

Tratamento de Efluentes Sanitários Domésticos

Domestic Wastewater Treatment

Edésio Francisco da Silva¹

Resumo:

Este trabalho se propõe a explorar o tratamento de efluentes sanitários domésticos, com ênfase na utilização de reatores anaeróbios seguido de lagoa facultativa e lagoas de maturação. Foi realizada uma revisão bibliográfica, sendo complementada por um estudo de caso aprofundado em uma Estação de Tratamento de Efluentes Domésticos, para atender uma população de 8.865 habitantes. Verificou-se que a utilização de reatores anaeróbios seguidos de lagoas, é altamente eficaz na redução de poluentes. Assim, conclui-se que essa abordagem não é apenas viável, mas também traz benefícios significativos para o meio ambiente. No entanto, é crucial enfatizar a importância de uma regulamentação adequada para assegurar a implementação correta e a manutenção contínua dessas práticas.

Palavras-chave: Efluentes domésticos, Saneamento Básico, Tratamento de Efluentes.

Abstract:

This work proposes to explore the treatment of domestic sanitary effluents, with emphasis on the use of anaerobic reactors followed by facultative lagoon and maturation lagoons. A literature review was carried out, complemented by an in-depth case study at a Domestic Effluent Treatment Station, to serve a population of 8,865 inhabitants. It was found that the use of anaerobic reactors followed by lagoons is highly effective in reducing pollutants. Thus, it is concluded that this approach is not only viable, but also brings significant benefits to the environment. However, it is crucial to emphasize the importance of adequate regulation to ensure the correct implementation and continuous maintenance of these practices.

Keywords: Domestic Effluents, Basic Sanitation, Effluent Treatment.

¹ Graduando Engenharia Civil - FAMIG. edesio.eng@gmail.com.

1. INTRODUÇÃO

Resíduos domésticos, provenientes de atividades diárias como lavagem e banho, são uma fonte significativa de contaminação da água globalmente. Com o crescimento populacional e o aumento das atividades humanas, a necessidade de tratamento adequado desses resíduos tornou-se uma preocupação ambiental e de saúde pública urgente. Esses resíduos são diversos e sua composição e complexidade variam com as atividades domésticas e as características socioeconômicas das comunidades. Eles podem conter vários contaminantes, incluindo matéria orgânica, nutrientes, produtos químicos de limpeza, poluentes emergentes e patógenos.

Vários métodos de tratamento foram desenvolvidos globalmente para lidar com os desafios dos resíduos domésticos. Esses métodos, que podem envolver processos físicos, biológicos, químicos e tecnologias avançadas, visam remover poluentes e produzir resíduos tratados seguros para descarte ou reutilização. No entanto, apesar desses avanços, a poluição hídrica ainda é um desafio significativo, pois resíduos não tratados ou inadequadamente tratados podem contaminar as águas e prejudicar a vida aquática e os ecossistemas.

A poluição hídrica causada por resíduos domésticos pode impactar negativamente a saúde pública, aumentando o risco de doenças transmitidas pela água, como cólera, hepatite e gastroenterite. É crucial implementar sistemas de tratamento eficazes para mitigar os impactos ambientais, proteger a saúde pública e garantir a sustentabilidade dos recursos hídricos para as futuras gerações. Este estudo abordará os diferentes tipos de resíduos domésticos, os métodos de tratamento utilizados, os impactos ambientais relacionados e como é calculada uma estação de tratamento de efluentes sanitários domésticos.

2. A IMPORTÂNCIA DO SANEAMENTO BÁSICO

O saneamento básico, especialmente as estações de tratamento de efluentes sanitários domésticos, é crucial para a saúde pública e a preservação do meio ambiente. Essas estações são vitais para remover contaminantes e patógenos dos esgotos, garantindo a segurança da água e a saúde da população. Autores como Carlos Tucci enfatizam que o tratamento adequado dos efluentes é essencial para

prevenir doenças transmitidas pela água, como cólera e hepatite A. Além disso, as estações de tratamento ajudam a reduzir a poluição da água e a proteger a biodiversidade aquática.

