



ISSN: 2595-1661

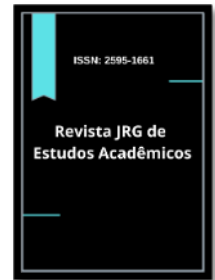
ARTIGO

Listas de conteúdos disponíveis em [Portal de Periódicos CAPES](https://portaldeperiodicos.capes.gov.br/)

## Revista JRG de Estudos Acadêmicos


Página da revista:


<https://revistairg.com/index.php/jrg>



### Biofilmes bacterianos: impacto na resistência antimicrobiana e implicações clínicas

Bacterial biofilms: impact on antimicrobial resistance and clinical implications

 DOI: 10.55892/jrg.v8i19.2575

 ARK: 57118/JRG.v8i19.2575

Recebido: 21/10/2025 | Aceito: 25/10/2025 | Publicado *on-line*: 27/10/2025

#### Karina de Oliveira Kohut<sup>1</sup>

Faculdade Sulamerica, BA, Brasil  
E-mail: karinakohut.19@gmail.com


#### Betina da Silva Cordeiro Damasceno<sup>1</sup>

Faculdade Sulamerica, BA, Brasil  
E-mail: betadamasceno1@gmail.com

#### Risocleide de Lima Correia<sup>1</sup>

Faculdade Sulamerica, BA, Brasil  
E-mail: rlimacorreia@yahoo.com.br

#### Jamile dos Santos Rufino<sup>2</sup>

 <http://lattes.cnpq.br/1226460430793744>  
Faculdade Sulamerica, BA, Brasil  
E-mail: jamilesantos@sulamericaacademia.edu.br



### Resumo

O presente trabalho aborda a temática dos biofilmes bacterianos e sua relação com a resistência antimicrobiana, enfatizando as implicações clínicas decorrentes desse fenômeno. A formação de biofilmes é um processo natural no qual as bactérias aderem a superfícies e produzem uma matriz extracelular protetora, que lhes confere maior tolerância a agentes externos, incluindo o sistema imunológico e os antibióticos. O principal objetivo deste estudo é compreender de que forma os biofilmes bacterianos contribuem para a resistência antimicrobiana e analisar suas implicações no tratamento de infecções associadas a dispositivos médicos e doenças crônicas. A pesquisa foi conduzida por meio de uma revisão bibliográfica narrativa, com base em artigos científicos e fontes acadêmicas atualizadas, abordando a formação dos biofilmes, os mecanismos de resistência que eles conferem às bactérias e as estratégias terapêuticas emergentes. Além disso, o estudo contempla a avaliação das implicações clínicas dessas infecções, destacando o papel de abordagens inovadoras, como os inibidores de quorum sensing e as terapias enzimáticas. Conclui-se que o entendimento aprofundado sobre os biofilmes bacterianos é essencial para o desenvolvimento de novas estratégias antimicrobianas, capazes de superar a

<sup>1</sup> Graduandas em Biomedicina pela Faculdade Sulamérica.

<sup>2</sup> Licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade do Estado da Bahia – UNEB; Mestra em Microbiologia pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB.

resistência e melhorar a eficácia dos tratamentos clínicos, representando um avanço significativo para a saúde pública e para o manejo das infecções persistentes.

**Palavras-chave:** Biofilme bacteriano, Resistência antimicrobiana, *quorum sensing*, infecções crônicas e estratégias terapêuticas antibiofilme.

### **Abstract**

*This study addresses the topic of bacterial biofilms and their relationship with antimicrobial resistance, emphasizing the clinical implications arising from this phenomenon. Biofilm formation is a natural process in which bacteria adhere to surfaces and produce a protective extracellular matrix, providing greater tolerance to external factors, including the immune system and antibiotic action. The main objective of this study is to understand how bacterial biofilms contribute to antimicrobial resistance and to analyze their implications for the treatment of infections associated with medical devices and chronic diseases. The research was conducted through a narrative literature review, based on scientific articles and updated academic sources, addressing biofilm formation, the resistance mechanisms they confer to bacteria, and emerging therapeutic strategies. In addition, the study includes an assessment of the clinical implications of these infections, highlighting the role of innovative approaches such as quorum sensing inhibitors and enzyme-based therapies. It is concluded that a deeper understanding of bacterial biofilms is essential for the development of new antimicrobial strategies capable of overcoming resistance and improving the effectiveness of clinical treatments, representing a significant advance for public health and for the management of persistent infections.*

