

IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA DO RIACHO PAU D'ARCO, MACEIÓ - AL

Natan Monteiro Melo¹; Izaías dos Santos Silva²; Amália Klícia Vieira da Cruz³; Daysy Lira Oliveira Cavalcanti⁴ & Nélia Henriques Callado⁵

RESUMO - A insuficiência dos serviços de saneamento básico contribui para o lançamento de esgoto e resíduos sólidos nos corpos hídricos, intensificando a degradação da qualidade das águas superficiais em áreas urbanas. A sub-bacia do riacho Pau D'Arco, em Maceió/AL, está inserida nesse cenário e, por estar completamente inserida em área urbana e apresentar infraestrutura precária de saneamento básico, apresenta elevada contribuição de lançamento de esgoto doméstico e resíduos sólidos em seu curso d'água. Este trabalho buscou avaliar a oferta dos serviços de saneamento, a qualidade da água do riacho Pau D'Arco e sua carga poluente. Os resultados evidenciaram que o lançamento difuso de resíduos pela população contribuiu para a transformação da calha do riacho em um canal receptor de esgoto sanitário, e resíduos sólidos urbanos. Observou-se elevada carga de matéria orgânica carbonácea, com valores de DBO_{5,20} de 1.550,25 kg/dia e DQO de 7.078,80 kg/dia, além de elevadas cargas de nutrientes, 614,04 kg/dia de nitrogênio amoniacal e 73,42 kg/dia de fósforo total. Também foram verificados altos valores de sólidos dissolvidos totais (13.006,07 kg/dia) e de microrganismos indicadores de contaminação fecal, com concentração estimada em $3,35 \times 10^{11}$ NMP/dia.

Palavras-Chave – Rios urbanos, qualidade ambiental, carga poluidora.

ABSTRACT – The inadequacy of basic sanitation services contributes to the discharge of sewage and solid waste into water bodies, intensifying the degradation of surface water quality in urban areas. The Pau D'Arco stream sub-basin, in Maceió/AL, is part of this scenario and, being entirely located within an urban area and presenting precarious basic sanitation infrastructure, shows a high contribution of domestic sewage and solid waste discharge into its watercourse. This study aimed to evaluate the provision of sanitation services, the water quality of the Pau D'Arco stream, and its pollutant load. The results showed that the diffuse discharge of waste by the population contributed to the transformation of the stream channel into a receiving channel for sanitary sewage and urban solid waste. A high load of carbonaceous organic matter was observed, with BOD_{5,20} values of 1,550.25 kg/day and COD of 7,078.80 kg/day, in addition to high nutrient loads, 614.04 kg/day of ammoniacal nitrogen and 73.42 kg/day of total phosphorus. High values of total dissolved solids (13,006.07 kg/day) and of microorganisms indicative of fecal contamination were also verified, with an estimated concentration of 3.35×10^{11} MPN/day.

Key-words – Urban rivers, environmental quality, pollutant load.

¹ Universidade Federal de Alagoas: Av. Lourival Melo Mota, s/n - Cidade Universitária. E-mail: natan.melo@delmiro.ufal.br

² Universidade Federal de Alagoas: Av. Lourival Melo Mota, s/n - Cidade Universitária. E-mail: izaia.silva@ctec.ufal.br

³ Universidade Federal de Alagoas: Av. Lourival Melo Mota, s/n - Cidade Universitária. E-mail: amalia.cruz@ctec.ufal.br

⁴ Universidade Federal de Alagoas: Av. Lourival Melo Mota, s/n - Cidade Universitária. E-mail: daysy.oliveira@ctec.ufal.br

⁵ Universidade Federal de Alagoas: Av. Lourival Melo Mota, s/n - Cidade Universitária. E-mail: ncallado@ctec.ufal.br

INTRODUÇÃO

No Brasil, os corpos hídricos, especialmente os de fontes superficiais, apresentam processo contínuo de degradação, sua capacidade natural de manutenção do equilíbrio do ecossistema é alterada, fator diretamente relacionado aos processos antrópicos de urbanização, sobretudo em áreas periféricas densamente ocupadas.

Nessas áreas, o acesso ao serviço de saneamento básico é precário. De acordo com o Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico, no país, o índice de atendimento de esgotamento sanitário por redes públicas é de 59,7%, enquanto, na região Nordeste, esse valor é de apenas 33,8% SINISA (2024).

