

CAPÍTULO 15

ANÁLISE INTERDISCIPLINAR DAS CONDIÇÕES DE SANEAMENTO BÁSICO E PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS DOS EFLUENTES DA RUA SÃO GERALDO, SÁ VIANA, SÃO LUÍS – MA



<https://doi.org/10.22533/at.ed.6031225230515>

Data de submissão: 16/07/2025

Data de aceite: 22/07/2025

Emanuella Silva de Sousa

Universidade Federal do Maranhão – UFMA, Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia São Luís – Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/7772113866438227>

Juliana de Faria Lima Santos

Universidade Federal do Maranhão – UFMA, Engenharia Ambiental e Sanitária São Luís – Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/1218335380612548>

Alexandre Nava Fabri

Universidade Federal do Maranhão – UFMA
São Luís – Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/4741014436030935>

RESUMO: A bacia hidrográfica do rio Bacanga, situada em São Luís – MA, enfrenta graves problemas ambientais e sanitários em decorrência da urbanização desordenada e da ausência de infraestrutura adequada de saneamento básico. Neste contexto, o presente estudo tem como objetivo avaliar a qualidade microbiológica e físico-química dos efluentes da Rua São Geraldo, localizada no bairro Sá Viana, por meio da análise dos parâmetros

físico-químicos como pH, turbidez e dos microbiológicos como coliformes totais e *Escherichia coli*. A metodologia baseou-se em coleta de amostras em cinco pontos distintos ao longo da rua, com posterior análise em laboratório, comparando os resultados aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005. Os dados obtidos revelaram contaminação microbiológica significativa em todos os pontos analisados, com destaque para a presença de *E. coli*, confirmando a poluição fecal recente e o risco à saúde pública. Observou-se ainda a precariedade da rede de esgotamento, com fossas sépticas rudimentares e lançamento de esgoto diretamente nos corpos hídricos. A interdisciplinaridade na abordagem permitiu integrar aspectos ambientais, sociais e sanitários, reforçando a urgência de políticas públicas e intervenções estruturais voltadas à promoção da saúde e à proteção ambiental local.

PALAVRAS-CHAVE: saneamento básico, *Escherichia coli*, coliformes, saúde pública, Bacanga, vulnerabilidade, Efluentes.

INTRODUÇÃO

A urbanização desordenada nas cidades brasileiras é uma realidade que segue impactando diretamente a vida das populações e o equilíbrio dos ecossistemas urbanos. Marcado por um crescimento populacional acelerado e, muitas vezes, informal, esse processo ocorre sem o respaldo necessário de políticas públicas e sem os investimentos mínimos em infraestrutura básica, como abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto, drenagem urbana e manejo de resíduos sólidos (ALMEIDA et al., 2020). O resultado se expressa na degradação ambiental, na proliferação de doenças, no agravamento das desigualdades sociais e em cotidianos marcados pela vulnerabilidade (FABRI et al., 2018).

Na cidade de São Luís, capital do Maranhão, essa situação se torna ainda mais visível em bairros periféricos como o Sá Viana, localizado na zona norte do município. Trata-se de uma região com elevado adensamento populacional, baixa qualidade urbanística e ausência de planejamento territorial. Inserido na bacia hidrográfica do rio Bacanga — uma das mais relevantes da capital —, o bairro convive há décadas com pressões ambientais provocadas pela ocupação irregular de áreas sensíveis, pelo despejo de esgoto doméstico sem tratamento e pelo descarte de resíduos sólidos às margens de cursos d’água (SOARES et al., 2021).

A Rua São Geraldo, localizada no interior do bairro, expressa de forma contundente os efeitos da negligência do planejamento urbano. Sem acesso à rede de esgotamento sanitário, muitas residências recorrem a fossas rudimentares, e em diversos casos, os dejetos são lançados diretamente em valas abertas ou nos corpos hídricos da região (FABRI et al., 2018). A inexistência de um sistema de drenagem eficiente agrava ainda mais essa realidade. Durante as chuvas, a água contaminada com esgoto retorna às casas, colocando em risco a saúde dos moradores, especialmente os mais vulneráveis, como crianças e idosos.

Essa precariedade sanitária, somada ao descarte irregular de lixo, cria condições ideais para a proliferação de vetores como mosquitos, ratos e baratas. Doenças como leptospirose, hepatite A, dengue, chikungunya e esquistossomose passam a fazer parte do cotidiano de quem vive nesses territórios (NOGUEIRA et al., 2019). Mais do que uma crise de infraestrutura, esse cenário revela um quadro profundo de invisibilidade social e injustiça ambiental, onde a negação de direitos básicos impõe barreiras à dignidade e à qualidade de vida (ALMEIDA et al., 2020).

Nesse contexto, avaliar a qualidade da água torna-se uma ferramenta essencial para diagnosticar os impactos da ausência de saneamento sobre a saúde pública e dos recursos hídricos urbanos. Parâmetros microbiológicos como coliformes totais e *Escherichia coli* são amplamente utilizados como indicadores de contaminação fecal, servindo de base para classificações e controle de qualidade, conforme estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005. Esta norma define limites para substâncias e microrganismos presentes na água, considerando seus diferentes usos – desde o consumo humano até a preservação ambiental.

Dante disso, o presente estudo tem como objetivo analisar, de forma interdisciplinar, a relação entre as condições de saneamento básico e a qualidade microbiológica das águas na Rua São Geraldo. A pesquisa propõe articular conhecimentos da saúde pública, das ciências ambientais e das ciências sociais, buscando compreender os múltiplos fatores que moldam essa realidade. Mais do que apresentar dados, a proposta é construir um diagnóstico técnico e social que contribua com políticas públicas mais justas e eficazes, voltadas à promoção da saúde coletiva, à conservação ambiental e à redução das desigualdades nas periferias urbanas de São Luís.

REVISÃO DE LITERATURA

Saneamento básico e saúde pública

O saneamento básico é, sem dúvida, um dos pilares fundamentais para garantir a saúde pública e a qualidade de vida nas cidades. Não se trata apenas de uma infraestrutura técnica, mas de um direito humano essencial que, quando ausente ou negligenciado, expõe comunidades inteiras a riscos sanitários persistentes. Como apontam Almeida et al. (2020), a falta de acesso a serviços de abastecimento de água potável, coleta e tratamento de esgoto, manejo de resíduos sólidos e drenagem urbana aprofunda a vulnerabilidade de populações que já enfrentam exclusão social e precariedade urbana — especialmente nas periferias dos centros urbanos.

