



TRATAMENTO ALTERNATIVO DE EFLUENTES: PROMOVENDO A SAÚDE E PRESERVANDO O MEIO AMBIENTE

Bianca Gaigher Uzais¹

Cleia Rayane Santos Salema²

Keila da Silva Xavier³

Lídia Paula Lopes⁴

Patrícia Figueiredo Santos Pimenta⁵

Bárbara Poliana Campos Sousa⁶

Recursos Hídricos e Qualidade da Água

Resumo

O presente estudo revisa alternativas sustentáveis para o tratamento de efluentes, comparando o Método Convencional com Lodo Ativado e a Tecnologia Nereda. Acredita-se o lodo ativado não promove uma purificação adequada do efluente, o que pode impactar negativamente na saúde da sociedade e contribuir para a degradação do meio ambiente. Nesse sentido, a tecnologia Nereda é uma abordagem sustentável e inovadora que consiste no tratamento biológico com Lodo Granular Aeróbio, produzindo efluentes extra purificados sem utilizar produtos químicos em alguns casos. Foram analisadas 28 referências, as quais apontaram o tratamento alternativo como mais eficiente na sedimentação e remoção de nutrientes. Desse modo, a tecnologia Nereda oferece maior segurança para o tratamento de efluentes, contribuindo na sustentabilidade, preservação do meio ambiente e na saúde da população. Entretanto, sua expansão ainda é um desafio devido aos fatores que atualmente a impedem.

Palavras-chave: Tecnologia nereda; Lodo ativado; Cargas tóxicas; Microrganismos patogênicos; Poluição hídrica.

¹ Cursando a graduação em Biomedicina na Universidade Vele do Rio Doce bianca.uzais@univale.br

² Cursando a graduação em Biomedicina na Universidade Vele do Rio Doce cleia.salema@univale.br

³ Cursando a graduação em Biomedicina na Universidade Vele do Rio Doce keila.xavier@univale.br

⁴ Cursando a graduação em Biomedicina na Universidade Vele do Rio Doce lídia.lopes@univale.br

⁵ Doutorado em Química pela Universidade Federal do Espírito Santo - UFES e Professora na Universidade Vale do Rio Doce patricia.pimenta@univale.br

⁶ Graduada em Arquitetura e Urbanismo com Especialização em Arquitetura - Professora na Universidade Vale do Rio Doce, barbara.sousa@univale.br



INTRODUÇÃO

Alternativas mais sustentáveis que visam à proteção da vida, preservação dos elementos primordiais e o meio ambiente como um todo, são foco constante para o desenvolvimento de novas tecnologias no âmbito do saneamento básico. Esse pode ser definido como um conjunto de ações que se destinam à prevenção da saúde e do meio ambiente, através do manejo de resíduos sólidos, águas fluviais e residuais.

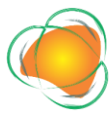
A água residual resultante de atividades cotidianas, como lavagem de roupas e preparação de alimentos, é composta por matéria orgânica, microrganismos e produtos químicos. Devido a essa composição, a água residual pode favorecer a disseminação de microrganismos e substâncias nocivas à saúde, além de contribuir para a poluição das bacias hidrográficas e estar associada ao aumento de doenças de veiculação hídrica (DVH). Portanto, é fundamental a purificação de efluentes para garantir a saúde da população e a preservação do meio ambiente (BRASIL A, 2023).

No Brasil, cerca de metade da população não tem acesso a tratamento de esgoto, sendo o afluente despejado diariamente nos rios devido a inexistência de Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) locais ou estações inacabadas devido à falta de recurso, como é o caso da cidade de Governador Valadares em Minas Gerais (BRASIL B, 2023).

Apesar do cenário precário, o Novo Marco Legal do Saneamento sancionado na lei federal nº 14.026/2020 aprovada em julho de 2020, tem como objetivo garantir a universalização do tratamento e viabilizar a abertura do setor para a iniciativa privada. Além disso, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e o Atlas Esgoto, visam a regulamentação e padronização do serviço, colaborando na emissão de relatórios e normas de referência (ANA, 2017).