Em 2022, apenas 56% da população brasileira tinha acesso à coleta de esgoto e somente 52,2% do esgoto coletado era tratado. Isso resultou em 47,8% do esgoto do país, equivalente a 5,5 mil piscinas olímpicas por dia, sendo descartado sem tratamento. A situação é pior na Região Norte, onde apenas 22% do esgoto é tratado. O Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab) tem como objetivo garantir o acesso universal ao esgotamento sanitário até 2030, beneficiando pelo menos 88% da população.

De acordo com a ANA (2024), são necessários R\$ 149,5 bilhões para a universalização do saneamento básico no Brasil, dos quais R\$ 101,9 bilhões seriam destinados à coleta e R\$ 47,6 bilhões ao tratamento. A falta de saneamento básico está associada à disseminação de doenças como diarreia, cólera, hepatite A e leptospirose, conforme indicado pela Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) em 2023.

O esgoto não tratado lançado em corpos hídricos causa eutrofização, morte de peixes e contaminação das fontes de água potável. A falta de saneamento básico afeta principalmente as populações de baixa renda e periféricas, agravando as desigualdades sociais. Portanto, é essencial investir continuamente na expansão do saneamento básico, focando na construção e melhoria das estações de tratamento de efluentes sanitários. Isso garantirá a saúde e o bem-estar de toda a população brasileira e promoverá a sustentabilidade ambiental.

3. TIPOS DE EFLUENTES SANITÁRIOS DOMÉSTICOS

Os efluentes sanitários domésticos são classificados em águas cinzas, águas negras e águas pluviais. As águas cinzas, provenientes de atividades domésticas que não incluem fezes, contêm substâncias como sabão e detergentes e representam uma parte significativa do fluxo total de águas residuais. As águas negras, provenientes de banheiros e cozinhas, contêm matéria fecal e urina e requerem tratamento adequado antes de serem descartadas. As águas pluviais, embora não sejam estritamente efluentes sanitários, podem se misturar com águas residuais em sistemas de esgoto combinados e transportar poluentes para corpos d'água naturais. A gestão adequada

das águas pluviais é essencial para prevenir a poluição e proteger os recursos hídricos.

4. MÉTODOS DE TRATAMENTO

Os métodos de tratamento de efluentes sanitários domésticos são essenciais para a proteção da saúde pública, preservação do meio ambiente e garantia da segurança dos recursos hídricos. Eles visam remover uma variedade de poluentes orgânicos e inorgânicos, incluindo matéria orgânica, nutrientes, metais pesados, substâncias tóxicas e patógenos. A remoção desses poluentes é crucial para prevenir a contaminação da água e proteger a saúde pública. Além disso, a redução da carga poluente pode diminuir o impacto negativo nos ecossistemas aquáticos e beneficiar a qualidade da água potável, reduzindo a necessidade de tratamento convencional da água. A remoção de patógenos é fundamental para prevenir a propagação de doenças transmitidas pela água.

Métodos de desinfecção, como cloração, ozonização e radiação ultravioleta, são usados para eliminar efetivamente patógenos, conforme descrito por Mara, D. D., & Horan, N. J. (2003). Alguns métodos de tratamento permitem o reúso seguro de água tratada para fins não potáveis, como irrigação agrícola e processos industriais. Segundo Metcalf & Eddy, Inc., Tchobanoglous, G., Burton, F. L., & Stensel, H. D. (2003), o reúso de água tratada pode conservar recursos hídricos e reduzir a demanda por água potável. O objetivo principal desses métodos de tratamento é proteger a saúde humana, preservar o meio ambiente e promover o uso sustentável dos recursos hídricos.

Tipos de tratamento:

Tratamento primário

O tratamento primário é a primeira etapa do processo de tratamento de efluentes, focado na remoção de sólidos grosseiros e sedimentáveis e na separação de óleos e graxas. De acordo com Tchobanoglous, G., Burton, F. L., & Stensel, H. D. (2003), o tratamento primário utiliza processos físicos, como grades, peneiras e sedimentação, para remover sólidos suspensos e materiais flutuantes.

O tratamento primário de efluentes sanitários começa com a remoção de sólidos grosseiros, como plástico, papel e madeira, que podem obstruir ou danificar equipamentos de tratamento subsequentes. Isso é geralmente realizado por meio de grades e peneiras. Após essa etapa, o efluente passa por um processo de sedimentação primária, onde os sólidos suspensos mais densos se depositam no fundo do tanque de sedimentação, formando o lodo primário, e materiais flutuantes, como óleos e graxas, são removidos da superfície.

