*Anais do Congresso Brasileiro de Iniciação Científica*
(https://periodicos.unisanta.br/COB)

ISSN 2317-1316

# AVALIAÇÃO DO PERFIL DE RESISTÊNCIA ANTIMICROBIANA EM ENTEROBACTÉRIAS ISOLADAS DE CANAIS URBANOS DE SANTOS – SP

# ASSESSMENT OF ANTIMICROBIAL RESISTANCE PROFILE IN ENTEROBACTERIA ISOLATED FROM URBAN DRAINAGE CANALS IN SANTOS-SP

Kailane Gutiez Vianna, Denner José Manoel de Menezes Silva, Milena Vitória de Souza Santos, Ellen de Almeida Lisboa, Fernanda Hartmann da Silva

Universidade Santa Cecília, Faculdade de Ciências Biológicas, Curso de Biologia
E-mail para contato: Kailaneviannatb@gmail.com

*RESUMO – A presença de enterobactérias resistentes em ambientes aquáticos urbanos representa uma série de desafios para a saúde pública e o meio ambiente. Considerando a relevância dos ambientes aquáticos urbanos como potenciais reservatórios desses microrganismos, este estudo tem como objetivo avaliar o perfil de resistência antimicrobiana em enterobactérias isoladas de canais urbanos de Santos. A hipótese é que áreas com maior influência humana apresentam maior frequência de bactérias resistentes. Foram realizadas coletas de água em diferentes pontos, seguidas de isolamento bacteriano, antibiograma e testes fenotípicos.*

**Palavras-chave:** Microbiologia ambiental; drenagem urbana; antibiograma; multirresistentes; qualidade da água.

*ABSTRACT – The presence of resistant Enterobacteriaceae in urban aquatic environments represents several challenges to public health and the environment. Considering the relevance of urban aquatic environments as potential reservoirs of these microorganisms, this study aims to evaluate the antimicrobial resistance profile in Enterobacteriaceae isolated from urban canals in Santos. The hypothesis was that areas with greater human influence have a higher frequency of resistant bacteria. Water samples were collected from different sites, followed by bacterial isolation, antimicrobial susceptibility testing, and phenotypic tests.*

**Keywords:** Environmental microbiology; urban drainage; antimicrobial susceptibility testing; multidrug-resistant microorganisms; water quality.

ISSN 2317-1316

# 1 INTRODUÇÃO

As enterobactérias, pertencentes à família *Enterobacteriaceae*, compreendem um grupo bacteriano amplamente distribuído em ambientes terrestres e aquáticos, além de integrarem a microbiota gastrointestinal humana e animal. Caracterizam-se como bacilos Gram-negativos e incluem gêneros como *Enterobacter, Escherichia, Klebsiella, Salmonella e Serratia* (Winn Jr. *et al*., 2008).

Estudos epidemiológicos demonstram que as enterobactérias figuram entre os patógenos nosocomiais mais frequentemente isolados, com elevada ocorrência em unidades de terapia intensiva (Choi *et al*., 2021). Entre os fatores que dificultam o controle dessas infecções, destaca-se a crescente resistência a múltiplos antimicrobianos, a qual tem reduzido a eficácia de diversas opções terapêuticas e se consolidado como um importante problema de saúde pública (Antimicrobial Resistance Collaborators, 2022).

Os antibióticos beta-lactâmicos, como as penicilinas e cefalosporinas, constituem uma das principais classes de antimicrobianos amplamente utilizados no tratamento de infecções bacterianas (Mora-Ochomogo & Lohans, 2021). A resistência antimicrobiana está relacionada à capacidade de adaptação das bactérias diante da exposição a antibióticos, cujo uso pode exercer pressão seletiva sobre as populações bacterianas. (Levy, 2001).

Considerando esses aspectos, a disseminação de enterobactérias não se restringe ao ambiente clínico. Ambientes aquáticos são reconhecidos como importantes reservatórios de bactérias resistentes e de genes associados à resistência antimicrobiana (Baquero *et al*., 2008). A presença desses microrganismos nesses ecossistemas está frequentemente relacionada à influência de atividades antrópicas, incluindo a proximidade a esgotos e outros efluentes (Cho *et al*., 2023).