Esse cenário impacta diretamente a saúde coletiva. A Organização Mundial da Saúde estima que, em 2019, aproximadamente 1,4 milhão de mortes poderiam ter sido evitadas com acesso adequado à água potável, ao saneamento e à higiene. Desse total, cerca de 69% foram causadas por doenças diarreicas diretamente relacionadas à contaminação da água (OMS, 2019). Esses dados demonstram que a precariedade nos serviços de saneamento ainda representa uma das principais ameaças à saúde pública, especialmente em países em desenvolvimento. No Brasil, essa realidade se expressa nas desigualdades estruturais entre diferentes regiões da mesma cidade. Dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2022) mostram que milhões de brasileiros ainda vivem sem coleta de esgoto e, em muitos casos, consomem água sem o tratamento necessário.

Em São Luís (MA), essa desigualdade é visível. Estudos como o de Fabri et al. (2018) evidenciam que a cobertura da rede de esgoto está majoritariamente concentrada nas áreas centrais da cidade, deixando bairros periféricos como o Sá Viana à margem das ações de planejamento e investimento público. Essa disparidade territorial configura uma expressão clara de injustiça ambiental e sanitária, onde os direitos mais básicos são negados a parcelas significativas da população.

Além da infraestrutura deficiente, o contato cotidiano com águas contaminadas, a ausência de políticas educativas e o descarte irregular de esgoto em ambientes naturais mantêm essas comunidades em um ciclo contínuo de exposição a doenças. Soares et al. (2021) destacam que as condições sanitárias observadas em bairros inseridos na bacia do Bacanga estão diretamente ligadas à incidência de doenças tropicais negligenciadas e ao comprometimento da saúde coletiva.

Reconhecer o saneamento básico como um direito e não apenas como um serviço técnico é essencial para promover cidades mais justas. Investir nesse setor significa não apenas evitar doenças, mas também garantir dignidade, reduzir desigualdades históricas e avançar em direção a um modelo de desenvolvimento urbano mais sustentável e equitativo (Almeida et al., 2020).

Indicadores microbiológicos e qualidade da água

A análise microbiológica da água é uma ferramenta essencial para avaliar a segurança sanitária de ambientes expostos à contaminação por esgoto doméstico. Em áreas urbanas periféricas, onde a infraestrutura de saneamento básico é ausente ou precária, o monitoramento da qualidade da água torna-se ainda mais relevante, sobretudo pela exposição direta da população a corpos hídricos contaminados.

Segundo os parâmetros estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021 (BRASIL, 2021) e os padrões metodológicos descritos no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005), os coliformes totais, os coliformes termotolerantes e a *Escherichia coli* são amplamente utilizados como indicadores microbiológicos da qualidade da água. Os coliformes totais podem estar presentes em ambientes diversos como solo, vegetação e águas superficiais, e funcionam como alerta inicial de deterioração ambiental. Já os coliformes termotolerantes apresentam maior especificidade para contaminação fecal, por sobreviverem a temperaturas semelhantes às do trato intestinal de animais homeotérmicos. Entre esses indicadores, destaca-se a *E. coli*, reconhecida pela Organização Mundial da Saúde (OMS, 2019) como o marcador mais confiável de contaminação fecal recente, por sua exclusividade intestinal, rápida detecção e forte associação com a presença de patógenos entéricos. A normativa brasileira reforça essa relevância ao exigir a ausência total de *E. coli* em 100 ml de água destinada ao consumo humano, estabelecendo esse parâmetro como critério essencial de potabilidade.

A presença de *E. coli* em corpos d'água, ainda que não destinados à potabilidade, indica risco elevado à saúde pública em contextos onde há contato direto da população com essas águas. Estudo como o de Corrêa e Soares (2020), realizados na bacia hidrográfica do Bacanga, em São Luís – MA, identificaram concentrações elevadas de coliformes termotolerantes e *E. coli* em áreas sem rede de esgoto, associando esses índices à disposição direta de efluentes nos corpos hídricos e ao agravamento da contaminação durante o período chuvoso, quando o escoamento superficial amplia a dispersão dos poluentes.

Portanto, o uso de indicadores microbiológicos deve considerar não apenas os limites legais estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, mas também o contexto de exposição local. Em territórios vulneráveis, como o bairro Sá Viana, onde a água contaminada circula por ruas e invade residências, mesmo concentrações moderadas desses microrganismos representam riscos substanciais. A vigilância sanitária e ambiental precisa, portanto, ir além da conformidade técnica e incorporar critérios de proteção social e de justiça ambiental.

Parâmetros legais e a Resolução CONAMA nº 357/2005

A qualidade da água no Brasil é regulada pela Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), um marco normativo fundamental para a gestão ambiental dos corpos hídricos. Essa resolução estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas, define seus usos preponderantes e delimita os padrões máximos permitidos para diversos parâmetros físicos, químicos e biológicos.

Segundo a norma, os corpos de água doce são enquadrados em cinco classes principais: Especial, 1, 2, 3 e 4. Dentre elas, a Classe 2 tem grande relevância para áreas urbanas como a bacia hidrográfica do rio Bacanga, em São Luís – MA, pois contempla múltiplos usos, incluindo o abastecimento público com tratamento convencional, recreação de contato secundário, irrigação de hortaliças e criação de animais. Para essa categoria, os limites estabelecidos incluem:

- pH entre 6,0 e 9,0;
- Turbidez de até 100 NTU;
- Concentração de *Escherichia coli* inferior a 1.000 NMP/100 ml.

A resolução também orienta que a interpretação da qualidade da água considere seu uso efetivo e o enquadramento legal do corpo hídrico. Isso significa que, mesmo quando os parâmetros estão dentro dos limites permitidos, a presença contínua de microrganismos como *E. coli* pode indicar uma situação crônica de contaminação — especialmente preocupante em locais com contato humano direto, como córregos urbanos, valas a céu aberto e áreas de alagamento.

Estudos realizados por Soares et al. (2021) na bacia do Bacanga revelam que muitos pontos de coleta em áreas densamente ocupadas apresentavam níveis de coliformes fecais superiores aos valores estabelecidos pela Resolução, evidenciando não apenas a poluição hídrica, mas também a persistente ausência de políticas efetivas de saneamento. Nesse sentido, embora a Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005) seja uma ferramenta essencial para orientar diagnósticos e promover ações corretivas, sua eficácia depende de uma rede de monitoramento ambiental ativa, com coletas regulares, análises laboratoriais confiáveis e, principalmente, articulação com políticas públicas que atuem sobre as causas estruturais da contaminação.