No contexto das medidas de saneamento que têm como objetivo assegurar o acesso aos serviços de tratamento de efluentes, é necessário abordar as deficiências do método convencional de tratamento com Lodo Ativado, que é amplamente utilizado no país como padrão. Para isso, é fundamental encontrar soluções para essas deficiências ou considerar a adoção de novas abordagens (SOUZA *et al.*, 2021).

Realização



A Tecnologia Nereda desenvolvida na Holanda surge como uma alternativa promissora e sustentável com o propósito de otimizar o tratamento de efluentes através de processos biológicos, em benefício de obter um efluente extra purificado (NEREDA, 2023).

Tendo em vista que a qualidade do efluente final pode ter impactos negativos na saúde e ao meio ambiente, torna-se essencial coletar informações sobre as limitações do tratamento convencional e apresentar a tecnologia Nereda como uma alternativa.

Objetiva-se comparar o tratamento convencional com a tecnologia Nereda, avaliando o mais eficaz na promoção da saúde e preservação do meio ambiente. Além disso, busca-se identificar os fatores que limitam a expansão da tecnologia em Minas Gerais e no país.

METODOLOGIA

Visto que estudos serão reunidos para a integração dos resultados, o trabalho em desenvolvimento trata de uma revisão sistemática, elaborada a partir da seleção de 28 artigos científicos e dados governamentais. Para a delimitação do tema, considerou-se o impacto da qualidade do efluente na saúde e no meio ambiente.

A pesquisa bibliográfica ocorreu nas bases de dados da Scielo, Biblioteca Virtual em Saúde e Google Scholar, utilizando os descritores: Lodo biológico; Esgoto doméstico; Tratamento Convencional; Lodo granular aeróbio; Doenças de veiculação hídrica. Para a delimitação do assunto, aplicamos os respectivos filtros: período, linguagem, strings (AND) e textos completos. Os dados governamentais foram obtidos na plataforma do Governo Federal.

Os critérios de inclusão estabelecem que os artigos considerados devem ser publicados no período de 10 anos, com exceção dos artigos clássicos que são indispensáveis para a realização do trabalho. Além disso, é necessário que os textos completos dos artigos estejam disponíveis para download.

O critério de exclusão utilizado neste estudo consiste na remoção de artigos desatualizados que não sejam pertinentes para responder às perguntas e objetivos da pesquisa. E também monografias, teses doutorais, dissertações e trabalhos de conclusão de curso.

Realização



RESULTADOS E DISCUSSÃO

O rompimento da barragem de rejeitos de mineração pertencente à empresa Vale S.A em Brumadinho – Minas Gerais, foi um trágico evento ocorrido no ano de 2019 que resultou na contaminação de bacias hidrográficas e consequentemente, agravos na saúde da população. Além disso, a qualidade da água que chega aos moradores atualmente é duvidosa e a sobrecarga de metais pesados é evidente (TROVÃO *et al.*, 2023).

A degradação dos recursos hídricos favorece a disseminação de microrganismos e colabora na prevalência do cenário epidemiológico de morbidade/mortalidade por doenças de transmissão fecal-oral como infecções bacterianas, virais e parasitológicas (ALVES *et al.*, 2021; PEREIRA & TENÓRIO, 2019).

De acordo com um estudo realizado em 2019 pelo Instituto Trata Brasil, foi contabilizado cerca de 273 mil internações por DVH revelou que as regiões endêmicas são as que não possuem serviços de saneamento, evidenciando a correlação, Gráfico 1. A incidência foi de 13 casos a cada 10 mil habitantes o que gerou um gasto de aproximadamente 108 milhões de reais segundo o DataSUS (SNIS, 2021).

