

AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS DA ÁGUA NA CIDADE DE SÃO LUÍS-MA

Thiago Oliveira Araújo

Graduando em Química Licenciatura

Instituição: Universidade Estadual do Maranhão – UEMA

Endereço Institucional: Cidade Universitária Paulo VI – Avenida Lourenço Vieira da Silva 1.000 – Bairro Jardim São Cristóvão, CEP: 65055-310 – São Luís – MA

E-mail: thiagoaraujo012005@gmail.com

Thiago de Moraes Chaves

Graduando em Química Licenciatura

Instituição: Universidade Estadual do Maranhão – UEMA

Endereço Institucional: Cidade Universitária Paulo VI – Avenida Lourenço Vieira da Silva 1.000 – Bairro Jardim São Cristóvão, CEP: 65055-310 – São Luís – MA

E-mail: thiagokairos99@gmail.com

Cinthyia Costa Lopes

Graduanda do Curso de Química Licenciatura – UEMA

Instituição: Universidade Estadual do Maranhão – UEMA

Endereço: Cidade Universitária Paulo VI – Avenida Lourenço Vieira da Silva 1.000 – Bairro Jardim São Cristóvão, CEP: 65055-310 – São Luís – MA

E-mail: cinthyacostah018@gmail.com

Raissa Azevedo Mendonça

Graduanda em Química Licenciatura

Instituição: Universidade Estadual do Maranhão – UEMA

Endereço Institucional: Cidade Universitária Paulo VI – Avenida Lourenço Vieira da Silva 1.000 – Bairro Jardim São Cristóvão, CEP: 65055-310 – São Luís – MA

E-mail: ra4351034@gmail.com

Alamgir Khan

Doutor em Ciências – Instituto de Química – UNICAMP

Instituição: Universidade Estadual do Maranhão – UEMA

Endereço: Cidade Universitária Paulo VI – Avenida Lourenço Vieira da Silva 1.000 – Bairro Jardim São Cristóvão, CEP: 65055-310 – São Luís – MA

E-mail: alamgir@cecen.uema.br

Raquel Maria Trindade Fernandes

Doutora em Ciências – Instituto de Química – UNICAMP

Instituição: Universidade Estadual do Maranhão – UEMA

Endereço: Cidade Universitária Paulo VI – Avenida Lourenço Vieira da Silva 1.000 – Bairro Jardim São Cristóvão, CEP: 65055-310 – São Luís – MA

E-mail: raquelfernandes@professor.uema.br

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a potabilidade da água do rio Anil, localizado em São Luís - MA, um importante recurso hídrico para a cidade. Com

extensão de 13,8 km, o rio é utilizado por comunidades ribeirinhas como fonte de sustento, mas vem sofrendo impactos ambientais devido ao crescimento urbano desordenado. Foram definidos oito pontos de coleta ao longo do rio, com amostragens realizadas em 19 de agosto de 2024. As análises físico-químicas in loco foram feitas com fitas multiparâmetros da Drinking Water®, enquanto as análises laboratoriais foram conduzidas no Laboratório de Microbiologia de Alimentos e Água da UEMA, seguindo os protocolos da FUNASA para parâmetros físico-químicos e o método IDEXX Quanti-Tray para detecção de coliformes totais e *Escherichia coli*. Os resultados foram comparados à Resolução CONAMA nº 357/2005. Parâmetros como turbidez, sólidos dissolvidos, pH e nitrito estavam dentro dos limites permitidos. No entanto, ferro, cobre, chumbo, fluoreto, nitrato, cloretos, coliformes e *E. coli* apresentaram níveis elevados, indicando contaminação. Outros parâmetros, como dureza, alcalinidade, condutividade e presença de amônia e cloreto de amônia, também apontaram para uma água imprópria para consumo. Os dados indicam a necessidade urgente de tratamento da água e controle da poluição local.

Palavras-chave: Água, potabilidade, coliformes totais, físico-químicos

1 INTRODUÇÃO

A exploração contínua dos recursos naturais, aliada ao crescimento populacional e à ocupação desordenada de áreas sem infraestrutura, gera impactos ambientais significativos, como a degradação de corpos hídricos e a redução da qualidade da água (Martins; Lopes, 2009). Para garantir aos consumidores que a água é segura para lazer, consumo e uso doméstico, existem leis que estabelecem e regulamentam os parâmetros e atribuições para cada tipo de água. Dentre essas legislações, destaca-se a Resolução CONAMA nº 357/2005, cuja função é definir padrões para a classificação das águas doces e salinas de rios em diferentes classes, cada uma com especificações próprias.