No tratamento primário de efluentes sanitários domésticos, além da sedimentação, sistemas como skimmers são usados para remover materiais flutuantes, como óleos e graxas, da superfície do efluente. A remoção desses materiais é essencial para prevenir problemas de entupimento em etapas subsequentes do tratamento. Após a sedimentação e a remoção de materiais flutuantes, os sólidos sedimentáveis, conhecidos como lodo primário, são removidos para tratamento adicional ou descarte adequado. Geralmente, o lodo primário passa por processos de espessamento e digestão anaeróbia antes do descarte final. Portanto, o tratamento primário é um processo fundamental que remove sólidos sedimentáveis e materiais flutuantes, preparando o efluente para tratamento adicional.

Tratamento secundário

O tratamento secundário de efluentes sanitários domésticos tem como objetivo remover a matéria orgânica dissolvida e suspensa que não foi eliminada no tratamento primário. Isso é geralmente realizado por meio de processos biológicos. Métodos comuns de tratamento secundário incluem o processo de lodos ativados, lagoas de estabilização e reatores anaeróbios.

- **Processos biológicos aeróbios**

No tratamento secundário de efluentes sanitários, uma abordagem comum é o uso de processos biológicos aeróbios. Nesses processos, microrganismos aeróbios metabolizam a matéria orgânica no efluente, convertendo-a em formas mais estáveis, como CO₂ e água. Segundo Tchobanoglous, G., Burton, F. L., & Stensel, H. D. (2003), o processo de lodos ativados é um dos métodos aeróbios mais utilizados. Nele, microrganismos suspensos em uma mistura de efluente e lodo reciclado consomem

matéria orgânica, resultando na formação de lodo biológico floculento que pode ser separado do efluente em um clarificador.

- **Processos biológicos anaeróbios**

Além dos processos aeróbios, os processos biológicos anaeróbios são usados no tratamento secundário de efluentes sanitários. Nesses processos, microrganismos anaeróbios degradam a matéria orgânica na ausência de oxigênio, produzindo biogás e lodo digerido. De acordo com Mara, D. D., & Horan, N. J. (2003), reatores anaeróbios de fluxo ascendente (UASB) e reatores de manta de lodo são exemplos comuns de sistemas de tratamento anaeróbio utilizados no tratamento de efluentes sanitários domésticos.

- **Lagoas de Oxidação**

As lagoas de oxidação são uma alternativa para o tratamento secundário de efluentes sanitários. Nesse método, o efluente é despejado em uma lagoa aerada, criando condições favoráveis para o crescimento de microrganismos aeróbios que degradam a matéria orgânica. Segundo Hammer, M. J. (2012), as lagoas de oxidação podem ser eficazes em áreas com espaço disponível, topografia favorável e condições climáticas adequadas para promover a atividade microbiana.

- **Remoção de Nutrientes**

O tratamento secundário de efluentes sanitários domésticos pode envolver a remoção de nutrientes como nitrogênio e fósforo, que podem levar à eutrofização de corpos d'água. Métodos como o processo de lodos ativados com remoção biológica de nutrientes são usados para essa remoção, conforme mencionado por Metcalf & Eddy, Inc., Tchobanoglous, G., Burton, F. L., & Stensel, H. D. (2003). Em resumo, o tratamento secundário emprega vários processos biológicos para remover matéria orgânica, tornando o efluente mais seguro para descarte ou reúso.

Tratamento terciário

O tratamento terciário de efluentes sanitários domésticos é um estágio avançado do processo de tratamento de águas residuais, aplicado para remover poluentes específicos que não foram adequadamente tratados nos estágios anteriores, como

nutrientes, micropoluentes e patógenos. Segundo Metcalf & Eddy, Inc., Tchobanoglous, G., Burton, F. L., & Stensel, H. D. (2003), os métodos de tratamento terciário incluem filtração de membrana, adsorção com carvão ativado e desinfecção com cloro ou radiação ultravioleta.