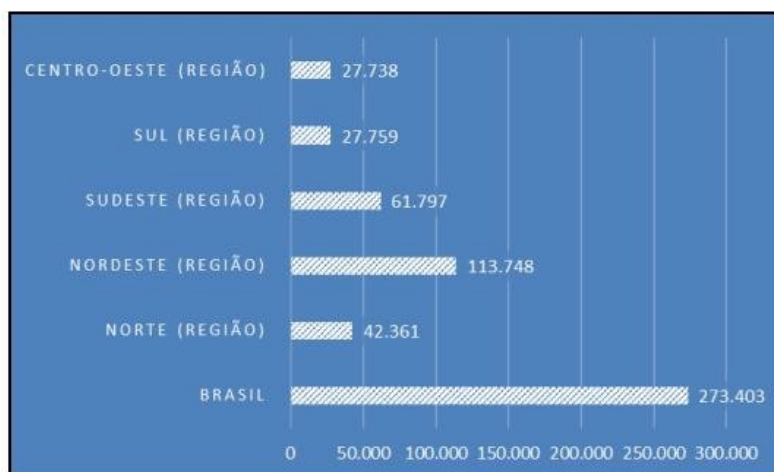
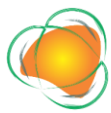


Gráfico 1. Internações por DVH associada a falta de saneamento em 2019.
Fonte: DATASUS/Painel de Saneamento Brasil.

O tratamento convencional com Lodo Ativado (LA), é um método biológico para tratar efluentes, e está amplamente difundido e consolidado no Brasil. A purificação é dividida nas seguintes etapas: gradeamento, desarenação, aeração e decantação.

Realização



No geral, a purificação consiste na separação do efluente em fase sólida e líquida, através da remoção de matéria orgânica e nutrientes, por meio de um lodo biológico. E o processo ocorre em duas etapas de decantação. No entanto, o tratamento é parcialmente biológico, e exige a adição de vários produtos químicos (SOUZA *et al.*, 2021).

Ainda se referindo à decantação, é a etapa determinante do tratamento, pois nela ocorre a remoção de nutrientes como nitrogênio, fósforo e matéria carbonácea que são prejudiciais à saúde. Igualmente, uma melhor sedimentação, determina a qualidade da água, que pode ser vista a nível macroscópico (ROLLEMBERG *et al.*, 2020).

Embora o tratamento convencional com o LA seja difundido no país, ainda demonstra pouca eficiência na sedimentação devido à sua forma estrutural flocular, o que interfere diretamente na qualidade do efluente final. Outro ponto é o modelo dos reatores utilizados, que também desfavorecem o processo (SANTOS *et al.*, 2019).

A baixa qualidade do efluente pode gerar demandas epidemiológicas, como é o caso da incidência de bactérias multirresistentes, podendo se tornar fatais para o ser humano. Quanto a isso, um estudo baseado em quantificar as bactérias resistentes à ampicilina e cloranfenicol presentes no esgoto bruto e no efluente final, observou que permanece uma quantidade significativa após o tratamento com LA, entretanto, ainda é menor do que no tratamento que utiliza os reatores anaeróbios (UASB) seguido de filtros biológicos percoladores (FBP), confirmando os malefícios do tratamento utilizado atualmente (MACHADO *et al.*, 2020).

Visando solucionar as deficiências do tratamento convencional, a tecnologia Nereda, desenvolvida na Holanda pela Royal HaskoningDHV, oferece caminhos mais eficazes para o tratamento de efluentes (NEREDA, 2023).

O tecnologia se baseia na purificação biológica da água, utilizando o Lodo Granular Aeróbio (LGA). Esse é formado por microrganismos selecionados e cultivados *in vitro* por um período aproximadamente de 80 dias até sua maturação, o resultado é uma estrutura tridimensional de maior dimensão e densidade denominada Grânulo.

Considera-se uma estrutura granular quando é formada a partir da interação física bactéria-bactéria sob a ação de forças de atração e eletrostáticas atingindo uma dimensão

Realização



acima de 0,2 mm. As características mais notáveis dos grânulos são: estrutura tridimensional, alta densidade, elevada capacidade de retenção da biomassa e remoção de nutrientes (DE KREUK, 2005).

Quanto à estrutura tridimensional, ressalta-se que a baixa difusão do oxigênio no grânulo, permite a coexistência entre as zonas aeróbias e anaeróbicas, possibilitando que uma variedade de processos biológicos ocorra simultaneamente. Um exemplo, é o gênero *Pseudomonas* e *Exiguobacterium* que em condições de anaerobiose atuam como nitrificantes, desnitrificantes, atuando na remoção biológica de fosfato (ALVES *et al.*, 2018; CAMPOS *et al.*, 2022; HE *et al.*, 2016).

