que se refere a segunda etapa metodológica, foram obtidos 18 (dezoito) artigos relacionados à temática de custos de O&M em ETE, conforme expõe o Tabela 1. O mesmo destaca o total de citações das publicações, ano do estudo, local do estudo, presença ou não do custo de tratamento, tipo de estudo e tipo de tratamento ao longo da escala temporal (2018-2023).

**Tabela 1: Quadro Resumo**

ID	Título	Autor	Nº de citações	Ano do estudo	Local do estudo	Apresenta valor de tratamento?	Tipo de estudo	Tipo de tratamento
1	A random forest model for the prediction of fog content in inlet wastewater from urban WWTPs	PÉREZ <i>et al.</i> (2021)	10	2017-2019	Espanha	Não	Bancada	Lodos ativados

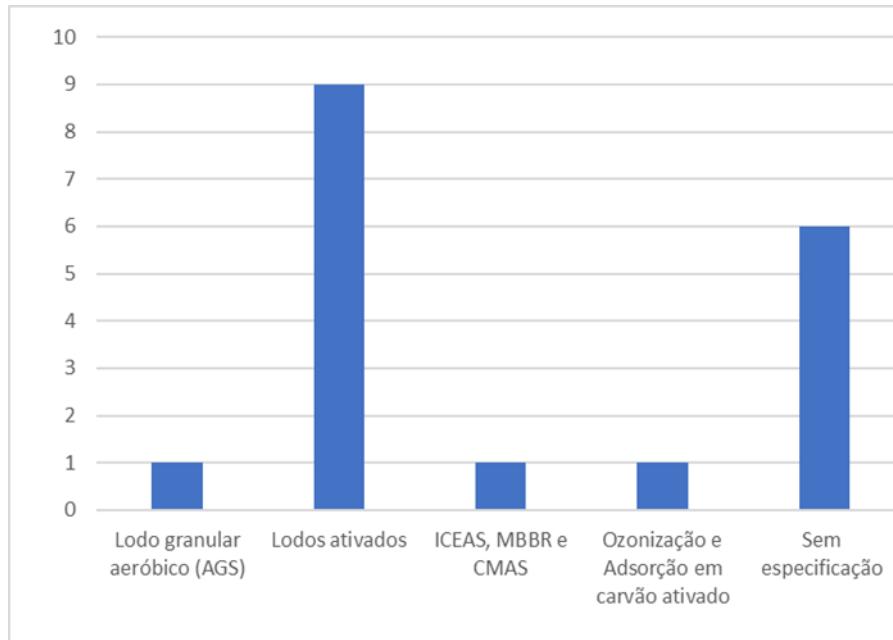




ID	Título	Autor	Nº de citações	Ano do estudo	Local do estudo	Apresenta valor de tratamento?	Tipo de estudo	Tipo de tratamento
2	addressing the life cycle of sewers in contrasting cities through an eco-efficiency approach	PETIT-BOIX <i>et al.</i> (2018)	7	-	Espanha	Não	Bancada	-
3	Applying performance indices in plantwide modelling for a comparative study of wastewater treatment plant operational strategies	KETELE, DAVISTER, IKUMI (2018)	7	-	África do sul	Não	Bancada	Lodos ativados
4	Comparative evaluation of cost for preliminary and tertiary municipal wastewater treatment plants in Istanbul	OZGUN <i>et al.</i> (2021)	19	2018	Istambul, Turquia	Sim	Real (16 WWTP)	-
5	Economic comparison between wastewater treatment systems using simulation software	LATIF (2022)	1	2021	Egito	Sim	Bancada	ICEAS, MBBR e CMAS
6	Efficiency of wastewater treatment facilities: the influence of scale economies	HERNÁNDEZ-CHOVER, ÁGUEDA E HERNÁNDEZ-SANCHO (2018)	58	-	Espanha	Não	Bancada	-
7	Enhancement of biological nutrient removal process with advanced process control tools in full-scale wastewater treatment plant	PALATSI <i>et al.</i> (2021)	16	2013-2020	Espanha	Não	Real	Lodo tivoado
8	Environmental impacts and cost-effectiveness of Thailand's centralized municipal wastewater treatment plants with different nutrient removal processes	TALANG, SIRIVITHAYAPAKORN e POLRUANG (2020)	18	2014-2017	Tailândia	Não	Real	Lodo ativado
9	Full-scale aerobic granular sludge for municipal wastewater treatment - granule formation, microbial succession, and process performance	EKHOLM <i>et al.</i> (2022)	7	2018	Suécia	Não	Real	Lodo granular aeróbico (AGS)
10	Integrated assessment of sulfate-based AOPs for pharmaceutical active compound removal from wastewater	SBARDELLA <i>et al.</i> (2020)	47	-	Espanha	Não	Real	-
