

DIAGNÓSTICO DAS CAUSAS DE CONTAMINAÇÃO DO RIACHO DE ÁGUAS FÉRREAS EM CRUZ DAS ALMAS, MACEIÓ/AL: OCUPAÇÃO IRREGULAR DAS GROTAS E O DÉFICIT DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

Thayse Farias de Barros¹ ; Milena Bandeira de Melo Daniel¹ ; Andressa Nunes Callado¹ & Marllus Gustavo Ferreira Passos das Neves¹

RESUMO – A qualidade da água de corpos hídricos urbanos depende fortemente da estrutura de saneamento básico e do ordenamento territorial dos seus respectivos territórios de drenagem. Este trabalho atualiza o diagnóstico das causas de contaminação do Riacho de Águas Férreas, bacia urbana de 3,81 km² em Maceió/AL, cuja foz se dá na praia de Cruz das Almas. A abordagem é documental e bibliográfica, combinando dados primários de pesquisas ecotoxicológicas anteriores (Acioli, 2011; Melo, 2013) com dados atualizados do SNIS, SINISA, IBGE, IMA/AL e do contrato de concessão Bloco A (BRK Ambiental), assinado em 2021. Os resultados reunidos indicam que a ocupação irregular de aglomerados subnormais nas grotas inseridas na bacia, associada ao déficit histórico de coleta de esgoto, apresenta-se como o fator mais consistentemente relacionado ao lançamento de efluentes in natura no córrego, com reflexos observáveis na balneabilidade da foz, classificada de forma recorrente como imprópria pelo IMA/AL. Ressalva-se que, por se tratar de estudo de base documental, tais relações são interpretadas como convergência de evidências, e não como demonstração causal direta. Conclui-se que a recuperação do riacho tende a depender menos de medidas pontuais e mais do cumprimento das metas contratuais da concessão regionalizada e da integração das grotas ao sistema formal de saneamento.

Palavras-Chave – aglomerados subnormais; esgotamento sanitário; bacia urbana.

ABSTRACT – The water quality of urban watercourses strongly depends on basic sanitation infrastructure and on the territorial planning of their drainage areas. This paper updates the diagnosis of the contamination of the Águas Férreas stream, a 3.81 km² urban basin in Maceió, Brazil, whose mouth discharges into Cruz das Almas beach. The approach is documentary and bibliographic, combining primary ecotoxicological data from previous research (Acioli, 2011; Melo, 2013) with updated data from SNIS, SINISA, IBGE, IMA/AL and the Block A concession contract (BRK Ambiental), signed in 2021. The evidence gathered indicates that the irregular occupation of subnormal settlements in the slopes (grotas) inserted in the basin, combined with the historical sewage collection deficit, is the factor most consistently associated with raw effluent discharge into the streambed, with observable impacts on bathing water quality at the river mouth, repeatedly classified as unsuitable by IMA/AL. Given the documentary nature of the study, these relationships are interpreted as a convergence of evidence rather than as direct causal proof. We conclude that the recovery of the stream tends to depend less on isolated measures and more on meeting the contractual targets of the regionalized concession and on integrating the slopes into the formal sanitation system.

Key-words – subnormal settlements; sewage system; urban basin.

1. INTRODUÇÃO

A contaminação de corpos hídricos urbanos é problema recorrente em cidades brasileiras de médio e grande porte, associada ao déficit de saneamento básico e à ocupação desordenada do solo.

1) Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas – CTEC/UFAL. Campus A. C. Simões, Av. Lourival Melo Mota, S/N - Tabuleiro do Martins, Maceió – AL. CEP 57072-900, (82) 3214-1271, thayse.barros@ctec.ufal.br; milena.melo@ctec.ufal.br; andressacallado96@gmail.com; marllus.neves@ctec.ufal.br

Segundo o SNIS (2023), apenas 22,9% da população de Alagoas conta com coleta de esgoto e 17,2% do esgoto gerado é tratado; em Maceió, o atendimento de esgotamento sanitário era de 34,4% em 2022, frente à média nacional de 59,7% (Instituto Água e Saneamento, 2024).