O déficit na prestação desses serviços tem resultado em uma parcela significativa de esgotos sem tratamento e sem destinação adequada, comprometendo a qualidade da água para diversos usos e gerando impactos negativos à saúde pública e ao equilíbrio ambiental, segundo a ANA (2017).

Esse cenário de baixo atendimento nos serviços de esgotamento sanitário, associado ao aumento de lançamentos domésticos incorretos, intensifica processos de eutrofização, redução do oxigênio dissolvido e perda da biodiversidade aquática. Além disso, amplia os riscos à saúde pública, como a maior incidência de doenças de veiculação hídrica (ANA, 2005). Tais processos comprometem simultaneamente a integridade ecológica dos corpos hídricos e a segurança sanitária das populações que vivem em seu entorno.

Nesse contexto, destaca-se a distinção entre carga poluidora pontual, proveniente de fontes identificáveis e localizadas, como emissários de esgoto doméstico ou industrial, e carga poluidora difusa, originada de múltiplas fontes dispersas no território, como o escoamento superficial urbano e agrícola, sendo o mais difícil de monitorar e controlar (Lima et al., 2016).

Portanto, o entendimento integrado dessas pressões é essencial para a gestão eficiente dos recursos hídricos no país, especialmente diante dos desafios impostos pelo crescimento urbano desordenado e pelas desigualdades no acesso ao saneamento básico. No caso de Maceió, tais desafios se manifestam de forma evidente nas sub-bacias urbanas que compõem o sistema hídrico da cidade, incluindo o riacho Pau D'Arco.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a oferta dos serviços de esgotamento sanitário, bem como analisar a qualidade da água e estimar a carga poluente na sub-bacia do riacho Pau D'Arco, localizada no município de Maceió/AL. A escolha dessa sub-bacia se deve à sua relevância ambiental e social, por integrar áreas densamente ocupadas e historicamente afetadas pela insuficiência de infraestrutura sanitária.

METODOLOGIA

A área de estudo abrange a sub-bacia do Riacho Pau D'Arco (SRPDA), localizada no município de Maceió/AL e integrada à bacia hidrográfica do Riacho Reginaldo (Figura 1). O Riacho Pau D'Arco destaca-se como um dos principais afluentes do trecho intermediário dessa bacia.

A SRPDA possui área aproximada de 2,74 km² e extensão de cerca de 3,8 km, atravessando os bairros populosos do Feitosa e Jacintinho, segundo dados da SEMINFRA (2020), o bairro do Jacintinho apresenta a terceira maior densidade demográfica do município, com população superior a 73.139 habitantes, conforme dados do IBGE (2022).