11	Investigation of operating costs at an urban wastewater treatment plant; [Bir evsel atıksu arıtma tesisinde işletme maliyetlerinin incelenmesi]	ALTIN, ALTIN, DOĞRU (2020)	6	-	Turquia	Sim	Real	Lodo Ativados
12	Microbial assessment of foaming dynamics in full-scale WWTP anaerobic digesters	ROMERO-GÚIZA, <i>et al.</i> (2023)	0	-	Espanha	Não	Real	Lodo Ativados
13	Operating and maintenance costs of wastewater treatment plant by anaerobic reactor and activated sludge	SOUZA, DUARTE E TINÓCO (2021)	0	2016-2018	Brasil	Sim	Real	Lodo Ativados
14	Opportunistic Strategy for Maintenance Interventions Planning: A Case Study in a Wastewater Treatment Plant	VIVEROS <i>et al.</i> 2021	1	-	Espanha	Não	-	Lodo Ativados
15	Sustainability of batik wastewater quality management strategies: analytical hierarchy process	SULTHONUDDIN e HERDIANSYAH (2021)	3	2018	vila de Paoman	Não	Bancada	-
16	Sustainable circularity and intelligent data-driven operations and control of the wastewater treatment plant	MATHERI <i>et al.</i> (2022)	3	2020	África do Sul	Não	-	-
17	Towards energy efficient onsite wastewater treatment	MIRRA <i>et al.</i> (2020)	54	2014-2020	Bulgária	Não	Bancada	Lodo ativado
18	Treatment of micropollutants in wastewater: Balancing effectiveness, costs and implications	PISTOCCHI <i>et al.</i> (2022)	12	2022	União europeia	Sim	Real	Ozonização e adsorção em carvão ativado

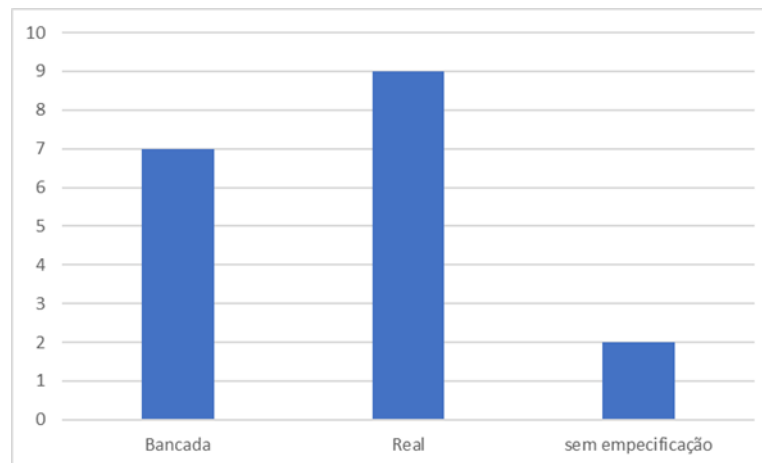
Conforme indica a Tabela 1, dos 18 artigos analisados, os documentos intitulados “*Efficiency of wastewater treatment facilities: The influence of scale economies*”, “*Towards energy efficient onsite wastewater treatment*” e “*Integrated assessment of sulfate-based AOPs for pharmaceutical active compound removal from wastewater*” foram os que mais se destacaram quanto ao número de citações, com respectivamente 58, 54 e 47 citações cada.

A Figura 8 evidencia a prevalência da tipologia de tratamento de Lodos Ativados, indicando uma prática mais comumente utilizada como concepção de projeto de ETE. Contudo, observa-se a escassez de pesquisas e de uso relacionados a outros métodos, como Lodo Granular Aeróbico (AGS), ICEAS, MBBR, CMAS, Ozonização e Adsorção em Carvão Ativado, assim como outras alternativas de tratamento. A categoria "Sem especificação" em 6 (seis) dos 18 (dezoito) documentos analisados levanta preocupações devido à ausência de detalhes específicos sobre os métodos de tratamento empregados. Essa lacuna dificulta a avaliação da eficácia desses métodos e consequentemente a comparação com as demais abordagens mencionadas. Esse cenário destaca a necessidade de uma investigação mais abrangente e aprofundada em relação a outras modalidades de tratamento.