Diante desse panorama global de dispersão de microrganismos em matrizes hídricas urbanas, os canais de drenagem de Santos-SP consolidam-se como objetos de análise ambiental e sanitária. Projetados no início do século XX pelo engenheiro Francisco Saturnino Rodrigues de Brito, esses canais que se distribuem por uma extensa rede por todo o município. Esse modelo opera por um sistema de macrodrenagem que capta águas pluviais, com a função de

ISSN 2317-1316

fazer o fluxo circular e escoar eficientemente ao mar, evitando inundações e estagnação de resíduos (Carriço, 2016).

Nesse contexto, considerando a relevância desses sistemas na dinâmica de escoamento urbano e a potencial exposição a fontes de contaminação antrópica, torna-se pertinente o presente estudo. Partindo da hipótese de que os perfis de resistência podem variar entre os pontos de amostragem em função das diferentes condições ambientais e distintos níveis de influência antrópica. Este tem como objetivo realizar uma investigação microbiológica dos canais de drenagem de Santos-SP, por meio de isolamento de enterobactérias, com ênfase na avaliação do perfil de suscetibilidade antimicrobiana.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Coleta de amostras

Foram utilizadas amostras de águas superficiais coletadas nos canais de drenagem urbana no município de Santos/SP, em três ocasiões distintas. A primeira coleta foi realizada após o feriado de *Corpus Christi*, a segunda durante um período de chuvas e a terceira após período predominantemente ensolarado. Para cada ponto de coleta foram obtidas 3 réplicas, totalizando 9 amostras. As réplicas foram processadas e analisadas separadamente.

*Figura 1: Mapa do município de Santos/SP indicando os pontos de coleta selecionados para o estudo. Fonte: adaptado de Freitas (2015).*



ISSN 2317-1316

Em cada ocasião, foram coletadas amostras em três pontos estratégicos (Figura 1) **Ponto BN** – (Centro)**:** Canal 1, próximo à conexão com Canal 2 (23°56'47.9"S 46°20'07.6"W), em área urbana, no bairro Vila Belmiro. **Ponto P** – (Deságue): Praia do Gonzaga, em trecho de deságue do Canal 2 no mar (23°58'07.4"S 46°20'21.2"W), após comporta, localizado no bairro Gonzaga. **Ponto C6** – (Residencial): Canal 6, em área residencial, (23°58'55.4"S 46°18'25.0"W), localizado no bairro na Ponta da Praia.

**2.2 Ativação e isolamento em meio seletivos**

Para favorecer a recuperação de células bacterianas viáveis que podem ter sido submetidas a estresse metabólico por resíduos químicos e fatores ambientais, 10mL de cada amostra homogeneizada foram inoculados em Erlenmeyer contendo 90mL de Caldo Infusão Cérebro e Coração (BHI) estéril (Silva *et al.,* 2022), correspondendo à diluição inicial de 10---$^{-1}$. As amostras foram incubadas a 37ºC por aproximadamente 3 horas para reativação da carga bacteriana viável.

Após a ativação, realizou-se diluição seriada em cascata (técnica de Robert Koch), transferindo-se 1 mL da suspensão para 9 mL de água peptonada estéril, obtendo-se as diluições de $10^{-2}$ a $10^{-5}$. Para o isolamento bacteriano 0,1 mL (100 µL) de cada diluição foi semeado por espalhamento, com alça de Drigalski, em Ágar Cromogênico (CCA) e Ágar MacConkey. As placas foram incubadas a 35-37ºC por 24 horas.

**2.3 Identificação bioquímica dos isolados pelo Ágar Tríplice Açúcar Ferro (TSI)**

A partir da morfologia das colônias observadas nos meios CCA e MacConkey, foram selecionados três perfis: Colônias azuis/violetas, presuntivas de *Escherichia coli*; rosa/vermelhas, correspondentes a coliformes totais lactose-positivos, e incolores/leitosas/ rosa-claro, associadas a lactose-negativos. Foram selecionadas colônias representativas de cada perfil, posteriormente repicadas com alça descartável e inoculadas em tubos contendo TSI, por picada na base seguida de estriamento na rampa inclinada.

