REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 18/06/2026 - **Accepted:** 25/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/7n921022
Pages: 1-27

SISTEMA DE CARACTERIZAÇÃO PRELIMINAR DE EFLUENTES E AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS DE TRATAMENTO PARA O HOSPITAL UNIVERSITÁRIO BETTINA FERRO DE SOUZA (HUBFS/UFPA/HU-BRASIL)

PRELIMINARY CHARACTERIZATION OF EFFLUENTS AND ASSESSMENT OF TREATMENT ALTERNATIVES FOR THE BETTINA FERRO DE SOUZA UNIVERSITY HOSPITAL (HUBFS/UFPA/HU-BRAZIL)

CARACTERIZACIÓN PRELIMINAR DE EFLUENTES Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO PARA EL HOSPITAL UNIVERSITARIO BETTINA FERRO DE SOUZA (HUBFS/UFPA/HU-BRASIL)

Joyce Assunção Rodrigues
Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental
Universidade Federal do Pará, Brasil
E-mail: joyce.assuncao@itec.ufpa.br

Gilmar Wanzeller Siqueira
Doutor em Ciências Naturais (USP)
Universidade Federal do Pará, Brasil
E-mail: gilmar@ufpa.br

Ronnie Anderson Nascimento de Farias
Doutor em Ciências da Informação (UFPB)
Universidade Federal da Paraíba, Brasil
E-mail: ronnie.farias@ebserh.gov.br

Raimundo Claudio Silva da Silva
Doutorando em Ciências e Meio Ambiente
Universidade Federal do Pará, Brasil
E-mail: rclaudiosilva84@gmail.com

Eliomar Azevedo do Carmo
Doutorando em Ciências e Meio Ambiente
Universidade Federal do Pará, Brasil
E-mail: eliomar@ufpa.br

Maria Alice do Socorro Lima Siqueira
Doutoranda em Ciências e Meio Ambiente
Universidade Federal do Pará
E-mail: malics@yahoo.com.br

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 18/06/2026 - **Accepted:** 25/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/7n921022
Pages: 1-27

Ronaldo Bezerra da Silva Junior
Mestrando em Ciências e Meio Ambiente
Universidade Federal do Pará, Brasil
E-mail: rbezerrajr@ufpa.br

Everaldo Furtado da Gama
Mestrando em Ciências e Meio Ambiente
Universidade Federal do Pará, Brasil
E-mail: egama@ufpa.br

Leonardo Silva da Costa
Mestrando em Ciências e Meio Ambiente
Universidade Federal do Pará, Brasil
E-mail: leonardosc@ufpa.br

Raphael de Lima Wanzeller
Graduando em Engenharia Civil
Faculdade Ideal Wyden (FACI WYDEN), Brasil
E-mail: raphaelwan25@gmail.com

Resumo

Os efluentes hospitalares são considerados contaminantes emergentes em corpos hídricos e nos sistemas de água e esgoto, gerando crescente preocupação ambiental. Este estudo apresenta uma caracterização exploratória preliminar das condições físico-químicas e microbiológicas do efluente do Hospital Universitário Bettina Ferro de Souza (HUBFS) e da água superficial do Igarapé Sapucajuba, associada a uma avaliação inicial de alternativas de tratamento. Adotou-se abordagem qualitativa-quantitativa, de natureza exploratória, apoiada em literatura, legislação e análise documental da planta hidrossanitária do hospital. A vazão diária de esgoto foi estimada pelo coeficiente de retorno de Von Sperling, a partir de dados institucionais de consumo de água. Com base na planta hidrossanitária, selecionaram-se dois pontos de amostragem em caixas de inspeção (CX-1 e CX-2) e um ponto de água superficial no igarapé. As amostras foram coletadas em única campanha (20/05/2025, pela manhã) e analisadas segundo métodos APHA (2005). Os valores médios de pH (6,57), oxigênio dissolvido (≈5,1 mg/L) e fósforo total (≈0,18 mg/L) situaram-se dentro dos limites das Resoluções CONAMA nº 430/2011 e nº 357/2005, quando aplicáveis. A condutividade elétrica média foi de 540 µS/cm, com picos superiores a 1.100 µS/cm nos efluentes, indicando elevada carga iônica e possível aporte de sais, detergentes e compostos hospitalares. A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) excedeu os limites legais para lançamento, enquanto a Demanda Química de Oxigênio (DQO) manteve-se em faixas típicas de efluentes hospitalares sem tratamento. A relação DQO>DBO sugere presença de matéria orgânica de difícil degradação e potenciais poluentes orgânicos persistentes. Os teores de coliformes termotolerantes foram muito superiores aos limites normativos, caracterizando esgoto *in natura*. Foram avaliadas duas alternativas de tratamento: (a) adoção de módulos de Bacia de Evapotranspiração (BET) e (b) revitalização da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) existente, atualmente desativada. O dimensionamento preliminar indica que a BET é tecnicamente inadequada para a vazão estimada (≈54 m³/dia) e para a composição específica dos efluentes hospitalares, ao passo que a ETE representa infraestrutura potencialmente aproveitável, condicionada a diagnóstico técnico detalhado, projeto de revitalização e complementação com etapas de desinfecção. Os resultados são compatíveis com a hipótese de contribuição significativa de efluentes não tratados ao Igarapé Sapucajuba, reforçando a urgência de implantar sistema de tratamento adequado e plano estruturado de monitoramento contínuo.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 18/06/2026 - **Accepted:** 25/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/7n921022
Pages: 1-27

Palavras-chave: Efluentes hospitalares; esgoto sanitário; qualidade da água; Estação de Tratamento de Efluentes (ETE); gestão ambiental hospitalar.