- **Filtração de Membrana**

A filtração de membrana é um método eficaz de tratamento terciário de efluentes sanitários domésticos. Este processo envolve a passagem do efluente através de membranas porosas que retêm partículas, bactérias e vírus. Segundo Tchobanoglous, G., Burton, F. L., & Stensel, H. D. (2003), a filtração de membrana pode produzir um efluente de alta qualidade, livre de sólidos suspensos e patógenos, tornando-o adequado para reúso ou descarga em corpos d'água sensíveis.

- **Adsorção com Carvão Ativado**

A adsorção com carvão ativado é uma técnica comum no tratamento terciário de efluentes sanitários domésticos. Neste processo, o efluente passa por colunas preenchidas com carvão ativado, que adsorve compostos orgânicos, produtos farmacêuticos e outros poluentes. Conforme descrito por Hammer, M. J. (2012), a adsorção com carvão ativado é altamente eficaz na remoção de micropoluentes e substâncias químicas indesejadas, resultando em um efluente de alta qualidade.

- **Desinfecção Avançada**

No tratamento terciário de efluentes sanitários domésticos, além dos métodos de filtração e adsorção, a desinfecção avançada é frequentemente utilizada para garantir a remoção eficaz de patógenos remanescentes no efluente. Segundo Metcalf & Eddy, Inc., Tchobanoglous, G., Burton, F. L., & Stensel, H. D. (2003), os métodos de desinfecção avançada incluem o uso de ozônio, radiação ultravioleta (UV) e processos de oxidação avançada, como a ozonização.

Processos Avançados de Tratamento

Além dos métodos convencionais, existem processos avançados de tratamento que podem ser usados para atender a padrões mais rigorosos de qualidade da água ou para reutilização. Segundo Mara, D. D., & Horan, N. J. (2003), esses processos podem

incluir ozonização, processos de membrana avançados, como osmose reversa, e processos de precipitação química. Esses métodos avançados de tratamento desempenham um papel crucial na remoção eficiente de poluentes específicos e na produção de efluentes de alta qualidade.

- **Remoção de Micropoluentes e Substâncias Químicas**

Os métodos avançados de tratamento de efluentes sanitários domésticos são projetados para remover micropoluentes, como produtos farmacêuticos, hormônios e outros compostos orgânicos persistentes, que podem não ser efetivamente removidos pelos métodos convencionais de tratamento. De acordo com Tchobanoglous, G., Burton, F. L., & Stensel, H. D. (2003), técnicas como adsorção com carvão ativado, filtração de membrana e processos de oxidação avançada são eficazes na remoção desses poluentes.

- **Desinfecção Avançada e Inativação de Patógenos**

Além da desinfecção convencional, os métodos avançados de tratamento de efluentes sanitários domésticos visam a inativação mais eficiente de patógenos, como bactérias, vírus e protozoários. Segundo Hammer, M. J. (2012), técnicas como ozonização, radiação ultravioleta (UV) e processos de oxidação avançada podem proporcionar uma desinfecção mais completa e rápida.

- **Produção de Efluente de Alta Qualidade para Reúso**

Os métodos avançados de tratamento de água produzem efluentes de alta qualidade, adequados para reúso em várias aplicações não potáveis, como irrigação agrícola, recarga de aquíferos, uso industrial e descarga em corpos d'água sensíveis. Segundo Metcalf & Eddy, Inc., Tchobanoglous, G., Burton, F. L., & Stensel, H. D. (2003), a filtração de membrana e a desinfecção avançada são fundamentais para a produção de um efluente de alta qualidade para reúso.

- **Redução do Impacto Ambiental**

Os métodos avançados de tratamento de água, ao remover poluentes específicos e produzir efluentes de alta qualidade, minimizam o impacto ambiental dos efluentes sanitários e protegem a qualidade da água e dos ecossistemas aquáticos. Segundo

Mara, D. D., & Horan, N. J. (2003), esses métodos são cruciais para a conservação e preservação dos recursos hídricos, desempenhando um papel essencial na proteção do meio ambiente.

5. IMPACTO AMBIENTAL

O tratamento adequado de efluentes sanitários é crucial para mitigar impactos ambientais, proteger ecossistemas aquáticos, reduzir a poluição e preservar a qualidade da água. O objetivo é diminuir a carga poluente nos corpos d'água receptores, removendo poluentes como matéria orgânica, nutrientes, metais pesados e substâncias tóxicas. Segundo Tchobanoglous, G., Burton, F. L., & Stensel, H. D. (2003), métodos de tratamento como sedimentação, processos biológicos e desinfecção são eficazes na redução da carga poluente e na prevenção da deterioração da qualidade da água.