O Riacho de Águas Férreas, também conhecido como Riacho Águas de Ferro, é uma bacia urbana de 3,81 km² (Almeida apud Braz, 2017) que se origina no bairro Barro Duro e atravessa Feitosa, Jacintinho, Jacarecica, São Jorge, Mangabeiras e Cruz das Almas, onde de água diretamente na praia. A bacia abriga 22 aglomerados subnormais identificados pelo IBGE, com população estimada em 14.171 habitantes, o que representa 30,11% do total de moradores da área (Cavalcante, 2014). Estudos anteriores demonstraram níveis significativos de toxicidade do riacho, com CL50 médio de 22,87 mg/L na foz, valor mais tóxico que o esgoto bruto medido como referência (CL50 = 41,30 mg/L) por Acioli (2011). Marinho et al. (2012), em levantamento de campo realizado nas praias urbanas de Maceió, identificaram 23 pontos ativos de lançamento de esgoto in natura (“línguas negras”) na orla, com presença marcante na faixa de influência direta da foz do Riacho de Águas Férreas em Cruz das Almas.

O presente artigo atualiza o diagnóstico das causas de contaminação do riacho, com recorte específico na relação entre a ocupação irregular das grotas e o déficit do sistema de esgotamento sanitário. Considera-se, em particular, o novo cenário institucional aberto pela concessão regionalizada do Bloco A (Região Metropolitana de Maceió), assinada em 2021 entre o Estado de Alagoas e a BRK Ambiental, com meta contratual de 90% de cobertura de esgoto até 2037.

Os estudos anteriores sobre o Riacho de Águas Férreas abordaram o problema de forma fragmentada: Acioli (2011) e Melo (2013) produziram avaliações ecotoxicológicas pontuais, sem articulação com a dinâmica territorial da bacia; Cavalcante (2009, 2014) caracterizou o uso do solo e os aglomerados subnormais, sem cotejo com dados de qualidade da água; e Braz (2017) descreveu uma grota específica, sem escala de bacia. Todos são anteriores ao Novo Marco Legal do Saneamento (Lei 14.026/2020) e à concessão do Bloco A (2021), não incorporando o novo arranjo institucional nem os indicadores mais recentes (SINISA, PNAD Contínua). Persiste, portanto, uma lacuna quanto a uma leitura integrada e atualizada que articule, em um mesmo quadro analítico, os dados de toxicidade históricos, a evolução recente da cobertura de esgotamento e a permanência dos efeitos sobre a balneabilidade da foz. A contribuição deste trabalho é, assim, integradora e não experimental: consolida fontes dispersas em um diagnóstico documental atualizado (2018–2026), explicitando convergências e inconsistências entre elas, sem pretensão de estabelecer novas relações causais, mas de organizar criticamente as evidências disponíveis e delimitar as questões que demandariam investigação primária futura.

1.1. Objetivos

O objetivo geral é avaliar os fatores que influenciam a degradação do Riacho de Águas Férreas, com ênfase no eixo socioterritorial-sanitário, e discutir as perspectivas de recuperação à luz das metas da concessão regionalizada de saneamento. Especificamente, busca-se: (i) caracterizar a bacia em seus aspectos geográfico e populacional; (ii) descrever a ocupação irregular nas grotas inseridas na bacia, com destaque para a Grota do Rafael; (iii) confrontar a evolução da cobertura de esgotamento sanitário em Maceió entre 2018 e 2022; e (iv) discutir a permanência dos efeitos sobre a balneabilidade da foz, com base nos relatórios do IMA/AL.

2. METODOLOGIA

O trabalho é de natureza documental e bibliográfica. Para a caracterização geográfica e demográfica da bacia, utilizou-se a delimitação proposta por Cavalcante (2014), combinada com dados do Censo Demográfico do IBGE (2010 e 2022). Para a discussão da ocupação irregular, recorreu-se a entrevistas e reportagens jornalísticas que documentam a situação das grotas inseridas na bacia, em especial a Grota do Rafael, e a estudos acadêmicos sobre aglomerados subnormais em Maceió (Braz, 2017). Para a caracterização das intervenções recentes na bacia, utilizaram-se, ainda, os comunicados oficiais da Prefeitura de Maceió referentes ao Programa Renasce Salgadinho (Prefeitura de Maceió, 2024a; 2025a; 2026a).