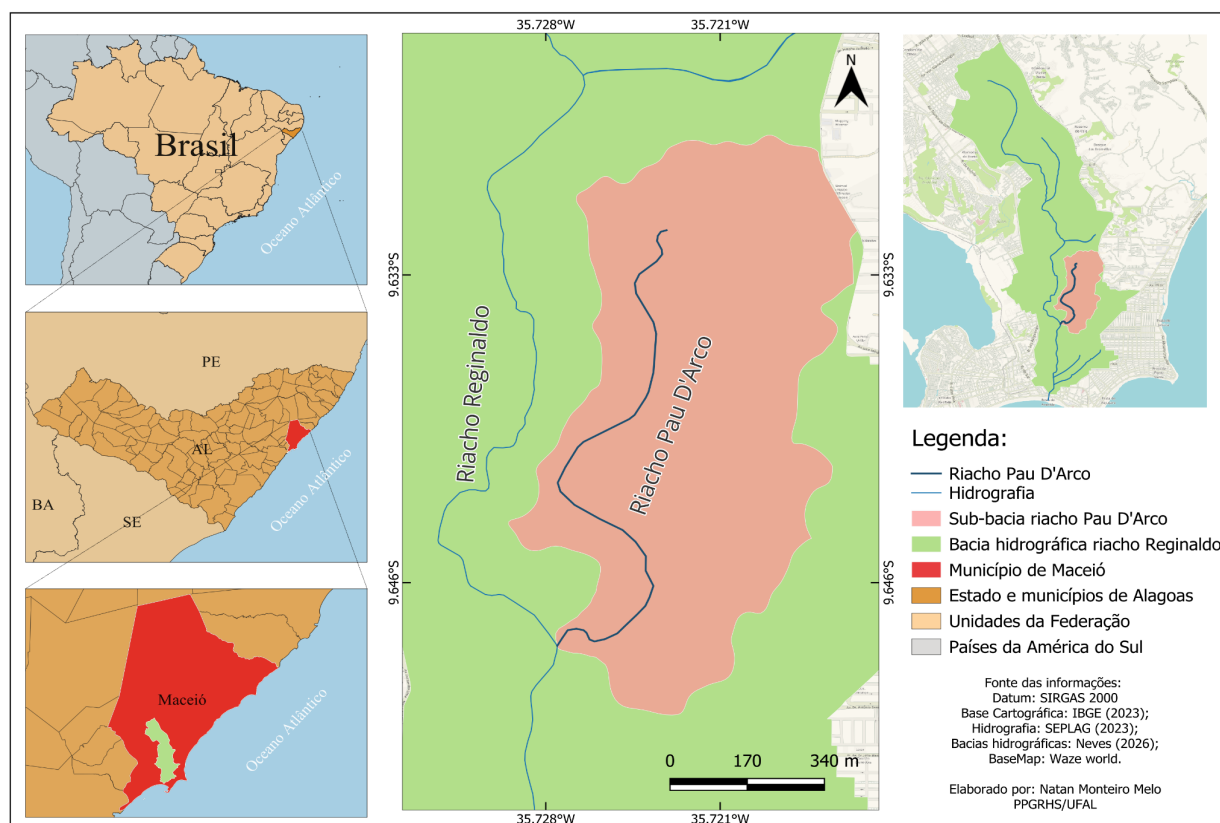


Figura 1 – Mapa de localização da sub-bacia do riacho Pau D'Arco
Fonte: Autores, 2026.

O Riacho Pau D'Arco deságua no Canal do Riacho Reginaldo, conforme SEMINFRA (2020), apresentando sentido de escoamento predominante na direção norte-sul, segundo Vidal (2012). Este corpo hídrico, em toda a sua extensão, possui calha natural. Contudo, em 2022, foram realizadas obras de canalização em um trecho de aproximadamente 150 m de extensão, até a seção de confluência com o Riacho do Reginaldo, essa intervenção faz parte das ações de canalização do riacho, no âmbito do projeto Renasce Salgadinho, conforme a Prefeitura de Maceió (2022) e SEMINFRA (2020).

O desenvolvimento do trabalho foi realizado em três etapas na SRPDA: (I) diagnóstico ambiental; (II) levantamento de dados de qualidade da água por meio de análise físico-química e bacteriológica; (III) e avaliação da carga poluidora do riacho.

O ponto de coleta corresponde a um trecho canalizado, de seção retangular, localizado a aproximadamente 100 m da seção de confluência, nas coordenadas geográficas de latitude 9°38'53.36"S e longitude 35°43'36.93"O. As coletas de água foram realizadas em três campanhas mensais, nos meses de outubro de 2025, março e abril de 2026. Em Maceió, o regime pluviométrico apresenta forte sazonalidade, com período chuvoso concentrado entre abril e julho e redução significativa das chuvas entre outubro e dezembro, caracterizando o início da estação seca (FIRMINO et al., 2024).

As variáveis Temperatura (T - °C) e Oxigênio Dissolvido (OD - mg/L) foram mensuradas no próprio ponto de coleta, por meio de equipamento de medição portátil levado a campo (modelo MO-920). Foram coletadas amostras de água para determinação dos parâmetros Demanda Bioquímica de Oxigênio de cinco dias a 20 °C (DBO_{5,20}), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Nitrogênio Amoniacal, Fósforo Total (P), Coliformes, Turbidez, Potencial Hidrogeniônico (pH) e Sólidos Dissolvidos Totais (SDT).

As amostras foram acondicionadas em frascos de polietileno com capacidade de armazenamento de 2 L, lavados duas vezes com a água a ser amostrada para ambientação. Após a coleta, os frascos foram etiquetados e preservados em caixa térmica com gelo.