**Figura 8: Tratamento x Quantidade**

Apesar da realização de numerosos testes em ambientes reais, é essencial salientar que uma parcela significativa dos experimentos ainda ocorre por meio de simulações em ambientes controlados ou utilizando softwares, conforme evidenciado na Figura 9. Esta abordagem, por vezes, pode propiciar a ocorrência de erros e resultados imprecisos na análise e eficácia do tratamento, devido às condições diferenciadas entre os ambientes, uma vez que os locais fechados ou simulados por software não refletem fielmente a realidade.



**Figura 9: Tipo de tratamento x Quantidade**

A partir da análise dos 18 documentos obtidos, verifica-se através da Figura 10 que apenas 5 (cinco) constam informações sobre custos do tratamento, envolvendo O&M. Evidencia-se assim, a necessidade de estudos que apresentem valores reais para custos em ETE. As ausências dessas informações podem ser justificadas devido a limitações no acesso de dados, sigilo financeiro e escopo dos artigos, onde os autores priorizaram outros aspectos informacionais.

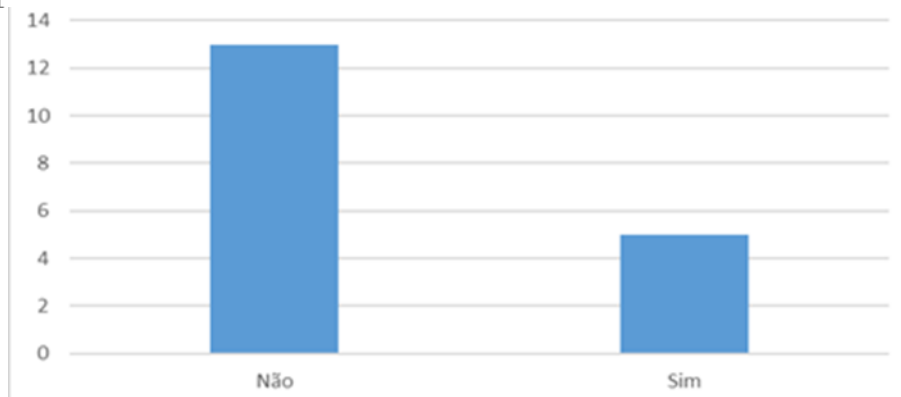


Figura 10: Se apresenta valor do tratamento x Quantidade

## CONCLUSÕES

De posse dos fatos mencionados acima, foram identificadas lacunas significativas no conhecimento sobre os custos de O&M em ETE. Essa identificação é crucial, pois destaca oportunidades de aprimoramento em áreas que necessitam de uma abordagem mais aprofundada em pesquisas futuras. Dos dezoito artigos analisados, apenas cinco tinham como foco principal a avaliação dos custos de O&M das ETE existentes. Em contraste, os outros treze artigos concentraram-se principalmente na seleção da tecnologia mais sustentável por meio de testes, relegando a questão dos custos de manutenção das ETE a um segundo plano.

É importante destacar que muitos desses artigos conduziram experimentos em bancada, comprometendo a consistência dos resultados e aumentando a probabilidade de erros, uma vez que esses experimentos não foram adequadamente alinhados com a realidade operacional. Além disso, é urgente a realização de novas pesquisas voltadas para a sustentabilidade das ETE, pois a maioria dos experimentos concentrou-se exclusivamente na tipologia de lodos ativados, negligenciando estudos sobre outras formas de tratamento que poderiam ter influências positivas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). *O saneamento no Brasil*. Brasília: ANA, 2020. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/saneamento/>. Acesso em 28 de dezembro de 2023.
2. ALTIN, S., ALTIN, A., DOĞRU, S. *Investigation of operating costs at an urban wastewater treatment plant*. *Turkish bulletin of hygiene and experimental biology* 77. Supp: 4 Su ve Saglik, p.49-56, 2020.
3. EKHOLOM, J., PERSSON, F., BLOIS, M.de, MODIN, O., PRONK, M., VAN LOOSDRECHT, M.C., SUAREZ, C., GUSTAVSSON, D.J.I., WILÉN, B. M. *Full-scale aerobic granular sludge for municipal wastewater treatment—granule formation, microbial succession, and process performance*. *Environmental Science: Water Research & Technology*, v.8, n.12, p.3138-3154, 2022.
4. ESPANHA. *Decreto n. 1620, de 7 de dezembro de 2007*. Estabelece o regime jurídico da reutilização de águas tratadas.
5. HERNÁNDEZ-CHOVER, V., ÁGUEDA B.D., HERNÁNDEZ-SANCHO, F. *Efficiency of wastewater treatment facilities: the influence of scale economies*. *Journal of environmental management*, v.228, p.77-84, 2018.
6. KETELE, D. J., DAVISTER, D., IKUMI, D. S. *Applying performance indices in plantwide modelling for a comparative study of wastewater treatment plant operational strategies*. *Water Sa*, v.44, n.4, p.539-550, 2018.
7. LATIF, E. F. *Economic comparison between wastewater treatment systems using simulation software*. *Desalination and Water Treatment*, v.264, p.91-101, 2022.
8. MATHERI, A.N., MOHAMED, B., NTULI, F., NABADDA, E., NGILA, J. C. *Sustainable circularity and intelligent data-driven operations and control of the wastewater treatment plant*. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, v.126, 103152, 2022.
9. MIRRA, R., RIBAROV, C., VALCHEV, D., RIBAROVA, I. *Towards energy efficient onsite wastewater treatment*. *Civil Engineering Journal*, v.6, n.7, 1218-1226, 2020.