Para a análise do esgotamento sanitário, utilizaram-se: (i) os dados históricos da Companhia de Saneamento de Alagoas (CASAL); (ii) o Diagnóstico SNIS 2023 (ano-base 2022) publicado pelo Ministério das Cidades; (iii) os termos do Contrato de Concessão Regionalizada do Bloco A — Região Metropolitana de Maceió, firmado entre o Estado de Alagoas e a BRK Ambiental Participações S.A. em 2021; (iv) o Diagnóstico do SINISA 2024 (ano-base 2023) publicado pelo Ministério das Cidades; (v) o Ranking do Saneamento 2025 e o Ranking do Saneamento 2026 do Instituto Trata Brasil; e (vi) os módulos de Características Gerais dos Domicílios e Moradores da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNAD Contínua) divulgados pelo IBGE em 2024, 2025 e 2026, com séries reponderadas a partir do Censo Demográfico 2022. Para a balneabilidade da foz, em Cruz das Almas, recorreu-se aos relatórios de Resultado de Ensaio Analítico/Balneabilidade (REAB) publicados pelo Instituto do Meio Ambiente de Alagoas (IMA/AL) entre 2018 e 2024, classificados conforme a Resolução CONAMA nº 274/2000.

Para a análise ecotoxicológica, utilizaram-se as pesquisas primárias de Acioli (2011) e Melo (2013), que empregaram bioensaio com *Artemia franciscana* conforme a Resolução CONAMA nº 430/2011. Adota-se a abordagem de bioindicadores multi-resposta de Adams e Greeley (2000), segundo a qual a avaliação de ecossistemas aquáticos urbanos requer integrar respostas biológicas

em diferentes níveis com a análise espacial e temporal das fontes de estresse; por isso, o diagnóstico cruza os dados de CL50 com a distribuição dos lançamentos e a evolução da cobertura de esgoto.

Cumprе reconhecer as limitações inerentes ao caráter documental e secundário da pesquisa. Primeiro, as fontes têm naturezas distintas: os dados oficiais (SNIS, SINISA, IBGE, IMA/AL) seguem metodologias padronizadas e auditáveis, ao passo que reportagens e entrevistas sobre as grotas constituem evidências qualitativas, não submetidas a controle amostral — indícios contextuais, não medições. Segundo, os dados ecotoxicológicos de Acioli (2011) e Melo (2013) referem-se a campanhas pontuais, em anos distintos e com desenhos amostrais próprios, o que impede séries temporais homogêneas. Terceiro, os indicadores de cobertura oriundos de sistemas diferentes (SNIS/SINISA e PNAD Contínua) adotam definições não idênticas, servindo à identificação de tendências e não à comparação numérica estrita. Quarto, o uso combinado de dados secundários oficiais, reportagens e estudos anteriores — coletados por terceiros, com objetivos, recortes espaciais e datas não coincidentes — constitui triangulação de indícios cuja consistência interna não pode ser aferida estatisticamente neste desenho, havendo ainda risco de defasagem temporal entre fontes (p. ex., população do Censo 2010 convivendo com indicadores de 2023–2025) e de viés de seleção nas fontes jornalísticas, que tendem a registrar situações-limite. Por essas razões, as relações discutidas adiante são apresentadas como convergência de evidências, e não como demonstração de causalidade; trata-se de diagnóstico indicativo, cuja confirmação demandaria monitoramento primário de campo, com pareamento espaço-temporal entre pontos de lançamento, qualidade da água e cobertura de rede, o que extrapola o escopo deste trabalho.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Caracterização da bacia e da ocupação irregular

O Riacho de Águas Férreas possui área de 3,81 km² e perímetro de 9,52 km de extensão (Almeida apud Braz, 2017). O Plano de Saneamento Básico do Município de Maceió aponta uma área um pouco maior — 5,40 km² — divergência que decorre dos diferentes critérios de delimitação da bacia hidrográfica urbana, em particular do tratamento dado às áreas impermeabilizadas conectadas por galerias pluviais. Em todo o caso, trata-se de uma bacia densamente urbanizada, com 56,82% da área ocupada por uso urbano residencial (Cavalcante, 2009). A Figura 1 apresenta a localização e a delimitação da bacia no território municipal de Maceió.