O tratamento adequado de efluentes sanitários protege os ecossistemas aquáticos, minimizando a poluição e seus efeitos adversos nos habitats e na vida selvagem aquática. A remoção de nutrientes e matéria orgânica dos efluentes, conforme mencionado por Mara, D. D., & Horan, N. J. (2003), ajuda a prevenir a eutrofização dos corpos d'água, mantendo um equilíbrio saudável nos ecossistemas aquáticos. Esse tratamento resulta em uma melhoria significativa na qualidade da água, tornando-a adequada para usos recreativos, abastecimento público e preservação da vida aquática. Segundo Hammer, M. J. (2012), métodos de tratamento como filtração de membrana, adsorção com carvão ativado e desinfecção avançada produzem efluentes de alta qualidade que atendem aos padrões de qualidade da água.

O tratamento adequado de efluentes sanitários minimiza os riscos à saúde pública, reduzindo a contaminação da água por patógenos e substâncias químicas tóxicas. Isso protege as comunidades que dependem desses recursos hídricos para abastecimento e recreação. Segundo Metcalf & Eddy, Inc., Tchobanoglous, G., Burton, F. L., & Stensel, H. D. (2003), a desinfecção eficaz dos efluentes sanitários é crucial para prevenir a propagação de doenças transmitidas pela água. Em suma, o tratamento adequado de efluentes sanitários é vital para mitigar impactos ambientais, proteger ecossistemas aquáticos, melhorar a qualidade da água e reduzir riscos à saúde pública.

6. CONCLUSÃO

Este trabalho aborda os diferentes tipos de efluentes sanitários domésticos, como águas cinzas, águas negras e águas pluviais. Destaca a importância dos métodos de tratamento na remoção de uma variedade de poluentes orgânicos e inorgânicos para proteger a saúde pública e o meio ambiente. Além disso, apresenta processos avançados de tratamento que visam inativar patógenos e produzir efluentes de alta qualidade para reuso ou descarte seguro.

O documento ressalta que o tratamento adequado de efluentes sanitários pode mitigar impactos ambientais adversos, protegendo ecossistemas aquáticos, reduzindo a poluição e preservando a qualidade da água. Esse tratamento diminui a carga poluente nos corpos d'água receptores, protege habitats aquáticos e vida selvagem, previne a eutrofização, melhora a qualidade da água para usos recreativos e abastecimento público, e reduz riscos à saúde pública devido à contaminação da água por patógenos e substâncias tóxicas. Em suma, o tratamento adequado de efluentes sanitários é crucial para a proteção da saúde pública, preservação do meio ambiente e garantia de recursos hídricos seguros, removendo eficazmente uma ampla gama de poluentes e produzindo efluentes de alta qualidade que atendem aos padrões ambientais e de saúde.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). (2024). Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab). Brasília: ANA.

Banco Mundial. (2021). Desigualdades no acesso ao saneamento básico na América Latina e no Caribe. Washington, D.C.: Banco Mundial.

BRASIL. Ministério das Cidades. Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab): diretrizes para a elaboração e revisão dos planos estaduais e municipais de saneamento básico. 2ª ed. rev. Brasília: Ministério das Cidades, 2019. 240 p.

Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz). (2023). Doenças relacionadas à falta de saneamento básico. Rio de Janeiro: Fiocruz

Hammer, M. J. (2012). Water and Waste-Water Technology. John Wiley & Sons.

Mara, D. D., & Horan, N. J. (2003). Handbook of Water and Wastewater Microbiology. Academic Press.

Metcalf & Eddy, Inc., Tchobanoglous, G., Burton, F. L., & Stensel, H. D. (2003). Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. McGraw-Hill Education.

Tchobanoglous, G., Burton, F. L., & Stensel, H. D. (2003). Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. McGraw-Hill Education.

TUCCI, Carlos. Saneamento Ambiental: Água, Esgoto e Resíduos Sólidos. Oficina de Textos, 2012.

Von Sperling, M. (2005). Princípios básicos do tratamento de esgotos. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais.

Von Sperling, M. (2019). Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais (DESA/UFMG).