O rio Anil, localizado a noroeste de São Luís - MA, tem 13,8 km de extensão e importância econômica, especialmente para a pesca (Martins; Lopes, 2009). Atualmente, conta com apenas uma nascente, no bairro Aurora, devido à degradação causada pela urbanização e pelo aumento populacional. O despejo de esgoto é um dos principais fatores dessa deterioração (Barros *et al.*, 2023). Diante disso, este estudo visa analisar os parâmetros físico-químicos e microbiológicos do rio para avaliar sua potabilidade, considerando os impactos da poluição sobre a vida aquática (Silva *et al.*, 2014).

2 METODOLOGIA

Primeiro, realizou-se uma revisão bibliográfica em plataformas digitais para entender o rio Anil e a legislação vigente sobre a qualidade da água. A pesquisa foi feita em oito pontos ao longo do rio, de sua nascente (P1) à foz (P8), escolhidos conforme o acesso. As amostras foram coletadas no dia 19 de agosto de 2024, no turno da tarde, com auxílio do Google Earth para localização. A coleta foi feita com luvas de látex, utilizando frascos estéreis de 500 mL.

Figura 1: Mapa com os 8 pontos amostrais.



Fonte: Autores, 2024.

2.1 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS

As análises in loco foram realizadas utilizando a fita multiparâmetro Drinking Water®, avaliando os seguintes parâmetros físico-químicos: dureza total, cloro livre, ferro, cobre, chumbo, nitrato, nitrito, material particulado em suspensão (MPS), cloro total, fluoreto, cloreto de amônia, bromo, alcalinidade total, carbonato e pH. Já as análises microbiológicas ocorreram no Laboratório de Microbiologia de Alimentos e Água da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), com foco na detecção e quantificação de coliformes totais e *Escherichia coli*. Utilizou-se o método do Número Mais Provável (NMP), com meio cromogênico enzimático (Colilert, IDEXX, EUA), conforme metodologia da AOAC (2003).

Foram coletados 10 mL de cada amostra, diluídos em 90 mL de água destilada estéril e transferidos para frascos com substrato. A solução foi colocada em cartelas Quanti-Tray, seladas e incubadas a $35 \pm 0,5$ °C por 24 horas. A presença de coliformes foi confirmada pela coloração amarela, enquanto *E. coli* foi detectada

por fluorescência azul sob luz UV (365 nm). Os resultados foram expressos em NMP/100 mL, com base na tabela padrão e fator de diluição. A verificação dos parâmetros físico-químicos analisados em laboratório seguiu-se a metodologia expressa pela (FUNASA,2013). Assim foram feitos os seguintes parâmetros:

- Alcalinidadetotal-titulaçãocomH₂SO₄
- Durezatotal-Titulaçãocom EDTA
- Cloretos-Titulação/métodode morh
- Condutividade,salinidade,TDS –Sondademultiparâmetros
- pH- pHmetro digital
- Ferro – IronHigh RangeISM-(HANNA®)HI 96721
- Amônia, nitrato e nitrito – Superfoto (ALFAKIT) E021524

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As águas doces são classificadas por lei conforme seus parâmetros. Neste estudo, o rio Anil foi considerado classe II, permitindo a comparação dos resultados com os limites estabelecidos pela CONAMA (2005).

A Tabela 1 indica os resultados dos parâmetros físico-químicos obtidos *in loco* de todos os oito pontos, na Tabela 2 estão expressos os resultados das análises físico-químicas feitas em laboratório e por fim a Tabela 3 mostra os resultados das análises microbiológicas.

Tabela1-Resultados das análises *in loco*.

Parâmetro	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Alcalinidadetotal	80	40	40	120	80	120	40	40
Durezatotal	50	50	50	50	50	120	50	120
pH	8,2	9,0	6,8	8,2	8,2	7,6	7,6	8,2
Ferro	5	0	5	5	5	0	0	0
Cobre	0,5	0,5	0,5	1	0,5	1	0,5	1
Chumbo	20	20	20	20	20	0	20	20
Bromo	0	1	1	2	2	1	1	1
Nitrato	10	10	10	10	10	10	10	10
Nitrito	1	1	1	1	1	1	1	1
Clorototal	0	0	0	0	0	0	0	0
Cloro livre	0	0	0	0	0	0	0	0
Fluoreto	0	10	10	10	0	10	25	10
Cloretode amônia	100	100	100	150	150	100	100	100
Carbonato	80	120	40	180	120	180	80	40
MPS	1	1	1	1	1	1	1	0

Fonte: Autores, 2024.

Os materiais em suspensão (MPS) foram de 1 mg/L nos pontos P1 a P7, sem registro em P8, refletindo turbidez acima do permitido, possivelmente por chuvas fortes. Os sólidos totais dissolvidos ultrapassaram o limite de 500 mg/L apenas no ponto 6, com 622 mg/L, indicando poluição por resíduos domésticos ou industriais. A condutividade elétrica, que mede íons dissolvidos, variou de 419 a 42.900 $\mu\text{S}/\text{cm}$, muito acima dos valores típicos para águas naturais, mostrando forte impacto humano no rio Anil (Chagas, 2015).

