UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

Adaptação de microrganismos endógenos halófilos para co-digestão de esgoto doméstico e água do mar

Discente: Wglemesson Silva Monteles
Orientadora: Dra. Alana Gandra Lima de Moura

SÃO LUÍS - MA
Fevereiro de 2025

WGLEMESSON SILVA MONTELES

ADAPTAÇÃO DE MICRORGANISMOS ENDÓGENOS HALÓFILOS PARA CO-DIGESTÃO DE ESGOTO DOMÉSTICO E ÁGUA DO MAR

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal do Maranhão (UFMA) como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Profª Drª Alana Gandra Lima de Moura

WGLEMESSON SILVA MONTELES

ADAPTAÇÃO DE MICRORGANISMOS ENDÓGENOS HALÓFILOS PARA CO-DIGESTÃO DE ESGOTO DOMÉSTICO E ÁGUA DO MAR

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal do Maranhão (UFMA) como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em 25 de fevereiro de 2025

Profa. Dra. Alana Gandra Lima de Moura (Orientadora)
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

Profa. Esp. Ana Elizabeth Angelim Cunha (Avaliadora 1)
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

Dra. Franscristhiany Silva Souza (Avaliadora 2)
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Silva Monteles, Wglemesson.
Adaptação de microrganismos endogénos halófilos para a co-digestão de esgoto doméstico e água do mar / Wglemesson Silva Monteles. - 2025.
13 p.

Orientador(a): Alana Gandra Lima de Moura.
Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Maranhão, São Luís-ma, 2025.

1. Adaptação de Micorganismo. 2. Esgoto Doméstico. 3. Água do Mar. 4. Mircorganismo Endogénos e Halófilos. 5. São Luís. I. Gandra Lima de Moura, Alana. II. Título.

Sumário

1. Introdução e Justificativa 1

2. Hipótese 2

2.1. Objetivo Geral 2

2.2. Objetivos Específicos 2

3. Revisão Bibliográfica 3

3.1 Cenário do Saneamento Básico em Zonas Costeiras Brasileiras 3

3.2. Tratamento Biológico de Águas Residuárias 3

3.3. Adaptação de Microrganismos a Condições Halófilas 4

4. Materiais e Métodos 5

4.1. Caracterização do Esgoto Doméstico e da Água do Mar 5

4.2. Avaliação da Eficiência de Degradação da Matéria Orgânica em Diferentes Níveis de Salinidade 5

5. Resultados e Discussão 7

5.1. Caracterização do Esgoto Doméstico e Água do Mar 7

5.2. Ensaio Experimental de Degradação da Matéria Orgânica Utilizando Organismos Endógenos 8

5.3. Ensaio Experimental de Degradação da Matéria Orgânica utilizando Inóculo Adaptado a Salinidade 9

6. Considerações Finais 11

7. Referências 11

1. Introdução e Justificativa

O crescimento urbano desordenado na área costeira resulta em problemas de diversas formas, principalmente para o saneamento das cidades, já que se verifica esgoto sendo lançado in natura nas vias, rios e lagos das cidades, sendo prejudicial tanto para flora quanto a fauna (Oliveira e Brandão, 2016). Adicionalmente, o tratamento do esgoto faz-se necessário, pois a manutenção da balneabilidade das praias é essencial, principalmente para a população que se sustenta do turismo e da pesca familiar. É importante ressaltar que o lançamento de esgoto a céu aberto em praias, lagos e rios traz risco de contaminação e gera doenças que são transmitidas por água contaminada, como por exemplo a gastroenterite aguda (Abreu et al., 2017).

De acordo com o Trata Brasil por meio do Jornal G1 MA, o estado do Maranhão é o 3° estado com pior índice de coleta de esgoto, estimando por volta de 5,4 milhões de maranhenses não apenas sem coleta, mas também sem tratamento de esgoto. O ponto crítico surge com o escoamento direto para rios, lagoas e mares, proporcionando a incidência de doenças (G1 MA, 2013).

A principal tecnologia de tratamento de esgoto empregada no Brasil é a degradação biológica anaeróbia, por representar uma alternativa barata e eficiente (Passos et al., 2020). No entanto, quando utiliza-se microrganismos, a eficiência do tratamento de esgoto é diretamente afetada pelas condições ambientais como concentração de substrato, temperatura, pH, dentre outros. Neste contexto, a salinidade é um parâmetro operacional preocupante na zona costeira, pois há contaminação do esgoto doméstico com água do mar e é feito transpasse diretamente para os rios (SEMA, 2024).