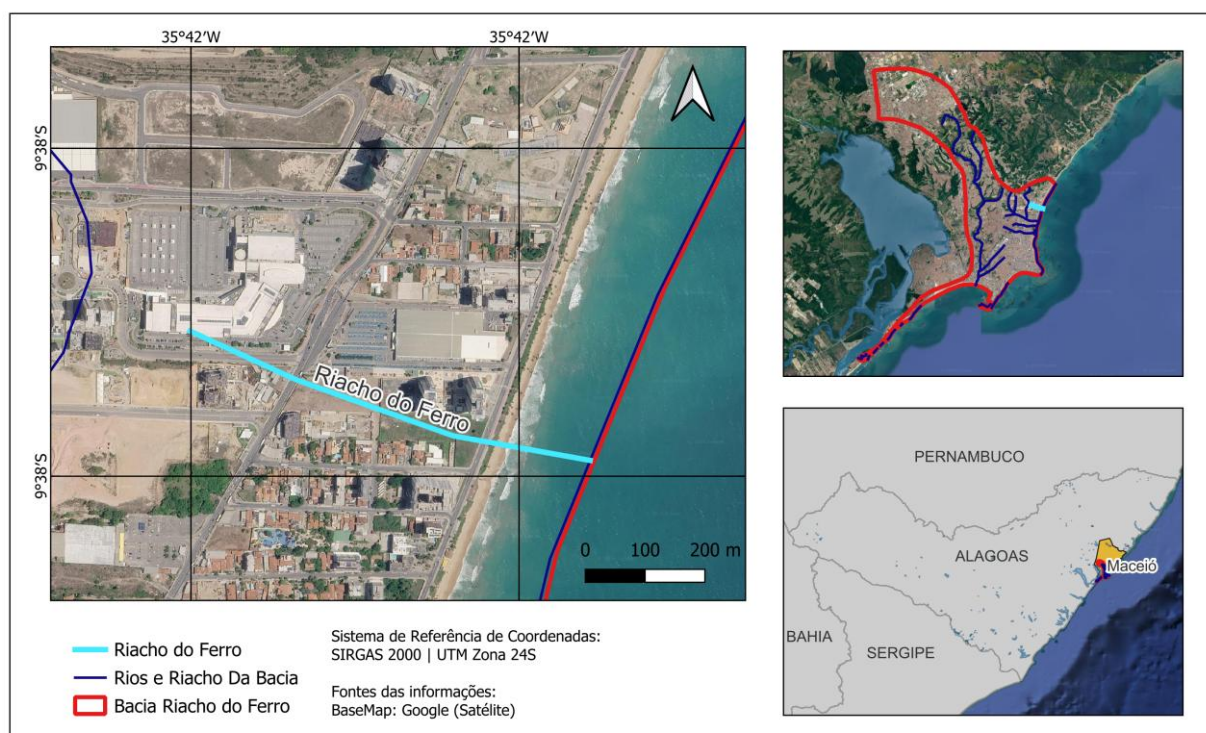


Figura 1 – Localização e delimitação da bacia do Riacho de Águas Férreas em Maceió/AL

Fonte: Elaborado pelos autores em QGIS (EPSG: 31984).

Inserem-se na bacia 22 aglomerados subnormais, com aproximadamente 4.000 domicílios e 14.171 habitantes (30,11% do total), conforme dados do Censo IBGE 2010 sistematizados por Cavalcante (2014). A Grota do Rafael, situada entre os bairros Jacintinho e Cruz das Almas, é exemplo paradigmático: registrava 2.312 moradores no Censo 2010 e mais de 3.000 segundo levantamento da associação de moradores em meados da década seguinte (Braz, 2017). Nesses aglomerados, as fontes consultadas relatam de forma recorrente o lançamento de efluentes domésticos in natura nas margens do córrego — prática que configura crime ambiental nos termos da legislação federal, mas que, na ausência de rede coletora, constitui frequentemente a única alternativa acessível à população. A Figura 2 ilustra a distribuição espacial dos aglomerados subnormais no interior da bacia, evidenciando a sobreposição entre as áreas de ocupação irregular e o eixo do córrego — sobreposição que é sugestiva, mas não comprova, por si só, a origem dos lançamentos.

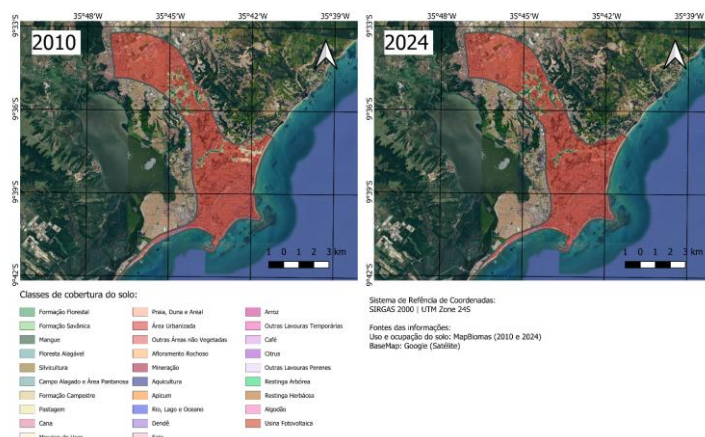


Figura 2 – Análise da Urbanização da bacia do Riacho de Águas Férreas

Fonte: Elaborado pelos autores em QGIS, a partir de IBGE (2022).