Mais do que uma referência normativa, a resolução deve ser compreendida como parte de um esforço contínuo para garantir o uso sustentável dos recursos hídricos, proteger populações vulneráveis e promover justiça ambiental.

Urbanização periférica e vulnerabilidade sanitária

A expansão urbana no Brasil tem ocorrido, historicamente, de forma desigual e excludente, empurrando populações de baixa renda para áreas periféricas desprovidas de infraestrutura básica. São territórios marcados pela ocupação informal, pelo descaso institucional e por riscos ambientais significativos — muitos deles localizados em encostas, margens de rios ou baixadas frequentemente sujeitas a alagamentos. Esse padrão de urbanização revela uma lógica perversa, na qual a cidade se expande à custa da vulnerabilidade de quem vive à margem (Almeida et al., 2020).

Em São Luís – MA, essa realidade se repete em diversos bairros, principalmente naqueles localizados no entorno da bacia do rio Bacanga, como Sá Viana, Coroadinho, Salinas do Sacavém e Vila Embratel. De acordo com Soares et al. (2021), essas áreas concentram altos índices de vulnerabilidade ambiental e social, apresentando graves deficiências em saneamento, drenagem e coleta de resíduos sólidos. O crescimento urbano nessas regiões se deu de forma acelerada e sem planejamento, resultando em assentamentos precários, muitos deles não reconhecidos formalmente pelo poder público, o que dificulta ainda mais a implementação de políticas estruturantes.

A situação vivida na Rua São Geraldo, no bairro Sá Viana, é um retrato claro desse processo. Sem rede pública de esgotamento sanitário, os moradores são obrigados a recorrer a soluções improvisadas, como fossas mal construídas, sumidouros e, frequentemente, o despejo direto dos efluentes em valas e córregos. Além da contaminação direta dos corpos d’água, essas práticas afetam o solo e expõem a população ao risco constante de infecções e doenças, especialmente crianças, idosos e pessoas com baixa imunidade (Nogueira et al., 2019).

Fabri et al. (2018) ressaltam que a urbanização desordenada, somada à ausência de ações integradas de saneamento e infraestrutura, tem como consequência direta a degradação dos recursos hídricos e o aumento de doenças associadas ao consumo e contato com água contaminada. Mesmo em áreas que contam com algum nível de abastecimento de água potável, a inexistência de coleta e tratamento de esgoto continua representando um fator crítico de risco sanitário.

A vulnerabilidade sanitária das periferias urbanas, portanto, não é resultado apenas da precariedade física do ambiente, mas também de uma exclusão sistêmica e histórica. Os moradores enfrentam barreiras para acessar serviços públicos, educação, saúde e moradia digna — e vivem em uma constante exposição a riscos biológicos e ambientais, frequentemente negligenciados pelo Estado. Trata-se de uma expressão concreta da desigualdade socioespacial que estrutura a dinâmica urbana brasileira (Almeida et al., 2020).

Compreender essa relação entre urbanização periférica, ausência de saneamento e vulnerabilidade é essencial para a formulação de políticas públicas que realmente respondam às necessidades desses territórios. Uma abordagem interdisciplinar, que articule dados ambientais, sociais e epidemiológicos, é capaz de não apenas identificar os fatores de risco, mas também valorizar os saberes e iniciativas locais, fortalecendo as estratégias comunitárias de resistência e reivindicação de direitos (Soares et al., 2021; Nogueira et al., 2019).

Justiça ambiental e desigualdade no acesso ao saneamento

Discutir saneamento básico no Brasil é, inevitavelmente, falar de justiça ambiental. O princípio é simples: todos devem usufruir dos recursos naturais e, ao mesmo tempo, estar protegidos dos impactos negativos da degradação ambiental. Na prática, porém, a distribuição desses benefícios e riscos é profundamente desigual. Almeida et al. (2020) mostram que a precariedade dos serviços de água, esgoto, drenagem e coleta de lixo nas periferias é consequência de um processo histórico de marginalização urbana que recai, sobretudo, sobre populações negras e de baixa renda, marcando o território com determinantes sociais da saúde.

Nesses territórios, a falta de infraestrutura não é apenas um problema técnico; é a negação de direitos fundamentais, como saúde, moradia digna e um meio ambiente equilibrado, previstos no artigo 225 da Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988). No bairro Sá Viana, por exemplo, a ausência de rede de esgoto revela escolhas políticas que priorizam áreas centrais e economicamente valorizadas, relegando as periferias ao abandono. Soares et al. (2021) evidenciam que, na bacia do Bacanga, famílias convivem diariamente com esgoto a céu aberto, alagamentos frequentes e água de qualidade duvidosa — um cenário que perpetua doenças infecciosas negligenciadas e insegurança sanitária.

A lógica é reforçada por Fabri et al. (2018), que identificam um padrão claro de investimentos concentrados nas áreas centrais de São Luís, em detrimento das zonas periféricas. O estudo evidencia que, enquanto bairros centrais recebem redes coletoras e estações elevatórias, as áreas periféricas não contam sequer com fossas sépticas dimensionadas. Dessa forma, comunidades como a da Rua São Geraldo permanecem invisíveis, apesar das denúncias e evidências científicas que comprovam os riscos à saúde pública. Enfrentar essa realidade exige que o saneamento seja reconhecido como instrumento de equidade: políticas e investimentos devem incorporar critérios de reparação histórica e justiça distributiva, priorizando justamente quem mais sofreu — e ainda sofre — com a omissão do Estado (Almeida et al., 2020; Soares et al., 2021).

A relevância da abordagem interdisciplinar

Problemas ambientais e sanitários nas periferias urbanas transbordam qualquer limite disciplinar. Entender por que a água está contaminada na Rua São Geraldo envolve, simultaneamente, saúde coletiva, engenharia sanitária, geografia urbana, sociologia, educação ambiental e planejamento urbano. Só um olhar integrado é capaz de conectar a análise laboratorial de *Escherichia coli* à história da ocupação do solo, às práticas culturais de descarte de resíduos e às políticas — ou à ausência delas — que moldam o território (Soares et al., 2021).