A análise de degradação microbiana endógena permite inferir parâmetros de tomada de decisão para evitar o transpasse de esgoto contaminado com água salgada em Estações de Tratamento de Esgoto de zonas costeiras do trópico úmido. A partir disso, o presente projeto de pesquisa tem como objetivo avaliar a eficiência de tratamento biológico do esgoto doméstico quando em co-digestão com água do mar a partir da caracterização dos principais parâmetros físico-químicos do esgoto doméstico e da avaliação do potencial de degradação biológica do esgoto quando misturado com diferentes proporções de água salgada.

2. Hipótese

A adaptação de organismos endógenos à elevação da salinidade é suficiente para manter a eficiência de tratamento do esgoto doméstico em zonas costeiras do trópico úmido.

2.1. Objetivo Geral

Avaliar a eficiência de tratamento biológico do esgoto doméstico quando em co-digestão com água do mar.

2.2. Objetivos Específicos

a) Caracterizar os principais parâmetros físico-químicos do esgoto doméstico de São Luís – MA;
b) Avaliar o potencial de degradação biológica do esgoto quando misturado com diferentes proporções de água salgada;
c) A partir da análise de degradação microbiana endógena inferir parâmetros de tomada de decisão para evitar o transpasse de esgoto contaminado com água salgada em Estações de Tratamento de Esgoto de zonas costeiras do trópico úmido.

3. Revisão Bibliográfica

3.1 Cenário do Saneamento Básico em Zonas Costeiras Brasileiras

Segundo o IBGE (2022), a costa litorânea brasileira concentra a maior parte da população, sendo 54,8% do total 203,8 milhões. Devido ao contexto histórico da desigualdade social do país, essa alta densidade populacional exerce uma grande pressão sobre os ecossistemas costeiros, resultando em poluição de baías, rios, lagoas e mares.

Ademais, nota-se que em alguns países com zona costeira, a civilização aglomera-se em torno da região litorânea, isso ocorre por conta de seus contextos históricos. O Brasil, por exemplo, não se difere deles, a maior parte da população vive na área litorânea, onde a economia é baseada em: turismo, comercio, pesca, atividade portuária, entre outras (Gonçalves, 2019).

De acordo com a Lei nº Lei nº 11.445/07, o saneamento básico é compreendido como o conjunto de serviços e ações voltados para alcançar níveis cada vez mais elevados de salubridade ambiental, com o objetivo de promover e melhorar as condições de vida tanto em áreas urbanas quanto rurais. Este conceito engloba quatro principais serviços públicos: o abastecimento de água, o esgotamento sanitário, o manejo de resíduos sólidos e o manejo de águas pluviais.

Segundo ARAÚJO (2016), após anos de exploração intensiva, nas últimas décadas surgiu um interesse crescente pelo manejo da Zona Costeira globalmente, motivado principalmente pela perda de biodiversidade e pela degradação ambiental. Para BARRAGÁN (2014) as praias continuam a ser ambientes de grande importância ecológica e para a conservação marinha, além de oferecerem serviços ambientais significativos para a população local.

Nesse sentido, o índice de desigualdade social presente no Maranhão continua alarmante, e se mantém como um dos vetores do êxodo rural de comunidades tradicionais e ribeirinhas até a capital do estado, São Luís. Diante disso, percebe-se que a saída de municípios para as capitais é um refúgio de melhoria da situação socioeconômica dos indivíduos que, infelizmente, continuam em situação precária em alguns bairros da capital, os quais lançam esgoto doméstico sem tratamento nos corpos d'água (SEMA, 2024).

3.2. Tratamento Biológico de Águas Residuárias

O esgoto sanitário é o despejo líquido caracterizado pela mistura entre esgotos domésticos e industriais, há também contribuição de águas das chuvas parasitárias e água

de processos de infiltração (NBR 9648, 1986). Nesse sentido, as ETEs (Estação de Tratamento de Esgoto) são compostas por reatores anaeróbios que concentram microrganismos capazes de adequar a composição poluente do esgoto à padrões de lançamento de volta aos corpos d'água do ambiente (Jordão, 2012).