Os tubos foram incubados a 35-37ºC por 24 horas, com as tampas semi-frouxas para permitir trocas gasosas. O TSI permite avaliar a fermentação de glicose, lactose e sacarose, além da produção de gás e sulfeto de hidrogênio ($H_2S$), observados pela alteração da coloração

ISSN 2317-1316

do meio, formação de bolhas, rachaduras ou escurecimento. Bacilos Gram-negativos não fermentadores foram registrados e excluídos das etapas subsequentes (Silva *et al.,* 2022)

**2.4 Detecção da resistência aos antimicrobianos**

Os isolados confirmados no TSI foram submetidos ao teste de susceptibilidade aos antimicrobianos pelo método de disco-difusão em ágar (Kirby-Bauer), visando avaliar os perfis de sensibilidade e resistência, principalmente entre enterobactérias.

Colônias puras foram suspensas em solução salina a 0,9% até atingirem turbidez padrão 0,5 da escala McFarland. A suspensão foi semeada em placa de Ágar Mueller-Hinton, em seguida, com pinça estéril, discos dos seguintes antimicrobianos: Amoxicilina + Clavulanato (20/10µg), Cefotaxima (30µg) e Ceftazidima (30µg) foram colocados sobre o meio. As placas foram incubadas a 35 – 37ºC de 16h/18hrs. Após a incubação, os halos de inibição foram medidos em milímetros com paquímetro e os resultados interpretados segundo os critérios do Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing, 36$^{th}$ Edition (CLSI, 2026) Por fim, os isolados cultivados em Mueller foram utilizados para o preparo de lâminas de esfregaço, submetidas à coloração de Gram e análise por microscopia óptica, visando confirmar a identificação presuntiva pela morfologia e pelo arranjo celular dos microrganismos (Oplustil *et al.,* 2020).

Para a análise do perfil de suscetibilidade antimicrobiana, foram considerados os resultados das placas que apresentaram halos de inibição com diâmetro superior a 6mm. Os resultados com diâmetros iguais ou inferiores a 6mm, no quais o crescimento bacteriano atingiu a borda do disco de antimicrobiano, foram excluídos da análise, por não apresentarem um halo de inibição definido. Três isolados não apresentaram crescimento bacteriano em nenhuma das placas de antibiograma (1 *Klebsiella* spp. e 2 *Shigella* spp.) e, por esse motivo, foram excluídos da análise de suscetibilidade, além disso, como alguns isolados apresentaram crescimento de apenas um tipo ou dois de antimicrobiano, o número de resultados variou entre CTX, CAZ e AMC. Dessa forma, as porcentagens foram calculadas com base no total de resultados classificáveis para cada antimicrobiano, assim como as *Pseudomonas aeruginosa* não foram incluídas por não fazerem parte do grupo de *Enterobacterales.*

ISSN 2317-1316

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente foram analisados 72 isolados bacterianos distribuídos entre três coletas e três pontos de amostragem (BN, P e C6). Os grupos identificados presuntivamente foram *Escherichia coli, Klebsiella* spp., *Shigella* spp., *Citrobacter freundii., Salmonella* spp. e *Enterobacterales* spp. com identificação presuntiva de *Escherichia coli*, mas com perfil fenotípico atípico. Distribuídos de forma equivalente entre os três pontos de amostragem (24 isolados em cada nos pontos BN, P e C6) e ao longo das três campanhas de coleta. A identificação presuntiva revelou o predomínio de *Escherichia coli* (n = 31), apresentando distribuição homogênea entre os pontos (11 no BN, 10 no P e 10 no C6). Em seguida, destacaram-se *Shigella* spp. (n = 18), com 6 isolados em cada ponto, e *Klebsiella* spp. (n = 14), distribuídas nos pontos no (4 no BN, 6 no P e 4 no C6). Também foram recuperadas cepas de *Enterobacterales* com perfil fenotípico atípico (n = 5, sendo 1 no BN, 2 no P e 2 no C6), *Citrobacter freundii* (n = 3 sendo 2 no BN e 1 no C6) e *Salmonella* spp. (n = 1 identificada apenas no ponto C6)