Tabela2 – Resultado das análises físico-químicas realizadas em laboratório.

Parâmetro	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Alcalinidade total	172	116	82	156	186	228	118	120
Dureza total	200	70	60	90	2.200	860	3.840	5.000
Cloretos	33	43	60	247	>500*	*	*	*
Salinidade	0,26	0,24	0,21	0,67	11,78	4,70	28,5	28,5
Condutividade	511	472	419	1243	19.090	8.200	42.800	42.900
Turbidez	73,6	0,31	0,23	0,65	0,46	0,43	0,05	29,2
TDS	256	237	210	622	9,58**	4,10**	2,15***	2,15***
pH	6,93	6,89	6,74	6,93	7,11	7,15	7,64	7,50
Ferro	3,66	0,43	0,89	1,19	0,50	0,70	0,63	1,90
Amônia	2.492	3,6	3,6	3,6	3.046	3,6	0,7	0,3
Nitrato	6.478	0,0	0,0	0,0	21.547	0,0	16.308	0,0
Nitrito	0,03	0,24	0,02	0,04	0,03	0,01	0,01	0,04

*Prováveis valores acima de 500; ** $\times 10^{-5}$; *** $\times 10^{-6}$

Fonte: Autores, 2024.

Tabela 3-Resultados das análises microbiológicas.

Parâmetro	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Coliformes totais	4.884	>24.196	>24.196	>24.196	>24.196	>24.196	700	1.822
<i>E.coli</i>	833	>24.196	>24.196	>24.196	3.255	>24.196	185	318

Fonte: Autores, 2024.

A análise de ferro mostrou diferenças entre métodos: fitas indicaram 5 mg/L em alguns pontos, enquanto o laboratório registrou de 0,43 a 3,66 mg/L, ultrapassando o limite legal de 0,3 mg/L, especialmente nos pontos 1, 4 e 8, possivelmente devido ao solo e esgotos. O bromo foi detectado a partir do ponto 2, entre 1 e 2 mg/L, originado de resíduos industriais e infiltração marinha, com risco à saúde em altas concentrações. O cobre apresentou valores acima do limite permitido (0,009 mg/L) em todos os pontos, provavelmente por escoamento após

chuvas, indicando contaminação significativa por fontes urbanas e industriais (CETESB, 2021).

Os valores de fluoreto nos pontos 2, 3, 4, 6, 7 e 8 ultrapassaram o limite legal de 1,4 mg/L, indicando risco à saúde e necessidade de tratamento da água do rio Anil. O cloreto de amônia, relacionado à amônia detectada em laboratório, apresentou concentrações elevadas (acima de 100 mg/L in loco e até 3.046 mg/L em laboratório), podendo ser tóxico para peixes e causar irritação na pele. A dureza total da água, causada por sais de cálcio e magnésio, variou entre macia e dura, com pontos analisados classificados entre moderadamente dura e dura, conforme parâmetros da OMS (Magalhães, 2018).

As análises *in loco* indicaram alcalinidade entre 40 e 120 mg/L (CaCO_3), e em laboratório, entre 82 e 172 mg/L (CaCO_3). Embora a legislação não defina limite máximo, a alcalinidade está ligada à decomposição de rochas e despejo de esgotos, influenciando a dureza e coagulação da água. O pH, permitido entre 6 e 9, variou de 6,8 a 9 in loco e de 6,74 a 7,50 em laboratório, estando dentro do limite legal. Os cloretos têm limite de 250 mg/L; pontos 1 a 3 ficaram abaixo, enquanto pontos 4 e 5 excederam, chegando a mais de 500 mg/L a partir do ponto 5, possivelmente devido à influência da maré e à salinidade, conforme Nunes e colaboradores (2020).

Os parâmetros de cloro livre e cloro total in loco registraram zero, pois o cloro total é a soma do cloro livre e residual (CONAMA, 2005). O nitrato foi detectado a 10 mg/L in loco em todos os pontos, mas no laboratório apareceu apenas nos pontos 1, 5 e 7, com pico de 21.546,6 mg/L no ponto 5, acima do limite legal, podendo causar eutrofização e morte de peixes. O nitrito medido in loco foi 1 mg/L em todos os pontos, enquanto no laboratório variou entre 0,01 e 0,24 mg/L, ambos dentro do limite permitido de 1 mg/L.

As análises microbiológicas evidenciam a contaminação por bactérias provenientes do lançamento de dejetos nos rios, refletindo significativamente a ação antrópica. Entre essas bactérias, destacam-se as do grupo coliforme, que habitam o trato intestinal de seres humanos e animais. A presença dessas bactérias em amostras de água indica a contaminação principalmente associada ao despejo de esgoto.