Segundo COPASA (2016), as fases de tratamentos de esgotos são: preliminar - onde ocorre a separação dos sólidos mais grossos e areia, por meio das grelhas de crivos grossos (gradeamento). Após as grelhas, os dejetos restantes passam pelos canais de desarenação, que são canais onde ocorrem a separação dos dejetos conjuntamente com a água residual, por meio da sedimentação. O tratamento primário é o processo físico-químico no qual se remove objetos flutuantes por meio da sedimentação e floculação. Já o processo de tratamento secundário tem como principal objetivo remover a matéria orgânica que está dissolvida (Demanda Biológica de Oxigênio - DBO), onde a sua remoção não se dá apenas por meios físicos, mas também, por meio das tecnologias que fazem uso de princípios biológicos. No processo terciário remove-se os microrganismos, e em casos especiais remove-se alguns nutrientes como o fósforo e o nitrogênio.

Portanto, segundo Rocha (2021), o tratamento biológico de esgoto possui um custo benefício, pois tem se mostrado ser uma alternativa relevante para o Brasil ao propor a ideia de uma ETE compacta, com menor custo de operação e menor área de ampliação, quando compara as outras ETEs físico-químicas.

3.3. Adaptação de Microrganismos a Condições Halófilas

Para Ozalp et al. (2003) as águas marinhas interferem no processo biológico de tratamento de esgoto, porque os principais sais que encontramos nessas águas residuais com alto teor salino são os sais de sódio, cálcio e magnésio, no qual a proporção do sódio apresenta maior quantidade. Os íons metálicos são importantes para a produção de ATP, que é a principal fonte de energia para as células. Eles também ajudam a oxidação do NADH, uma molécula importante no processo de obtenção de energia. Além disso, os íons metálicos ajudam as enzimas microbianas a funcionar melhor e a manter o equilíbrio entre o interior das células e o ambiente externo. No entanto, se a quantidade de íons metálicos for muito alta, isso pode prejudicar os microrganismos, diminuindo a atividade das suas enzimas ou até matando-os.

4. Materiais e Métodos

4.1. Caracterização do Esgoto Doméstico e da Água do Mar

O esgoto doméstico e a água do mar foram coletados, respectivamente, em interceptor de esgoto no Bairro Cidade Operária, Av. Norte Interna (-2.5669254762151743, -44.2048857894418), e na Beira Mar (-2.5282532411156833, -44.307864123937996), ambas localizadas no município de São Luís – MA. As amostras foram coletadas em recipiente de poliuretano de 1,5 L e não foram armazenadas, pois a realização do ensaio ocorreu logo após a coleta no dia 27/01/2025 às 15:00 h.

Assim que preparadas as amostras para início dos ensaios descritos no tópico 4.2, o esgoto sanitário e a água do mar foram caracterizados quanto a parâmetros pH, condutividade e concentração de matéria orgânica (Tabela 1).

Tabela 1: Caracterização do Esgoto Doméstico e da Água do Mar

Parâmetro	Método	Referência
pH	Potenciométrico	APHA (2005)
Condutividade	Condutivímetro (mS)	APHA (2005)
Concentração de matéria orgânica	$DBO_{5,20}$ (mg/L)	APHA (2005)

Fonte: elaborado pelo autor (2025)

4.2. Avaliação da Eficiência de Degradação da Matéria Orgânica em Diferentes Níveis de Salinidade

O ensaio experimental foi realizado em 4 (quatro) frascos Âmbar de 1,5 L (Figura 1) contendo apenas Esgoto Doméstico e Água do Mar, respectivamente, frascos 1 e 2. Foi analisada também a degradação de matéria orgânica em frascos contendo as proporções 1:1 e 2:1 entre esgoto doméstico e água do mar, respectivamente Frascos 2 e 3 (Tabela 2).

Figura 1: Equipamento utilizado para o ensaio experimental

Imagem feita pelo autor (2025)

Tabela 2: Proporção de água de mar e esgoto doméstico nos frascos do ensaio experimental

Frasco	Água do Mar (mL)	Esgoto Doméstico (mL)
1	0,0	157,0
2	157,0	0,0
3 (1:1)	78,5	78,5
4 (2:1)	52,3	104,7

Fonte: elaborado pelo autor (2025)

Os frascos âmbar foram mantidos em sala a 20°C por 5 dias e a concentração de matéria orgânica foi mensurada a partir da medida indireta de determinação da demanda biológica de oxigênio (DBO) utilizando o equipamento Aqualytic AL606. O volume de amostra de 157,0 mL foi selecionado de acordo com a tabela indicada no Manual do próprio equipamento. Desta forma, a eficiência de degradação da matéria orgânica dos organismos endógenos do esgoto doméstico submetidos a diferentes condições de salinidade foi avaliada. E em seguida, foi avaliada a degradação de matéria orgânica destas mesmas amostras, porém utilizando 5 mL de inóculo de Bactéria Púrpuras Não Sulfurosas (BPNS) ilustradas na Figura 2.

