

ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA E PERFIL DE SENSIBILIDADE ANTIMICROBIANA DE CEPAS DE *ESCHERICHIA COLI* ISOLADAS DO AÇUDE CACHOEIRA EM SOBRAL-CE

MICROBIOLOGICAL ANALYSIS OF WATER AND ANTIMICROBIAL
SENSITIVITY PROFILE OF *ESCHERICHIA COLI* STRAINS ISOLATED
FROM THE CACHOEIRA RESERVOIR IN SOBRAL-CE

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA Y PERFIL DE SENSIBILIDAD
ANTIMICROBIANA DE CEPAS DE *ESCHERICHIA COLI* AISLADAS
DEL RESERVOIRIO DE CACHOEIRA EN SOBRAL-CE

Ailton Dias Ferreira¹
Ana Jessyca do Nascimento Sousa²
Eduarda Loiola Siqueira³
Andréa Maria Neves⁴
Francisca Lidiane Linhares de Aguiar⁵
Raquel Oliveira dos Santos Fontenelle⁶

RESUMO

A água é fundamental para a saúde, mas a urbanização desordenada tem comprometido sua qualidade por meio da contaminação com efluentes e agrotóxicos. No açude Cachoeira, em Sobral-CE, utilizado para diversas atividades, a presença de resíduos sólidos, água turva e criações animais indica possíveis fontes de poluição. A qualidade da água é monitorada por microrganismos bioindicadores, e a contaminação pode contribuir para a disseminação de bactérias resistentes a antibióticos, tornando indispensáveis o isolamento, a identificação e os testes de sensibilidade dos microrganismos. Essa pesquisa objetivou avaliar as condições microbiológicas do açude Cachoeira e traçar o perfil de sensibilidade das cepas de *Escherichia coli* frente a antibióticos. Foram realizadas quatro coletas em três pontos distintos, totalizando doze amostras. As análises incluíram a determinação do Número Mais Provável de coliformes totais e termotolerantes, a contagem de bactérias aeróbias mesófilas, testes bioquímicos do Indol, Vermelho de Metila, Voges-Proskauer, Citrato e antibiograma para análise do perfil de sensibilidade antimicrobiana. Os resultados mostraram que os coliformes totais variaram de 3×10^4 a $1,6 \times 10^5$ coliformes totais/100 mL, excedendo o limite legal, enquanto os coliformes termotolerantes ficaram dentro dos parâmetros estabelecidos, variando de $< 2,5 \times 10^1$ a $1,4 \times 10^2$ coliformes termotolerantes/100 mL. A contagem de aeróbios mesófilos foi de $< 2,5 \times 10^1$ a $2,5 \times 10^5$ UFC/mL, ultrapassando os limites nas três primeiras coletas. As cepas de *Escherichia coli* foram sensíveis à Azitromicina, mas algumas apresentaram resistência ao Ciprofloxacino, Gentamicina e Imipenem. Conclui-se que a água está própria para recreação e dessedentação animal, mas imprópria para consumo humano, além de favorecer a disseminação

de bactérias resistentes. Portanto, é necessário monitoramento contínuo evitando contaminação e disseminação de bactérias resistentes.

PALAVRAS-CHAVE

Antibióticos; Coliformes; Microrganismos; Resistência.

ABSTRACT

Water is essential for health, but uncontrolled urbanization has compromised its quality through contamination with effluents and pesticides. At the Cachoeira reservoir in Sobral, Ceará, which is used for various activities, the presence of solid waste, murky water, and livestock indicates possible sources of pollution. Water quality is monitored by bioindicator microorganisms, and contamination can contribute to the spread of antibiotic-resistant bacteria, making isolation, identification, and sensitivity testing of microorganisms essential. This research aimed to evaluate the microbiological conditions of the Cachoeira reservoir and to outline the sensitivity profile of *Escherichia coli* strains to antibiotics. Four collections were carried out at three different points, totaling twelve samples. The analyses included the determination of the Most Probable Number of total and thermotolerant coliforms, the count of mesophilic aerobic bacteria, biochemical tests for Indole, Methyl Red, Voges-Proskauer, and Citrate, and an antibiogram for analysis of the antimicrobial susceptibility profile. The results showed that total coliforms ranged from 3×10^4 to $1,6 \times 10^5$ total coliforms/100 mL, exceeding the legal limit, while thermotolerant coliforms remained within the established parameters, ranging from $< 2,5 \times 10^4$ to $1,4 \times 10^2$ thermotolerant coliforms/100 mL. The count of mesophilic aerobes was $< 2,5 \times 10^4$ to $2,5 \times 10^5$ CFU/mL, exceeding the limits in the first three collections. The *Escherichia coli* strains were sensitive to Azithromycin, but some showed resistance to Ciprofloxacin, Gentamicin, and Imipenem. It is concluded that the water is unfit for human consumption and may contribute to the spread of resistant bacteria. Therefore, continuous monitoring is necessary to avoid contamination and the spread of resistant bacteria. It is concluded that the water is suitable for recreation and animal drinking but unsuitable for human consumption, in addition to favoring the spread of resistant bacteria. Therefore, continuous monitoring is necessary to avoid contamination and the spread of resistant bacteria.

KEYWORDS

Antibiotics; Coliform; Microorganisms; Resistance.