As análises físico-químicas e bacteriológicas foram realizadas no Laboratório de Saneamento Ambiental da Universidade Federal de Alagoas (LSA/UFAL). As determinações seguiram os procedimentos estabelecidos no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA), adotando-se, para cada parâmetro, os métodos analíticos especificados no Quadro 1.

Quadro 1 – Parâmetros de qualidade da água, métodos de leitura e metodologias utilizadas no estudo

Parâmetro	Variável	Leitura	Método (SMWW, 2023)
Físico	Temperatura	In loco	Método 2550 B
	Turbidez	Nefelométrico	Método 2130 B
Físico-químico	Sólidos Dissolvidos Totais	Gravimétrico	Método 2540 C / E
	Oxigênio dissolvido	In loco	Método 4500 O G
	Potencial hidrogeniônico	Potenciométrico	Método 4500 H+ B
Químico	Demanda biológica de oxigênio	Teste de incubação	Método 5210 B
	Demanda química de oxigênio	Espectrofotométrico	Método 5220 D
	Fósforo total	Espectrofotométrico	Método 4500 P
	Nitrogênio amoniacal	Títlométrico	Método 4500-NH ₃ B, C
Bacteriológico	Coliformes a 45°C	Tubos múltiplos	Método 9221 B, C, E

Fonte: Autores, 2026.

As medições de vazão foram realizadas pelo método de flutuadores durante períodos com menores lâminas líquidas no riacho, condição que minimiza a interferência de eventos de precipitação e permite caracterizar o escoamento base associado aos aportes domésticos. Para isso, seguiu-se a metodologia proposta pela *U.S. Environmental Protection Agency* - EPA (1997), aplicando a Equação 1:

$$Q = A.V.C \quad (1)$$

Sendo:

Q: Vazão (m³/s);

A: Área molhada da seção (m²);

V: é a velocidade medida pelo flutuador (m/s);

C: Coeficiente de rugosidade. (Desprezível nesse estudo, adotado C = 1,0).

A vazão medida em condições de menor lâmina líquida foi correlacionada às concentrações dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos obtidas nas amostras coletadas no mesmo dia da medição, permitindo estimar as cargas poluentes por meio da Equação 2.

$$\text{Carga poluente} = C.Q \quad (2)$$

Sendo:

C: Concentração do parâmetro;

Q: Vazão (m³/s).

Por fim, os valores das concentrações foram confrontados com os limites estabelecidos para águas doces de classe 2 pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente, por meio da Resolução CONAMA nº 357/2005 (Brasil, 2005), a fim de avaliar a conformidade da qualidade da água do riacho e identificar possíveis impactos decorrentes do lançamento de efluentes.

RESULTADOS

O riacho Pau D'Arco apresenta altura de lâmina líquida baixa, com valor médio de 31 cm. Essa lâmina decorre, em grande parte, dos lançamentos contínuos de esgotamento sanitário doméstico e de ligações clandestinas de empreendimentos comerciais, que direcionam o fluxo diretamente para a calha do riacho.

A Figura 2 apresenta os valores observados para teor de oxigênio dissolvido (OD) e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_{5,20}). O riacho Pau D'Arco apresentou baixa concentração de oxigênio dissolvido, com média de 2,20 mg/L, não atendendo ao limite exigido pela legislação ambiental brasileira (CONAMA nº 357/2005). Dois fatores podem ter contribuído para a baixa oxigenação: a reduzida altura da lâmina líquida e o aporte clandestino de esgoto. Tais

condicionantes favorecem o consumo de OD durante o processo de decomposição da matéria orgânica.