A densidade dos grânulos é maior do que na estrutura flocular do LA, possibilitando uma melhor decantação, em um curto período, Figura 2. A característica pode estar associada à um mecanismo de comunicação “*quorum sensing*”, que consiste em responder à densidade celular através da regulação gênica (SARMA *et al.*, 2017).



Figura 2. Comparação da sedimentação entre Nereda x Convencional respectivamente.

Fonte: Rede Agronomia (2021).

Existem alguns fatores que podem colaborar na estabilidade e densidade dos grânulos, como é o caso da taxa de aeração e velocidade ascensional que promovem a síntese de Exopolissacarídeos (EPS) pelas bactérias, conferindo a eles tais características que aumentam a eficiência na sedimentação e remoção de nutrientes (TAY *et al.*, 2003; LIU & TAY, 2005). O LGA é cultivado em Reatores em Bateladas Sequenciais (RBS), mas também é possível em outros sistemas. O processo de granulação é dito completo, quando ocorre a remoção de mais de 80% dos sólidos suspensos (HOU *et al.*, 2017).



A tecnologia é forjada por válvulas e sistemas automatizados que oferecem mais segurança durante o tratamento, sendo a sua maior vantagem a capacidade em tratar uma maior vazão em uma menor área, como é visto na Figura 1. Além disso, oferece o mesmo padrão de tratamento em larga e pequena escala, atendendo cidades de até 1.600 habitantes (MACHADO *et al.*, 2021; NEREDA, 2023).



Figura 1. Comparação entre capacidade de vazão x área entre a Nereda e o Convencional.
Fonte: BRK Ambiental.

No Brasil, a ETE Deodoro foi a primeira estação adaptada com a tecnologia Nereda no Rio de Janeiro em 2016, sendo inaugurada pela Zona Oeste Mais Saneamento com o objetivo principal de reduzir o volume de esgoto doméstico lançado nos rios da Zona Oeste e na Bacia Guanabara. Ela é considerada a maior usina do mundo e a única na América latina com a capacidade de atender cerca de 432 mil pessoas e tratar um volume de 64,8 mil m³ por dia. Desde a sua implantação, a tecnologia tem sido licenciada pela empresa BRK Ambiental, mantendo-se vigente até os dias atuais (BRK AMBIENTAL, 2018).

Uma avaliação feita na ETE Deodoro, apresentou uma elevada remoção de nutrientes, e a qualidade do efluente está associada à eficiência do RBS-LGA em promover a formação dos grânulos e melhor decantação, Tabela 1. No que se refere a sustentabilidade, cuidado com a saúde e meio ambiente, a tecnologia se mostrou superior ao tratamento convencional (ROBERTO *et al.*, 2018).



Tabela 1. Avaliação da remoção de matéria carbonácea pelo RBS-LGA na ETE Deodoro

DQO total	DQO total no afluente	Nitrogênio amoniacal	Nitrito no reator	Fósforo removido	Fósforo no afluente final
85%	22 mg. L ⁻¹	1,6 mg. L ⁻¹ 90%	0	55%	1 mg. L ⁻¹

Fonte: ROBERTO *et al.*, (2018).

Uma análise comparativa da sedimentação entre os reatores do modelo convencional e da tecnologia, indicou que o RBS com LGA, apresentou melhor resultado na decantação quando comparado ao sistema University of Cape Town (UTC) normalmente utilizado no convencional com LA (LIMA *et al.*, 2014).

No tocante ao caso do rompimento da barragem em Brumadinho, atualmente existe uma limitação para a ampliação da Nereda em algumas regiões do estado de Minas Gerais, devido a sensibilidade da estrutura granular às cargas tóxicas. Mas além disso, a necessidade de modificar as instalações existentes para acomodar a tecnologia, continua sendo seu principal viés (WAN *et al.*, 2013; TROVÃO *et al.*, 2023).