Figura 2: Falcon contendo o inóculo Bactéria Púrpuras Não-Sulfurosas utilizado neste estudo

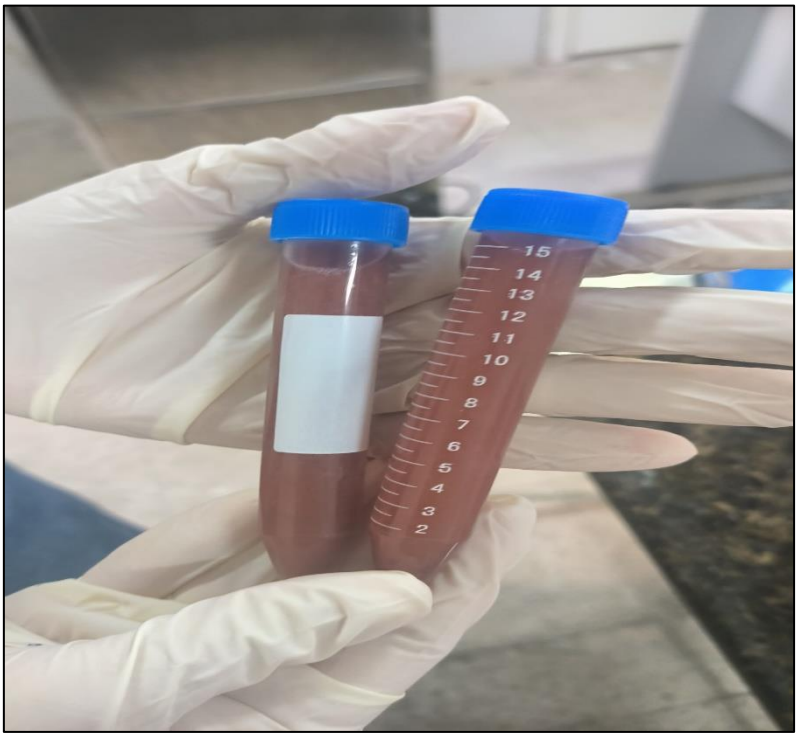


Imagem feita pelo autor (2025)

5. Resultados e Discussão

5.1. Caracterização do Esgoto Doméstico e Água do Mar

Parâmetros ambientais como pH e salinidade são muito importantes para garantir a atividade de microrganismos na degradação de matéria orgânica (Sperling, 2014). O esgoto doméstico coletado neste estudo apresentou pH de 8,24 e condutividade 0,615 mS/cm (Tabela 3). Estes valores indicam um efluente básico e com baixa concentração de sais. Barbosa et al. (2022) caracterizaram o esgoto doméstico na cidade de Jaboatão dos Guararapes-PE e relataram esgoto ácido de pH 6,23 e condutividade média de 0,100 mS/cm. Esta diferença ao comparar a característica do esgoto deste estudo e a relatada por Barbosa et al. (2022) é esperada, principalmente devido a variabilidade que o esgoto doméstico pode ter dependendo do tamanho do centro urbano e do padrão de consumo da população (Sperling, 2014). Desta forma, é evidente a importância em caracterizar o substrato da degradação microbiana quanto a estes parâmetros básicos previamente aos ensaios experimentais.

Barbosa et al (2022) relataram que pH abaixo de 5 e acima de 9 podem comprometer a degradação biológica de matéria orgânica. A água do mar apresentou pH

de 7,71, ou seja, relativamente neutro e não influenciaria na atividade microbiana de degradação da matéria orgânica.