Maceió possuía, em 2018, 77 grotas em situação análoga no território urbano. Em 2014, o professor Roberto Caffaro estimou que 30% dos habitantes da bacia do Águas Férreas correspondiam a moradores de favelas sem acesso a saneamento, que recorriam ao despejo direto no riacho ou a ligações clandestinas em galerias pluviais — quadro estruturalmente semelhante em 2025. Houve, contudo, intervenção recente: o Programa Renasce Salgadinho (Prefeitura de Maceió, 2024a), lançado em 2024 com investimento aproximado de R\$ 92 milhões, contemplou obras nas margens do riacho em Cruz das Almas — rede coletora, estação elevatória e urbanização —, concluídas em abril de 2026 (Prefeitura de Maceió, 2025a; 2026a), cujos efeitos são discutidos na seção 4.

3.2. Evolução da cobertura de esgotamento sanitário

A Tabela 1 sintetiza a evolução da cobertura de esgotamento sanitário em Maceió de 2018 (diagnóstico original do TCC que originou este trabalho) até o dado mais recente do SINISA (ano-base 2023). Os dados refletem a transição institucional da Lei 14.026/2020 e da concessão do Bloco A (2021), na qual a BRK assumiu água e esgoto em 13 municípios, com a CASAL na captação e tratamento de água. O SNIS encerrou suas atividades em 2023, sendo substituído pelo SINISA a partir de 2024.

Tabela 1 – Evolução da cobertura de esgotamento sanitário em Maceió/AL (2018–2037)

Ano-base	Atendimento total de esgoto (%)	Fonte	Operadora
2018	27,0	CASAL (2018)	CASAL
2020	27,0	BNDES (2020)	CASAL
2022	34,4	SNIS (2023)	BRK / CASAL
2023	34,4	SINISA (2025)	BRK / CASAL
Meta 2037	90,0	Contrato concessão (2021)	BRK Ambiental

Fonte: Adaptado de CASAL (2018), BNDES (2020), SNIS (2023), SINISA (2025) e Contrato de Concessão Bloco A (2021).

O avanço de 27,0% (2018) para 34,4% (2022) representa ampliação modesta de 7,4 pontos percentuais em quatro anos, ainda muito inferior à meta contratual de 90% de cobertura até 2037. O dado mais recente disponível, extraído do SINISA (ano-base 2023), confirma a estagnação: a cobertura de esgotamento sanitário em Maceió permaneceu em 34,4% em 2023, com 634.571 habitantes sem acesso à coleta (SINISA, 2025). Isso significa que, em dois anos de concessão do Bloco A, o indicador permaneceu inalterado segundo o sistema oficial de informações. Cumprir a meta de 90% até 2037 exige expansão média anual da ordem de 3,7 pontos percentuais nos próximos quinze anos — ritmo cerca de duas vezes superior ao observado no quadriênio anterior. Adicionalmente, no Ranking do Saneamento 2025 (SINISA, ano-base 2023), Maceió ocupou a 93ª posição entre as 100 maiores cidades brasileiras (Instituto Trata Brasil, 2025), figurando entre as piores capitais do Nordeste no indicador de tratamento de esgoto. Na edição mais recente, o Ranking do Saneamento 2026 (SINISA, ano-base 2024) manteve Maceió entre os 20 piores municípios do país, sendo uma das sete capitais estaduais nessa condição (Instituto Trata Brasil, 2026).

Dado ainda mais preocupante foi divulgado pelo IBGE em abril de 2026 pela PNAD Contínua, que mede a percepção dos moradores quanto ao destino efetivo do esgoto — captando o resultado vivenciado (inclusive ligações clandestinas e fossas sem função sanitária), diferentemente do SNIS, que afere a infraestrutura instalada. Os dados mostram retrocesso: em Alagoas, o acesso a esgotamento adequado caiu de 44,0% (2023) para 41,9% (2024) e 37,2% (2025), entre os seis piores do país (IBGE, 2026); na capital, de 61,0% (2023) para 48,1% (2025), recuo de quase treze pontos em dois anos. O retrocesso atinge frontalmente as metas do Bloco A e sinaliza que parcela da população antes atendida deixou de figurar nessa categoria, por degradação da rede ou incorporação de novos domicílios sem cobertura.