Abstract

Hospital effluents are recognized as emerging contaminants in surface waters and urban water–sewage systems, raising increasing environmental concern. This study presents a preliminary exploratory characterization of the physicochemical and microbiological conditions of the effluent discharged by the Bettina Ferro de Souza University Hospital (HUBFS) and of the surface water in the Sapucajuba Stream, together with an initial assessment of treatment alternatives. A qualitative–quantitative, exploratory design was adopted, supported by scientific literature, environmental legislation and documentary analysis of the hospital's hydrosanitary plan. The daily wastewater flow was **estimated** using Von Sperling's return coefficient, based on institutional data on water consumption. Two effluent sampling points in inspection boxes (CX-1 and CX-2) and one surface-water point in the Sapucajuba Stream were selected. Samples were collected during a single campaign (20 May 2025, morning) and analyzed according to APHA (2005) standard methods. Average values of pH (6.57), dissolved oxygen (≈5.1 mg/L) and total phosphorus (≈0.18 mg/L) were within the limits of CONAMA Resolutions No. 430/2011 (effluent discharge) and No. 357/2005 (class 2 water bodies), where applicable. Mean electrical conductivity of the effluents was 540 µS/cm, with peaks above 1,100 µS/cm, indicating high ionic load and possible inputs of salts, detergents and hospital-derived compounds. Biochemical Oxygen Demand (BOD) exceeded legal limits for discharge, while Chemical Oxygen Demand (COD) fell within ranges reported for untreated hospital effluents. The COD>BOD ratio suggests the presence of refractory organic matter and potential persistent organic pollutants. Thermotolerant coliform counts largely exceeded regulatory thresholds at all points, evidencing raw sewage characteristics. Two treatment options were evaluated: (a) installation of Evapotranspiration Basin (BET) modules and (b) revitalization of the existing, deactivated Wastewater Treatment Plant (WWTP), composed of a septic tank followed by an anaerobic filter. Preliminary sizing indicated that BET is technically unsuitable for the estimated flow (~54 m³/day) and the specific composition of hospital effluents, whereas the WWTP represents infrastructure that could be reused, pending detailed technical diagnosis, rehabilitation design and additional disinfection stages. Results are consistent with the hypothesis that the Sapucajuba Stream receives significant organic and microbiological loads, possibly from HUBFS, a hypothesis that requires confirmation through future upstream/downstream sampling and hydraulic tracing. The study highlights the urgency of implementing an adequate treatment system and a structured plan for continuous effluent monitoring.

Keywords: Hospital effluents; sanitary sewage; water quality; Wastewater Treatment Plant (WWTP); hospital environmental management

Resumen

Los efluentes hospitalarios son reconocidos como contaminantes emergentes en cuerpos de agua superficiales y en los sistemas urbanos de abastecimiento y alcantarillado, generando una creciente preocupación ambiental. Este estudio presenta una caracterización exploratoria preliminar de las condiciones físico-químicas y microbiológicas del efluente generado por el Hospital Universitario Bettina Ferro de Souza (HUBFS) y del agua superficial del Igarapé Sapucajuba, así como una evaluación inicial de alternativas de tratamiento. Se adoptó un diseño cualitativo-cuantitativo, de carácter exploratorio, fundamentado en literatura científica, legislación ambiental y análisis documental del plano hidrosanitario del hospital. El caudal diario de aguas residuales se estimó mediante el coeficiente de retorno de Von Sperling, a partir de datos institucionales de consumo de agua. Se seleccionaron dos puntos de muestreo de efluente en cajas de inspección (CX-1 y CX-2) y un punto de agua superficial en el Igarapé Sapucajuba. Las muestras se recolectaron en una única campaña (20 de mayo de 2025, por la mañana) y se analizaron conforme a los métodos estándar de la APHA (2005). Los valores medios de pH (6,57), oxígeno disuelto (≈5,1 mg/L) y fósforo total (≈0,18 mg/L) se ubicaron dentro de los límites establecidos por las Resoluciones CONAMA nº

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 18/06/2026 - **Accepted:** 25/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/7n921022
Pages: 1-27

430/2011 (vertido de efluentes) y nº 357/2005 (cuerpos de agua de clase 2), cuando aplicables. La conductividad eléctrica media de los efluentes fue de 540 µS/cm, con picos superiores a 1.100 µS/cm, lo que indica elevada carga iónica y posible aporte de sales, detergentes y compuestos hospitalarios. La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) superó los límites legales para vertido, mientras que la Demanda Química de Oxígeno (DQO) se mantuvo en rangos similares a los descritos para efluentes hospitalarios sin tratamiento. La relación DQO>DBO sugiere presencia de materia orgánica refractaria y posibles contaminantes orgánicos persistentes. Los niveles de coliformes termotolerantes excedieron ampliamente los límites normativos, evidenciando características de aguas residuales crudas. Se evaluaron dos alternativas de tratamiento: (a) adopción de módulos de Balsa de Evapotranspiración (BET) y (b) revitalización de la Estación de Tratamiento de Aguas Residuales (EDAR) existente, actualmente desactivada, compuesta por fosa séptica seguida de filtro anaerobio. El dimensionamiento preliminar indicó que la BET es técnicamente inapropiada para el caudal estimado (~54 m³/día) y la composición específica de los efluentes hospitalarios, mientras que la EDAR representa una infraestructura potencialmente aprovechable, condicionada a diagnóstico técnico detallado, proyecto de rehabilitación y eventual incorporación de etapas de desinfección. Los resultados son compatibles con la hipótesis de que el Igarapé Sapucajuba recibe cargas orgánicas y microbiológicas significativas, posiblemente asociadas al HUBFS, hipótesis que deberá confirmarse mediante estudios futuros con muestreo a montante y a jusante y rastreo hidráulico. La investigación señala la urgencia de implementar un sistema de tratamiento adecuado y un plan estructurado de monitoreo continuo de los efluentes.

Palabras clave: Hospital effluents; sanitary sewage; water quality; Wastewater Treatment Plant (WWTP); hospital environmental management

1. Introdução

Os efluentes produzidos em hospitais possuem composição complexa, contendo agentes químicos, microbiológicos e farmacológicos que demandam gerenciamento cuidadoso para evitar riscos ambientais e à saúde pública. A identificação dos pontos de geração desses efluentes e sua caracterização físico-química e microbiológica são etapas fundamentais para o desenvolvimento de planos de gestão e de monitoramento que permitam avaliar a qualidade da descarga e orientar a adoção de medidas corretivas (Arend; Henkes, 2013).

Os efluentes hospitalares são classificados como resíduos líquidos de serviços de saúde e podem incluir elevada carga orgânica, microrganismos patogênicos, resíduos de medicamentos, desinfetantes, radionuclídeos e outros contaminantes emergentes (Verlicchi et al., 2010; Emmanuel et al., 2009). A heterogeneidade dessa composição favorece a disseminação de organismos multirresistentes e de substâncias potencialmente tóxicas, exigindo manejo

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 18/06/2026 - **Accepted:** 25/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/7n921022
Pages: 1-27

específico e rigoroso, em conformidade com a legislação ambiental e sanitária (RDC ANVISA nº 222/2018; CONAMA nº 357/2005; CONAMA nº 430/2011).

Mais do que o monitoramento em sentido estrito, muitos estabelecimentos de saúde carecem de um diagnóstico inicial sobre seus efluentes, incluindo localização de pontos de geração, avaliação da infraestrutura hidrossanitária existente e caracterização básica de parâmetros físico-químicos e microbiológicos. Esse diagnóstico é indispensável para planejar campanhas de monitoramento sistemático e para dimensionar corretamente estações de tratamento (Von Sperling, 2005; Berto et al., 2009).

No contexto institucional, hospitais universitários ocupam papel estratégico, pois acumulam funções de assistência, ensino e pesquisa, além de responsabilidade socioambiental. A incorporação de soluções de saneamento ambiental, incluindo sistemas de tratamento de efluentes e planos de monitoramento, pode transformar essas unidades em referências de inovação tecnológica e sustentabilidade (Coelho, 2025; Brasil, 2018).