RESUMEN

El agua es esencial para la salud, pero la urbanización descontrolada ha comprometido su calidad debido a la contaminación con efluentes y pesticidas. En el embalse de Cachoeira en Sobral, Ceará, utilizado para diversas actividades, la presencia de residuos sólidos, agua turbia y ganado indica posibles fuentes de contaminación. La calidad del agua se monitorea mediante microorganismos bioindicadores, y la contaminación puede contribuir a la propagación de bacterias resistentes a los antibióticos, por lo que el aislamiento, la identificación y las pruebas de sensibilidad de los microorganismos son esenciales. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar las condiciones microbiológicas del reservorio de Cachoeira y delinear el perfil de sensibilidad de las cepas de *Escherichia coli* a los antibióticos. Se realizaron cuatro recolecciones en tres puntos diferentes, con un total de doce muestras. Los análisis incluyeron la determinación del Número Más Probable de coliformes totales y termotolerantes, el recuento de bacterias aerobias mesófilas, pruebas bioquímicas para indol, rojo de metilo, Voges-Proskauer y citrato, y un antibiograma para el análisis del perfil de susceptibilidad antimicrobiana. Los resultados mostraron que los coliformes totales oscilaron entre 3×10^4 y $1,6 \times 10^5$ coliformes totales/100 mL, superando el límite legal, mientras que los coliformes termotolerantes estuvieron dentro de los parámetros establecidos, oscilando entre $<2,5 \times 10^1$ y $1,4 \times 10^2$ coliformes termotolerantes/100 mL. El recuento de aerobios mesófilos fue $<2,5 \times 10^1$ a $2,5 \times 10^5$ UFC/mL, superando los límites en las tres primeras recolecciones. Las cepas de *Escherichia coli* fueron sensibles a la azitromicina, pero algunas mostraron resistencia a la ciprofloxacina, la gentamicina y el imipenem. Se concluye que el agua es apta para la recreación y consumo animal, pero no apta para el consumo humano, además de favorecer la propagación de bacterias resistentes. Por lo tanto, es necesario un seguimiento continuo para evitar la contaminación y la propagación de bacterias resistentes.

PALABRAS CLAVE

Antibióticos; Coliformes; Microorganismos; Resistencia.

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso essencial para a vida, o desenvolvimento das sociedades e a manutenção dos ecossistemas. Além de seu papel vital para a saúde humana, é fundamental para o abastecimento doméstico, atividades industriais, agropecuárias, recreativas e de preservação ambiental. No entanto, o crescimento urbano desordenado, aliado ao descarte inadequado de efluentes domésticos, industriais e ao uso intensivo de agrotóxicos, tem contribuído para a degradação da qualidade dos corpos hídricos, comprometendo sua disponibilidade e potabilidade (OLIVEIRA, *et al.*, 2017; MOURA *et al.*, 2021).

Os açudes são reservatórios construídos para armazenar grandes volumes de água, geralmente provenientes de chuvas ou rios, com o intuito de suprir demandas agrícolas, residenciais e industriais (FUNASA, 2019). O açude Cachoeira, localizado em Sobral-CE e integrante da bacia do Acaraú, possui capacidade de 4,27 hm³ e recebe águas do riacho Mata Fresca (SRH, 2010; COGERH, 2016). Suas margens são habitadas por comunidades e casas de veraneio, sendo amplamente utilizadas para lazer, dessedentação animal, irrigação e lavagem de roupas. No entanto, a presença de resíduos sólidos, coloração turva da água e proximidade com criações animais indicam possíveis fontes de contaminação e comprometimento da qualidade da água.

Apesar de sua importância, grande parte da população desconhece os riscos associados ao consumo de água fora dos padrões de potabilidade, especialmente no que se refere à transmissão de doenças. A presença de bactérias pertencentes ao grupo dos coliformes totais, tendo como principal representante *Escherichia coli* (*E. coli*), em recursos hídricos indica possível contaminação fecal e representa ameaça à saúde pública (ARBOS *et al.*, 2017). Microrganismos veiculados pela água podem causar doenças como hepatite A, giardíase, gastroenterite, amebíase, febre tifoide, paratifoide e cólera, cujos sintomas variam de desconforto leve a quadros graves e potencialmente fatais (SOUZA *et al.*, 2017a).

Dada a relevância da água para a saúde pública, sua qualidade pode ser avaliada por meio de análises microbiológicas, que detectam a presença de coliformes como bioindicadores de contaminação fecal (VALIATTI *et al.*, 2021). Entre eles, destaca-se a *E. coli*, naturalmente presente no intestino de mamíferos e associada à poluição por dejetos (SOUZA, 2021). Além da presença de microrganismos patogênicos, ambientes aquáticos têm sido reconhecidos como importantes reservatórios e locais de disseminação de bactérias e genes de resistência a antibióticos, pois abrigam bactérias autóctones diversas e microrganismos alóctones, incluindo patógenos resistentes, favorecendo a transferência de genes de resistência e o surgimento de bactérias resistentes (SHAO *et al.*, 2018).

Ambientes de água doce estão entre os ecossistemas naturais mais vulneráveis a potenciais riscos ambientais. A liberação de antibióticos nesses ambientes é motivo de preocupação, pois favorece a seleção e a disseminação de genes de resistência e de bactérias resistentes, resultando na redução da eficácia desses fármacos no tratamento de patógenos humanos e animais (NNADOZIE; ODUME, 2019). Nesse cenário, a presença de antibióticos no meio ambiente constitui uma preocupação global crescente, tanto para a sociedade quanto para a comunidade científica.