A bacia do Riacho de Águas Férreas, inserida na Bacia Sudeste da Pajuçara, é operada na concessão da BRK, o que a torna diretamente dependente das metas contratuais do Bloco A.

3.3. Balneabilidade da foz em Cruz das Almas

Os relatórios de balneabilidade do IMA/AL classificam, de forma recorrente, os pontos da praia de Cruz das Almas como impróprios para banho, sobretudo no trecho próximo à foz do riacho. O cenário documentado em 02/04/2018 — três pontos impróprios — repetiu-se em relatórios de 2024 a 2026 (IMA, 2024; 2025; 2026), evidenciando que a poluição na foz não foi solucionada com a desativação do lixão em 2010 nem com o início da concessão do Bloco A em 2021.

A persistência do quadro reforça a hipótese de que o vetor predominante de contaminação na foz é o lançamento contínuo de esgoto sanitário dos aglomerados subnormais e de ligações clandestinas em galerias pluviais. As implicações de saúde pública extrapolam o critério da Resolução CONAMA nº 274/2000, baseado apenas em indicadores microbiológicos da coluna d'água: Stewart et al. (2008) apontam limitações dos indicadores fecais tradicionais para predizer risco em fontes não pontuais, e Solo-Gabriele et al. (2016) sistematizam evidência de que a areia da praia atua como reservatório de patógenos fecais, com risco de doenças gastrointestinais, dermatológicas e respiratórias entre crianças na zona de varrido — perfil de uso predominante em Cruz das Almas.

3.4. Toxicidade do riacho — síntese ecotoxicológica

A Tabela 2 sintetiza os índices de toxicidade aguda (CL50) determinados em pesquisas anteriores com bioensaio de *Artemia franciscana*, conforme parâmetros da Resolução CONAMA nº 430/2011.

Tabela 2 – Síntese dos índices de toxicidade (CL50) do Riacho de Águas Férreas

Estudo / Ponto	CL50 médio (mg/L)	Classificação
Acioli (2011) — foz do riacho	22,87	Tóxico
Acioli (2011) — esgoto bruto	41,30	Tóxico
Melo (2013) — Ponto A (Rua São Francisco)	Sem toxicidade	Não-tóxico
Melo (2013) — Ponto B (“Ladeirão do Óleo”)	56,07	Tóxico
Melo (2013) — Ponto C (foz)	Sem toxicidade	Não-tóxico
Melo (2013) — Ponto D (praia)	Sem toxicidade	Não-tóxico

Fonte: Adaptado de Acioli (2011) e Melo (2013).

Os resultados de Melo (2013), posteriores à desativação do lixão em 2010, mostram redução significativa da toxicidade em três dos quatro pontos amostrados, incluindo a foz (Ponto C) e a praia (Ponto D). O único ponto em que se manteve toxicidade significativa é o Ponto B, localizado no “Ladeirão do Óleo” (Av. Juca Sampaio), em região densamente urbanizada e sem rede coletora de esgoto. Essa distribuição espacial é compatível com a hipótese de que o ingresso de carga orgânica no riacho ocorreria, predominantemente, em pontos intermediários do trajeto, sob influência dos aglomerados subnormais — embora o número reduzido de pontos e campanhas não permita generalização definitiva. O padrão espacial observado é convergente com achados de Campos Júnior et al. (2025) no estudo do córrego Coromandel, em Minas Gerais, o que sugere que a recuperação do corpo hídrico tende a depender mais da intervenção sobre o lançamento direto ao longo do curso do que de medidas de tratamento restritas à foz.

4. CONCLUSÃO

A análise atualizada indica que a ocupação irregular das grotas inseridas na bacia, associada ao déficit histórico de coleta e tratamento de esgoto em Maceió, configura-se, entre os fatores examinados, como o mais consistentemente associado à degradação do corpo hídrico e ao comprometimento da balneabilidade da foz em Cruz das Almas. Ainda que a natureza documental do estudo não permita isolar esse fator de outras fontes de pressão, a convergência entre a distribuição espacial dos lançamentos, o déficit persistente de cobertura e a recorrência de impropriedade na foz sustenta essa leitura como a hipótese mais plausível diante das evidências reunidas. A desativação do antigo vazadouro em 2010 e o tratamento do chorume no CTR do Benedito Bentes removeram uma fonte importante de contaminação difusa, mas o lançamento contínuo de esgoto in natura nos trechos sob influência das grotas parece manter o riacho em impropriedade ecotoxicológica e a praia, recorrentemente, imprópria para banho.