*Tabela 1: Classificação de suscetibilidade dos isolados para cada antimicrobiano*

| **Antimicrobiano** | **Sensível (S) n(%)** | **Intermediário (I) n(%)** | **Resistente (R) n(%)** | **Total classificado** |
|---|---|---|---|---|
| CTX 30µg | 33 (53,2%) | 16 (25,8%) | 13 (21,0%) | 62/69 |
| CAZ 30µg | 22 (33,8%) | 23 (35,4%) | 20 (30,8%) | 65/69 |
| AMC 20/10µg | 25 (44,6%) | 13 (23,2%) | 18 (32,1%) | 56/69 |

No perfil geral de suscetibilidade (Tabela 1), a Cefotaxima (CTX) apresentou a maior proporção de isolados sensíveis (53,2%) e a menor proporção de resistência (21,0%). A Ceftazidima (CAZ) apresentou menor proporção de sensibilidade (33,8%) e a maior frequência de classificações intermediárias (35,4%). A Amoxicilina associada ao clavulanato (AMC) apresentou a maior proporção de resistência (32,1%) com um valor próximo ao observado para CAZ (30,8%). A diferença de resposta entre CTX e CAZ chama atenção, pois, apesar de pertencerem à mesma classe de beta-lactâmicos, esses antimicrobianos podem ser afetados de maneira distinta pelos mecanismos de resistência, essa diferença também foi observada na literatura, em isolados de enterobactérias resistentes à Cefotaxima mas sensíveis a Ceftazidima

ISSN 2317-1316

(Marchisio *et al.,* 2021). Já a maior resistência a AMC também merece atenção, visto que, o clavulanato atua como inibidor de beta-lactamases, mas não é eficaz contra todas elas, enzimas como a Beta-lactamases do tipo AmpC não são inibidas adequadamente pelo clavulanato (Tamma *et al.,* 2019). Entretanto, não é possível afirmar esses mecanismos nos isolados analisados neste estudo.

*Tabela 2: Perfil de suscetibilidade por espécie bacteriana isolada*

| **Identificação bacteriana** | **isolados (n)** | **CTX (S/I/R) %** | **CAZ (S/I/R)%** | **AMC (S/I/R)%** |
|---|---|---|---|---|
| *Escherichia coli* | 31 | 16/9/4 (13,8%) | 11/11/8 (26,7%) | 13/7/6 (23,1%) |
| *Klebsiella spp* | 13 | 6/2/3 (27,3%) | 5/4/4 (30,8%) | 4/4/2 (20,0%) |
| *Shigella spp* | 16 | 6/3/5 (35,7%) | 2/7/5 (35,7%) | 4/2/6 (50,0%) |
| *Citrobacter freundii* | 3 | 2/0/0 (0,0%) | 2/1/0 (0,0%) | 1/0/2 (66,7%) |
| *Salmonella spp* | 1 | 0/0/1 (100%) | 0/0/1 (100%) | 0/0/0 |
| Enterobacterales com perfil atípico | 5 | 3/2/0 (0%) | 2/0/2 (50,0%) | 3/0/2 (40,0%) |
| **Total** | 69 | 33/16/13 (21,0%) | 22/23/20 (30,8%) | 25/13/18 (32,1%) |

Legendas: n = número de isolados; S/I/R quantidade de sensíveis/intermediários/resistentes. A porcentagem entre parênteses corresponde à resistência dentro de cada espécie; CTX = Cefotaxima; CAZ = ceftazidima; AMC = Amoxicilina + clavulanato.

A análise por grupo bacteriano demonstrou as diferenças nas proporções de resistência entre os três antimicrobianos (Tabela 2). Entre as categorias, *Shigella spp.* apresentou uma resistência igual à CTX e à CAZ de 35,7%, além de 50,0% ao AMC. Em *Escherichia coli,* a resistência foi mais baixa à CTX (13,8%), enquanto à CAZ apresentou 26,7% e a AMC (23,1%). Já *Klebsiella spp.* apresentou proporções de resistência à CTX de 27,3%, à CAZ 30,8% e ao AMC 20,0%. Esses resultados mostram que o perfil geral não se repetiu da mesma maneira entre os grupos. Na literatura, a produção de beta-lactamases é descrita como um dos principais mecanismos de resistência aos antibióticos beta-lactâmicos. A presença e a expressão dessas enzimas variam entre espécies e isolados, e algumas são capazes de hidrolisar

ISSN 2317-1316

determinados antimicrobianos como as cefalosporinas e penicilinas, podendo resultar em diferentes perfis de suscetibilidade (Paterson & Bonomo, 2005).