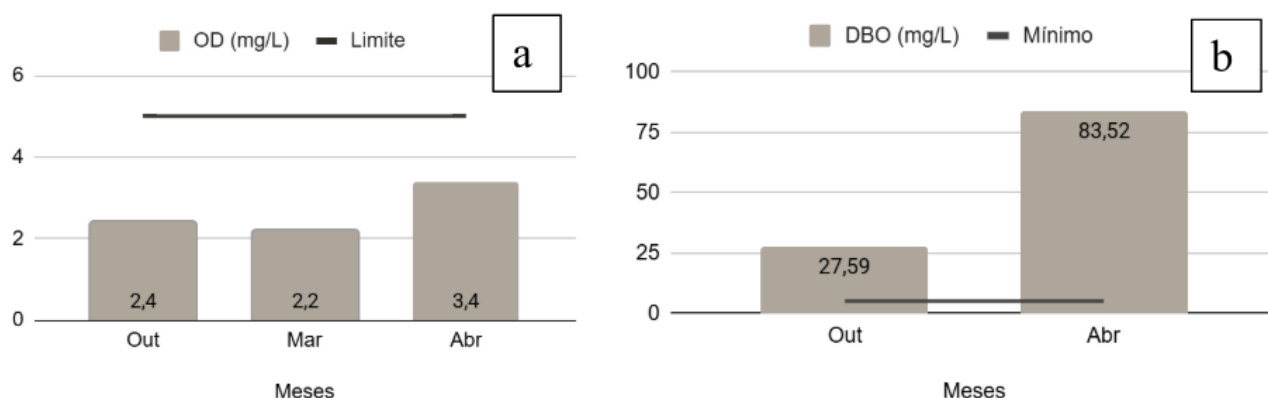


Figura 2 – a) Teor de oxigênio dissolvido (mg/L); b) Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L) no Riacho Pau D’Arco

A relação entre a DBO e o OD é inversamente proporcional, quanto maior a carga orgânica (DBO) na água, maior o consumo de oxigênio pelos microrganismos, resultando em menores níveis de OD. A Figura 2b apresenta os valores encontrados para a $DBO_{5,20}$, cuja média foi de 55,56 mg/L, estando em desacordo com a legislação, que estabelece limite máximo de 5,0 mg/L. Desse modo, o valor médio observado foi superior em mais de dez vezes ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005.

A Figura 3a apresenta os valores da Demanda Química de Oxigênio (DQO), sendo esta importante para medir a quantidade total de oxigênio necessária para oxidar quimicamente a matéria orgânica, incluindo a fração biodegradável e não biodegradável, seu valor médio é de 253,68 mg/L, com razão DQO/DBO de 4,57, indicando que o efluente apresenta baixa biodegradabilidade, com matéria orgânica de difícil degradação. A Figura 3b apresenta os valores de temperatura, os quais apresentaram baixa variação entre os meses analisados, oscilando entre 28,0 °C e 30,5 °C.

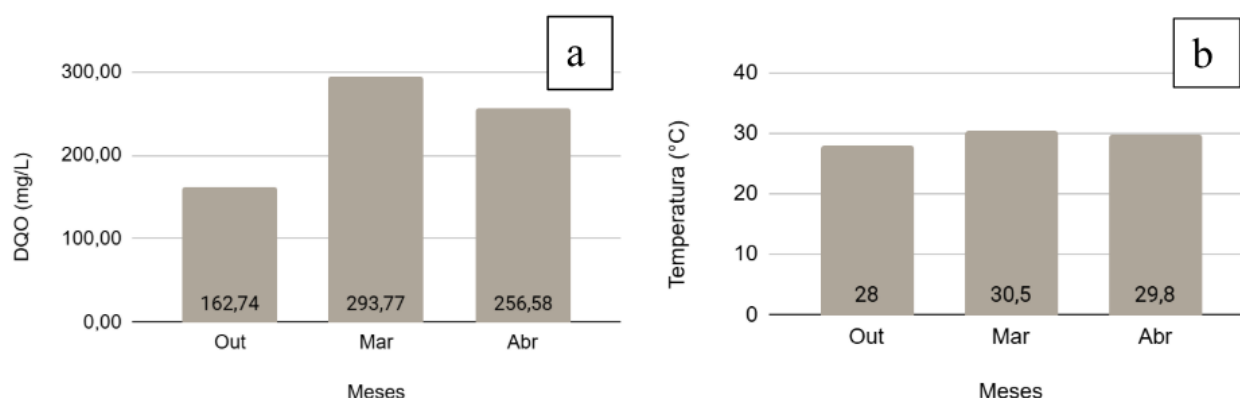


Figura 3 – a) Demanda Química de Oxigênio (mg/L); b) Temperatura (°C) no Riacho Pau D’Arco

A Figura 4 indica as concentrações dos nutrientes nitrogênio amoniacal e fósforo total presentes no riacho, cujos valores foram superiores aos permitidos pela legislação CONAMA. O nitrogênio amoniacal apresentou média de 22,01 mg/L, seu aumento reduz o oxigênio dissolvido da água e indica lançamento recente de esgoto doméstico no riacho. Além disso, o fósforo total apresentou média de 2,63 mg/L, contribuindo para o aumento da carga de nutrientes e podendo desencadear o processo de eutrofização, situação que favorece ainda mais a deterioração da qualidade da água.