**Keywords:** Bacterial biofilm, Antimicrobial Resistance, *quorum sensing*, chronic infections, antibiofilm therapeutic strategies

## **1. Introdução**

A formação de biofilmes bacterianos é um processo que envolve a adesão de bactérias a superfícies, seguida pela produção de uma matriz extracelular protetora (Zhang et al., 2024) Esse fenômeno é de grande relevância na medicina, pois biofilmes bacterianos estão frequentemente associados a infecções persistentes e crônicas, como aquelas em dispositivos médicos implantáveis, próteses e cateteres que são meios propagadores e que favorecem o crescimento bacteriano e, conseqüentemente, a formação de biofilmes (Flemming et al., 2023). O objetivo geral é analisar o processo de formação de biofilmes bacterianos em superfícies metálicas de dispositivos médicos.

Os biofilmes têm a capacidade de gerar uma comunicação entre as células por meio de *quorum sensing*, o que permite uma adaptação coordenada, e a expressão de genes, que contribuem para a virulência e resistência (Zhang et al., 2024). A formação de biofilmes bacterianos envolve a adesão de microrganismos a superfícies e a produção de uma matriz extracelular protetora. Esse processo é regulado pelo *quorum sensing*, um sistema de comunicação que permite às bactérias detectar sua densidade populacional e coordenar atividades coletivas, como a produção de toxinas e a formação do biofilme. Esse mecanismo tem grande impacto na medicina, pois aumenta a resistência das bactérias aos antibióticos e dificulta o tratamento de infecções crônicas associadas a dispositivos médicos e hospitalares. Estudos recentes têm investigado estratégias emergentes, como o uso de inibidores de

*quorum sensing*, que bloqueiam a comunicação entre as bactérias e podem reduzir a formação de biofilmes (Chong et al., 2016).

A estrutura organizacional formada pelo biofilme proporciona uma defesa robusta contra os antibióticos, dificultando a erradicação das bactérias e aumentando a resistência antimicrobiana, que é um desafio crescente em ambientes clínicos (Costerton et al., 1999). Desse modo, a compreensão dos mecanismos de formação de biofilmes e de resistência antimicrobiana é essencial para o desenvolvimento de novas abordagens terapêuticas.

As infecções causadas por bactérias formadoras de biofilmes representam um importante desafio para a saúde pública, especialmente pela sua estreita relação com a resistência antimicrobiana (RAM). A estrutura do biofilme cria uma barreira física e química que dificulta a penetração dos antibióticos e reduz a eficácia das respostas imunológicas do hospedeiro. Além disso, o ambiente dentro do biofilme favorece a troca de material genético entre as bactérias, promovendo a disseminação de genes de resistência. Como consequência, infecções associadas a biofilmes tendem a se tornar crônicas e de difícil erradicação, afetando principalmente pacientes com doenças crônicas, como fibrose cística, e aqueles que utilizam dispositivos médicos implantáveis (TAPIANEN et al., 2008).

Os biofilmes ocasionam o aumento nas complicações clínicas, como a necessidade de intervenções cirúrgicas para remoção de dispositivos contaminados, o que eleva os custos do tratamento (Zong et al., 2018). Além disso, o uso de terapias combinadas, que envolvem a aplicação de enzimas capazes de degradar a matriz extracelular ou agentes antibacterianos inovadores, tem mostrado ser uma abordagem promissora para o tratamento de infecções resistentes (Koo et al., 2017).

A pergunta que norteia esta pesquisa é: Como os biofilmes bacterianos contribuem para a resistência antimicrobiana e quais são as implicações clínicas dessas infecções em pacientes com doenças crônicas e dispositivos médicos implantáveis?

## 2. Metodologia

A pesquisa caracterizou-se como uma revisão bibliográfica narrativa. A seleção dos artigos foi conduzida por meio da análise de palavras-chave, títulos e resumos, a fim de verificar a pertinência dos estudos em relação aos objetivos da revisão. As palavras-chave utilizadas foram: biofilme bacteriano, resistência antimicrobiana, *quorum sensing*, infecções crônicas e estratégias terapêuticas antibiofilme.