A concessão regionalizada do Bloco A à BRK Ambiental, com meta de 90% de cobertura de esgotamento sanitário na Região Metropolitana de Maceió até 2037, é o instrumento institucional com maior potencial para alterar de forma estruturante o cenário. No entanto, o retrocesso captado pela PNAD Contínua na capital — de 61,0% (2023) para 48,1% (2025) no acesso a esgotamento adequado (IBGE, 2026) — sugere que o cumprimento da meta exigirá não apenas aceleração dos investimentos, mas inversão da dinâmica atual, em que a expansão habitacional nas grotas parece avançar mais rápido que a rede coletora. Nesse contexto, o Programa Renasce Salgadinho, entregue em abril de 2026, representa intervenção positiva e concreta: as obras nas margens do Águas Férreas — rede coletora, estação elevatória e urbanização da faixa lindeira em Cruz das Almas — removeram fontes pontuais de lançamento nos trechos próximos à foz (Prefeitura de Maceió, 2025a; 2026a). Contudo, por concentrarem-se na faixa próxima à foz, é plausível supor que os aglomerados dos trechos médios da bacia (eixo Jacintinho/São Jorge) não tenham sido plenamente contemplados — hipótese que, se confirmada em campo, indicaria a permanência de fontes ativas a montante. Em qualquer cenário, as evidências sugerem que obras de urbanização de margens, ainda que necessárias, tendem a ser insuficientes sem a expansão simultânea da rede coletora nas áreas de ocupação irregular.

Recomenda-se, como agenda complementar à concessão: (i) priorização das grotas inseridas em bacias urbanas degradadas nos cronogramas de expansão da rede coletora; (ii) adoção, nos trechos de inviabilidade técnica ou econômica do sistema separador convencional — vielas estreitas, forte declividade e elevado adensamento das grotas —, de arranjos descentralizados e condominiais dimensionados para essa realidade, entre os quais: (a) redes condominiais de esgoto, com ramais de

menor diâmetro (a partir de DN 100) e menor profundidade de assentamento, dispostos em traçado interno às quadras (de fundo de lote, de calçada ou de passeio, conforme a geometria local) e conectados a um único ponto de transferência à rede troncal, o que reduz extensão, escavação e custo frente ao traçado convencional em via pública; (b) unidades de tratamento descentralizado de pequeno porte para os núcleos sem viabilidade de coleta até a rede troncal, tais como tanque séptico seguido de filtro anaeróbio, com pós-tratamento e disposição final conforme a ABNT NBR 13969:1997, ou reatores anaeróbios compactos do tipo UASB seguidos de pós-tratamento (filtro biológico ou alagados construídos) onde houver área disponível; e (c) estações elevatórias compactas para vencer os desníveis acentuados típicos das grotas, integrando esses módulos à rede regional da concessionária à medida que a coleta convencional avance. O dimensionamento das redes coletoras deve observar a ABNT NBR 9649:1986, e a definição do arranjo mais adequado a cada grota requer estudo de viabilidade técnico-econômica local, não generalizável a partir do presente diagnóstico documental; (iii) monitoramento ecotoxicológico periódico da foz, com bioindicadores multi-resposta, capaz de gerar dados primários que superem as limitações do presente diagnóstico documental; e (iv) inclusão de avaliação microbiológica da areia da zona de varrido na praia de Cruz das Almas, em complemento aos atuais critérios de balneabilidade, conforme recomendação de Solo-Gabriele et al. (2016).