A condutividade da água marinha resultou em 55,3 mS/cm, ou seja, 90 vezes maior do que a verificada no esgoto doméstico (Tabela 3). É sabido que a concentração elevada de sais pode comprometer o funcionamento de células orgânicas, tendo em vista, que pode desregular o transporte de nutrientes entre organelas. Alencar et al (2020) caracterizaram água do mar na cidade de Belém-PA e relataram condutividade de 93,98 mS/cm, aproximadamente o dobro da verificada neste estudo. A variabilidade da concentração de sais na zona costeira depende muito da vazão de água doce recebida nos estuários, e por isso a importância desta caracterização anterior aos experimentos (Alencar et al., 2020).

Tabela 3: Parâmetros de Caracterização do Esgoto Doméstico e Água do Mar

Amostra	**Esgoto**	**Água marinha**
pH	8,24	7,71
Condutividade (mS/cm)	0,615	55,300

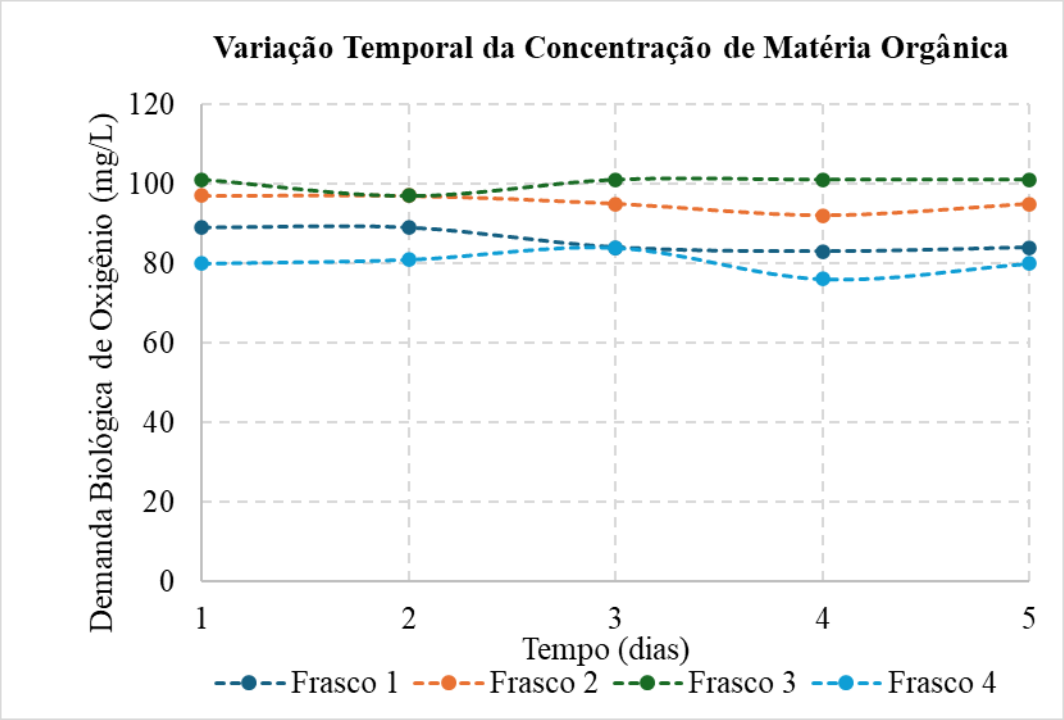
Fonte: elaborado pelo autor (2025)

5.2. Ensaio Experimental de Degradação da Matéria Orgânica Utilizando Organismos Endógenos

Na Figura 3, está descrita a variação temporal da concentração de matéria orgânica nos Frascos experimentais de 1 a 4 descritos no item 4.2. É possível verificar que não ocorreu degradação de matéria orgânica em nenhum dos frascos, as médias de concentração foram 85,8 ± 2,6 / 95,2 ± 1,44/ 100,2 ± 1,3 e 80,2 ± 1,9 mg/L, respectivamente nos Frascos 1, 2 , 3 e 4. Provavelmente, os organismos endógenos das amostras ambientais não tiveram as condições necessárias para efetuar esta degradação.

Jimenez (2022) também relataram a ineficácia de organismos endógenos em degradar matéria orgânica em amostras de ambientes com água salobra. Os autores verificaram a importância da biorremediação nas zonas estuarinas contaminadas por águas residuárias. Neste estudo, também se verificou que, ao utilizar apenas microrganismos já presentes na amostra ambiental de esgoto doméstico e água do mar, não houve degradação da matéria orgânica.