Nas demais categorias, *Citrobacter freundii* apresentou alta resistência à AMC (66,7%) enquanto os Enterobacterales de perfil atípico apresentaram 50,0% de resistência a CAZ. Para *Salmonella spp.,* o único isolado apresentou resistência à CTX e CAZ mas não houve resultado classificado para AMC. Os percentuais observados em grupos pequenos devem ser interpretados com cautela pois não permitem estabelecer padrões representativos.

Embora apenas um isolado de *Salmonella spp*. tenha sido identificado, o gênero possui relevância sanitária em ambientes aquáticos. Em uma revisão sobre ocorrência de *Salmonella* em águas superficiais foram reunidos estudos que demonstram sua presença e relacionam sua ocorrência a contaminação por resíduos de origem humana e animal. A presença desse gênero chama atenção devido seu potencial patogênico e risco de transmissão por meio de exposição à água contaminada (Cho *et al.,* 2020).

*Tabela 3: Classificações por coleta e antimicrobiano*

| **Coleta** | **Antimicrobiano** | **S n (%)** | **I n (%)** | **R n (%)** | **Total** |
|---|---|---|---|---|---|
| 1ª | CTX | 11 (57,9%) | 4 (21,1%) | 4 (21,1%) | 19 |
| | CAZ | 6 (28,6%) | 7 (33,3%) | 8 (38,1%) | 21 |
| | AMC | 5 (26,3%) | 5 (26,3%) | 9 (47,4%) | 19 |
| 2ª | CTX | 7 (30,4%) | 10 (43,5%) | 6 (26,1%) | 23 |
| | CAZ | 2 (8,3%) | 16 (66,7%) | 6 (25,0%) | 24 |
| | AMC | 9 (42,9%) | 7 (33,3%) | 5 (23,8%) | 21 |
| 3ª | CTX | 15 (75,0%) | 2 (10,0%) | 3 (15,0%) | 20 |
| | CAZ | 14 (70,0%) | 0 (0%) | 6 (30,0%) | 20 |
| | AMC | 11 (68,8%) | 1 (6,3%) | 4 (25,0%) | 16 |

ISSN 2317-1316

Os dados apresentados na Tabela 3 mostram as variações nos perfis de suscetibilidades entre as coletas. Na primeira coleta realizada após o feriado destacaram-se os maiores percentuais de resistência à AMC (47,4%) e à CAZ (38,1%). Na segunda coleta realizada após dias consecutivos de chuva, observou-se uma elevada proporção de resultados intermediários, principalmente para a CAZ (66,7%) e a CTX (43,5%) e uma alta sensibilidade para AMC (42,9%). Na terceira coleta realizada após dias consecutivos de sol, apresentou os maiores percentuais de sensibilidade aos três antimicrobianos com destaque para CTX (75,0%) e a CAZ (70,0%). Estudos anteriores identificaram variações nos perfis de resistência entre períodos chuvosos e secos, demonstrando que o escoamento superficial pode favorecer o transporte de bactérias e genes de resistência (Sanderson *et al.,* 2018). Já a exposição à luz solar pode contribuir para a inativação de bactérias presentes na água (Azuma & Hayashi, 2021). Essas observações permitem considerar as condições como possíveis fatores associados.

*Tabela 4: Perfil de suscetibilidade acumulado por ponto de amostragem*

| **Ponto** | **Antimicrobiano** | **S n (%)** | **I n (%)** | **R n (%)** | **Total** |
|---|---|---|---|---|---|
| BN | CTX | 10 (52,6%) | 6 (31,6%) | 3 (15,8%) | 19 |
| | CAZ | 6 (27,3%) | 9 (40,9%) | 7 (31,8%) | 22 |
| | AMC | 5 (29,4%) | 3 (17,6%) | 9 (52,9%) | 17 |
| P | CTX | 15 (65,2%) | 5 (21,7%) | 3 (13,0%) | 23 |
| | CAZ | 11 (52,4%) | 7 (33,3%) | 3 (14,3%) | 21 |
| | AMC | 11 (50,0%) | 6 (27,3%) | 5 (22,7%) | 22 |
| C6 | CTX | 8 (40%) | 5 (25,0%) | 7 (35,0%) | 20 |
| | CAZ | 5 (22,7%) | 7 (31,8%) | 10 (45,5%) | 22 |
| | AMC | 9 (52,9%) | 4 (23,5%) | 4 (23,5%) | 17 |