REFERÊNCIAS

- ABNT — ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9649: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986.
- ABNT — 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.
- ADAMS, S. M.; GREELEY, M. S. Ecotoxicological indicators of water quality: using multi-response indicators to assess the health of aquatic ecosystems. *Water, Air, and Soil Pollution*, v. 123, p. 103–115, 2000.
- ACIOLI, T. S. Caracterização ecotoxicológica inicial de rios e lançamentos costeiros na região metropolitana da cidade de Maceió-Alagoas. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2011.
- BNDES. Com oferta de mais de R\$ 2 bi, saneamento da grande Maceió é concedido à BRK Ambiental. Agência BNDES de Notícias, 30 set. 2020. Disponível em: <https://bndes.gov.br>. Acesso em: maio 2026.
- BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico. Brasília, DF, 2020.
- BRAZ, M. et al. Estudo de caso sobre a estrutura do esgotamento sanitário da Grota do Rafael. Maceió, 2017.
- CAMPOS JÚNIOR, E. O.; PEREIRA, B. B.; BARROS, N. O. Integrating real-time monitoring and ecotoxicology using a neotropical stream as a study case. *Hydrobiologia*, v. 852, p. 3049–3062, 2025. DOI: 10.1007/s10750-024-05687-z.
- CAVALCANTE, M. M. A. Diagnóstico da bacia do riacho Águas de Ferro em Maceió–AL. Maceió, 2014.
- CAVALCANTE, M. M. A. Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Riacho Águas de Ferro, Maceió–AL. Maceió, 2009.
- CONAMA. Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000. Critérios de balneabilidade em águas brasileiras. Brasília, DF, 2000.
- CONAMA. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Condições e padrões de lançamento de efluentes. Brasília, DF, 2011.
- IBGE — INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Demográfico 2010 e 2022. Rio de Janeiro: IBGE, 2011 e 2023.

IBGE — INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. PNAD Contínua — Características Gerais dos Domicílios e Moradores 2025. Rio de Janeiro: IBGE, abr. 2026. Disponível em: <https://ibge.gov.br>. Acesso em: maio 2026.

IMA — INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE DE ALAGOAS. Relatórios de Balneabilidade — Praias de Alagoas (REAB), 2018–2026. Disponível em: <https://www2.ima.al.gov.br>. Acesso em: maio 2026.

INSTITUTO ÁGUA E SANEAMENTO. O saneamento em Maceió/AL. 2024. Disponível em: <https://aguaesaneamento.org.br>. Acesso em: maio 2026.

INSTITUTO TRATA BRASIL. Ranking do Saneamento 2025 — Estudo da GO Associados (SNIS/SINISA 2023). São Paulo, 2025.

INSTITUTO TRATA BRASIL. Ranking do Saneamento 2026 — Estudo da GO Associados (SINISA 2024). São Paulo, 2026. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br>. Acesso em: maio 2026.

SINISA — SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES EM SANEAMENTO BÁSICO. Diagnóstico dos Serviços de Esgotamento Sanitário 2024 (ano-base 2023). Ministério das Cidades, Brasília, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades>. Acesso em: maio 2026.

MARINHO, R. S. L. et al. A problemática dos resíduos encontrados nas praias urbanas de Maceió/Alagoas e suas consequências ambientais. Cadernos de Graduação — Ciências Biológicas e da Saúde Fits, Maceió, v. 1, n. 1, p. 17–26, nov. 2012.

MELO, K. S. Avaliação ecotoxicológica do riacho das Águas de Ferro. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2013.

PREFEITURA DE MACEIÓ. Lançamento do Programa Renasce Salgadinho. Gabinete do Prefeito, Maceió, abr. 2024. Disponível em: <https://maceio.al.gov.br>. Acesso em: maio 2026. [2024a]

PREFEITURA DE MACEIÓ. Obras de urbanização do Renasce Salgadinho no Riacho Águas Férreas. Seminfra, Maceió, fev. 2025. Disponível em: <https://maceio.al.gov.br>. Acesso em: maio 2026. [2025a]

PREFEITURA DE MACEIÓ. Entrega do Renasce Salgadinho, maior obra ambiental de Alagoas. Gabinete do Vice-Prefeito, Maceió, abr. 2026. Disponível em: <https://maceio.al.gov.br>. Acesso em: maio 2026. [2026a]

SNIS — SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos 2023 (ano-base 2022). Ministério das Cidades, Brasília, 2023.

SOLO-GABRIELE, H. M.; HARWOOD, V. J.; KAY, D. et al. Beach sand and the potential for infectious disease transmission: observations and recommendations. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, v. 96, n. 1, p. 101–120, 2016.

STEWART, J. R.; GAST, R. J.; FUJIOKA, R. S. et al. The coastal environment and human health: microbial indicators, pathogens, sentinels and reservoirs. Environmental Health, v. 7, supl. 2, S3, 2008.

1) Engenheira Civil. Agência Reguladora do Estado (ARSAL). Maceió/AL. E-mail: thayse.barros@unit.br

2) Engenheira Civil, Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento (UFAL). Hidros Engenharia e Arquitetura, Maceió/AL. E-mail: milena.melo@ctec.ufal.br