Outrossim, deve-se considerar que o despejo de efluentes não tratados ou de baixa qualidade nos rios, pode inviabilizar o processo nas Estações de Tratamento de Água, pois dificulta sua purificação devido ao excesso de poluentes, o que exige a utilização exacerbada de surfactantes e outros produtos químicos que causam danos à saúde (GUEDES *et al.*, 2017).

Quanto a correlação entre as taxas de internações hospitalares e inexistência de tratamento ou a baixa qualidade dele, nota-se também um cenário de prevalência por doenças infecto parasitárias (DIP) nas mesmas regiões consideradas mais afetadas do país, Sudeste e Nordeste, tanto em locais que existem ETEs como nos locais sem o tratamento de efluentes (PAIVA *et al.*, 2018; GALLEGU *et al.*, 2016).

Mesmo que exista uma vantagem a longo prazo em adotar a tecnologia devido a sua ótima relação entre vazão/área, tratando um volume maior em um pequeno espaço como visto na Figura 1 (WAN *et al.*, 2013).

Por outro lado, até 53% dos reatores são diminuídos em relação ao convencional, mas, devido à baixa difusão de oxigênio nos grânulos ocorre um gasto energético maior durante o processo de aeração, podendo chegar até 15% de aumento, resultando também

Realização



em uma maior Demanda Química de Oxigênio (MACHADO *et al.*, 2021; ROLLEMBERG *et al.*, 2020).

As taxas de remoção da matéria carbonácea promovida pela ETE Deodoro representada na Tabela 1, nos mostra que mesmo a tecnologia sendo altamente eficaz nesse quesito, existe uma maior DQO devido a baixa difusão do elemento nos grânulos, e uma grande instabilidade na estrutura, não ocorrendo no modelo convencional. Entretanto, as taxas de remoção de compostos nitrogenados e fosfóricos que são de alta relevância para a prevenção da saúde humana, demonstraram um ótimo resultado (ROBERTO *et al.*, 2018).

Contudo, uma deficiência que se encontra é a própria síntese do LGA devido a sua forma de inoculação e composição do substrato, que podem comprometer sua estabilidade e eficácia, afetando a reprodução em larga escala. No entanto, a formação do grânulo ocorre naturalmente a partir do esgoto bruto, sem a inoculação (XAVIER *et al.*, 2018; ARAÚJO *et al.*, 2019).

No entanto, existem soluções que visam aumentar a estabilidade como utilizar o esgoto sanitário diluído, cultivo de microalgas originando o foto-grânulo, utilização de reatores não tubulares, aeração mecânica e armazenamento a 4° C. Tais medidas demonstraram-se favoráveis a essas estruturas, pois além de promover a estabilidade e maior velocidade de decantação, diminui a DQO (CAMPOS *et al.*, 2022; MATA *et al.*, 2018; PIRES *et al.*, 2021).

Comparando as duas alternativas de tratamento, a Nereda apresentou desvantagens em relação ao convencional como: a baixa estabilidade do LGA, elevada DQO, alto custo de implantação, sensibilidade às cargas tóxicas e a necessidade de pré-tratamento e modificação das instalações. E as desvantagens do modelo convencional são: baixa sedimentação e remoção matéria carbonácea, pouca qualidade do efluente final e a necessidade de um grande espaço geográfico para acomodá-lo.

Visando comparar o local da criação da tecnologia com o Brasil, observa-se que na Holanda ocorre um grande investimento no âmbito de tecnologias inovadoras. Sendo a Nereda, criada especialmente para potencializar a qualidade da água e ofertar qualidade de vida para a população. No entanto, às boas práticas sanitárias da sociedade holandesa, colaboram nesse quesito, pois são medidas cruciais para ofertar um serviço de alta eficiência (MATOS *et al.*, 2016).