No total, 35 artigos científicos foram selecionados para compor esta revisão, estabelecendo-se critérios de inclusão que contemplaram publicações dos últimos dez anos, com relevância clínica e experimental, que abordassem os mecanismos de formação e resistência dos biofilmes, além de estratégias terapêuticas emergentes voltadas à sua prevenção ou controle. Os critérios de exclusão compreenderam publicações duplicadas, trabalhos sem revisão por pares, artigos sem dados experimentais ou clínicos relevantes, estudos indisponíveis na íntegra e pesquisas com qualidade metodológica insuficiente.

O levantamento foi realizado em bases de dados científicas reconhecidas, como PubMed e SciELO, garantindo a atualização e a confiabilidade das informações analisadas. Os artigos selecionados foram classificados em categorias que abrangeram a formação de biofilmes, os mecanismos de resistência envolvidos e as implicações clínicas no tratamento de infecções, com destaque para o uso de inibidores de *quorum sensing* e enzimas antibiofilme.

O processo de análise dos artigos teve caráter qualitativo, buscando proporcionar uma compreensão aprofundada das teorias e hipóteses apresentadas. A síntese das informações permitiu a construção de uma visão integrada sobre o impacto dos biofilmes na resistência antimicrobiana e suas implicações clínicas, oferecendo subsídios para novas abordagens no tratamento de infecções crônicas e resistentes. Dessa forma, a revisão foi conduzida com rigor científico, assegurando que as conclusões fossem fundamentadas em evidências sólidas e de relevância para a área da saúde, contribuindo para o avanço do conhecimento sobre mecanismos de resistência e estratégias inovadoras no combate aos biofilmes bacterianos. Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão previamente estabelecidos.

### 3. Resultados e Discussão

O desenvolvimento de biofilmes está intimamente associado a mecanismos de *quorum sensing*, que permitem a comunicação intercelular e a regulação de genes responsáveis por adesão, resistência e virulência (Chong et al., 2016; Duan et al., 2020; Liu et al., 2021). A sinalização por *quorum sensing* influencia a maturação do biofilme, a produção de exopolissacarídeos e a expressão de fatores de resistência, demonstrando a complexidade regulatória dessas comunidades microbianas (Guzmán et al., 2017).

Os biofilmes conferem vantagens adaptativas às bactérias, resistência aos antibióticos, imunidade do hospedeiro e variabilidade metabólica, que favorece a sobrevivência em ambientes adversos (Aliane & Meliani, 2021; Flemming et al., 2023). Essa proteção permite a persistência de infecções crônicas, tornando o tratamento convencional muitas vezes ineficaz e aumentando o risco de complicações clínicas (Dutt et al., 2022).

Patógenos como *Pseudomonas aeruginosa* e *Staphylococcus aureus* são exemplos clássicos de bactérias capazes de formar biofilmes resistentes, frequentemente associados a infecções hospitalares e infecções comunitárias (Elfadadny et al., 2024; Kaushik et al., 2024; Zhao et al., 2021). A capacidade de sobrevivência dessas bactérias em dispositivos médicos, como cateteres e próteses, contribui para o aumento da morbidade e da mortalidade em pacientes vulneráveis (Dutt et al., 2022).

A resistência antimicrobiana mediada por biofilmes envolve múltiplos mecanismos, incluindo barreiras físicas, alterações metabólicas e a expressão de genes específicos de resistência (Liu, Prentice & Webber, 2024; Hassan et al., 2022). A matriz extracelular atua como uma barreira que impede a penetração eficaz dos antibióticos, enquanto bactérias em estados metabólicos reduzidos apresentam menor suscetibilidade a agentes antimicrobianos (Flemming et al., 2023).

O sinergismo presente nos biofilmes heterotípicos adiciona uma camada extra de complexidade, modulando a susceptibilidade bacteriana e influenciando a resposta a tratamentos combinados (Little, Black & Smith, 2021). Interações entre diferentes espécies bacterianas podem levar à transferência horizontal de genes de resistência, intensificando o desafio clínico e limitando a eficácia terapêutica convencional (Dutt et al., 2022).