A resistência aos antibióticos ocorre naturalmente por mudanças genéticas e está presente em diversos ambientes, podendo ser transmitida entre pessoas, animais e por alimentos de origem animal. Substâncias como fármacos e contaminantes também atingem os corpos d'água por esgoto, atividades agropecuárias e lixões (PEREIRA *et al.*, 2021). Diante disso, é essencial isolar, identificar os microrganismos e realizar testes de sensibilidade aos antimicrobianos (OPAS, 2017).

As condições microbiológicas do açude Cachoeira, em Sobral-CE, carecem de estudos atualizados, o que torna imprescindível o monitoramento contínuo desse recurso hídrico. Ademais, a ocorrência de microrganismos resistentes ainda não foi investigada nesse ambiente. Nesse contexto, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a qualidade microbiológica da água e o perfil de sensibilidade de cepas de *E. coli* isoladas no açude.

2 MÉTODOS

A quantificação de coliformes e bactérias aeróbias mesófilas foi analisada conforme os padrões de potabilidade e balneabilidade vigentes, enquanto para os testes de sensibilidade antimicrobiana foram realizados as médias e desvios-padrão e interpretados segundo os critérios do *Brazilian Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing* (BrCAST).

2.1 COLETA DAS AMOSTRAS

Para a coleta das amostras, foram selecionados três pontos distintos do açude Cachoeira que foram definidos como ponto A (S 3°39'29.07" W 40°22'19.2801"), ponto B (S 3° 39'04.4136" W 40°21' 43.776") e ponto C (S 3° 39'29.07" W 40°22' 19.2101"). A escolha dos pontos baseou-se na facilidade de acesso e na segurança para a execução das coletas. Ocorreram quatro coletas que aconteceram de forma bimestral, conforme estabelecido pela legislação N.º 357 de 2005 do CONAMA para água doce tipo III. A coleta das amostras foi realizada nos meses de março, maio, julho e setembro de 2023 e, em cada ponto, foi coletada uma amostra, totalizando doze amostras. A água foi recolhida em frascos Schott estéreis de 500 mL, abertos apenas no momento da coleta, distantes da margem. As amostras foram armazenadas em caixas térmicas com bolsas de gelo artificial para manter a baixa temperatura; em seguida, foram enviadas ao laboratório de Microbiologia da Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA), onde as análises ocorreram de forma imediata.

Figura 1 - Imagem de satélite do açude Cachoeira em Sobral-CE e registros dos pontos de amostragem (Pontos A, B e C).



Fonte: Google Maps; Elaborado pelos autores.

2.2 CONTAGEM DE COLIFORMES TOTAIS (CT) E COLIFORMES TERMOTOLERANTES (CTT)

A análise presuntiva foi conduzida utilizando o meio de cultura Caldo Lactose Bacto (Difco), distribuído em tubos de 10 mL com tubos de Durham invertidos. Os tubos, esterilizados, em série de cinco, foram inoculados com 10 mL da amostra, na primeira série (diluição de 1:1), 1 mL na segunda série de cinco e 0,1 mL na terceira série de 5 tubos. A positividade foi determinada pela produção de gás e turvação. Tubos positivos foram repicados em Caldo Bile Verde Brilhante (CBVB) para estimativa de coliformes totais (37 °C/48 h) e em Caldo *Escherichia coli* (EC) para coliformes termotolerantes (45 °C/48 h, em banho-maria) (APHA, 2012).

A positividade nas confirmações seguiu os mesmos critérios, e os dados foram analisados com base na tabela estatística de Hoskins adaptada por BAM (1984), para obtenção do Número Mais Provável (NMP) de coliformes em 100 mL.

2.3 TESTES BIOQUÍMICOS PARA IDENTIFICAÇÃO DE *ESCHERICHIA COLI*

Dos tubos positivos do caldo EC para CTT foram retiradas alíquotas e estriadas em placas contendo Ágar Eosina Azul de Metileno (EMB) e que posteriormente foram incubadas a 37 °C por 24 horas. Após o tempo de incubação, foram selecionadas as colônias típicas para *E. coli* com coloração verde brilhante das placas de EMB e, logo em seguida semeadas em tubos de ensaio contendo Tryptic Soy Agar (TSA) e incubados em estufa a 37°C por 24 horas. Duas dessas colônias foram isoladas para as provas bioquímicas do Indol, Vermelho de Metila, Voges-Proskauer, Citrato (IMViC). Foram confirmadas as culturas para *E. coli* com o perfil: indol positivo, vermelho de metila positivo, Voges-Proskauer negativo e citrato negativo (SILVA, 2017).

2.4 CONTAGEM DE BACTÉRIAS AERÓBIAS MESÓFILAS

A contagem de bactérias aeróbias mesófilas foi realizada por contagem padrão em placas, utilizando diluições de 10⁻¹, 10⁻² e 10⁻³ em solução salina. Alíquotas de 1 mL foram adicionadas ao meio Plate Count Agar (PCA), vertidas em placas de Petri, homogeneizadas com movimentos em forma de oito e incubadas a 35 °C por 48 h. O teste foi realizado em duplicata, e a média das colônias foi multiplicada pelo fator de diluição para estimar a unidade formadora de colônias (UFC) (SILVA *et al.*, 2001).