A interdisciplinaridade revela que a contaminação microbólica não é um acidente isolado: é consequência de um modelo urbano excludente, de políticas habitacionais insuficientes e de um racismo ambiental estrutural, que decide quem terá rede de esgoto e quem seguirá exposto a valas a céu aberto (Almeida et al., 2020). Quando os dados técnicos — como pH, turbidez, coliformes totais e *E. coli* — dialogam com o cotidiano dos moradores e com suas reivindicações, a pesquisa ganha potência social: cria-se conhecimento útil para orientar políticas públicas e fortalecer a mobilização comunitária (Soares et al., 2021).

Essa abordagem está alinhada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 das Nações Unidas, especialmente:

- ODS 3, que visa assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos;
- ODS 6, que propõe garantir a disponibilidade e a gestão sustentável da água e do saneamento;
- e o ODS 11, que busca tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis (ONU, 2015).

Assumir uma perspectiva interdisciplinar, portanto, não é apenas uma escolha metodológica; é um compromisso ético. Ao reunir saberes diversos, o estudo sobre a Rua São Geraldo deixa de ser um diagnóstico frio e passa a apontar caminhos concretos para combater a injustiça sanitária e ambiental que persiste nas periferias de São Luís.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

O presente estudo foi conduzido na Rua São Geraldo, situada no bairro Sá Viana, na zona norte de São Luís – MA. Inserida na bacia hidrográfica do rio Bacanga, essa região possui relevância tanto ambiental quanto social para a capital maranhense. O bairro é marcado por uma elevada densidade populacional e pela carência de infraestrutura básica, especialmente em áreas que historicamente se desenvolveram por meio de ocupações informais, muitas delas em zonas ambientalmente frágeis, como margens de córregos e áreas sujeitas a alagamentos.

A realidade da Rua São Geraldo revela um cenário particularmente crítico no que diz respeito ao saneamento. Sem cobertura da rede pública de esgotamento sanitário, a maior parte dos domicílios despeja seus efluentes diretamente em valas a céu aberto ou nos cursos d’água que atravessam a comunidade. Em alguns casos, ainda são utilizadas fossas rudimentares, construídas de forma improvisada e sem manutenção. Durante o período de chuvas, essa fragilidade se agrava: a falta de um sistema eficiente de drenagem faz com que as águas contaminadas transbordem e invadam as casas, ampliando a exposição direta dos moradores — sobretudo crianças e idosos — ao contato com o esgoto (Fabri *et al.*, 2018; Nogueira *et al.*, 2019; Soares *et al.*, 2021).

Estratégia de amostragem

A coleta de dados foi realizada por meio de uma campanha de amostragem de campo em cinco pontos distribuídos ao longo da Rua São Geraldo. Esses pontos foram estrategicamente selecionados com o intuito de captar diferentes condições ao longo da via — como a densidade das edificações, a proximidade com valas de esgoto, além das variações no relevo local. Todos os trechos escolhidos apresentavam algum grau de exposição a águas residuais, o que possibilitou um diagnóstico mais abrangente das condições sanitárias do entorno.

As amostras foram coletadas em sacos estéreis, e mantidas em caixas — até o momento da análise. Todo o processo respeitou um intervalo máximo de 6 horas entre a coleta e o início das análises em laboratório, conforme as recomendações do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005). As atividades de campo foram realizadas durante o período de início da estiagem, o que contribuiu para uma coleta mais controlada, sem a interferência imediata de chuvas.

Parâmetros analisados

Para a avaliação da qualidade da água dos efluentes, foram selecionados quatro parâmetros essenciais:

- pH: medido por meio de eletrodo digital de bancada, devidamente calibrado com soluções tampão padrão de pH 4, 7 e 10;
- Turbidez: determinada por turbidímetro óptico, com resultados expressos em NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez);
- Coliformes totais: quantificados por método de substrato definido, com indicação visual pela coloração vermelha das amostras;
- *Escherichia coli*: identificada no mesmo método, por meio da coloração azul, indicativa da presença da bactéria.

As análises microbiológicas foram realizadas com o uso do kit *Compact Dry EC*, que permite a detecção e quantificação simultânea de coliformes totais e *Escherichia coli*.

por meio de tecnologia cromogênica em placas desidratadas. A metodologia consiste na aplicação de 1 ml da amostra diretamente no centro da placa, seguida de incubação a 35 °C por 24 horas. As colônias de *E. coli* são identificadas pela coloração azul a roxa, enquanto os demais coliformes aparecem em vermelho a rosa. Para maior precisão e padronização dos resultados, foi utilizado um aplicativo específico do fabricante para a contagem automática das colônias, com os resultados expressos em Unidades Formadoras de Colônias (UFC) por ml, com base na diluição visualmente adequada.

Referência normativa

Para análise e interpretação dos resultados, os valores obtidos foram comparados aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005), que regulamenta a classificação dos corpos hídricos no Brasil, conforme seus usos preponderantes — como abastecimento, lazer, irrigação e proteção dos ecossistemas aquáticos.

Como a bacia do rio Bacanga é classificada como Classe 2, os parâmetros de referência adotados foram:

- pH: entre 6,0 e 9,0;
- Turbidez: até 100 NTU;
- *Escherichia coli*: até 1.000 NMP/100 ml.

A partir desses valores, foi possível avaliar a adequação ou não das amostras em relação aos padrões legais e, consequentemente, aos riscos associados à exposição das populações locais.

RESULTADOS

Parâmetros físico-químicos: pH e turbidez

Os resultados obtidos para os parâmetros físico-químicos — pH e turbidez — estão organizados na Tabela 1, a seguir. Esses dados referem-se às amostras coletadas nos cinco pontos distintos ao longo da Rua São Geraldo e permitem observar a variabilidade da qualidade da água em um mesmo território, condicionado por fatores como proximidade com focos de esgoto, disposição de resíduos sólidos e tipo de solo.

Ponto de Coleta	pH	Turbidez (NTU)
Ponto 1	6,39	53,1
Ponto 2	6,13	23,9
Ponto 3	6,08	21,3
Ponto 4	7,02	75,3
Ponto 5	5,85	18,4

Tabela 1 – Resultados de pH e Turbidez nos cinco pontos de amostragem

Fonte: autoria própria, 2025.