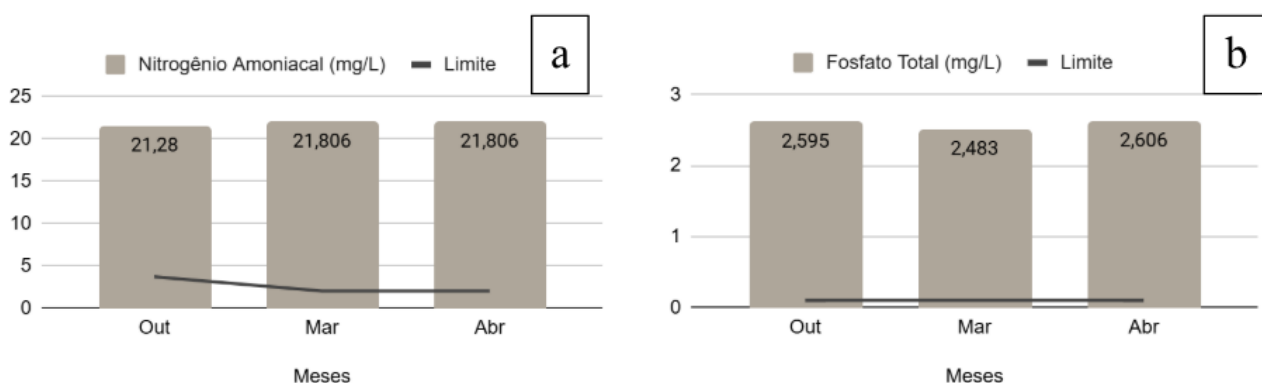


Figura 4 – a) Nitrogênio amoniacal (mg/L); b) Fósforo total (mg/L)

A Figura 5 apresenta os valores de pH e turbidez do riacho Pau D'Arco, ambos dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA. Em relação à turbidez, as variações observadas podem indicar aumento da presença de partículas suspensas na água, no mês de março e abril, possivelmente associado ao carreamento de sedimentos para o leito do riacho. Quanto ao pH, os valores variaram entre 6,52 e 7,95, mantendo-se na faixa de transição da neutralidade.

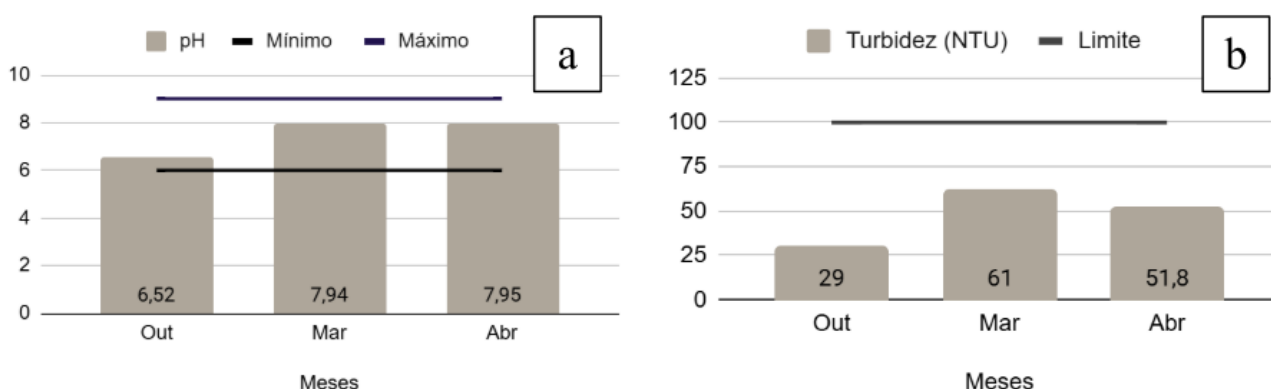


Figura 5 – a) Potencial Hidrogeniônico; b) Turbidez (NTU)

As concentrações de sólidos dissolvidos totais enquadraram-se dentro do limite estabelecido pela legislação, de 500 mg/L, conforme apresentado na Figura 6. Apenas no mês de outubro foi observada concentração superior a esse valor, fato associado à elevada presença de sedimentos no leito do riacho.