Infecções por biofilmes associados a MRSA (*Staphylococcus aureus* resistente à meticilina) exemplificam a gravidade clínica, exigindo abordagens terapêuticas especializadas para controle da infecção e prevenção de disseminação (Kaushik et al., 2024). A presença de biofilmes em infecções crônicas aumenta a

dificuldade do manejo clínico e requer monitoramento rigoroso da resistência antimicrobiana (Dutt et al., 2022).

Infecções causadas por *Helicobacter pylori* também demonstram a associação entre biofilmes e resistência antimicrobiana, visto que é uma infecção no trato gastrointestinal capaz de causar gastrite crônica, úlceras pépticas e, em alguns casos, carcinoma gástrico, evidenciando que a persistência do patógeno nesse ambiente está relacionada à proteção conferida pela comunidade bacteriana organizada (Tshibangu-Kabamba & Yamaoka, 2021). O entendimento da biologia de biofilmes em *H. pylori* é fundamental para o desenvolvimento de tratamentos mais eficazes.

A relevância clínica dos biofilmes é reforçada pelo seu papel como reservatórios de patógenos resistentes, que podem disseminar-se para outros hospedeiros ou sítios anatômicos, aumentando o risco de surtos e complicações hospitalares (Zhang et al., 2024; Zong et al., 2018). Essa função de reservatório destaca a necessidade de estratégias preventivas e terapêuticas inovadoras para reduzir a propagação de bactérias multirresistentes.

Estratégias de inibição de *quorum sensing* estão sendo estudadas como alternativas à terapêutica convencional, visando reduzir a formação de biofilmes e restaurar a eficácia dos antibióticos, visto que sua inibição pode reduzir a adesão bacteriana, a produção de matriz extracelular e a expressão de fatores de virulência (Chong et al., 2016; Liu et al., 2021; Duan et al., 2020).

Fatores ambientais, como disponibilidade de nutrientes, fluxo de líquidos e tipo de superfície, influenciam a estrutura e a densidade dos biofilmes, impactando a resistência antimicrobiana e a persistência das infecções (Fang et al., 2020; Guzmán et al., 2017). A compreensão desses fatores é essencial para o desenvolvimento de protocolos de prevenção em ambientes hospitalares e comunitários.

O manejo clínico de biofilmes requer abordagens multidimensionais, combinando antibióticos convencionais, agentes antibiofilme e estratégias enzimáticas que degradam a matriz extracelular (Schulze et al., 2021; Ali et al., 2023; Dutt et al., 2022). Essa combinação visa aumentar a penetração dos fármacos, potencializar a ação antimicrobiana e reduzir a persistência microbiana em superfícies e tecidos infectados.

Terapias inovadoras incluem o uso de moléculas antibiofilme, biorremediação e desenvolvimento de antibióticos com maior capacidade de penetração, refletindo a necessidade de soluções adaptadas à complexidade dos biofilmes (Dutt et al., 2022; Ali et al., 2023). Estas abordagens apresentam potencial para contornar a resistência e melhorar os desfechos clínicos.

Infecções associadas a biofilme apresentam impacto significativo na saúde pública, principalmente em pacientes imunocomprometidos, com doenças crônicas ou submetidos a dispositivos médicos, que servem como superfícies para colonização bacteriana (Tapiainen et al., 2008; Zhang et al., 2024). O controle dessas infecções é desafiador, exigindo protocolos rigorosos de prevenção e tratamento.

Biofilmes em pacientes com fibrose cística, frequentemente causados por *Pseudomonas aeruginosa*, demonstram resistência elevada e persistência prolongada, dificultando a erradicação bacteriana e aumentando a morbi-mortalidade (Zhao et al., 2021; Elfadadny et al., 2024). Estes casos ilustram a importância de terapias direcionadas e da monitorização contínua da resistência.

A resistência conferida por biofilmes não se limita à proteção física; alterações metabólicas das bactérias no biofilme reduzem a eficácia de antibióticos bactericidas,

fato que demonstra a necessidade de abordagens terapêuticas inovadoras e integradas (Mah & O'Toole, 2001; Liu, Prentice & Webber, 2024).