Realização



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Concluiu-se que a tecnologia Nereda é uma alternativa para o tratamento de efluentes mais eficaz, quando comparada ao modelo convencional. Oferecendo maior segurança e qualidade da água, promovendo a saúde e a preservação do meio ambiente. Entretanto, devido à contaminação atual das bacias hidrográficas de Minas Gerais, resultante do desastre em Brumadinho, torna-se inviável utilizar o LGA, dificultando a instalação no estado. Outrossim, o elevado custo de implantação, a necessidade de pré tratamento e modificação das instalações, parece ser as limitações mais preponderantes, devido à isso, difundir-la no país ainda é um desafio.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de prestar gratidão aos orientadores que contribuíram para a realização deste artigo, seus esforços e apoio foram fundamentais para o sucesso do trabalho. Ademais, estendemos o nosso agradecimento a todos os colaboradores do congresso.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, J. et al. Granulação aeróbia sob diferentes velocidades ascensionais tratando esgoto doméstico diluído. **Revista apesb**, Recife, p. 17-24, 2019.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Atlas Esgotos: despoluição das bacias hidrográficas. Brasília: **Governo Federal**, 2017.

ALVES. C., et al. Remoção biológica de nitrogênio em águas residuárias: uma revisão dos processos convencionais aos processos modernos. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, [S. l.], p. 1-14, 24 mar. 2018

ALVES. G., et al. Saúde e saneamento no Brasil: uma revisão narrativa sobre a associação das condições de saneamento básico com as doenças de veiculação hídrica. **Research, Society and Development**, [S. l.], p. 1-12, 2 dez. 2021.

BRK AMBIENTAL. Tecnologia Nereda – Tratamento de esgotos sanitários com biomassa granular aeróbia. **7º Encontro Nacional Das Águas**, São Paulo; anais, 2018.

BRASIL (A). Governo Federal. Novo Marco Regulatório do Saneamento. **Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima**, 2023.

Realização



BRASIL (B). Governo Federal. Quase 50% dos brasileiros não têm acesso a redes de esgoto. **Agência Brasil**, 2021.

CAMPOS, H.C.G. Influência de diferentes modos de mistura no desenvolvimento de biomassa granular e consórcio algal-bacteriano em reatores de bateladas sequenciais utilizando esgoto sintético de baixa carga orgânica. **ATTENA - Repositório Digital da UFPE**. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2022.

DE KREUK, M.K.; HEIJNEN, J.J.; VAN LOOSDRECHT, M.C.M. Simultaneous COD, nitrogen, and phosphate removal by aerobic granular sludge. **Biotechnology and Bioengineering**, v. 90, n. 6, p. 761-769, 2005.

GALLEGO, J.; Schmechel, M.; Pereira, D. Relação entre saneamento básico no Brasil e saúde da população sob a ótica das internações hospitalares por doenças de veiculação hídrica. – **Revista de Administração, Contabilidade e Economia da Fundace**, [S. l.], p. 1-16, 2 jun. 2016.

GUEDES A., E. AL. **Water treatment in the waterborne diseases prevention**. [s.l.] Faculdades Integradas de Patos Curso de Medicina v. 2, n. 1, jan./mar 2017, p.452-461 ISSN: 2448-1394, 2017.

HE, Q. Et al. Simultaneous nitrification, denitrification and phosphorus removal in aerobic granular sequencing batch reactor with mixed carbon sources: reactor performance, extracellular polymeric substances and microbial successions. **Chemical Engineering Journal**, v. 331, p. 841-849, 2018.

HOU, C. et al. Bioaugmentation of a continuous-flow self-forming dynamic membrane bioreactor for the treatment of wastewater containing high-strength pyridine. **Environmental Science Pollution Research**, v. 24, n. 4, p. 3437-3447, 2017.

LIMA, J. de F.; SANTOS, E.V.M. dos; FILHO, H.A.S.; SOUSA, J.T.; HAANDEL, A. C.V. Avaliação da sedimentabilidade de biomassa granular e floculenta em sistemas de lodo ativado. **Holos**, v. 3, p. 319–331, 2014.

LIU, Y.; WANG, Z.W.; QIN, L.; LIU, Y.Q.; TAY, J.H. Selection pressure-driven aerobic granulation in a sequencing batch reactor. **Appl Microbiol Technology**, v. 67, p. 26–32, 2005.

MACHADO, F.C. QUIRINO, J.M. Lodo granular aeróbio: um comparativo com lodos ativados, **Revista Tecnológica da Universidade Santa Úrsula**, Botafogo - RJ, v. 4, n. 2, p. 24-37, 2021.