ISSN 2317-1316

Conforme apresentado na Tabela 4 os perfis de suscetibilidade variaram entre os pontos de amostragem. No ponto BN, observou-se maior proporção de resultados resistentes a AMC (52,9%), enquanto a categoria intermediária predominou para CAZ (40,9%) e CTX com maior proporção em sensibilidade (52,6%). No ponto P, predominou a categoria sensível para os três fármacos. Já no ponto C6, o AMC apresentou a maior proporção de isolados sensíveis (52,9%), enquanto o CAZ apresentou a maior proporção de resistência (45,5%) e CTX valores inferiores nas três categorias de suscetibilidade. Esses resultados demonstram que o perfil de suscetibilidade variou entre os pontos de coleta, essa variação pode estar relacionada às condições ambientais de cada ponto. Estudos realizados em ambientes aquáticos do Rio de Janeiro, submetidos a diferentes graus de influência antrópica, identificaram uma diversidade de bactérias resistentes e apontaram a influência da poluição sobre a resistência desses microrganismos (Coutinho *et al.,* 2014). De maneira semelhante foram observadas diferenças nos perfis de resistência entre pontos do Rio Bogotá sujeitos a níveis diferentes de contaminação (Posada-Perlaza *et al.,* 2019). A comparação entre os locais reforçam a importância da vigilância microbiológica em canais de drenagem urbana, visto que esses ambientes podem atuar como reservatórios de bactérias de relevância clínica. Nesse contexto esses sistemas representam um ponto de conexão entre o saneamento, qualidade ambiental e exposição humana a microrganismos.

## 4 CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo permitiram caracterizar o perfil de resistência antimicrobiana de enterobactérias isoladas. Entre os antimicrobianos avaliados, a Amoxicilina associada ao Clavulanato apresentou a maior proporção de resistência, enquanto a Cefotaxima apresentou a menor e a Ceftazidima concentrou mais resultados intermediários. Os perfis variaram entre os pontos de amostragem no ponto BN se destacou a resistência à AMC, e no ponto C6 a CAZ, enquanto no ponto P predominou a sensibilidade aos antimicrobianos avaliados. Também foram observadas variações entre as coletas, indicando maiores proporções de resistência a CAZ e ao AMC na primeira coleta e a CTX na segunda. Na terceira coleta, predominou a sensibilidade aos três fármacos. Diante disso, reforça-se a necessidade da continuidade de pesquisas para compreender a presença de isolados resistentes. A ampliação das amostragens e a investigação dos perfis de suscetibilidade constituem perspectivas relevantes para estudos futuros e reforçam

ISSN 2317-1316

a importância da vigilância microbiológica dos canais considerando seu papel na conexão entre o meio ambiente e as atividades humanas.

## 5 DECLARAÇÃO DE USO DE IA

Durante a preparação deste trabalho, os autores utilizaram a ferramenta "ChatGPT 5.5" com a finalidade de revisar a gramática e melhorar a fluidez textual de todo o trabalho. Após a utilização, todo o conteúdo foi revisado, adaptado e validado pelos próprios autores, que assumem total responsabilidade por todas as informações apresentadas.

## 6 REFERÊNCIAS

Antimicrobial Resistance Collaborators. (2022). Global Burden of Bacterial Antimicrobial Resistance in 2019: a Systematic Analysis. *The Lancet*, *399*(10325), 629–655.

Azuma, T., & Hayashi, T. (2021). Effects of natural sunlight on antimicrobial-resistant bacteria (AMRB) and antimicrobial-susceptible bacteria (AMSB) in wastewater and river water. Science of the Total Environment, 766, Article 142568.

Baquero, F., Martínez, J.-L., & Cantón, R. (2008). Antibiotics and antibiotic resistance in water environments. *Current Opinion in Biotechnology*, *19*(3), 260–265.