Intervenções baseadas em enzimas que degradam a matriz extracelular têm mostrado potencial para aumentar a eficácia de antibióticos, quebrando as barreiras físicas que protegem os microrganismos (Schulze et al., 2021; Ali et al., 2023). As principais classes de enzimas mais relevantes nesse contexto são: lactonases, acilases e oxidoredutases, as quais têm sido amplamente estudadas por seu potencial na inibição da formação e na dispersão de biofilmes bacterianos. Essas terapias oferecem caminhos promissores para o manejo de infecções persistentes.

A prevenção da formação de biofilmes em dispositivos médicos constitui um componente essencial das estratégias clínicas, englobando o uso de revestimentos antimicrobianos e técnicas de higienização rigorosas que limitam a colonização bacteriana (Donlan, 2002; Costerton et al., 1999). No entanto, a heterogeneidade estrutural dos biofilmes e a diversidade microbiana associada a esses sistemas aumentam significativamente a complexidade da resistência, tornando os tratamentos convencionais menos eficazes e o controle das infecções mais desafiador (Little, Black & Smith, 2021; Flemming et al., 2023). O impacto clínico decorrente dessa resistência é evidenciado pela dificuldade em erradicar infecções crônicas, o que resulta em internações hospitalares prolongadas e custos assistenciais elevados (Tapiainen et al., 2008; Elfadadny et al., 2024). Além disso, biofilmes orais, como aqueles formados por *Streptococcus mutans*, ilustram a importância da prevenção em populações saudáveis, uma vez que sua presença está diretamente relacionada à ocorrência de cáries e complicações periodontais (Koo et al., 2017).

A interação entre espécies bacterianas em biofilmes complexos pode aumentar a transferência horizontal de genes de resistência, promovendo a disseminação de resistência em ambientes clínicos e comunitários (Little, Black & Smith, 2021; Zhang et al., 2024). Abordagens de inibição de *quorum sensing* são promissoras, interferindo na comunicação bacteriana e prevenindo a maturação do biofilme (Chong et al., 2016; Liu et al., 2021).

A interação entre diferentes espécies bacterianas em biofilmes complexos favorece a transferência horizontal de genes de resistência, potencializando a disseminação de mecanismos de resistência tanto em ambientes clínicos quanto comunitários (Little, Black & Smith, 2021; Zhang et al., 2024). Essa característica torna os biofilmes especialmente desafiadores, uma vez que bactérias que, isoladamente, poderiam ser sensíveis a antibióticos, tornam-se resistentes dentro do biofilme, aumentando a persistência das infecções e dificultando o manejo terapêutico.

Nesse contexto, estratégias voltadas à inibição do *quorum sensing* têm se mostrado promissoras, pois interferem na comunicação bacteriana, prevenindo a maturação e estabilização do biofilme (Chong et al., 2016; Liu et al., 2021). Tais abordagens destacam a importância de compreender os mecanismos moleculares da sinalização bacteriana como alvo terapêutico, abrindo caminho para intervenções que complementem ou potencializem o efeito de antibióticos convencionais.

Estudos recentes enfatizam ainda a eficácia de terapias combinadas, que integram antibióticos, agentes antibiofilme e moduladores de *quorum sensing*, visando superar tanto a resistência intrínseca quanto a adquirida pelas bactérias (Schulze et al., 2021; Duan et al., 2020). Essa abordagem multidimensional evidencia a necessidade de intervenções adaptativas, ajustadas às características específicas

de cada biofilme e tipo de infecção, aumentando as chances de erradicação e reduzindo a recorrência clínica.

A persistência dos biofilmes em infecções crônicas, como em pele, feridas e trato urinário, reforça a necessidade de monitoramento contínuo, bem como o desenvolvimento de protocolos clínicos capazes de avaliar e ajustar o tratamento em tempo real (Tshibangu-Kabamba & Yamaoka, 2021). Além disso, biofilmes funcionam como reservatórios ambientais de patógenos resistentes, impactando a epidemiologia das infecções e desafiando a eficácia das medidas de controle e prevenção, seja em hospitais ou na comunidade (Zong et al., 2018; Zhang et al., 2024).

#### 4. Considerações Finais

As análises realizadas ao longo deste estudo evidenciam que os biofilmes bacterianos representam um importante desafio no contexto clínico, devido à sua capacidade de promover resistência antimicrobiana e persistência de infecções.