MATOS, M.; ANA JOÃO SANTOS. Água potável, água residuária e saneamento no Brasil e na Holanda no âmbito do Programa de Visitação Holandês - **DVP: Dutch Visitors Programme**. v. 21, n. 2, p. 387–395, 1 jun. 2016.

MACHADO, E. C. et al. Detecção e quantificação de bactérias resistentes aos antibióticos ampicilina e cloranfenicol em estações de tratamento de esgoto doméstico. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 25, n. 6, p. 847–857, nov. 2020.

MATA, A.M.T.; PINHEIRO, H.M.; LOURENÇO, N.D. Desenvolvimento de um biorreator de grânulos aeróbios para tratamento de água residuária sintética e reativação do sistema após parada prolongada. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, n. Eng. Sanit. Ambient., 2018 23(4), p. 757–766, jul. 2018.

NEREDA. **Nereda® Technology**. Wastewater Treatment Solutions by Royal Haskoning DHV.

Realização



Holanda. 2023. Disponível em: <https://nereda.royalhaskoningdhv.com>. Acesso em: 18 abr. 2023.

PAIVA, R. et al. Associação entre condições socioeconômicas, sanitárias e de atenção básica e a morbidade hospitalar por doenças de veiculação hídrica no Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 34, n. 1, p. e00017316, 2018.

PIRES, D.P.; BENATTI, J.C.; NOUR, E.A.A. Desenvolvimento de lodo granular aeróbio em reatores em batelada sequencial com baixa velocidade de sedimentação. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 26, n. 6, p. 1015–1024, nov. 2021 Acesso em: 15/05/2023.

PEREIRA, F.; TENÓRIO, N. Doenças de veiculação hídrica associadas à degradação dos recursos hídricos, município de Caruaru - PE. Caminhos da **Geografia - revista online**, 2019.

ROBERTO, G. Partida de um sistema de lodo granular aeróbio em escala plena: avaliação da formação de biomassa e de seu desempenho no tratamento biológico de esgoto sanitário. **Universidade do Estado do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, 2018.

ROLLEMBERG, S.L. et al. Tecnologia de lodo granular aeróbio no tratamento de esgoto doméstico: oportunidades e desafios. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 25, n. 3, p. 439–449, maio 2020.

ROLLEMBERG, S. et al. Avaliação da contaminação, sobrevivência e remoção do coronavírus em sistemas de tratamento de esgoto sanitário. **Revista Tecnologia, [S. l.]**, v. 41, n. 1, 2020. DOI: 10.5020/23180730.2020.10849.

SARMA, S.J.; TAY, J.H.; CHU, A. Finding Knowledge Gaps in Aerobic Granulation Technology. **Trends in Biotechnology**, v. 35, n. 1, p. 66–78, 2017.

SOUZA, B. et al. Custos de operação e manutenção de estação de tratamento de esgotos por reator anaeróbio e lodos ativados. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 26, n. 3, p. 505–515, maio 2021.

SNIS - Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento. Com mais de 273 mil internações por doenças de veiculação hídrica, falta de saneamento básico faz Brasil gastar R\$ 108 milhões com hospitalizações. Brasília: **Instituto Trata Brasil**, 2021.

TAY, J. H.; LIU, Q. S.; LIU, Y. The effect of upflow air velocity on the structure of aerobic granules cultivated in a sequencing batch reactor. **Water Science and Technology**, v. 49, n. 11-12, p. 35–40, 2003.

TROVÃO, N. et al. Changes in access to water and incidence of waterborne diseases after the Vale dam collapse in Brumadinho (MG), Brazil. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 26, p. e, 2023.

WAN, C.; ZHANG, P.; LEE, D.J.; YANG, X.; LIU, X.; SUN, S.; PAN, X. Disintegration of aerobic granules: role of second messenger cyclic di-GMP. **Bioresource Technology**, v. 146, p. 330-335, 2013.

XAVIER, J. et al. Granulação natural em reator operado em bateladas sequenciais: características dos grânulos e desempenho no tratamento de esgoto sanitário. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, n. 6, p. 1067–1077, nov. 2018.

Realização