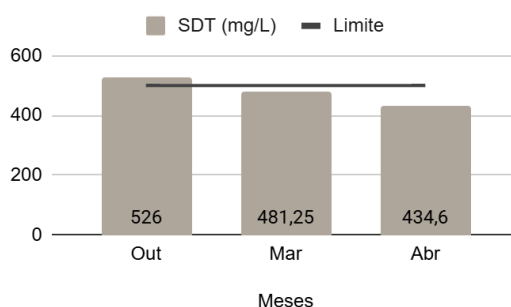


Figura 6 – Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)

No que diz respeito à contribuição média de carga poluente do Riacho Pau D'Arco, a Tabela 1 apresenta as cargas poluidoras médias para os parâmetros analisados, calculadas com base na vazão média de 323 L/s.

Tabela 1 – Qualidade de água no riacho Pau d'Arco e respectivas contribuições mássicas

Parâmetros físico-químicos	Concentração média (mg/L)	Carga (Kg/dia)
DBO	55,56	1550,25
DQO	253,68	7078,80
Fosfato Total	2,63	73,42
Nitrogênio Amoniacal	22,01	614,04
OD	2,20	61,39
SDT	466,09	13006,07
Parâmetros microbiológicos	Concentração (NMP/100mL)	Carga NMP/dia
Coliformes a 45°	1200	$3,35 \times 10^{11}$

Os Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) apresentaram elevada carga média, na ordem de 13006,07 kg/dia, indicando grande quantidade de matéria dissolvida na água, possivelmente associada ao lançamento de esgoto doméstico e ao carreamento de sedimentos no riacho.

A matéria orgânica carbonácea apresentou carga da ordem de 1.550,25 kg/dia e 7.078,80 kg/dia, em termos de DBO_{5,20} e DQO, respectivamente. Também contribui para a demanda de oxigênio a carga de nitrogênio amoniacal, estimada em 614,04 kg/dia. Nesse caso, o oxigênio dissolvido no meio, quando presente, é consumido durante o processo de nitrificação. O balanço de oxigênio dissolvido pode ser negativo, uma vez que a contribuição de OD do riacho Pau d'Arco, da ordem de 61,39 kg/dia, pode ser considerada desprezível diante das demandas carbonácea e nitrogenada.

Além do nitrogênio, o fósforo contribui com carga de nutrientes, cerca de 73,42 kg/dia, o que pode desencadear o processo de eutrofização, situação que favorece ainda mais a deterioração da qualidade da água. Quanto aos microrganismos indicadores de contaminação, a contribuição foi da ordem de $3,35 \times 10^{11}$ NMP/dia.

CONCLUSÕES

O lançamento difuso de esgotos domésticos, associado à baixa capacidade de diluição, contribui para que o riacho Pau D'Arco não realize adequadamente o processo de autodepuração, apresentando características compatíveis às de esgoto sanitário *in natura* ao longo de seu percurso.

A determinação da vazão do riacho Pau D'Arco em condições de menor lâmina líquida permitiu avaliar a contribuição mássica de contaminantes desse afluente. Foram observadas elevadas cargas de matéria orgânica carbonácea ($\text{DBO}_{5,20} = 1.550,25 \text{ kg/dia}$ e $\text{DQO} = 7.078,80 \text{ kg/dia}$), além de cargas nutrientes (nitrogênio amoniacal = $614,04 \text{ kg/dia}$ e fósforo total = $73,42 \text{ kg/dia}$), sólidos dissolvidos totais ($13.006,07 \text{ kg/dia}$) e microrganismos indicadores de contaminação fecal ($3,35 \times 10^{11} \text{ NMP/dia}$).