Clinicamente, essas características têm implicações relevantes, sobretudo em pacientes com doenças crônicas e naqueles que utilizam dispositivos médicos implantáveis, como cateteres, próteses e sondas, nos quais a formação de biofilmes pode resultar em infecções recorrentes, aumento do tempo de internação e maiores custos terapêuticos. Assim, compreender os mecanismos de resistência mediados por biofilmes é essencial para o desenvolvimento de estratégias mais eficazes de prevenção, diagnóstico e tratamento, reforçando a necessidade de abordagens integradas entre pesquisa científica e prática clínica.

Os artigos analisados destacam diversas terapias emergentes que buscam superar essas barreiras. Entre elas, estão os inibidores de *quorum sensing*, que interferem na comunicação bacteriana e impedem a maturação do biofilme; as enzimas antibiofilme, capazes de degradar a matriz extracelular e facilitar a penetração de antibióticos; e as terapias combinadas, que associam agentes antibiótico-convencionais com moduladores de *quorum sensing* ou agentes disruptivos da matriz do biofilme. Essas estratégias têm demonstrado eficácia em modelos experimentais e sugerem novas possibilidades para o tratamento de infecções crônicas e resistentes.

Os estudos sobre biofilmes bacterianos são fundamentais para ampliar a compreensão dos mecanismos que conferem resistência antimicrobiana e dificultam o tratamento de infecções persistentes. Os artigos analisados destacam o surgimento de terapias emergentes, como o uso de inibidores de *quorum sensing*, enzimas degradadoras de matriz extracelular e nanopartículas antimicrobianas, que têm demonstrado potencial para desestabilizar a estrutura dos biofilmes e restaurar a eficácia dos antimicrobianos convencionais. Esses avanços apontam para uma nova perspectiva no manejo de infecções crônicas, sobretudo em pacientes com doenças de base e usuários de dispositivos médicos implantáveis, nos quais a persistência bacteriana representa um risco elevado. Assim, o enfrentamento dos biofilmes bacterianos requer uma abordagem integrada e multidisciplinar, unindo esforços da microbiologia, farmacologia, medicina e enfermagem para o desenvolvimento e aplicação de estratégias preventivas e terapêuticas que reduzam a disseminação de patógenos resistentes e a morbidade associada.