2.5 ANTIBIOGRAMA

A avaliação da resistência antimicrobiana foi realizada pela técnica de difusão em discos (BAUER *et al.*, 1996). Utilizaram-se os antibióticos Azitromicina, Ciprofloxacino, Gentamicina e Imipenem conforme a padronização do BrCAST (BRCAST, 2023).

Foram testadas oito cepas de *E. coli* isoladas da água do açude Cachoeira, além da cepa controle ATCC 25922. As cepas foram cultivadas em TSA por 24 h, e os inóculos foram ajustados à turbidez 0,5 da escala de McFarland. O inóculo foi semeado em placas de ágar Mueller-Hinton com swab estéril, seguido da aplicação dos discos antimicrobianos e incubação a 37 °C por 24 h. Os halos de inibição foram medidos com paquímetro e os testes foram realizados em duplicata. A interpretação seguiu os critérios estabelecidos pelo BrCAST.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 COLIFORMES TOTAIS E COLIFORMES TERMOTOLERANTES

Os coliformes totais são um grupo de bactérias pertencentes a ordem *Enterobacterales*, sendo principalmente caracterizados pela capacidade de fermentar a lactose, produzindo gás a 35 °C. Os coliformes termotolerantes, também conhecidos como coliformes fecais, são caracterizados por fermentarem a lactose em temperaturas variando entre 44,5 e 45,5 °C. (ADEOLU *et al.*, 2016; SILVA *et al.*, 2024).

A quantificação de coliformes totais obtida nas amostras apresentou variação entre 3×10^1 e $1,6 \times 10^3$ CT/mL, indicando desconformidade com a Portaria Nº 888, de 2021, do Ministério da Saúde, que exige a ausência desses microrganismos em 100 mL de água. Resultados semelhantes foram encontrados por Souza *et al.* (2017b) ao estudarem o açude do Sabiá em Meruoca-CE e constataram a presença de coliformes totais em todas as amostras de água analisadas.

A tabela 1 mostra os valores de NMP por amostras e pontos de coletas. Foi observado uma maior quantificação de coliformes totais nas amostras referentes a março e maio (A1, A2, B1, B2, C1 e C2) que são relativas à estação chuvosa, pois apresentaram uma soma total de $8,24 \times 10^3$ CT/100mL, enquanto as amostras de julho e setembro (A3, A4, B3, B4, C3 e C4) que são relativas ao período de estiagem, apresentaram menores concentrações, com o total sendo de $3,18 \times 10^3$ CT/100mL. A maior carga de coliformes no período chuvoso pode estar associada à cheia do açude, quando há maior uso da água por pessoas e animais.

Tabela 1 - Número mais provável (NMP) de coliformes totais (CT) e coliformes termotolerantes (CTT) por 100 mL de amostra de água, pesquisa de *Escherichia coli* e unidades formadoras de colônias (UFC) de bactérias aeróbias mesófilas nas águas do açude Cachoeira em Sobral – CE.

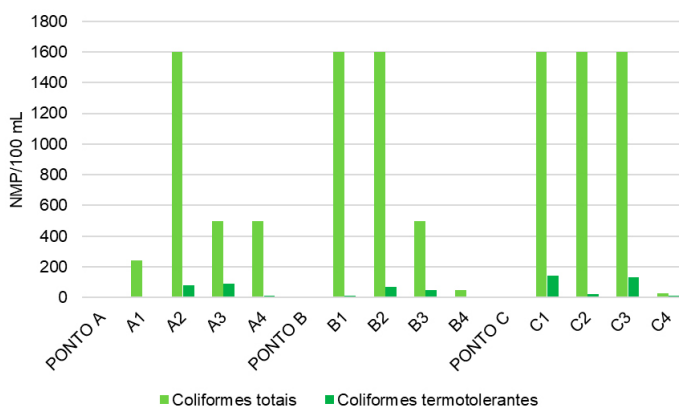
AMOSTRAS	NMP de CT*/100 mL	NMP de CTT**/100 mL	Aeróbias mesófilas (UFC/mL)	<i>E. coli</i>
PONTO A				
A1	$2,4 \times 10^2$	$< 2,5 \times 10^1$	$< 2,5 \times 10^1$	-
A2	$1,6 \times 10^3$	8×10^1	$> 2,5 \times 10^5$ est.	+
A3	5×10^2	9×10^1	$< 2,5 \times 10^1$	-
A4	5×10^2	$1,4 \times 10^1$	$< 2,5 \times 10^1$	+
PONTO B				
B1	$1,6 \times 10^3$	$1,4 \times 10^1$	$4,95 \times 10^2$	+
B2	$1,6 \times 10^3$	7×10^1	$2,65 \times 10^3$	+
B3	5×10^2	5×10^1	$1,3 \times 10^3$	-
B4	5×10^1	$< 2,5 \times 10^1$	$< 2,5 \times 10^1$	-

AMOSTRAS	NMP de CT*/100 mL	NMP de CTT**/100 mL	Aeróbias mesófilas (UFC/mL)	<i>E. coli</i>
PONTO C				
C1	$1,6 \times 10^3$	$1,4 \times 10^2$	$4,4 \times 10^2$	+
C2	$1,6 \times 10^3$	$2,2 \times 10^1$	$>2,5 \times 10^5$ est.	+
C3	$1,6 \times 10^3$	$1,3 \times 10^2$	$2,15 \times 10^3$	-
C4	3×10^1	$1,1 \times 10^1$	$<2,5 \times 10^1$	-

CT*: Coliformes totais; CTT**: Coliformes termotolerantes; est.: Valor estimado.