Neste estudo, o foco recai sobre o Hospital Universitário Bettina Ferro de Souza (HUBFS), localizado na Universidade Federal do Pará (UFPA), em Belém. O hospital situa-se em área urbana amazônica e está próximo ao Igarapé Sapucajuba, corpo hídrico que pode atuar como receptor de efluentes. A partir da análise da planta hidrossanitária de 1989, foi identificada a existência de uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) construída para atendimento ao hospital, atualmente encontrada desativada e em estado de abandono.

Este trabalho tem como objetivo realizar uma caracterização exploratória **pontual** das águas residuais geradas no HUBFS e da água superficial do Igarapé Sapucajuba, a partir de uma campanha de amostragem em três pontos, e avaliar **preliminarmente** alternativas de tratamento dos efluentes, com ênfase na comparação entre a adoção de módulos de Bacia de Evapotranspiração (BET) e a revitalização da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) existente.

2. Revisão da Literatura

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 18/06/2026 - **Accepted:** 25/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/7n921022
Pages: 1-27

A gestão de efluentes hospitalares inicia com a determinação dos pontos de geração, dos volumes produzidos e das características físico-químicas e microbiológicas, permitindo ações de controle dos lançamentos que tragam riscos ao meio ambiente (Cezimbra, 2015; Severo, 2012). No Brasil, embora os resíduos sólidos de serviços de saúde sejam objeto de planos de gerenciamento bem estabelecidos, os efluentes líquidos ainda são frequentemente tratados como esgoto sanitário comum, sem planos específicos de tratamento ou disposição (Pigozzo, 2018).

A literatura descreve que efluentes hospitalares podem conter carga orgânica relevante, carga microbiana elevada e, na sua composição, disruptores endócrinos, metais pesados, detergentes, desinfetantes, solventes e substâncias radioativas (Tavares, 2019; Verlicchi et al., 2010). Estudos internacionais têm destacado, ainda, a presença de antibióticos, fármacos diversos e bactérias com resistência antimicrobiana, tornando o tema central para a saúde pública ambiental (Emmanuel et al., 2005; 2009).

O consumo de água em unidades de saúde pode atingir valores entre 400 e 1200 L/leito/dia (Gautama et al., 2007), gerando volumes significativos de efluentes. A produção de esgotos é usualmente estimada como fração do consumo de água, por meio do coeficiente de retorno, frequentemente adotado em 80% (Von Sperling, 2005). Esse parâmetro permite obter estimativa inicial de vazão, útil em estudos diagnósticos e em dimensionamentos preliminares de sistemas de tratamento.

Quanto ao tratamento, efluentes hospitalares frequentemente requerem pelo menos tratamento secundário bem dimensionado, seguido de etapas complementares, seja físico-químicas, biológicas ou de desinfecção, a depender dos contaminantes específicos (Verlicchi et al., 2010; Berto et al., 2009). Tecnologias como filtros anaeróbios, reatores biológicos de alta taxa, processos oxidativos avançados e sistemas de desinfecção (cloração, radiação UV) são discutidas na literatura como opções para redução de carga orgânica, microbiológica e de micropoluentes.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 18/06/2026 - **Accepted:** 25/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/7n921022
Pages: 1-27

No contexto de soluções de base ecológica, a Bacia de Evapotranspiração (BET) tem sido empregada principalmente para efluentes domésticos de baixa vazão, com predominância de carga sanitária, em sistemas descentralizados (Crispim et al., 2019; Machado et al., 2020). Seu uso para efluentes hospitalares, entretanto, permanece pouco estudado e suscita questionamentos quanto à segurança sanitária diante da presença de contaminantes emergentes.

3. Metodologia

3.1 Tipo de estudo

Trata-se de estudo de caso aplicado, de natureza exploratória, com abordagem qualitativa-quantitativa. O trabalho combina: (a) análise documental da planta hidrossanitária do HUBFS; (b) visita técnica e reconhecimento de campo para identificação de estruturas de coleta e tratamento; (c) campanha pontual de amostragem em três pontos; e (d) interpretação dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos à luz da legislação ambiental e da literatura técnica.

3.2 Área de estudo e reconhecimento de campo

Durante visita técnica ao HUBFS e à área externa adjacente, foram identificadas caixas de inspeção de esgoto bruto e a estrutura de uma ETE desativada, composta por fossa séptica seguida de filtro anaeróbio, localizada próxima às margens do Igarapé Sapucajuba. A planta hidrossanitária de 1989, obtida junto à Prefeitura do Campus da UFPA, foi analisada para localizar pontos de coleta representativos dos efluentes gerados pelo hospital (Figura 1).

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 18/06/2026 - **Accepted:** 25/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/7n921022
Pages: 1-27



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

O estudo de avaliação na planta hidrossanitária do hospital foi realizado, onde foi verificado a existência de uma ETE (Figura 2) nas proximidades do Igarapé Sapucajuba e a identificação dos pontos de geração de efluentes e possíveis pontos de coleta do esgoto para posterior análise de parâmetros ambientais.

Após o estudo da planta foi identificado durante a visita nas proximidades, as caixas de inspeção que recebem os efluentes, e as que serão pontos de coleta. As caixas de inspeção são constituintes do projeto hidrossanitário de um estabelecimento, sendo uma estrutura fundamental do sistema de coleta de efluentes bruto, onde a água residual dos pontos geradores, é encaminhada por tubulações para as caixas de inspeção que são interligadas e possuem abertura para manutenções e intervenções no sistema, e após receberem o efluente encaminham para a rede de coleta ou para o sistema de tratamento individual.

Figura 2 - Estação de tratamento de efluentes abandonada

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 18/06/2026 - **Accepted:** 25/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/7n921022
Pages: 1-27



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

3.3 Seleção dos pontos de amostragem

Com base nas ligações hidrossanitárias identificadas, foram selecionados três pontos de coleta.

- Ponto 1 (CX-1) nas coordenadas de latitude 1°28.178' S e longitude 48°26.806' W, caixa de inspeção localizada no lado esquerdo do bloco principal do HUBFS, recebendo efluentes de setores clínicos e administrativos (Figura 3).
- Ponto 2 (CX-2) nas coordenadas de latitude 1°28.165' S e longitude 48°26.781' W, caixa de inspeção localizada no lado direito do bloco principal, também representativa do esgoto hospitalar bruto (Figura 4).
- Ponto 3 (IG-Sapucajuba) nas coordenadas de latitude 1°28.205' S e longitude 48°26.876' W, ponto de água superficial no Igarapé Sapucajuba, em trecho imediatamente adjacente à área do hospital (Figura 5).

Figuras 3 e 4 - Pontos de coleta localizados nas caixas de inspeção do esgotamento do HUBFS.



REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 18/06/2026 - **Accepted:** 25/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/7n921022
Pages: 1-27

Fonte: Dados da pesquisa (2025).
Figura 5 - Ponto de coleta no Igarapé Sapucajuba.



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

3.4 Campanha de coleta e condicionamento das amostras

A campanha de amostragem foi realizada em 20/05/2025, no período da manhã, em dia sem ocorrência de chuva intensa nas 24 horas anteriores, conforme registro meteorológico local. Foram coletadas três amostras pontuais (uma em cada ponto), por laboratório especializado (“Laboratório Monitora”), responsável pelo procedimento de coleta, preservação, transporte e análise.

As amostras para parâmetros físico-químicos foram coletadas em frascos plásticos de alta densidade, previamente limpos, e conservadas sob refrigeração (≈4 °C) até análise, respeitando os prazos máximos recomendados pelo APHA (2005). As amostras para análise microbiológica foram coletadas em frascos estéreis, com preservação em gelo e análise em até 24 horas

Foram coletadas 3 amostras, uma em cada ponto de coleta (Figuras 6, 7 e 8 - CX1, CX2 e Igarapé Sapucajuba) para análise dos parâmetros escolhidos.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 18/06/2026 - **Accepted:** 25/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/7n921022
Pages: 1-27

Figuras 6, 7 e 8 - Sequência de fotos dos locais de coleta, respectivamente



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

4.5 Parâmetros, métodos analíticos e limite de quantificação

Os parâmetros analisados foram:

- pH (potencial hidrogeniônico): medido por potenciometria, segundo APHA 4500-H+; faixa de quatificação 1–13
- Condutividade elétrica (CE): determinada por condutivímetro, segundo APHA 2510; limite de quantificação de 1,0 µS/cm
- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO5,20): método de incubação a 20 °C por 5 dias, APHA 5210 B; limite de quantificação de 2,0 mg O_2/L
- Demanda Química de Oxigênio (DQO): método fechado com dicromato, APHA 5220 D; limite de quantificação de 4,0 mg O_2/L
- Oxigênio dissolvido (OD): método eletrométrico, APHA 4500-O G; limite de quantificação de 1,0 mg O_2/L
- Fósforo total (P-total): digestão seguida de método colorimétrico (ácido ascórbico), APHA 4500-P E; limite de quantificação de 0,01 mg/L
- Coliformes termotolerantes (fecais): método de tubos múltiplos com número mais provável (NMP), APHA 9221 E; limite de quantificação de 3,0 NMP/100 mL

A escolha desses parâmetros foi fundamentada em estudos sobre efluentes hospitalares e em normas relacionadas ao lançamento de efluentes e à qualidade de corpos hídricos. O laboratório seguiu rotinas de controle de qualidade internas (padrões, brancos, duplicatas). A acreditação formal do laboratório e laudos

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 18/06/2026 - **Accepted:** 25/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/7n921022
Pages: 1-27

detalhados foram considerados como documentação de suporte, disponíveis para consulta institucional, mas não reproduzidos integralmente no artigo em função de limitações editoriais.

5 Resultados e Discussão

5.1. Avaliação da planta hidrossanitária e situação da ETE

A análise da planta hidrossanitária datada de 1989 revelou que os efluentes do HUBFS foram projetados para serem conduzidos a uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), composta por fossa séptica seguida de filtro anaeróbio, com disposição final em trecho próximo ao Igarapé Sapucajuba. Inspeções de campo mostraram que essa estrutura encontra-se desativada e em estado avançado de deterioração, sem evidência de operação recente. Representantes da direção do hospital e da Prefeitura do Campus relataram desconhecimento sobre o funcionamento atual da ETE, sugerindo que a unidade não integra mais o sistema de tratamento efetivo.

O estudo e análise deste documento foi de extrema importância para o entendimento do sistema hidrossanitário e disposição final dos efluentes do hospital, que estariam todos ligados a estação de tratamento de efluentes que consta no projeto, constituída de um sistema de fossa séptica seguido de filtro anaeróbio e posteriormente encaminhada para saída no Igarapé Sapucajuba (Figura 9).

Figura 9 - Estação de tratamento de efluentes abandonada nas margens do Igarapé Sapucajuba



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 18/06/2026 - **Accepted:** 25/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/7n921022
Pages: 1-27

Esses fatores levam a possibilidade e a formulação da hipótese de que os efluentes do HUBFS sejam encaminhados para o sistema de drenagem aos arredores, sendo disposto inadequadamente de forma direta, natural e sem tratamento no Igarapé Sapucajuba (Figura 11) que é tributário do Rio Guamá.

Figura 10 – Localização do Igarapé Sapucajuba na entrada do Portão 04 do Campus Universitário.



Fonte – Coelho, M. I. S (2025).

Dessa forma, além da proposta da BET, uma revitalização do sistema já existente entra como uma opção viável de proposta para tratamento de efluentes do HUBFS. Segundo Emmanuel (2005), o efluente hospitalar pode apresentar os seguintes tipos de risco para o ser humano e ao meio ambiente: risco microbiológico ou infeccioso: associado à existência de microrganismos patógenos multirresistentes; risco radioativo: resultante da presença de liberações contendo radioisótopos; risco químico: devido à resíduos de medicamentos e outras substâncias químicas (desinfetantes e derivados). No entanto, neste estudo foram avaliados apenas parâmetros gerais físico-químicos e microbiológicos, não tendo sido investigados fármacos, resistência antimicrobiana, radioisótopos ou outros contaminantes hospitalares específicos.

5.5 Estimativa de consumo de água e vazão de esgoto

Dados fornecidos pelo setor de infraestrutura do HUBFS indicam consumo diário de água na faixa de 64.000 a 70.000 L/dia, em média, considerando o período de 2024–2025. Adotando o coeficiente de retorno de 80% (Von Sperling, 2005), estima-se vazão de esgoto na ordem de 51.000 a 56.000 L/dia (≈54 m³/dia).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 18/06/2026 - **Accepted:** 25/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/7n921022
Pages: 1-27

Essa estimativa é preliminar, baseada em consumo medido por hidrômetros e registros internos, e não substitui a medição direta de vazão afluente à ETE. Para fins de diagnóstico e dimensionamento exploratório, contudo, oferece indicador razoável da magnitude do volume de efluentes gerados diariamente.

A utilização da água nas unidades de saúde apresenta uma faixa de 400 a 1200 litros por dia por leito, conforme articulado por Gautama et al., (2007). Esse número se alinha estreitamente com a avaliação fornecida por Emmanuel et al., (2009) para países em desenvolvimento, que se aproxima de um consumo diário de 500 litros. Esse consumo elevado, em contraste com o uso doméstico médio de aproximadamente 100 litros per capita por dia, contribui significativamente para a geração de volumes substanciais de efluentes nessas instituições (Emmanuel et al., 2009).