Os valores de pH observados nas amostras variaram entre 5,85 e 7,02. Entre os cinco pontos analisados, apenas o Ponto 5 apresentou um valor ligeiramente abaixo do limite mínimo estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005), que define a faixa de 6,0 a 9,0 para águas doces de Classe 2. Esse dado indica uma tendência à acidez no local, o que pode estar relacionado à presença de matéria orgânica em decomposição ou ao despejo de efluentes com pH naturalmente mais ácido — ambos fenômenos comuns em contextos de saneamento precário.

Quanto à turbidez, embora todos os valores tenham permanecido abaixo do limite de 100 NTU definido pela legislação, foi possível identificar níveis consideravelmente elevados em pontos específicos, como no Ponto 4 (75,3 NTU) e no Ponto 1 (53,1 NTU). A turbidez elevada é um indicativo de grande quantidade de partículas em suspensão — como argilas, resíduos vegetais, matéria orgânica e fragmentos de lixo doméstico — e, embora não ultrapasse o limite legal, pode comprometer significativamente a qualidade sanitária da água.

Isso ocorre porque partículas em suspensão funcionam como uma barreira física à penetração da luz solar, reduzindo a ação dos raios ultravioleta, que naturalmente ajudam a eliminar microrganismos presentes na água (APHA, 2005). Além disso, essas partículas podem proteger microrganismos patogênicos aderidos à sua superfície, dificultando processos naturais de desinfecção, como a oxidação atmosférica ou a biodegradação aeróbica (WHO, 2011). Em áreas como a Rua São Geraldo, onde o contato da população com essas águas é direto e cotidiano, a presença de turbidez elevada representa um fator de risco sanitário adicional — especialmente quando combinada à presença comprovada de coliformes fecais (Almeida *et al.*, 2020; Soares *et al.*, 2021)

Parâmetros microbiológicos: Coliformes totais e *Escherichia coli*

A análise microbiológica das amostras coletadas ao longo da Rua São Geraldo revelou um cenário preocupante do ponto de vista sanitário. O método adotado — baseado em substrato definido com leitura por coloração — permitiu identificar visualmente a presença de coliformes totais (coloração vermelha) e da bactéria *Escherichia coli* (coloração azul), com aplicação de diluições seriadas (00 a 03) para garantir a contagem apropriada em cada ponto (Figura 1).



FIGURA 1 - PLACA PONTO 1 COM DILUIÇÕES

Fonte: autoria própria, 2025.

A Tabela 2 apresenta os resultados consolidados para os cinco pontos de coleta. De maneira geral, observou-se a presença expressiva de coliformes totais e *E. coli* em praticamente todas as amostras analisadas, o que confirma a hipótese de contaminação fecal recente nas águas que atravessam ou margeiam a Rua São Geraldo.

Essa contaminação é consistente com a ausência de rede de esgotamento sanitário e com o descarte direto de efluentes domésticos em valas ou córregos locais. Em alguns pontos, como o Ponto 1 e o Ponto 3, a densidade microbiana foi tão alta que a diluição 00 apresentou coloração intensamente azulada, dificultando a contagem precisa devido ao agrupamento das colônias, conforme pode ser observado na figura 2 - o que caracteriza uma condição de “incontável” e reforça a gravidade da contaminação.



FIGURA 2 - PONTO 01 DILUIÇÃO 00; PONTO 03 DILUIÇÃO 00

Fonte: autoria própria, 2025.

A detecção de *E. coli* em todos os pontos representa um alerta importante, uma vez que essa bactéria é um marcador específico de poluição fecal recente, indicando a possível presença de patógenos como vírus entéricos, protozoários e outras bactérias causadoras de doenças infecciosas. Esses microrganismos podem provocar quadros de doenças diarreicas agudas, hepatite A, febre tifoide e parasitoses, especialmente em populações expostas diretamente à água contaminada, como crianças, idosos e pessoas imunodeprimidas.

Portanto, os resultados microbiológicos confirmam que as águas analisadas não apenas descumprem os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005), como também representam um risco real à saúde humana. A presença recorrente de coliformes e *E. coli*, associada à precariedade do saneamento básico e à exposição direta da população, reforça a urgência de ações integradas em políticas públicas de saneamento e saúde ambiental.

Ponto	Diluição	<i>E. coli</i> (azul) (UFC)	Coliformes Totais (vermelho) (UFC)
Ponto 1	D0	Incontáveis	-
	D1	1022	595
	D2	405	1144
	D3	37	319
Ponto 2	D0	183	1862
	D1	13	286
	D2	5	34
	D3	1	4
Ponto 3	D0	444	1013
	D1	95	1319
	D2	23	291
	D3	3	42
Ponto 4	D0	12	1257
	D1	1	218
	D2	0	26
	D3	0	7
Ponto 5	D0	258	1562
	D1	15	185
	D2	2	24
	D3	0	6

Nota: No Ponto 1 – Diluição 00, a concentração de *E. coli* foi tão elevada que impossibilitou a visualização, inviabilizando assim contagem individual de colônias. Por este motivo, as contagens foram registradas a partir da Diluição 01, resultando a partir dela uma concentração significativamente menor do que a amostra original.

Tabela 2 – Contagem de coliformes totais e *E. coli* por diluição (00 a 03) nos cinco pontos de coleta

Fonte: autoria própria, 2025.

Análise dos resultados

A interpretação dos dados microbiológicos evidencia um cenário de elevada contaminação nas águas superficiais da Rua São Geraldo. Em todos os cinco pontos analisados, foi identificada uma alta carga de coliformes totais e *Escherichia coli* já nas diluições iniciais, o que revela um quadro de comprometimento sanitário significativo. A Diluição 00, em especial, apresentou em vários pontos uma concentração tão elevada de microrganismos que inviabilizou a contagem precisa, exigindo diluições sucessivas para possibilitar a visualização das colônias.

O Ponto 1 destacou-se como o mais crítico, com crescimento visível de *Escherichia coli* até a Diluição 03, onde ainda foi possível contabilizar 37 colônias. Esse resultado indica uma contaminação fecal intensa e recente, evidenciando o lançamento direto de esgoto doméstico sem qualquer tipo de tratamento. A ausência de contagem na Diluição 00 reforça a hipótese de saturação microbiológica na amostra original. Um fator adicional observado em campo foi a presença de correnteza mais acentuada nesse ponto, o que pode ter contribuído para o aumento da turbidez registrada (53,1 NTU), uma vez que o fluxo mais forte tende a suspender partículas do fundo, incluindo matéria orgânica e sólidos finos, agravando o aspecto físico da água e dificultando processos naturais de depuração.