Figura 3: Gráfico da variação temporal de degradação da matéria orgânica por microrganismos endógenos

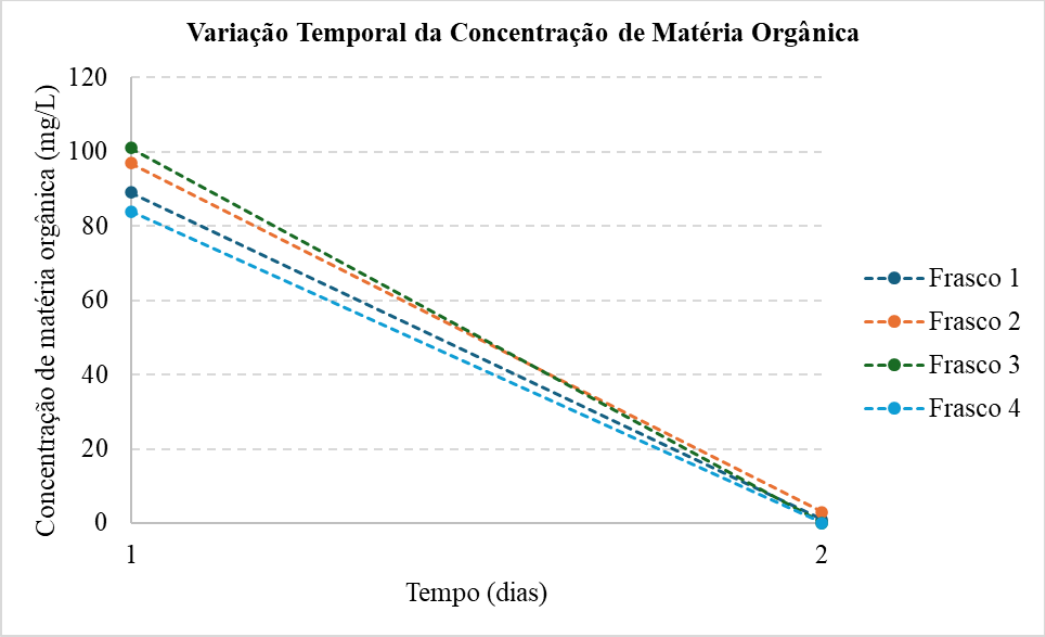


Fonte: elaborado pelo autor (2025)

5.3. Ensaio Experimental de Degradação da Matéria Orgânica utilizando Inóculo Adaptado a Salinidade

Após a verificação que os organismos endógenos não conseguiram degradar a matéria orgânica, foi realizado o ensaio experimental nas mesmas amostras, porém inoculado com 5 mL de bactérias púrpura não-sulfurosas – BPNS. Dentre os microrganismos promissores para as aplicações de tratamento de água em ambientes salobros, as BPNS vêm ganhando destaque pela eficiência na remoção de compostos orgânicos (Alloul et al., 2021). A Figura 4 descreve os resultados obtidos no ensaio após a adição do inóculo, e foi possível verificar a completa degradação da matéria orgânica em 24 h passadas, independente da proporção de água do mar em relação ao esgoto doméstico.

Figura 4: Gráfico da variação temporal de degradação da matéria orgânica por Bactérias Púrpuras Não-Sulfurosas



Fonte: elaborado pelo autor (2025)

Silva et al. (2018) descreveram a importância da adição de inóculos adaptados para a degradação de matéria orgânica em ambientes salobros. Neste estudo, verificou-se que a adição de BPNS foi responsável pela degradação de matéria orgânica não só no esgoto doméstico e na água do mar, mas também na situação de co-digestão entre ambos.

A partir deste estudo pode-se reforçar a necessidade de tratamento de esgoto in natura antes do lançamento no mar, pois apenas microrganismos adaptados a degradação de matéria orgânica e salinidade irão conseguir realizar o tratamento adequado de tais contaminantes. Além disso, percebeu-se que o processo de autodepuração que ocorre em rios, pode ser dificultado no mar, pois os parâmetros de condutividade são altos e microrganismos mais adaptados à salinidade seriam necessários.

Desta forma, a partir da análise de degradação microbiana endógena é possível reforçar a necessidade do transpasse de esgoto contaminado com água salgada em Estações de Tratamento de Esgoto de zonas costeiras do trópico úmido, caso os microrganismos do reator anaeróbio não estejam adaptados a condições ambientais de condutividade acima de 50 mS/cm. Pois, caso os microrganismos não estejam adaptados, o tratamento não irá ocorrer de qualquer forma, e a contaminação com água salgada/salobra pode levar ao colapso da comunidade microbiana.