De acordo com Von Sperling (2005), a produção de esgotos corresponde aproximadamente ao consumo de água, dessa forma a fração de água fornecida que adentra o sistema na forma de esgoto é denominada coeficiente de retorno, o valor usual utilizado é 80%. Sendo assim com o consumo de água do sistema, é possível obter que 80% desse valor seja igual ao coeficiente de retorno (esgoto que adentra o sistema de coleta). Com base nas revisões bibliográficas pesquisadas e os dados obtidos no setor estrutural do HUBFS obteve- se a vazão de uso de água/dia e posteriormente a vazão de esgoto/dia.

Nesta perspectiva com esses dados mensurados foi possível fazer a proposta para a construção de uma BET e a proposta de reforma da ETE existente, ambas com o objetivo de dispor adequadamente os efluentes, mitigando possíveis impactos e contaminações ao meio ambiente aquático e externo ao HUBFS.

5.6 Qualidade dos efluentes (Pontos 1 e 2 – CX-1 e CX-2)

Nos pontos CX-1 e CX-2, pH, P-total e OD apresentaram valores dentro de faixas compatíveis com padrões gerais de lançamento (CONAMA 430/2011), com pH entre 6,37 e 6,63 e OD em torno de 5,0–5,1 mg/L. No entanto, como se trata de efluente antes de tratamento, o OD não deve ser interpretado como critério de conformidade legal, e sim como indicador da condição da massa líquida afluente.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 18/06/2026 - **Accepted:** 25/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/7n921022
Pages: 1-27

A DBO mostrou-se elevada: 332 mg/L em CX-1 e 101 mg/L em CX-2, ambos acima do limite de 60 mg/L estabelecido pela Resolução CONAMA 430/2011 para lançamento em corpos receptores, evidenciando forte carga orgânica não tratada. A DQO variou entre 201 e 372 mg/L, valores compatíveis com a faixa descrita por Verlicchi et al. (2010) para efluentes hospitalares brutos (≈170–500 mg/L).

A relação DQO>DBO nos três pontos sugere presença de fração relevante de matéria orgânica não biodegradável ou de difícil degradação, possivelmente associada a compostos orgânicos persistentes, detergentes, desinfetantes ou resíduos de fármacos, em linha com a literatura sobre efluentes hospitalares (Emmanuel et al., 2005; 2009).

As relações entre a DBO/DQO na pesquisa atual, foram de aproximadamente 0,89 no CX-1 e 0,88 no CX-2. Relações superiores a 0,5 são geralmente associadas à presença predominante de matéria orgânica biodegradável, indicando potencial para aplicação de processos biológicos de tratamento. Desse modo, os resultados sugerem que uma parcela considerável da matéria orgânica presente nos efluentes pode ser removida biologicamente, embora a definição do sistema mais adequado dependa de estudos complementares de vazão, carga e variação temporal.

A condutividade elétrica dos efluentes (1.149 µS/cm em CX-1 e 1.285 µS/cm em CX-2) indica alta carga iônica. Embora não exista limite normativo para CE na CONAMA 430/2011, valores superiores a 1.000 µS/cm são interpretados, na literatura técnica, como indicativos de significativa presença de sais e substâncias dissolvidas (Von Sperling, 2009), reforçando o caráter impactante desses efluentes sobre corpos receptores mais diluídos.

O Quadro 1 apresenta os resultados obtidos nos pontos CX-1 e CX-2, acompanhados de suas respectivas indicações técnicas.

Quadro 1 -Caracterização dos efluentes brutos coletados nas caixas de inspeção CX-1 e CX-2

Parâmetro	Unidade	CX-1	CX-2	Indicação técnica
Condutividade elétrica	µS/cm	1.149	272	Presença de íons dissolvidos
$DBO_{5,20}$	mg O_2/L	332	176	Alta carga orgânica biodegradável
DQO	mg O_2/L	372	201	Presença de matéria oxidável
Fósforo total	mg/L	0,48	0,03	Nutriente presente no efluente

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 18/06/2026 - **Accepted:** 25/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/7n921022
Pages: 1-27

Parâmetro	Unidade	CX-1	CX-2	Indicação técnica
Oxigênio dissolvido	mg O_2/L	5,0	5,1	Dado complementar de caracterização
pH	adimensional	6,63	6,37	Faixa compatível com efluente sanitário
Coliformes fecais	NMP/100 mL	>2.400	>2.400	Elevada contaminação fecal

Fonte - Dados da pesquisa (2025).

5.7 Qualidade da água superficial no Igarapé Sapucajuba (Ponto 3)

No ponto de água superficial do Igarapé Sapucajuba, os valores de pH (6,71), P-total (0,03 mg/L) e OD (5,2 mg/L) foram compatíveis com os requisitos gerais para corpos de água de classe 2 (CONAMA 357/2005). Entretanto, a DBO apresentou valor de 192 mg/L e coliformes termotolerantes excederam 2.400 NMP/100 mL, muito acima dos limites de referência para classe 2 (DBO ≤ 5 mg/L; coliformes termotolerantes ≤ 1.000 NMP/100 mL), evidenciando carga orgânica e microbiológica importante.

Tais resultados são compatíveis com a hipótese de que o igarapé receba contribuições de esgoto bruto ou insuficientemente tratado, possivelmente incluindo efluentes hospitalares, mas a causalidade não pode ser confirmada com base em uma única amostragem pontual, sem pontos a montante e jusante, sem rastreamento hidráulico e sem balanço de massa.

O Quadro 2 apresenta os resultados obtidos no ponto 3 localizado no Igarapé Sapucajuba.

Quadro 2: Caracterização da água superficial coletada no Igarapé Sapucajuba

Parâmetro	Unidade	Ponto 3	Indicação técnica
Condutividade elétrica	µS/cm	199	Presença de íons dissolvidos
$DBO_{5,20}$	mg O_2/L	192	Elevada carga orgânica em relação à referência para águas doces de Classe 2
DQO	mg O_2/L	261	Presença de matéria oxidável
Fósforo total	mg/L	0,03	Abaixo da referência para ambiente lótico de Classe 2
Oxigênio dissolvido	mg O_2/L	5,2	Acima do valor mínimo estabelecido para Classe 2
pH	adimensional	6,71	Dentro da faixa estabelecida para Classe 2
Coliformes fecais	NMP/100 mL	>2.400	Acima da referência numérica para coliformes termotolerantes em comparação pontual

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 18/06/2026 - **Accepted:** 25/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/7n921022
Pages: 1-27

5.7 Coliformes termotolerantes e risco microbiológico

Em todos os pontos, os valores de coliformes termotolerantes foram superiores a 2.400 NMP/100 mL, característicos de esgoto *in natura* e incompatíveis com padrões tanto de lançamento quanto de qualidade de corpo hídrico. Embora o estudo não tenha incluído análise de *Escherichia coli*, enterococos ou perfil de resistência antimicrobiana, a literatura reforça que efluentes hospitalares podem transportar microrganismos patogênicos e multirresistentes (Emmanuel et al., 2009), o que torna prioritária a implantação de tratamento adequado e a ampliação futura da avaliação microbiológica.