O Ponto 3 apresentou comportamento semelhante, com presença significativa de *E. coli* em todas as diluições analisadas. Esse padrão sugere contaminação contínua, provavelmente alimentada por descargas frequentes de efluentes domésticos em valas ou corpos d'água próximos. A persistência das colônias mesmo em amostras mais diluídas indica pouca ou nenhuma atenuação natural da carga bacteriana. Durante a coleta, uma moradora da residência situada em frente ao ponto de amostragem relatou que a fossa séptica de sua casa está localizada na parte frontal do imóvel, em posição muito próxima ao curso do efluente. Essa proximidade evidencia a possibilidade de infiltração e mistura entre os resíduos da fossa e a água superficial, seja por percolação no subsolo, seja pela migração direta de microrganismos do sistema sanitário improvisado para o corpo hídrico.

O Ponto 4, por outro lado, apresentou um quadro mais heterogêneo. Embora tenha registrado uma alta contagem de coliformes totais na amostra original D0 (1.257), os valores de *Escherichia coli* diminuíram mais rapidamente nas diluições subsequentes. Essa diferença pode indicar a presença de contaminação mais antiga ou sujeita a processos de diluição, infiltração ou exposição prolongada ao meio ambiente, o que reduz a viabilidade de bactérias fecais específicas. É importante destacar que este ponto é vizinho a uma lagoa menor, famoso e antigo corpo hídrico que existe na região. Durante a investigação em campo, observou-se que o Ponto 4 está localizado ao lado do quintal de uma residência onde, segundo os moradores, possivelmente se encontra uma fossa séptica. Essa casa compartilha a mesma lagoa com o ponto amostrado, sendo separada apenas por um muro. Os moradores relataram a presença recorrente de mussuns (espécie de enguia) no quintal, vindos do Ponto 5 ou da lagoa maior localizada na rua lateral, o que evidencia a conexão subterrânea ou superficial entre os diferentes pontos de escoamento de efluentes.

Além disso, o ambiente ao redor do Ponto 4 apresenta vegetação densa e é frequentemente utilizado para dessementação e alimentação de animais como gado e cavalos, o que pode alterar a dinâmica local de contaminação por meio da introdução de matéria orgânica e resíduos biológicos. A baixa profundidade do corpo hídrico e sua ampla exposição à radiação solar direta também são fatores relevantes: a maior incidência de luz ultravioleta pode favorecer a redução da carga microbiana, contribuindo para a diminuição mais rápida dos patógenos nas amostras mais diluídas. Essas observações de campo, articuladas aos dados laboratoriais, demonstram como fatores ecológicos, antrópicos e físicos interagem de maneira complexa na manutenção ou mitigação da poluição microbiológica nesse trecho específico.

Já o Ponto 2 mostrou um padrão ainda mais discrepante: apesar do alto número de coliformes totais na amostra inicial D0 (1.862), a contagem de *E. coli* foi bastante reduzida nas diluições seguintes. Essa diferença pode apontar para uma contaminação não necessariamente fecal ou já parcialmente degradada, sem a presença ativa de esgoto fresco, mas ainda representando risco sanitário, sobretudo pela persistência de matéria orgânica e outros contaminantes. Assim como no Ponto 1, o Ponto 2 também apresenta correnteza relativamente intensa, mas, neste caso, o fluxo pode estar atuando de forma distinta: favorecendo a diluição dos poluentes e contribuindo para a dispersão dos microrganismos ao longo do corpo hídrico. A força da corrente pode, portanto, exercer efeitos variados na dinâmica de contaminação — intensificando a suspensão de sólidos em alguns casos e promovendo a diluição da carga bacteriana em outros —, o que reforça a importância de considerar características hidrodinâmicas locais na interpretação dos dados.

Por fim, o Ponto 5 apresentou um quadro igualmente alarmante. Com 258 colônias de *Escherichia coli* e 1.562 coliformes totais na amostra inicial D0, os sinais de contaminação permaneceram evidentes até a Diluição 02, o que confirma a exposição constante da população local a águas altamente patogênicas. Dada a ausência de drenagem e o contato frequente dos moradores com essas águas, os riscos se ampliam, principalmente em períodos de chuva, quando o escoamento superficial contribui para a dispersão e reentrada dos contaminantes nos domicílios.

Durante a etapa de observação em campo, um morador relatou que sua residência possui uma fossa construída pela própria família. No entanto, esclareceu que os demais efluentes domésticos, como águas de pias e tanques, são lançados diretamente no corpo hídrico vizinho. A proximidade imediata da casa com a lagoa grande — que margeia o ponto de coleta — levanta a hipótese de que, mesmo com a presença da fossa, possa haver percolação de efluentes para o solo, culminando na contaminação do corpo d'água por via subterrânea. Além disso, o Ponto 5 caracteriza-se como o local com maior acúmulo visível de resíduos sólidos, incluindo plásticos, restos de alimentos, embalagens e entulho, o que agrava o quadro sanitário e ambiental. Esse acúmulo de lixo compromete ainda mais a qualidade da água e intensifica os riscos biológicos, ao criar um ambiente propício para a proliferação de vetores e a permanência de microrganismos patogênicos.

Do ponto de vista metodológico, a escolha de *Escherichia coli* como indicador microbiológico foi apropriada. Diferente dos coliformes totais, que podem ter origem em ambientes como o solo, vegetação ou água superficial, a *E. coli* é um marcador mais específico de contaminação fecal recente, por estar presente exclusivamente no trato intestinal de animais de sangue quente. A Organização Mundial da Saúde (OMS, 2019) reconhece essa bactéria como o principal indicador de risco microbiológico em água contaminada, dada sua forte associação com a presença de patógenos entéricos como vírus, protozoários e outras bactérias causadoras de doenças de veiculação hídrica. Além disso, a Portaria GM/MS nº 888/2021 estabelece a exigência de ausência total de *E. coli* em 100 mL de água destinada ao consumo humano, o que reforça sua relevância tanto para fins sanitários quanto normativos.