## Referências

- ALI, Asghar et al. Biofilmes microbianos: aplicações, consequências clínicas e terapias alternativas. **Microorganisms** , v. 11, n. 8, p. 1934, 2023.
- ALIANE, Samia; MELIANI, Amina. Biofilmes bacterianos: formação, vantagens para os membros da comunidade, implicações clínicas e resistência a antibióticos. **Environmental & Experimental Biology** , v. 19, n. 3, 2021
- CHONG, K. K. et al. **Quorum sensing and its inhibition: novel strategies for fighting biofilm infections. Microorganisms**, v. 4, n. 1, p. 18, 2016.
- COSTERTON, J. W. et al. **Bacterial biofilms in nature and disease. Annual Review of Microbiology**, v. 53, p. 711-730, 1999.
- DONLAN, R. M. **Biofilms: microbial life on surfaces. Emerging Infectious Diseases**, v. 8, n. 9, p. 881-890, 2002. DOI: 10.3201/eid0809.020063.
- DUAN, K., et al. (2020). Quorum sensing in bacterial biofilms: an overview of mechanisms and strategies to inhibit biofilm formation. **Journal of Microbial & Biochemical Technology**, 12(3), 59-71.
- DUTT, Yogesh et al. A associação entre formação de biofilme e resistência antimicrobiana com possíveis abordagens biorremediais engenhosas. **Antibióticos**, v. 11, n. 7, p. 930, 2022.
- ELFADADNY, Ahmed et al. Resistência antimicrobiana de *Pseudomonas aeruginosa*: explorando impactos clínicos, tendências atuais de resistência e inovações em terapias inovadoras. **Frontiers in microbiology**, v. 15, p. 1374466, 2024.
- FANG, Y. et al. **Environmental influences on biofilm formation and resistance. Journal of Microbial Pathogenesis**, v. 13, n. 5, p. 145-151, 2020.
- FLEMMING, H.-W. et al. **Biofilms: understanding the structure and contribution towards antimicrobial resistance. ScienceDirect**, 2023.
- GUZMÁN, L. M., et al. (2017). Role of quorum sensing in biofilm formation and antimicrobial resistance. **Environmental Microbiology**, 19(10), 3978-3987.
- HASSAN, S. M. et al. **Impact of biofilm formation on antibiotic resistance. Frontiers in Microbiology**, v. 10, p. 789, 2022.
- HEIDARY, Mohsen et al. Mecanismo de ação, resistência, sinergismo e implicações clínicas da azitromicina. **Journal of Clinical Laboratory Analysis** , v. 36, n. 6, p. e24427, 2022.
- KAUSHIK, Ashlesha et al. Infecções por *Staphylococcus aureus* resistente à metilina (MRSA) em humanos que produzem biofilme: implicações clínicas e manejo. **Pathogens** , v. 13, n. 1, p. 76, 2024.
- KOO, H. et al. **Biofilm formation in the oral cavity and its clinical implications. Journal of Applied Microbiology**, v. 123, n. 5, p. 963-973, 2017.
- LITTLE, William; BLACK, Caroline; SMITH, Allie Clinton. Implicações clínicas dos efeitos do sinergismo polimicrobiano na suscetibilidade antimicrobiana. **Pathogens** , v. 10, n. 2, p. 144, 2021.
- LIU, Ho Yu; PRENTICE, Emma L.; WEBBER, Mark A. Mecanismos de resistência antimicrobiana em biofilmes. **npj Antimicrobianos e Resistência**, v. 2, n. 1, p. 27, 2024.
- LIU, S. et al. **Quorum sensing in biofilms: implications for infection control and treatment. Journal of Antimicrobial Chemotherapy**, v. 76, n. 2, p. 312-320, 2021.
- MAH, T. F.; O'TOOLE, G. A. **Mechanisms of biofilm resistance to antimicrobial agents. Trends in Microbiology**, v. 9, n. 1, p. 34-39, 2001.



- SCHULZE, Adina et al. Biofilmes de patógenos bacterianos humanos: relevância clínica - desenvolvimento, composição e regulação - estratégias terapêuticas. **Microbial Cell**, v. 8, n. 2, p. 28, 2021
- TAPIAINEN, T. et al. **Biofilm-related infections: clinical implications and therapeutic challenges**. *Journal of Clinical Microbiology*, v. 46, n. 4, p. 1150-1156, 2008.
- TSHIBANGU-KABAMBA, Evariste; YAMAOKA, Yoshio. Infecção por *Helicobacter pylori* e resistência a antibióticos — da biologia às implicações clínicas. **Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology**, v. 18, n. 9, p. 613-629, 2021.
- ZHANG, L. et al. **Biofilms as potential reservoirs of antimicrobial resistance**. *Frontiers in Public Health*, v. 12, p. 156, 2024.
- ZHAO, Y. et al. **Biofilm formation and resistance to antimicrobial agents in clinical isolates of *Pseudomonas aeruginosa* from cystic fibrosis patients**. *Pathogens*, v. 10, n. 6, p. 426, 2021.
- ZONG, Z. et al. **Biofilm-associated infections and therapeutic strategies**. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 19, n. 3, p. 758, 2018. ALI, Asghar et al. Biofilmes microbianos: aplicações, consequências clínicas e terapias alternativas. **Microorganisms**, v. 11, n. 8, p. 1934, 2023.
- ALIANE, Samia; MELIANI, Amina. Biofilmes bacterianos: formação, vantagens para os membros da comunidade, implicações clínicas e resistência a antibióticos. **Environmental & Experimental Biology**, v. 19, n. 3, 2021
- CHONG, K. K. et al. **Quorum sensing and its inhibition: novel strategies for fighting biofilm infections**. *Microorganisms*, v. 4, n. 1, p. 18, 2016.
- COSTERTON, J. W. et al. **Bacterial biofilms in nature and disease**. *Annual Review of Microbiology*, v. 53, p. 711-730, 1999.
- DONLAN, R. M. **Biofilms: microbial life on surfaces**. *Emerging Infectious Diseases*, v. 8, n. 9, p. 881-890, 2002. DOI: 10.3201/eid0809.020063.
- DUAN, K., et al. (2020). *Quorum sensing* in bacterial biofilms: an overview of mechanisms and strategies to inhibit biofilm formation. **Journal of Microbial & Biochemical Technology**, 12(3), 59-71.
- DUTT, Yogesh et al. A associação entre formação de biofilme e resistência antimicrobiana com possíveis abordagens biorremediais engenhosas. **Antibióticos**, v. 11, n. 7, p. 930, 2022.
- ELFADADNY, Ahmed et al. Resistência antimicrobiana de *Pseudomonas aeruginosa*: explorando impactos clínicos, tendências atuais de resistência e inovações em terapias inovadoras. **Frontiers in microbiology**, v. 15, p. 1374466, 2024.
- FANG, Y. et al. **Environmental influences on biofilm formation and resistance**. *Journal of Microbial Pathogenesis*, v. 13, n. 5, p. 145-151, 2020
- FLEMMING, H.-W. et al. **Biofilms: understanding the structure and contribution towards antimicrobial resistance**. *ScienceDirect*, 2023.
- GUZMÁN, L. M., et al. (2017). Role of *quorum sensing* in biofilm formation and antimicrobial resistance. **Environmental Microbiology**, 19(10), 3978-3987.
- HASSAN, S. M. et al. **Impact of biofilm formation on antibiotic resistance**. *Frontiers in Microbiology*, v. 10, p. 789, 2022.
- HEIDARY, Mohsen et al. Mecanismo de ação, resistência, sinergismo e implicações clínicas da azitromicina. **Journal of Clinical Laboratory Analysis**, v. 36, n. 6, p. e24427, 2022.
- KAUSHIK, Ashlesha et al. Infecções por *Staphylococcus aureus* resistente à metilina (MRSA) em humanos que produzem biofilme: implicações clínicas e manejo. **Pathogens**, v. 13, n. 1, p. 76, 2024.