5.8 Avaliação das alternativas de tratamento

5.8.1 Bacia de Evapotranspiração (BET) – análise de inviabilidade

Com base em modelos consolidados de BET utilizados para efluentes sanitários domésticos, considerou-se capacidade média de 200 L/dia por unidade BET e área mínima de 2 m² por módulo. Para a vazão estimada de ≈54 m³/dia do HUBFS, seriam necessários cerca de 270 módulos, ocupando área aproximada de 540 m², sem considerar margens de segurança, acessos e infraestrutura complementar.

Para confirmar a inviabilidade do uso desse sistema devido ao grande volume de efluente gerado e carga orgânica foi montado um dimensionamento. Além disso foi estudado e avaliado que esses sistema é adotado em diferentes lugares do Brasil majoritariamente em residências e comunidades pequenas ,estudos e avaliações apontam que a bacia só é capaz de tratar efluentes sanitários, no entanto o efluente hospitalar pode carregar contaminantes perigosos (medicamentos, patógenos, resíduos, material de limpeza), dessa forma para aplicação desse sistema deveria haver uma separação dos resíduos gerados, reforçando mais um fator de inviabilidade técnica.

O dimensionamento gerado foi:

a) volume de esgoto produzido=54m3/dia

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 18/06/2026 - **Accepted:** 25/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/7n921022
Pages: 1-27

b) capacidade de tratamento por módulo (BET padrão): 200 L/dia→0,2 m^3/dia
c) número de módulos necessários: 54.000/200 = Aprox. 270 módulos
d) área necessária: 270 x 2 = 540 m^2

Esse dimensionamento utilizou os tamanhos padrões mínimos para a implementação de uma bacia de evapotranspiração, conclui se que apesar da viabilidade econômica e ecológica do sistema ele se apresenta viável somente em residências pequenas e comunidades. Na prática para ser aplicado em hospitais como o HUBFS ele se torna inviável e ineficiente por motivos de necessidade de grande área de implementação, possível ineficácia no tratamento de contaminantes perigosos, e grande quantidade de módulos de tratamento. Dessa forma a bacia de evapotranspiração não se aplica como um sistema de tratamento de efluentes viável para o HUBFS, para aplicação de tratamento ecológicos como esse é necessário propor mais estudos de viabilidade técnica e divisão categórica dos efluentes gerados, além de ampliação de espaço disponível e maior conhecimento sobre a composição do esgoto gerado. Devido a inviabilidade não foi gerado planilha orçamentária de implementação desse sistema

Além do aspecto espacial, a aplicação da BET a efluentes hospitalares apresenta limitações adicionais: (a) a tecnologia foi concebida para esgotos sanitários de residências ou pequenas comunidades, com composição menos complexa; (b) a presença de fármacos, desinfetantes e outros contaminantes emergentes pode comprometer a segurança sanitária do sistema; (c) a operação em ambiente fechado exige rigoroso controle para evitar disseminação de microrganismos patogênicos; e (d) a necessidade de manutenção adequada, incluindo manejo da biomassa vegetal, é elevada.

Diante dessas questões, a análise conduzida neste trabalho posiciona a BET como alternativa preliminarmente inviável para o cenário específico do HUBFS, não devendo ser considerada como solução principal para efluentes hospitalares de alta vazão, salvo em estudos futuros muito mais detalhados de viabilidade técnica e sanitária.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 18/06/2026 - **Accepted:** 25/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/7n921022
Pages: 1-27

5.8.2 Revitalização da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE)

A ETE existente, projetada com fossa séptica seguida de filtro anaeróbio, foi construída originalmente para tratar os efluentes do HUBFS, mas encontra-se desativada. Sistemas desse tipo, quando adequadamente dimensionados e operados, podem proporcionar remoção significativa de DBO e de sólidos em suspensão (Jordão; Pessôa, 2011; ABNT NBR 13969, 1997).

No presente estudo, não foi possível realizar levantamento completo das dimensões, volume útil, integridade estrutural, nível de assoreamento e eficiência operacional da ETE. Ainda assim, a existência dessa infraestrutura oferece uma oportunidade de pré-viabilidade para retomada do tratamento, desde que seja conduzido um diagnóstico técnico detalhado, incluindo:

- inspeção estrutural da fossa séptica e do filtro anaeróbio;
- ensaios de estanqueidade e verificação de infiltrações;
- avaliação da capacidade hidráulica frente à vazão atual estimada;
- análise de carga orgânica admissível e eficiência esperada;
- definição de rota de tratamento complementar (por exemplo, desinfecção por cloração ou UV);
- planejamento do manejo de lodo, operação e manutenção.

Com base em planilha orçamentária preliminar elaborada por empresa de engenharia, estimou-se custo de revitalização da ordem de R$ 374.511,93, contemplando serviços de demolição parcial, reforma, readequação hidrossanitária e urbanização do entorno. Esse valor deve ser interpretado como estimativa inicial, sujeita a revisão após projeto executivo detalhado. O orçamento apresentado acima demonstra só um resumo da planilha orçamentária, sem a descrição de detalhes do orçamento e serviços prestados, a planilha orçamentária completa será enviada em anexo separado junto ao relatório. O orçamento foi realizado somente para reforma do sistema comum - fossa e filtro que contribui em parte do tratamento, porém novas etapas no processo e novas tecnologias podem ser adicionados ao sistema, e posteriormente atualizados no orçamento.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 18/06/2026 - **Accepted:** 25/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/7n921022
Pages: 1-27

6. Proposta de plano de monitoramento dos efluentes

Embora a presente pesquisa científica tenha caráter de diagnóstico exploratório com amostragem pontual, os resultados obtidos indicam a necessidade de implantação de um plano estruturado de monitoramento de efluentes no HUBFS, integrado à rotina de gestão ambiental hospitalar. Sugere-se a elaboração de um plano com os seguintes elementos básicos:

- Pontos de monitoramento: CX-1, CX-2, afluente e efluente da ETE (após revitalização), e pelo menos dois pontos no Igarapé Sapucajuba (montante e jusante da descarga presumida).
- Frequência: monitoramento mensal no primeiro ano de operação do sistema de tratamento, com possibilidade de ajuste posterior para frequência trimestral, conforme desempenho.
- Parâmetros: pH, CE, DBO, DQO, OD, P-total, coliformes termotolerantes, *E. coli* e, em etapa futura, indicadores de micropoluentes (fármacos selecionados) e resistência antimicrobiana.
- Procedimentos: coleta seguindo normas APHA, preservação adequada, envio a laboratório acreditado e registro sistemático em banco de dados institucional.
- Limites de alerta: estabelecidos com base na legislação vigente (CONAMA 430/2011; CONAMA 357/2005; Portaria SEMAS nº 999/2021) e em metas internas de desempenho.
- Ações corretivas: definição de respostas operacionais em caso de ultrapassagem de limites, incluindo manutenção de unidades da ETE, ajuste de dosagem de desinfetante e revisão do sistema.