Portanto, mesmo sem a análise de coliformes termotolerantes, os dados obtidos são suficientes para confirmar a presença de esgoto doméstico fresco nas águas da Rua São Geraldo. A associação entre turbidez elevada e altos índices de *E. coli* reforça a hipótese de risco sanitário ampliado, com exposição direta da população a águas potencialmente contaminadas — realidade ainda mais crítica durante os períodos chuvosos, quando há maior mobilização de sedimentos, resíduos e microrganismos patogênicos.

DISCUSSÃO

Os resultados desta pesquisa evidenciam, de maneira contundente, a gravidade da contaminação microbiológica nas águas superficiais da Rua São Geraldo, localizada no bairro Sá Viana, em São Luís (MA). A elevada presença de *Escherichia coli* e coliformes totais, detectada em todos os pontos amostrados — mesmo em diluições sucessivas —, revela um cenário de contaminação fecal ativa e persistente, consequência direta da precariedade no acesso ao saneamento básico.

O Ponto 1, com crescimento bacteriano intenso até a terceira diluição e ausência de leitura possível na amostra original (D00), demonstra o quanto a carga de esgoto doméstico *in natura* tem se acumulado e se dispersado pelas águas locais. Situação semelhante foi observada no Ponto 3, reforçando o padrão de lançamento recorrente de efluentes sem qualquer tipo de tratamento, possivelmente oriundos das próprias residências que cercam as valas e córregos abertos.

Durante o trabalho de campo, foi possível constatar que muitos domicílios da região não possuem instalações hidrossanitárias adequadas. Em vez disso, improvisam valas escavadas manualmente, cobertas por restos de construção, tábuas e trilhos, por onde os dejetos escorrem livremente. Esses efluentes percorrem pequenos declives, acumulando-se em áreas mais baixas e, com a chegada das chuvas, misturam-se à água pluvial, invadindo ruas, calçadas e até mesmo os interiores das moradias. Esse escoamento carregado de matéria orgânica e microrganismos patogênicos transforma a paisagem urbana em um ambiente de risco sanitário constante.

A vulnerabilidade da população local está diretamente ligada a um modelo de urbanização excludente. A Rua São Geraldo reflete um território densamente ocupado, com infraestrutura precária e acúmulo de resíduos sólidos nas margens dos córregos. Sacos plásticos, embalagens e restos de materiais de construção contribuem para o bloqueio do escoamento superficial, agravando ainda mais a degradação ambiental. Em dias de chuvas intensas, a água contaminada transborda e invade os lares, entrando em contato com pisos, utensílios domésticos e reservatórios improvisados, tornando o ambiente doméstico um espaço de exposição contínua à contaminação.

No aspecto físico-químico, o pH ligeiramente abaixo do recomendado no Ponto 5 (5,85) pode indicar a presença de substâncias ácidas, possivelmente associadas à decomposição de matéria orgânica ou ao uso de produtos de limpeza descartados diretamente nas valas. Essa hipótese foi corroborada por relato de morador, que afirmou que o efluente da pia da cozinha é conduzido diretamente para o corpo hídrico. Além disso, a presença frequente de placas de gordura visíveis na superfície da água reforça essa observação empírica.

Em relação à turbidez, embora os valores registrados estejam dentro do limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (100 NTU), os níveis elevados observados, especialmente nos Pontos 1 (53,1 NTU) e 3, merecem atenção. No caso do Ponto 1, localizado na base de um declive acentuado, onde há maior concentração de escoamento superficial, a correnteza mais intensa pode contribuir para a suspensão de partículas orgânicas e sedimentos, elevando a turbidez. Já no Ponto 3, a proximidade com uma fossa doméstica — conforme relato de moradora da residência em frente, que afirmou que a estrutura fica posicionada muito próxima ao curso do efluente — pode explicar a presença significativa de matéria orgânica e de microrganismos, refletida também nos indicadores microbiológicos.

Mesmo quando os resultados microbiológicos não ultrapassam, em números absolutos, os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005), é fundamental considerar o contexto real de uso da água pela população local, que inclui atividades como a pesca artesanal e a criação de gado e búfalos nas lagoas. Esse uso direto amplia a exposição a riscos sanitários. Embora a norma estabeleça limites com base em médias geométricas mensais de cinco coletas, nesta amostragem única, quatro dos cinco pontos já apresentaram valores preocupantes. Destaca-se o Ponto 1, que ultrapassou 1.000 NMP/100 mL logo na Diluição 01, um alerta claro para o risco sanitário presente no cotidiano da comunidade.

Esse risco se materializa em cenas comuns na região: crianças brincando descalças em ruas molhadas, adultos utilizando água escorrida das valas para pesca ou dessentença animal e áreas dos quintais alagadas por esgoto *in natura* — locais onde mosquitos, roedores e outros vetores circulam com facilidade, ampliando as possibilidades de disseminação de doenças como leptospirose, hepatite A, doenças diarreicas e arboviroses.

O que se observa na Rua São Geraldo é um caso emblemático de injustiça sanitária ambiental e social. A ausência de rede de esgoto, drenagem pluvial, coleta regular de lixo e políticas públicas estruturantes denunciam o abandono histórico de territórios periféricos como o Sá Viana. A precariedade não se limita à infraestrutura física — ela é também institucional. Não há projetos visíveis, obras em andamento ou programas voltados à saúde ambiental na região. A população recorre a soluções improvisadas, como fossas feitas com tambores reaproveitados ou caixas de cimento, muitas vezes mal vedadas e sem manutenção.

Esse abandono se inscreve em uma lógica urbana marcada por desigualdades estruturais. Enquanto bairros centrais recebem investimentos em pavimentação, saneamento e urbanização, comunidades periféricas como essa permanecem invisíveis para o planejamento urbano. A exclusão é multidimensional — ela é social, política, ambiental e epidemiológica.

Embora os dados apresentados nesta etapa do estudo se refiram a uma única coleta, o padrão de contaminação observado é suficientemente grave para indicar a urgência de ações corretivas. As análises laboratoriais, associadas às observações de campo, oferecem uma leitura integrada da realidade local. Estudos complementares que avaliem a presença de parasitas, metais pesados, resistência bacteriana e perfil epidemiológico sobre a ocorrência de doenças infecciosas e parasitárias podem aprofundar o diagnóstico. Da mesma forma, campanhas de monitoramento contínuo ao longo das diferentes estações do ano são essenciais para compreender a dinâmica temporal da contaminação.