Fonte: Dados da pesquisa

Figura 2 - Distribuição de coliformes totais e coliformes termotolerantes isolados da água do açude Cachoeira em Sobral-CE.



Fonte: Dados da pesquisa

Semelhança com esses achados foi observada na pesquisa de Silva *et al.* (2023) que analisaram a balneabilidade do açude da Nação, em Bom Conselho-PE, encontrando maior quantificação de coliformes totais no inverno e redução na primavera, com variação entre $1,4 \times 10^5$ a $>1,6 \times 10^7$ CT/100 mL. Magalhães *et al.* (2014) destacam que nem todos os coliformes presentes em ambientes podem indicar contaminação fecal, pois o grupo inclui diversas espécies não entéricas.

A quantificação de coliformes termotolerantes variou entre $<2,5 \times 10^1$ e $1,4 \times 10^2$ CTT/100 mL, não excedendo os limites da Resolução N.º 357 de 2005 do CONAMA para recreação (<2500 CTT/100 mL), dessedentação animal (<1000 CTT/100 mL) e outros usos (<4000 CTT/100 mL). Souza *et al.* (2017c),

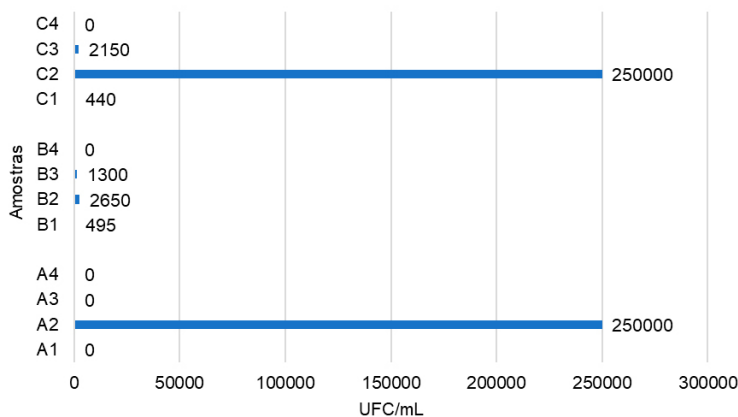
ao pesquisarem as condições microbiológicas do açude Cachoeiro em Sobral-CE, também encontraram baixos níveis de coliformes termotolerantes no açude, com um valor máximo de $7,5 \times 10^4$ CTT/100 mL, classificando a água como adequada para balneabilidade.

3.2 BACTÉRIAS AERÓBIAS MESÓFILAS

Microrganismos aeróbios mesófilos possuem temperatura ótima de crescimento entre 20 °C e 40 °C, com destaque para 37 °C, comum a muitos patógenos humanos (SAEKI; MALSUMOTO, 2010). Embora em sua maioria não sejam patogênicos, podem alterar o odor e o sabor da água e indicar riscos à saúde (FUNASA, 2019).

A quantificação desses microrganismos mostrou que os valores achados variaram entre $< 2,5 \times 10^4$ e $2,5 \times 10^5$ UFC/mL, com as amostras A2, B2, B3, C2 e C3 excedendo o limite de 500 UFC/mL estabelecido pela Portaria N.º 2.914/2011 do Ministério da Saúde, caracterizando água imprópria para consumo.

Figura 3. Distribuição de bactérias aeróbias mesófilas isoladas da água do açude Cachoeira em Sobral-CE.



Fonte: Dados da pesquisa

Resultados semelhantes foram obtidos por Silva Filho *et al.* (2020) no açude Epitácio Pessoa em Boqueirão-PB, com contagem de $3,2 \times 10^3$ UFC/mL. A elevada carga bacteriana pode estar associada à presença de lixo e atividades recreativas nas margens do açude, além de refletir o acúmulo de nutrientes favoráveis ao crescimento de microrganismos oportunistas (CETESB, 2012).

3.3 IDENTIFICAÇÃO DE *ESCHERICHIA COLI*

Por meio do teste bioquímico IMViC, foi possível identificar oito cepas de *E. coli* nas amostras das coletas 1, 2 e 4, indicando possível contaminação fecal, enquanto a terceira coleta não apresentou detecção da bactéria.

E. coli é um marcador clássico de poluição fecal por sua capacidade de fermentar manitol e lactose a 44,5 °C com produção de gás e ácido. A presença dessa bactéria em águas ambientais está associada a fontes humanas e animais, como esgoto e dejetos, sendo algumas cepas potencialmente patogênicas e resistentes a antibióticos, dificultando o tratamento (MADIGAN *et al.*, 2019; TORTORA *et al.*, 2019; CHO *et al.*, 2020).

A presença eventual de *E. coli* em ambientes aquáticos é comum e está relacionada à variabilidade temporal e espacial da contaminação e a fatores ambientais como o pH, turbidez e disposição de nutrientes que influenciam sua sobrevivência. (PACHEPSKY *et al.*, 2018). Entretanto, tais fatores que poderiam explicar sua ausência na terceira coleta não foram investigados.