6. Considerações Finais

Neste estudo verificou-se que a adaptação de organismos endógenos à elevação da salinidade não foi suficiente para manter a eficiência de tratamento do esgoto doméstico em zonas costeiras do trópico úmido. Ou seja, a manutenção da balneabilidade de praias depende fundamentalmente da construção de estações de tratamento de esgoto para degradar a matéria orgânica, pois é necessário utilizar organismos especificamente halófilos inoculados em reatores biológicos para que a degradação ocorra.

Além disso, a aplicação de ensaios de degradabilidade foi efetiva para verificar a influência da salinidade na eficiência do tratamento de matéria orgânica. E constatou-se que, desde que usados os inóculos biológicos corretos, a matéria orgânica da água do mar *in natura*, do esgoto doméstico *in natura*, assim como da co-digestão destes substratos pode ser tratada antes do seu lançamento no ambiente.

7. Referências

ABNT; Estudo de Concepção de esgotos sanitários. Rio de Janeiro. 1986. https://allevanteducacao.com.br/wpcontent/uploads/Cursos/%5BDEFINITIVO%5D%20SISTEMAS%20DE%20ESGOTO%20SANIT%C3%81RIO%20M%C3%93DULO%202/NBR_9648_Estudos_de_Concepcao_de_Sistema.pdf. Acessado em: 12 set. 2024.

ABREU, F. L.; VASCONCELOS, F. P.; ALBUQUERQUE, M. F. C. A Diversidade no Uso e Ocupação da Zona Costeira do Brasil: A Sustentabilidade como Necessidade. Conexões - Ciência e Tecnologia, v. 11, n. 5, p. 8–16, 22 dez. 2017. Acesso em 29 nov. 2024.

ALENCAR,V.E.S.A (2020) Análise de parâmetros de qualidade da água em decorrência de efeitos da precipitação na baia de Guajará – Belém– PA. https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/download/238413/pdf. Acesso em: 21 fev. 2025.

ALLOUL, A.; WILLE, M.; LUCENTI, P.; BOSSIER, P.; VAN STAPPEN, G.; VLAEMINCK, S.E. Purple bacteria as added-value protein ingredient in shrimp feed: Penaeus vannamei growth performance, and tolerance against Vibrio and ammonia stress. Aquaculture 2021, 530, 735788.

ALOCHIO, L. H. A. Direito do saneamento: introdução à lei de diretrizes nacionais de saneamento básico (Lei Federal n. 11.445/2007. Campinas: Millennium Editora, 2007, p. 66. Ibid, p. 12.

APHA-AWWA-WPCF. Standard methods for the examination of water and wastewater (2005) 20th ed. American public health association/american water works association/water environment federation, Washington, DC, USA.

ARAÚJO, M. C. B.; COSTA, M. F. Praias Urbanas: o que há de errado com elas?.Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade, v. 11, n. 05, p. 51 - 58, 20 dez. 2016.

BARBOSA, A. C. .; ASSIS, A. B. C. de .; SOARES, A. J. V. de M. .; SILVA, E. J. F. da .; PAIVA, J. S. de; FORTUNATO, J. G. L. de A.; SILVA, M. E. P. da .; SILVA, Ákylla F. S. S.; LINS, U. M. de B. L.; PAIVA, S. C. de; CAMPOS-TAKAKI, G. M. de. Physicochemical and microbiological characterization of sea water from beaches on the coast of Pernambuco. Research, Society and Development, [S. l.], v. 11, n. 15, p. 20111536240,2022. Disponível em: https://doi.org/10.33448/rsd-v11i15.36240. Acesso em: 23 ago. 2024.

BRASIL. Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005 Conselho Nacional de Meio Ambiente. Disponível em: www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf. Acesso em: 13 dez. 2024.

BARRAGÁN, J.M. 2014. Política, Gestión y Litoral: Nueva visión de la gestión integrada de áreas litorales. Madrid, Spain: Editora Tébar Flores. 685p.

COPASA - COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS. Esgoto Sanitário, processos de tratamento. Disponível em: http://www.copasa.com.br/wps/portal/internet/esgotamento-sanitario/processos-de-tratamento. Acesso em: 15 set. 2025.