Carriço, J. M. (2016). O Plano de Saneamento de Saturnino de Brito para Santos: construção e crise da cidade moderna. *Risco Revista De Pesquisa Em Arquitetura E Urbanismo (Online)*, *22*, 30-46.

Cho, S., Jackson, C. R., & Frye, J. G. (2020). The prevalence and antimicrobial resistance phenotypes of Salmonella, Escherichia coli and Enterococcus sp. in surface water. Letters in Applied Microbiology, 71(1), 3–25.

Cho, S., Jackson, C. R., & Frye, J. G. (2023). Freshwater environment as a reservoir of extended-spectrum β-lactamase-producing Enterobacteriaceae. *Journal of Applied Microbiology*, *134*(3).

Choi, Y. K., Byeon, E. J., Park, J. J., Lee, J., & Seo, Y. B. (2021). Antibiotic Resistance Patterns of Enterobacteriaceae Isolated from Patients with Healthcare-Associated Infections. *Infection & Chemotherapy*, *53*(2), 355.

Clinical and Laboratory Standards Institute. (2026). Performance standards for antimicrobial susceptibility testing (36th ed., CLSI supplement M100).

Coutinho, F. H., Silveira, C. B., Pinto, L. H., Salloto, G. R., Cardoso, A. M., Martins, O. B., Vieira, R. P., & Clementino, M. M. (2014). Antibiotic resistance is widespread in urban aquatic environments of Rio de Janeiro, Brazil. Microbial Ecology, 68(3), 441–452

ISSN 2317-1316

Freitas, J. (2015). De pavimento a parque: Uma proposta de corredores verdes para Santos – SP. *Revista LABVERDE, 9*, 53–72.

Levy, S. B. (2001). Antibiotic Resistance: Consequences of Inaction. Clinical Infectious Diseases, 33(Suppl 3), S124–S129.

Marchisio, M. L., Liebrenz, K. I., Méndez, E. L. A., & Di Conza, J. A. (2021). Molecular epidemiology of cefotaxime-resistant but ceftazidime-susceptible Enterobacterales and evaluation of the in vitro bactericidal activity of ceftazidime and cefepime. Brazilian Journal of Microbiology, 52(4), 1853–1863.

Mora-Ochomogo, M., & Lohans, C. T. (2021). β-Lactam antibiotic targets and resistance mechanisms: from covalent inhibitors to substrates. *RSC medicinal chemistry*, *12*(10), 1623–1639.

Oplustil, C. P., Zoccoli, C. M., Tobouti, N. R., & Scheffer, M. C. (2020). *Procedimentos básicos em Microbiologia Clínica* (4ª ed.). Editora Sarvier.

Paterson, D. L., & Bonomo, R. A. (2005). Extended-Spectrum β -Lactamases: a Clinical Update. *Clinical Microbiology Reviews*, *18*(4), 657–686.

Posada-Perlaza, C. E., Ramírez-Rojas, A., Porras, P., Adu-Oppong, B., Botero-Coy, A.-M., Hernández, F., Anzola, J. M., Díaz, L., Dantas, G., Reyes, A., & Zambrano, M. M. (2019). Bogotá River anthropogenic contamination alters microbial communities and promotes spread of antibiotic resistance genes. *Scientific Reports, 9*, Article 11764.

Sanderson, C. E., Fox, J. T., Dougherty, E. R., Cameron, A. D. S., & Alexander, K. A. (2018). The changing face of water: A dynamic reflection of antibiotic resistance across landscapes. Frontiers in Microbiology, 9, Article 1894.

Silva, N., Taniwaki, M. H., Junqueira, V. C. A., Silveira, N. F. A., Okazaki, M. M., & Gomes, R. A. R. (2022). *Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água* (6ª ed.). Blucher

Tamma, P. D., Doi, Y., Bonomo, R. A., Johnson, J. K., Simner, P. J., & Antibacterial Resistance Leadership Group. (2019). A primer on AmpC β-lactamases: Necessary knowledge for an increasingly multidrug-resistant world. *Clinical Infectious Diseases, 69*(8), 1446–1455.

Winn, W., Jr., Allen, S., Janda, W., Koneman, E., Procop, G., Schreckenberger, P., & Woods, G. (2008). *Koneman: Diagnóstico microbiológico: Texto e atlas colorido* (6ª ed.). Guanabara Koogan.