Portanto, as análises de qualidade da água realizadas no período estudado demonstram que o riacho Pau D'Arco apresenta condições compatíveis com esgoto doméstico de média concentração, evidenciando que seu uso preponderante é o recebimento contínuo de efluentes provenientes de descargas difusas. Diante desse cenário, o corpo hídrico não atende aos padrões estabelecidos para águas doces de classe 2, podendo ser enquadrado, conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005, como corpo d'água de classe 4, categoria destinada a ambientes fortemente impactados por cargas poluidoras.

REFERÊNCIAS

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. *Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas*. Brasília: ANA, 2017. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/central-de-publicacoes/atlas-esgotos-despoluicao-de-bacias-hidrograficas>. Acesso em: 20 mar. 2026.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. “*Panorama de Qualidade das Águas Superficiais no Brasil*”. Brasília: ANA, 2005. Disponível em: https://www.ana.gov.br/portaldpnqa/Publicacao/PANORAMA_DA_QUALIDADE_DAS_AGUAS.pdf. Acesso em: 21 abr. 2026.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Stream flow. In: ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Volunteer stream monitoring: a methods manual*. Washignton: EPA 1997. Cap. 1, p. 134-138.

FIRMINO, M. V. S. L.; RODRIGUES, D. T.; CABRAL JÚNIOR, J. B. Climatologia dos eventos extremos de precipitação em Maceió, Alagoas. *Revista Contexto Geográfico*, v. 9, n. 22, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.28998/contegeo.9i.22.16974>. Acesso em: 20 mai. 2026.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Censo Demográfico 2022: panorama do município de Maceió (AL)*. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: Portal Cidades e Estados – Maceió (AL). Acesso em: 02 mar. 2026.

LIMA, R. N. S.; RIBEIRO, C. B. M.; BARBOSA, C. C. F.; FILHO, O. C. R. “*Estudo da poluição pontual e difusa na bacia de contribuição do reservatório da usina hidrelétrica de Funil utilizando modelagem espacialmente distribuída em Sistema de Informação Geográfica*”. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, Brasil, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/nZtW48pZ4qs5wq8jrX7dbPh/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 21 abr. 2026.

PIMENTEL, I. M. C.; CALLADO, N. H.; SOUZA, V. C. B (2016). “*Qualidade ambiental da bacia do riacho pau d’arco e sua influência na carga poluidora de suas águas*” in Anais XIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Aracaju, Brasil, Nov. 2016

PREFEITURA MUNICIPAL DE MACEIÓ. *Projeto Renasce Salgadinho: relatório técnico*. Maceió, 2022. Relatório disponibilizado exclusivamente em meio digital, fornecido pela Prefeitura Municipal de Maceió. Acesso em: mai. 2026.

SEMINFRA. Secretaria Municipal de Infraestrutura. Unidade de Gerenciamento do Programa de Revitalização Urbana em Bairros de Maceió. *Projeto básico: programa de implantação de jardins filtrantes, requalificação ambiental dos riachos Salgadinho, Reginaldo, Pau D’Arco, Sapo, Gulandi e Águas Férreas e modernização viária e urbanística do Riacho Salgadinho*, incluindo a elaboração dos projetos executivos e a operação e manutenção dos sistemas. Maceió: Prefeitura Municipal de Maceió, 2020.

SINISA. Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico. *Relatório dos Serviços de Esgotamento Sanitário*. Brasília - DF: Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2024. Disponível em: https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/sinisa/resultados-sinisa/RELATORIO_SINISA_ESGOTAMENTO_SANITARIO_2024_v2.pdf. Acesso em: 12 abr. 2026.

VIDAL, F. H. D (2012). “*Modelagem hidrodinâmica como suporte a avaliação e proposição de alternativas compensatórias para mitigação dos problemas de cheias urbanas na bacia do riacho Reginaldo em Maceió-AL*”. Dissertação de M.Sc. em Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (Coppe) Da Universidade Federal Do Rio De Janeiro, Rio de Janeiro

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Prefeitura de Maceió, ao Consórcio DCH e à equipe do Projeto Renasce Salgadinho pelo apoio e pela autorização para a realização das coletas de efluente necessárias ao desenvolvimento desta pesquisa. Registramos também o agradecimento ao Laboratório de Saneamento Ambiental do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas (LSA/CTEC/UFAL) pelo suporte técnico e pela execução das análises laboratoriais que subsidiaram este estudo.