- KOO, H. et al. **Biofilm formation in the oral cavity and its clinical implications.** *Journal of Applied Microbiology*, v. 123, n. 5, p. 963-973, 2017.
- LITTLE, William; BLACK, Caroline; SMITH, Allie Clinton. Implicações clínicas dos efeitos do sinergismo polimicrobiano na suscetibilidade antimicrobiana. **Pathogens** , v. 10, n. 2, p. 144, 2021.
- LIU, Ho Yu; PRENTICE, Emma L.; WEBBER, Mark A. Mecanismos de resistência antimicrobiana em biofilmes. **npj Antimicrobianos e Resistência** , v. 2, n. 1, p. 27, 2024.
- LIU, S. et al. **Quorum sensing in biofilms: implications for infection control and treatment.** *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, v. 76, n. 2, p. 312-320, 2021.
- MAH, T. F.; O'TOOLE, G. A. **Mechanisms of biofilm resistance to antimicrobial agents.** *Trends in Microbiology*, v. 9, n. 1, p. 34-39, 2001.
- SCHULZE, Adina et al. Biofilmes de patógenos bacterianos humanos: relevância clínica - desenvolvimento, composição e regulação - estratégias terapêuticas. **Microbial Cell** , v. 8, n. 2, p. 28, 2021
- TAPIAINEN, T. et al. **Biofilm-related infections: clinical implications and therapeutic challenges.** *Journal of Clinical Microbiology*, v. 46, n. 4, p. 1150-1156, 2008.
- TSHIBANGU-KABAMBA, Evariste; YAMAOKA, Yoshio. Infecção por *Helicobacter pylori* e resistência a antibióticos — da biologia às implicações clínicas. **Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology** , v. 18, n. 9, p. 613-629, 2021.
- ZHANG, L. et al. **Biofilms as potential reservoirs of antimicrobial resistance.** *Frontiers in Public Health*, v. 12, p. 156, 2024.
- ZHAO, Y. et al. **Biofilm formation and resistance to antimicrobial agents in clinical isolates of *Pseudomonas aeruginosa* from cystic fibrosis patients.** *Pathogens*, v. 10, n. 6, p. 426, 2021.
- ZONG, Z. et al. **Biofilm-associated infections and therapeutic strategies.** *International Journal of Molecular Sciences*, v. 19, n. 3, p. 758, 2018.