3.4 TESTE DE SENSIBILIDADE

O teste de sensibilidade antimicrobiana foi realizado com as oito cepas de *E. coli* oriundas da água do açude Cachoeira, sendo quatro cepas isoladas da primeira coleta, três cepas da segunda e uma cepa da quarta coleta. Todas as cepas foram submetidas ao teste de sensibilidade antimicrobiana contra os quatro antibióticos. Os resultados são mostrados na tabela 2 seguindo os protocolos do BrCAST.

Tabela 2 - Perfil de susceptibilidade antimicrobiana de *E. coli* isoladas da água do açude Cachoeira em Sobral-CE

E. coli	Média dos halos de inibição (mm)			
	Azitromicina	Ciprofloxacino	Gentamicina	Imipenem
A1	17,5 ± 0,5 (S)	25,5 ± 1,5 (S)	21 ± 0 (S)	30 ± 0 (S)
A2	30 ± 0 (S)	31,5 ± 0,5 (S)	22 ± 1 (S)	30 ± 0,5 (S)
A3	25 ± 1 (S)	32,5 ± 0,5 (S)	21 ± 0 (S)	31 ± 1 (S)
A4	28 ± 1 (S)	37 ± 1 (S)	27 ± 2 (S)	15 ± 17,5 (R)
B1	18,5 ± 0,5 (S)	27 ± 3 (S)	14 ± 1 (R)	24 ± 1 (S)
B2	13,5 ± 1,5 (S)	19 ± 1 (R)	13,5 ± 0,5 (R)	25 ± 1 (S)
B3	14,5 ± 2,5 (S)	18,5 ± 6,5 (R)	13,5 ± 1,5 (R)	21,5 ± 1,5 (I)
C1	14,5 ± 0,5 (S)	31,5 ± 0,5 (S)	15,5 ± 0,5 (R)	24,5 ± 0,5 (S)

Sensível (S), Resistente (R), Intermediário (I).

Fonte: Dados da pesquisa

As cepas isoladas e identificadas da primeira coleta (A1, A2, A3 e A4) apresentaram sensibilidade a quase todos os antibióticos, e apenas uma cepa apresentou resistência ao Imipenem. Nas amostras da segunda coleta (B1, B2 e B3) constatou-se resistência das cepas frente aos antibióticos Ciprofloxacino e Gentamicina. Já a cepa isolada da quarta coleta (C1) foi resistente à Gentamicina e sensível aos demais antimicrobianos.

Identificados isolados de *E. coli* resistentes a Ciprofloxacino também foram documentados por Malagi *et al.* (2020) em estudos feitos em rios de Cascavel-PR que recebem efluentes. As fluoroquinolonas, como o Ciprofloxacino, são poluentes persistentes que entram nos ambientes aquáticos via urina e favorecem a seleção de genes de resistência (FINN *et al.*, 2019; TEGLIA *et al.*, 2019). Segundo Lépesová *et al.* (2018), a resistência de *E. coli* à Ciprofloxacino e Gentamicina é comum em águas residuais, refletindo seu uso frequente na comunidade e em hospitais.

Segundo Colet *et al.* (2021), a Gentamicina é eliminada integralmente na urina em sua forma ativa, o que permite sua interação com microrganismos presentes na água e favorece o desenvolvimento de resistência. Além do uso humano, o uso crescente de antimicrobianos na pecuária tem intensificado a contaminação ambiental, já que os resíduos não tratados desse setor elevam significativamente os níveis de antibióticos nos corpos d'água (CHENG *et al.*, 2020).

Silva *et al.* (2021) observaram em sua pesquisa que todas as cepas de *E. coli* isoladas do rio Carioca-RJ eram sensíveis ao Imipenem, resultado também relatado por Costa *et al.* (2016) ao analisar o perfil de susceptibilidade de *E. coli* isoladas nos rios Cuiabá e Coxipó-MT. No entanto, este estudo identificou resistência ao Imipenem em 12,5% das cepas analisadas.

A resistência ao imipenem observada na cepa A4, associada ao perfil intermediário da cepa B3, sugere uma emergência pontual de redução da suscetibilidade aos carbapenêmicos, antimicrobianos de última linha utilizados no tratamento de infecções graves causadas por bactérias produtoras de ELSB (*Extended-Spectrum -Lactamase*), uma enzima responsável pela resistência aos antibióticos -lactâmicos. (IZADPANA; KHALILI, 2015).

Em relação aos demais antibióticos, houve alta sensibilidade. Segundo Costa *et al.* (2016), esse padrão pode indicar que as cepas analisadas são provenientes de animais com menor exposição a antimicrobianos ou de humanos com pouco contato com esses medicamentos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos evidenciam o comprometimento da qualidade microbiológica da água do açude Cachoeira, em Sobral-CE, constatado pelas contagens de coliformes totais e de bactérias aeróbias mesófilas, bem como pela detecção de *E. coli* em determinados pontos. Embora a baixa concentração de coliformes termotolerantes indique que a água possa ser utilizada apenas para atividades como recreação, pesca e dessedentação animal, a presença de *E. coli* reforça a ocorrência de contaminação fecal e aponta para potenciais riscos à saúde pública.

O perfil de susceptibilidade antimicrobiana das cepas de *E. coli* demonstrou predominância de sensibilidade aos fármacos testados; contudo, a ocorrência de isolados resistentes ao ciprofloxacino, à gentamicina e ao imipenem evidencia a presença de bactérias com potencial de resistência a antimicrobianos clinicamente relevantes, incluindo carbapenêmicos de última linha.