O sistema de monitoramento de efluentes hospitalares se apresenta como ferramenta fundamental para a gestão ambiental responsável das unidades hospitalares. Combinando análises laboratoriais periódicas e tecnologia de sensores para monitoramento em tempo real, esse sistema assegura a conformidade dos parâmetros físicos, químicos e biológicos dos efluentes com as legislações ambientais vigentes. A eficácia do monitoramento reflete diretamente na

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 18/06/2026 - **Accepted:** 25/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/7n921022
Pages: 1-27

qualidade do tratamento aplicado, garantindo a remoção eficiente dos contaminantes e minimizando os riscos ambientais (Abreu, 2008).

Além do aspecto técnico, a implementação de sistemas integrados de monitoramento e tratamento em hospitais universitários desempenha papel importante na responsabilidade socioambiental e na produção de conhecimento. Como centros de ensino e pesquisa, esses hospitais têm potencial para desenvolver soluções inovadoras que podem ser replicadas em outras unidades, além de formar profissionais capacitados em gestão de efluentes hospitalares em conformidade com as normas ambientais e sanitárias. Tal atuação contribui significativamente para a redução dos impactos negativos e para a promoção da saúde pública (Coelho, 2025; Brasil, 2018)

Concluindo, a revitalização da ETE existente é apresentada como a solução mais prática e necessária para que a gerência do HUBFS resolva sua descarga de efluentes não tratada. Essa abordagem visa mitigar os impactos ambientais e os riscos à saúde pública restaurando um sistema de tratamento funcional, em vez de implementar uma tecnologia nova e inviável, como a BET, para o contexto específico do hospital.

7. Limitação do estudo

Este estudo apresenta caráter exploratório e foi desenvolvido a partir de uma campanha pontual de amostragem, realizada em um único dia e período. Dessa forma, os resultados representam as condições observadas no momento da coleta e não contemplam possíveis variações diárias, semanais, sazonais, pluviométricas ou relacionadas às diferentes atividades desenvolvidas no hospital. Campanhas realizadas em diferentes dias, horários e períodos hidrológicos poderão ampliar a representatividade da caracterização dos efluentes.

A avaliação do Igarapé Sapucajuba foi baseada em apenas um ponto de água superficial, sem a inclusão de pontos de controle a montante e a jusante. Assim, os resultados permitem identificar alterações na qualidade da água no local amostrado e são compatíveis com a hipótese de possível contribuição de efluentes não tratados,

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 18/06/2026 - **Accepted:** 25/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/7n921022
Pages: 1-27

mas não permitem determinar isoladamente a origem, a extensão espacial ou a participação de outras fontes existentes na área.

A vazão diária de efluentes foi estimada com base no consumo aproximado de água informado pelo setor de infraestrutura e no coeficiente de retorno adotado, não tendo sido realizada medição direta da vazão. Além disso, as análises contemplaram parâmetros físico-químicos e microbiológicos gerais, sem determinação de fármacos, antibióticos, desinfetantes, metais, ecotoxicidade ou indicadores de resistência antimicrobiana. As avaliações da BET, da recuperação da ETE e dos custos de intervenção também possuem caráter preliminar, pois não incluíram projeto executivo, diagnóstico estrutural completo, medição de capacidade hidráulica ou avaliação do desempenho das unidades existentes.

Conjuntamente, esses aspectos situam o trabalho como um diagnóstico exploratório inicial, voltado a levantar evidências concretas sobre a situação dos efluentes e a apontar alternativas de intervenção. Longe de comprometer a pesquisa, o reconhecimento dessas limitações orienta com clareza as etapas futuras, que deverão incluir ampliação da amostragem no tempo e no espaço, medições diretas de vazão, aprofundamento da avaliação microbiológica e análise técnica detalhada da ETE, inclusive quanto ao seu desempenho potencial após revitalização.

8. Conclusão

A caracterização exploratória dos efluentes gerados no Hospital Universitário Bettina Ferro de Souza (HUBFS) e da água superficial do Igarapé Sapucajuba evidenciou a presença de esgoto hospitalar bruto, com elevada carga orgânica e microbiológica. Os valores de DBO e coliformes termotolerantes permaneceram acima dos limites legais em todos os pontos avaliados, enquanto a DQO indicou presença de fração não biodegradável relevante. A condutividade elétrica elevada nos efluentes reforça a presença de sais e compostos dissolvidos típicos de ambiente hospitalar.

No igarapé, embora alguns parâmetros físico-químicos se mantenham em faixas aceitáveis para corpos de água de classe 2, a DBO e os coliformes

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 18/06/2026 - **Accepted:** 25/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/7n921022
Pages: 1-27

termotolerantes apontam para importante impacto antrópico, compatível com aportes de esgoto não tratado ou insuficientemente tratado. Esses resultados, aliados à identificação de uma ETE desativada originalmente projetada para o HUBFS, sustentam a necessidade urgente de medidas de gestão e de investimentos em saneamento ambiental.

A análise preliminar de alternativas de tratamento indica que a Bacia de Evapotranspiração (BET), embora ambientalmente interessante em contextos domésticos de baixa vazão, é inadequada para o cenário de efluente hospitalar de alta vazão e composição complexa. Em contraste, a revitalização da ETE existente apresenta-se como alternativa preliminarmente mais viável do ponto de vista de infraestrutura, desde que acompanhada de diagnóstico técnico detalhado, projeto de adequação à vazão atual, eventual complementação com desinfecção e implementação de rotina de operação e manutenção.

Diante desse quadro, recomenda-se que o HUBFS e a UFPA priorizem: (a) a realização de estudo técnico-executivo da ETE existente; (b) a implantação de sistema de tratamento compatível com os requisitos legais e com a natureza dos efluentes hospitalares; e (c) a instituição de um plano de monitoramento contínuo, capaz de acompanhar a qualidade dos efluentes e dos corpos receptores ao longo do tempo. Tais ações contribuirão para a proteção do Igarapé Sapucajuba, para a melhoria da saúde pública ambiental local e para o fortalecimento da responsabilidade socioambiental da instituição. Neste contexto, se faz necessário investimentos no tratamento do efluente gerado na referida unidade, buscando-se melhorar a qualidade de vida da população e mitigação de impactos negativos sobre o recurso hídrico receptor e a saúde pública local.