G1 Maranhão. Maranhão é o 3° estado do país com os piores indicadores de coleta de esgoto, aponta Instituto Trata Brasil. Disponível em: https://g1.globo.com/ma/maranhao/noticia/2023/11/24/maranhao-e-o-3-estado-do-pais-com-os-piores-indicadores-de-coleta-de-esgoto-aponta-instituto-trata-brasil.ghtml. Acesos em: 18 nov. 2024.

GONÇALVES, L. F. O. DE Uma pequena cidade a centro regional das baixadas litorâneas: transformações do espaço urbano e o processo de segregação socioespacial em Cabo Frio (RJ). Universidade Federal Fluminense. Niterói, RJ. 2019. Disponível em: https://app.uff.br/riuff/handle/1/10597. Acesso em: 20 dez 2024.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: Mais de 50% da população brasileira vive perto do mar. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/radioagencia-nacional/geral/audio/2024-03/ibge-mais-de-50-da-populacao-brasileira-vive-perto-do-mar>. Acesso em: Acesso em: 14 nov. 2024.

JIMENEZ, L. C. Estratégias para recuperação de manguezais contaminados, uma revisão sistemática. https://bdta.abcd.usp.br/directbitstream/c1f14c6a-f379-44fc-a9d7-SE11302eea8117/LaisCoutinhoZayasJumenez%20PQI22.pdf. Acesso em: 21 fev. 2025

JORDÃO; E. P.; Simpósio de tratamento de esgoto doméstico, sanepar curitiba, 2012
OLIVEIRA, L. G; BRANDÃO, J. F. C. RIO MANHUAÇU: IMPACTOS AMBIENTAIS DA URBANIZAÇÃO E LICENCIAMENTOS DAS CONSTRUÇÕES. II Seminário Científico da FACIG. 2016. Disponível: https://www.pensaracademico.unifacig.edu.br/index.php/semiariocientifico/article/view/128/107. Acesso em: 29 nov. 2024.

OZALP, G., GOMEC, C.Y., OZTURK, I., GONULDINC, S., ALTINBAS, M., 2003. Effect of high salinity on anaerobic treatment of low strength effluents. Water Sci. Technol. 48 (11–12), 207–212.

PASSOS, F. Potential applications of biogas produced in small-scale UASB-based sewage treatment plants in Brazil. **Energies**, v. 13, n. 13, p. 3356, 2020.

RIPLEY, L. E.; BOYLE, W. C.; CONVERSE, J. C. (1986) Improved alkalimetric monitoring for anaerobic-digestion of high-strength wastes. *Journal Water Pollution Control Federation* **58**, 406-411.

ROCHA, Daniel Pereira. Avaliação da viabilidade da implementação e opração de sistema UASB para tratamento de esgotos em escala no centralizada no município de Paim Filho, RGS. Florianopolis, Universidade Federal de Santa Catarina. 2021. < https://allevanteducacao.com.br/wpcontent/uploads/Cursos/%5BDEFINITIVO%5D%20SISTEMAS%20DE%20ESGOTO%20SANIT%C3%81RIO%20M%C3%93DULO%202/NBR_9648_Estudos_de_Concepcao_de_Sistema.pdf> acessado em: 15 set. 2024.

SCHNEIDER, E. M; FUJII, ROSANGELA, A. X; CORAZZA, M. J. Pesquisas quali-quantitativas: contribuições para a pesquisa em ensino de ciências. Revista Pesquisa Qualitativa. São Paulo (SP), V. %, n.9, P. 569-584, 2017. Disponível: < https://editora.sepq.org.br/rpq/article/view/157/100>. Acesso em 12 dez. 2024.

SILVA, F. M. M. G. (2018) Composição do bacterioma da pele e do ferrão das raias Gymnura altavela e Dasyatis hypostigma e influência do ambiente circundante, em um estuário eutrofizado e em um aquário público no Rio de Janeiro, sudeste do Brasil http://www.bdtd.uerj.br/handle/1/13853. Acesso em:21 fev. 2025

SEMA Relatório de Gestão. São Luís – MA, 2024. https://www.sema.ma.gov.br/uploads/sema/docs/Relatorio_PROGEST%C3%83O_OUT_NOV_DEZ_2023_%282%29.pdf. Acesso em: 19 dez. 2024.

SPERLING, Marcos. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Editora UFMG, 2014.