Os achados indicam que o açude Cachoeira pode atuar como reservatório de microrganismos indicadores de contaminação fecal e de resistência antimicrobiana emergente, reforçando a necessidade de

vigilância ambiental e sanitária integrada para a proteção da saúde pública e dos recursos hídricos, além de políticas públicas com medidas de conscientização sobre descartes inadequados de resíduos contaminantes.

REFERÊNCIAS

ADEOLU, M. *et al.* Genome-based phylogeny and taxonomy of the “Enterobacteriales”: proposal for Enterobacterales ord. nov. divided into the families Enterobacteriaceae, Erwiniaceae fam. nov., Pectobacteriaceae fam. nov., Yersiniaceae fam. nov., Hafniaceae fam. nov., Morganellaceae fam. nov., and Budviciaceae fam. nov. **Int J Syst Evol Microbiol**, v. 66, n. 12, p. 5575–5599, 2016.

APHA. American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22th ed. Washington: APHA, 2012.

ARBOS, K.A. *et al.* Qualidade microbiológica da água para consumo humano no loteamento Nova Esperança: litoral sul da Paraíba e sua importância para a saúde pública. **Rev Cienc Saude Nova Esperanca**, v. 15, n. 2, p. 50–56, 2017.

BAUER, A.W. *et al.* Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. **Am J Clin Pathol**, v. 45, n. 4, p. 493–496, 1966.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011**. 2011. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html. Acesso em: 2 out. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 888, de 4 de maio de 2021**. 2021. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html. Acesso em: 2 out. 2023.

BRCAS. Brazilian Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing. **Tabela de pontos de corte antimicrobianos**. 2023. Disponível em: <https://brcast.org.br/>. Acesso em: 2 out. 2023.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo 2011**. São Paulo: CETESB, 2012.

CHENG, D. *et al.* A critical review on antibiotics and hormones in swine wastewater: water pollution problems and control approaches. **J Hazard Mater**, v. 387, p. 121682, 2020.

CHO, S. *et al.* The prevalence and antimicrobial resistance phenotypes of *Salmonella*, *Escherichia coli* and *Enterococcus* sp. in surface water. **Adv Appl Microbiol**, v. 71, p. 3–25, 2020.

COGERH. Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará. **Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará**. 2016. Disponível em: <http://www.hidro.ce.gov.br>. Acesso em: 8 abr. 2024.

COLET, C. *et al.* Qualidade microbiológica e perfil de sensibilidade a antimicrobianos em águas de poços artesianos em um município do noroeste do Rio Grande do Sul. **Eng Sanit Ambient**, v. 26, p. 683–690, 2021.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. 2005. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=450. Acesso em: 2 out. 2023.

COSTA, W.F. *et al.* Análise bacteriológica da água e o perfil de susceptibilidade aos antimicrobianos das *Escherichia coli* isoladas. **J Health NPEPS**, v. 1, n. 2, p. 160–177, 2016.

FINN, T.J. *et al.* A comprehensive account of *Escherichia coli* sequence type 131 in wastewater reveals an abundance of fluoroquinolone-resistant clade A strains. **Appl Environ Microbiol**, v. 86, n. 4, p. e01913-19, 2019.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. 2. ed. Brasília: FUNASA, 2019.

IZADPANAH, M.; KHALILI, H. Antibiotic regimens for treatment of infections due to multidrug-resistant Gram-negative pathogens: an evidence-based literature review. **J Res Pharm Pract**, v. 4, n. 3, p. 105–114, 2015.

LÉPESOVÁ, K. *et al.* Prevalence of antibiotic-resistant coliform bacteria, *Enterococcus* spp. and *Staphylococcus* spp. in wastewater sewerage biofilm. **J Glob Antimicrob Resist**, v. 14, p. 145–151, 2018.

MADIGAN, M.T. *et al.* **Brock biology of microorganisms**. 14th ed. New York: Pearson, 2019.

MAGALHÃES, Y.A. *et al.* Qualidade microbiológica e físico-química da água dos açudes urbanos utilizados na dessedentação animal em Sobral, Ceará. **Rev Univ Vale Rio Verde**, v. 12, n. 2, p. 141–148, 2014.

MALAGI, I. *et al.* Physicochemical quality and *Escherichia coli* resistance profiles in urban surface waters. **Braz J Biol**, v. 80, n. 3, p. 661–668, 2020.

MOURA, A.C. *et al.* Monitoramento físico-químico e microbiológico da água do Rio Cascavel durante o período de 2003 a 2006. **Arq Inst Biol**, v. 76, n. 1, p. 17–22, 2009.

NNADOZIE, C.F.; ODUME, O.N. Freshwater environments as reservoirs of antibiotic resistant bacteria and their role in the dissemination of antibiotic resistance genes. **Environ Pollut**, v. 254, p. 113067, 2019.

OLIVEIRA, R.M.M. *et al.* Avaliação da qualidade da água do riacho São Caetano, de Balsas (MA), com base em parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. **Eng Sanit Ambient**, v. 22, n. 3, p. 523–530, 2017.

OPAS. Organização Pan-Americana da Saúde. **Resistência aos antibióticos**. 2017. Disponível em: https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=5664. Acesso em: 23 mar. 2023.