Este estudo apresenta algumas limitações metodológicas que precisam ser explicitadas, sem comprometer a relevância dos achados da pesquisa. A caracterização baseou-se em uma campanha pontual de amostragem, com três amostras, o que não permite avaliar a variabilidade temporal dos efluentes nem das condições do corpo hídrico. A vazão de esgoto foi estimada indiretamente a partir do

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 18/06/2026 - **Accepted:** 25/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/7n921022
Pages: 1-27

consumo de água e do coeficiente de retorno proposto por Von Sperling, não havendo nesta etapa, medições diretas de vazão afluente à ETE.

Do ponto de vista microbiológico, a análise concentrou-se em coliformes termotolerantes, sem inclusão de *E. coli* ou de outros indicadores específicos de efluentes hospitalares, o que limita a avaliação detalhada do risco sanitário. Além disso, a amostragem em água superficial foi realizada em um único ponto no Igarapé Sapucajuba, sem pontos a montante e jusante, restringindo a capacidade de atribuir, de forma quantitativa, a contribuição relativa de diferentes fontes de poluição.

Por fim, a ETE existente foi apenas inspecionada de forma preliminar, sem um diagnóstico estrutural completo (dimensões, volume útil, integridade, assoreamento, eficiência prevista), o que impede recomendações conclusivas sobre sua capacidade de tratamento nas condições atuais.

Referências

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WATER ENVIRONMENT FEDERATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21. ed. Washington, DC: APHA, 2005.

ARENDA, R. G.; HENKES, J. A. Efluentes hospitalares: avaliação da forma de disposição dos efluentes hospitalares em quatro municípios da região do Vale dos Sinos, no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 2, n. 2, p. 263-308, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969**: tanques sépticos – unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

BERTO, J.; ROCHENBACH, G. C.; BARREIROS, M. A. B.; CORREA, A. X. R.; PELUSO-SILVA, S.; RADETSKI, C. M. Physico-chemical, microbiological and ecotoxicological evaluation of a septic tank/Fenton reaction combination for the treatment of hospital wastewaters. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 72, p. 1076-1081, 2009.

BITTENCOURT, A. C. W. de O. **Análise da percepção dos moradores a respeito da importância do tratamento de esgoto, e proposta de projeto de dimensionamento de tratamento de esgoto no distrito de Topázio em Teófilo**

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 18/06/2026 - **Accepted:** 25/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/7n921022
Pages: 1-27

Otoni – MG. 2018. Tese (Doutorado) – Centro Universitário Uni Doctum, Teófilo Otoni, 2018.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 222, de 28 de março de 2018**. Dispõe sobre o regulamento para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 29 mar. 2018. Disponível em:. Acesso em: 29 maio 2026.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Disponível em: https://www1.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcda_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf. Acesso em: 29 maio 2026.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementando a Resolução CONAMA nº 357/2005. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 16 maio 2011. Disponível em: https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=226082. Acesso em: 29 maio 2026.

CEZIMBRA, R. A. da S. **Estudo de efluentes hospitalares: caso Hospital Santa Casa de Misericórdia de São Lourenço do Sul**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015. Disponível em: https://wp.ufpel.edu.br/esa/files/2015/12/TCC-Renata-Cezimbra.pdf. Acesso em: 29 maio 2026.

COELHO, M. S. C. **Avaliação do impacto de um projeto de extensão em educação ambiental na percepção de estudantes de Arquitetura e Urbanismo e moradores do entorno do rio Sapucajuba**. 2025. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2025.

CRISPIM, J. de Q.; ATHAYDES, T. V. S.; CANDIOTTO, L. Z. P. **Sistema de tratamento de esgoto modelo bacia de evapotranspiração (BET)**. Campo Mourão: Fecilcam, 2019.

EMMANUEL, E. et al. Ecotoxicological risk assessment of hospital wastewater: a proposed framework for raw effluents discharging into urban sewer networks. **Journal of Hazardous Materials**, v. 117, n. 1, p. 1-11, 2005.

EMMANUEL, E.; PIERRE, M. G.; PERRODIN, Y. Groundwater contamination by microbiological and chemical substances released from hospital wastewater: health risk assessment for drinking water consumers. **Environment International**, v. 35, p. 718-726, 2009.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 18/06/2026 - **Accepted:** 25/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/7n921022
Pages: 1-27

GAUTAMA, A. K.; KUMAR, B.; SABUMON, P. C. Preliminary study of physico-chemical treatment options for hospital wastewater. **Journal of Environmental Management**, v. 83, p. 298-306, 2007.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 6. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2011.

MACHADO, H. S. et al. Estudo sobre o uso de bacia de evapotranspiração como alternativa para tratamento de efluentes. In: **CONGRESSO SUL-AMERICANO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E SUSTENTABILIDADE (CONRESOL), 3., 2020**. Disponível em: https://www.ibeas.org.br/conresol/conresol2020/XII-008.pdf. Acesso em: 29 maio 2026.

PAIVA, C. H. A. João de Barros Barreto: um construtor do debate organizacional em saúde no Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 26, n. 8, p. 3245-3254, 2021. DOI: 10.1590/1413-81232021268.16842020.

PARÁ. **Lei nº 5.887, de 9 de maio de 1995**. Dispõe sobre a Política Estadual do Meio Ambiente. Diário Oficial do Estado do Pará, Belém, PA, 1995.

PARÁ. **Lei nº 9.048, de 19 de maio de 2020**. Altera a Lei Estadual nº 5.887/1995 – Código Estadual de Meio Ambiente. Diário Oficial do Estado do Pará, Belém, PA, 2020. Disponível em: https://www.alepa.pa.gov.br/. Acesso em: 29 maio 2026.

PARÁ. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade. **Portaria nº 999, de 19 de julho de 2021**. Estabelece diretrizes para o controle ambiental de efluentes líquidos no âmbito do Estado do Pará. Belém, PA, 2021. Disponível em: https://www.semas.pa.gov.br/. Acesso em: 29 maio 2026.

PIGOZZO, C. **Caracterização do efluente hospitalar produzido em dois hospitais da cidade de Porto Alegre/RS**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

SEVERO, E. A. **Análise do gerenciamento ambiental nos Hospitais de Caxias do Sul – RS**. 2012. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2012.

TAVARES, A. Gestão do risco não clínico. In: SOUSA, P.; MENDES, W. (Org.). **Segurança do paciente: conhecendo os riscos nas organizações de saúde**. 2. ed. Rio de Janeiro: CDEAD; ENSP; Editora Fiocruz, 2019. p. 335-389.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 18/06/2026 - **Accepted:** 25/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/7n921022
Pages: 1-27

VERLICCHI, P.; GALLETTI, A.; PETROVIĆ, M.; BARCELÓ, D. Hospital effluents as a source of emerging pollutants: an overview of micropollutants and sustainable treatment options. **Journal of Hydrology**, v. 389, p. [inserir páginas], 2010.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2005.