10. OZGUN, H., CICEKALAN, B., AKDAG, Y., KOYUNCU, I., OZTURK, I. *Comparative evaluation of cost for preliminary and tertiary municipal wastewater treatment plants in Istanbul. Science of the Total Environment*, v.778, 146258, 2021.
11. PALATSI, J., RIPOLL, F., BENZAL, A., PIJUAN, M., ROMERO-GÜIZA, M. S. *Enhancement of biological nutrient removal process with advanced process control tools in full-scale wastewater treatment plant. Water Research*, v.200, 117212, 2021.
12. PÉREZ, V.M., FERNÁNDEZ, J.M.M., BALSERA, J.V., ÁLVAREZ, C.A. *A Random forest model for the prediction of FOG content in inlet wastewater from urban WWTPs. Water*, v.13, n.9, 1237, 2021.
13. PETIT-BOIX, A., ARNAL, C., MARÍN, D., JOSA, A., GABARRELL, X., RIERADEVALL, J. *Addressing the life cycle of sewers in contrasting cities through an eco-efficiency approach. Journal of Industrial Ecology*, v.22, n.5, p.1092-1104, 2018.
14. PISTOCCHI, A., ANDERSEN, H.R., BERTANZA, G., BRANDER, A., CHOUBERT, J.M., CIMBRITZ, M., DREWES, J.E., KOEHLER, C., KRAMPE, J., LAUNAY, M., NIELSEN, P.H., OBERMAIER, N., STANEV, S., D. THORNBERG, D. *Treatment of micropollutants in wastewater: balancing effectiveness, costs and implications. Science of The Total Environment*, v.850, 157593, 2022.
15. ROMERO-GÜIZA, M., PECES, M., ASIAIN-MIRA, R., PALATSI, J., ASTALS, S. *Microbial assessment of foaming dynamics in full-scale WWTP anaerobic digesters. Journal of Water Process Engineering*, v.56, 104269, 2023.
16. SBARDELLA, L., GALA, I.V., COMAS, J., CARBONELL, S.M., RODRÍGUEZ-RODA, I., GERNAK, W. *Integrated assessment of sulfate-based AOPs for pharmaceutical active compound removal from wastewater. Journal of cleaner production*, v.260, 121014, 2020.
17. SOUZA, B. de M., DUARTE, M.A.C., TINÔCO, J.D. *Operating and maintenance costs of wastewater treatment plant by anaerobic reactor and activated sludge. Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.26, n.3, p.505-515, 2021.
18. SULTHONUDDIN, I., HERDIANSYAH, Herdis. *Sustainability of Batik wastewater quality management strategies: analytical hierarchy process. Applied Water Science*, v.11, n.3, p. 1-12, 2021.
19. TALANG, R. P. Na, SIRIVITHAYAPAKORN, S., POLRUANG, S. *Environmental impacts and cost-effectiveness of Thailand's centralized municipal wastewater treatment plants with different nutrient removal processes. Journal of Cleaner Production*, v.256, 120433, 2020.
20. VIVEROS, P., MIQUELES, L., MENA, R., KRISTJANPOLLER, F. *Opportunistic strategy for maintenance interventions planning: A case study in a wastewater treatment plant. Applied Sciences*, v.11, n.22, 10853, 2021.