PACHEPSKY, Y. *et al.* Temporal stability of *Escherichia coli* concentrations in waters of two irrigation ponds in Maryland. **Appl Environ Microbiol**, v. 84, n. 3, p. e01876-17, 2018.

PEREIRA, S.Y. *et al.* Fármacos e produtos de cuidado pessoal na água subterrânea: revisão da literatura. In: XX Congresso Brasileiro de Águas Subterrânea, **Anais**, Campinas, 2021.

SAEKI, E.K.; MATSUMOTO, L.S. Contagem de MAM e psicrotróficos em amostras de leite pasteurizado e UHT. **Rev ILCT**, v. 65, n. 377, p. 29–35, 2010.

SHAO, S. *et al.* Research progress on distribution, migration, transformation of antibiotics and antibiotic resistance genes (ARGs) in aquatic environment. **Crit Rev Biotechnol**, v. 38, n. 8, p. 1195–1208, 2018.

SILVA, E.V.O. *et al.* Análise microbiológica da água do açude da Nação-Bom Conselho/PE. **Rev Contemp**, v. 3, n. 8, p. 13073–13086, 2023.

SILVA, F.O. *et al.* Thermotolerant coliform bacteria present in water bodies. **Braz Appl Sci Rev**, v. 8, n. 1, p. 42–67, 2024.

SILVA, N. *et al.* **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. 5. ed. São Paulo: Blucher, 2017.

SILVA, N. *et al.* **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Livraria Varela, 2001.

SILVA, T.D.S.M.D. *et al.* **Qualidade microbiológica do Rio Carioca-RJ: isolamento e identificação de bactérias do grupo dos coliformes termotolerantes e sua susceptibilidade a antimicrobianos**. (Dissertação) Mestrado em Saúde Pública e Meio Ambiente – Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2021.

SILVA FILHO, E.D. *et al.* Verificação da qualidade da água do açude Epitácio Pessoa, Boqueirão, PB, Brasil. **Interf Cient Saude Amb**, v. 8, n. 2, p. 215–229, 2020.

SOUSA, C.B.D. **Qualidade microbiológica de ostras (*Crassostrea sp.*) e de águas coletadas em cultivos e em bancos naturais da ilha de São Luís, MA.** (Dissertação) Mestrado em Ciência Animal – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2021.

SOUZA, D.S.D. *et al.* Estudo socioambiental na Amazônia brasileira com foco na qualidade da água. **Rev Int Investig Cienc Soc**, v. 13, n. 1, p. 76–92, 2017a.

SOUZA, F.F.P.D. *et al.* Avaliação microbiológica da água do açude Sabiá do município de Meruoca-CE. **Rev Univ Vale Rio Verde**, v. 15, n. 1, p. 299–308, 2017b.

SOUZA, J.C.X. *et al.* Avaliação de indicadores microbiológicos nas águas do reservatório Sobral (Cachoeiro), Sobral/CE. In: Congresso ABES/FENASAN. **Anais eletrônicos**. São Paulo, 2017c.

SRH. Secretaria dos Recursos Hídricos. **Plano de gerenciamento das águas da bacia do Acaraú – fase 1: estudos básicos e diagnóstico**. 2010. Disponível em: <https://portal.cogerh.com.br/planos-de-bacias/>. Acesso em: 2 out. 2023.

TEGLIA, C.M. *et al.* Occurrence, distribution, and ecological risk of fluoroquinolones in rivers and wastewaters. **Environ Toxicol Chem**, v. 38, n. 10, p. 2305–2313, 2019.

TORTORA, G.J. *et al.* **Microbiology: an introduction**. 12th ed. Pearson Education, 2019.

VALIATTI, T.B. *et al.* Análise microbiológica da água de bebedouros de uma instituição de ensino superior de Rondônia, Brasil. **Saude (Sta Maria)**, v. 47, n. 1, p. e64944, 2021.

Recebido em: 28 de Abril de 2025

Avaliado em: 29 de Dezembro de 2025

Aceito em: 30 de Janeiro de 2026



**A autenticidade desse artigo
pode ser conferida no site
<https://periodicos.set.edu.br>**

1 Biólogo. Programa de Pós-graduação em Zootecnia. Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA, Sobral, CE. Brasil. ORCID 0009-0001-1890-2622. E-mail: ailtondyas2000@gmail.com

2 Bióloga. Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA, Sobral, CE. Brasil. ORCID 0009-0007-3630-0346. E-mail: annajessycasousa@gmail.com

3 Bióloga. Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA, Sobral, CE. Brasil. ORCID 0009-0002-8469-8399. E-mail: loiolaeduarda25@gmail.com

4 Bióloga. Doutora em Biotecnologia. Programa de Pós-graduação em Zootecnia. Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA, Sobral, CE. Brasil. ORCID 0000-0002-7388-1844. E-mail: andreamarianeves@gmail.com

5 Bióloga. Doutora em Ciências Farmacêuticas. Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA, Sobral, CE. Brasil. ORCID 0000-0003-1733-2119. E-mail: lidianelinhares@yahoo.com.br

6 Bióloga. Doutora em Ciências Veterinárias. Professora associada do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA, Sobral, CE. Brasil. ORCID 0000-0002-8865-5954. E-mail: raquelbios@yahoo.com.br

Copyright (c) 2026 Revista Interfaces Científicas - Saúde e Ambiente



Este trabalho está licenciado sob uma licença Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