Dentre grupo de coliformes totais investigados estão os gêneros *Escherichia Coli*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter* sendo os mais recorrentes em águas e separadamente a *E. coli* por se tratar de uma determinante de contaminação de

origem fecal (Brasília,2006). Para as águas doces definidas como classe II o limite permitido é de 1000 Número Mais Provável em 100 mL da amostra (Conama,2005).

Dentre os resultados para coliformes totais apenas o ponto 7 não excedeu o limite estabelecido, no ponto 1 (nascente) o resultado é de 4.884 NMP/ 100 mL, os outros pontos possuem valores discrepantes acima de 20.000 N MP/ 100 mL diferenciando-se dos resultados menores que 8 NMP/ 100 mL, obtidos por Da Luz e colaboradores (2020) feitos na foz do rio Lucaia em Salvador (BA). Esses resultados indicam forte contaminação por esgotos domésticos no rio anil.

Os valores de *Escherichia coli* estão abaixo do permitido apenas nos pontos 1,5,7 e 8, os outros pontos excederam o valor permitido de 1000 NMP/ 100 mL com valores maiores que 24.196 NMP/ 100 mL. Isso pode ser proveniente de águas residuais e esgotos vindos da ação antrópica próximo ao rio, tendo em vista que a urbanização nas áreas próximas do rio anil é de 62 % sendo isto um indicador para os impactos causados ao longo de todo percurso do rio (Alcântara, 2004).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse estudo definiu que água do rio Anil possui alguns parâmetros fora dos valores máximos permitidos pela Conama, indicando uma forte contaminação da água nos pontos analisados, sendo isto um fator ocasionado pela ação antrópica, visto que as comunidades próximas estão afetando as águas deste corpo hídrico com o despejo de esgotos domésticos e lixos

A detecção dos parâmetros físico-químicos e as análises microbiológicas proporcionou indicativos que a água deve passar por processos de tratamento para que possa ser consumida e mostrou como os impactos da comunidade local com despejo de resíduos afetaram a qualidade da água desse corpo hídrico

ODS



REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, E. H. Mudanças climáticas, incertezas hidrológicas e vazão fluvial: o caso do estuário rio Anil. *Caminhos da Geografia*, Uberlândia, v. 8, n. 12, p. 158-173, jun. 2004.
- AOAC INTERNATIONAL. **Official Methods of Analysis** of 19th Ed. Gaithersburg, MD, USA, 2008.
- BARROS, Carla *et al.* **Rio anil esgotado**: São Luís: EDUFMA, 2023.
- CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Ficha de informação tóxica**; mai. 2021. <https://cetesb.sp.gov.br/> Acesso em: 26 fev. 2024.
- CHAGAS, D.S. **Relação entre concentração de sólidos suspensos e turbidez da água medida com sensor de retroespalhamento óptico**. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2015.
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Ministério da Saúde. Resolução nº. 357, de 17 de março de 2005. **Diário Oficial**, Brasília, DF, 18 mar. 2005. p. 58. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/RE0357-170305.PDF>.
- DA LUZ *et al.* Estudo da qualidade das águas superficiais na foz do rio Lucaia, Salvador (BA), Brasil. **Grupo de Pesquisa Metodologias em Ensino e Aprendizagem em Ciências**; Vol: 9; ISSN 2525-3409, 2020. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/6287>.
- MAGALHÃES, H. I. C. **Efeitos do flúor na saúde humana**. Tese (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Fernando Pessoa, Portugal, 2018.
- MARTINS, A.L.P; LOPES, M.J.S. **Caracterização da população ribeirinha do estuário do rio Anil (SL-MA), com base em aspectos sociais, econômicos e ambientais**. Jan 2009. <https://www.researchgate.net/publication/292768871>. Acesso em: jan. 2024.
- NUNES, C.R de O *et al.* Influência do fechamento da foz do rio Paraíba do Sul na salinidade e na concentração de íons do estuário. In: **Anais do XII Congresso Fluminense de Iniciação Científica e Tecnológica / V Congresso Fluminense de Pós-Graduação**, ISBN: 978-65-992726-4-6, 2020. Disponível em: <https://proceedings.science/confict-conpg/confict-conpg-2020/trabalhos/influencia-do-fechamento-da-foz-do-rio-paraiba-do-sul-na-salinidade-e-na-concent?lang=>.
- SILVA, G.S. *et al.* **Avaliação integrada da qualidade de águas superficiais: grau de trofia e proteção da vida aquática nos rios Anil e Bacanga, São Luís (MA)**. Set 2014. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522014019000000438>. Acesso em: 17 fev. 2024.