Mais do que números, os dados aqui apresentados representam vidas expostas a condições indignas. A população da Rua São Geraldo necessita de intervenção imediata. Investimentos em redes de esgotamento sanitário, drenagem urbana, educação ambiental e programas de vigilância em saúde devem ser tratados como prioridade absoluta. A contaminação aqui documentada não é apenas um dado técnico — ela é a expressão de um problema ético e político, que exige respostas responsáveis por parte do poder público e da sociedade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como propósito compreender, sob uma perspectiva interdisciplinar, a realidade vivida pelos moradores da Rua São Geraldo, no bairro Sá Viana, em São Luís – MA, a partir da análise da qualidade microbiológica das águas superficiais e das condições de saneamento básico do território. Os resultados evidenciaram um cenário alarmante de contaminação fecal ativa, com a presença expressiva de coliformes totais e *Escherichia coli* em todas as amostras coletadas, apontando para o contato direto e cotidiano da população com águas insalubres.

Para além dos dados laboratoriais, o que se revelou foi um retrato de abandono estrutural. A Rua São Geraldo exemplifica uma realidade comum a diversas periferias urbanas brasileiras: a ausência crônica de investimentos em infraestrutura básica,

especialmente em redes de esgoto e drenagem, somada à invisibilidade política dos seus moradores. As valas a céu aberto, os sistemas sanitários improvisados e a falta de qualquer tipo de monitoramento ambiental sistemático não são apenas sinais de precariedade — são marcas de uma injustiça histórica, ambiental e institucional.

Embora os parâmetros físico-químicos, como pH e turbidez, tenham permanecido, em geral, dentro dos limites legais da Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005), os indicadores microbiológicos ultrapassaram os patamares aceitáveis para ambientes urbanos expostos ao contato humano. A turbidez elevada, associada à contaminação fecal, aumenta ainda mais os riscos à saúde humana, dificultando a ação de processos naturais de desinfecção e prolongando a persistência de patógenos no ambiente.

Os dados aqui apresentados não constituem uma exceção: representam uma realidade recorrente em regiões periféricas de São Luís e do Brasil, onde a falta de acesso ao saneamento básico se transforma em fonte de adoecimento, exclusão e violações de direitos fundamentais. Essa negligência revela um modelo urbano que prioriza os centros e invisibiliza as margens, perpetuando desigualdades históricas e estruturais.

Diante disso, este trabalho propõe não apenas um diagnóstico técnico, mas a formulação de ações integradas e urgentes, a serem conduzidas por meio da cooperação entre poder público, instituições de ensino, organizações sociais e a própria comunidade local. Entre as propostas destacam-se:

Inclusão da Rua São Geraldo nas ações prioritárias do Plano Municipal de Saneamento Básico, com implantação de sistemas adequados de esgotamento sanitário e drenagem urbana;

Instalação de soluções descentralizadas, como fossas sépticas com filtros biológicos e sumidouros normatizados, viáveis tecnicamente para áreas de difícil acesso e alto adensamento;

Criação de um programa de monitoramento comunitário da água, promovendo a capacitação de moradores e o acompanhamento regular dos parâmetros de qualidade com apoio técnico e institucional;

Desenvolvimento de ações de educação sanitária e ambiental, voltadas para boas práticas domésticas, manejo correto de resíduos, prevenção de doenças e valorização do cuidado com o espaço coletivo;

Atuação articulada e intersetorial dos serviços públicos (saúde, educação, meio ambiente e assistência social), com presença ativa e contínua no território, priorizando famílias em situação de maior vulnerabilidade.

Mais do que um relatório acadêmico, este estudo busca ser uma ferramenta de mobilização e denúncia, contribuindo para romper com a lógica da invisibilidade que marca tantas comunidades como a da Rua São Geraldo. Que os dados aqui sistematizados possam subsidiar políticas públicas, fomentar projetos de extensão universitária e estimular processos participativos de planejamento urbano. Que sirvam, sobretudo, para dar voz à população local e fortalecer sua capacidade de reivindicação por dignidade e justiça.

Ao adotar uma abordagem interdisciplinar, esta pesquisa demonstrou que a contaminação das águas não é um evento isolado, mas sim o reflexo de determinantes

sociais, territoriais e políticos profundamente enraizados. Enfrentá-la exige, portanto, mais do que soluções técnicas: requer vontade política, sensibilidade social e compromisso ético com a equidade. Que esta reflexão possa contribuir para a construção de cidades mais saudáveis, justas e inclusivas - onde o saneamento básico seja um direito universal e não mais um marcador de exclusão.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. et al. **Saneamento, arboviroses e determinantes ambientais: impactos na saúde urbana.** *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 25, p. 3857-3868, 2020.
- APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21. ed. Washington: APHA, 2005.
- BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil.** Brasília, DF: Senado Federal, 2016. 496 p. Disponível em: https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88_Livro_EC91_2016.pdf. Acesso em: 01 julho 2025.
- BRASIL. CONAMA – 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, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências”. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=450. Acesso em: 01 julho 2025
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria GM/MS nº 888**, de 4 de maio de 2021.
- CORRÊA, V. E.; SOARES, L. S. **Análise da integridade das áreas de preservação permanente das sub-bacias do Batatã e Maracanã, sistema Bacanga.** Relatório Final de Iniciação Científica, PIBIC UFMA, 2020. 26 p.
- FABRI, A. N. et al. **Análise do sistema de esgotamento sanitário em São Luís do Maranhão: um enfoque ambiental.** In: *XIV Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas*, 2018.
- NOGUEIRA, D. S. et al. **Análise espacial da esquistossomose e dos fatores ambientais no município de São Luís-MA.** *Revista Baiana de Saúde Pública*, v. 43, p. 676-694, 2019.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável.** 2015.
- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Burden of disease attributable to unsafe drinking water, sanitation and hygiene: 2019 update.** Geneva: World Health Organization, 2019. Disponível em: <https://www.who.int/data/gho/data/themes/topics/water-sanitation-and-hygiene-burden-of-disease>. Acesso em: 1 jul. 2025.
- SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2022.** Brasília: MDR, 2023.
- SOARES, L. S. et al. **Análise integrada e problemas socioambientais da bacia hidrográfica do Bacanga, São Luís – MA.** *REDE – Revista Eletrônica do PRODEMA*, v. 1, n. 15, p. 138-150, 2021.
- WHO – World Health Organization. **Water Quality and Health: Review of Turbidity Information.** Geneva: WHO Technical Report Series, 2011.