

AS PRINCIPAIS DIFERENÇAS DE CRESCIMENTO MICROBIANO ENTRE FUNGOS E BACTÉRIAS E SEUS IMPACTOS NO PROGRESSO DA INFECÇÃO MICROBIANA, UMA REVISÃO NARRATIVA

THE MAIN DIFFERENCES IN MICROBIAL GROWTH BETWEEN FUNGI AND BACTERIA AND THEIR IMPACTS ON THE PROGRESSION OF MICROBIAL INFECTION, A NARRATIVE REVIEW

LAS PRINCIPALES DIFERENCIAS EN EL CRECIMIENTO MICROBIANO ENTRE HONGOS Y BACTERIAS Y SUS IMPACTOS EN LA PROGRESIÓN DE LA INFECCIÓN MICROBIANA, UNA REVISIÓN NARRATIVA

Lucas dos Santos Sa¹

RESUMO: Fungos e bactérias representam dois dos principais grupos de microrganismos associados a infecções humanas, apresentando diferenças fundamentais em sua organização celular, metabolismo, dinâmica de crescimento e interação com o hospedeiro. Essas distinções influenciam diretamente o estabelecimento, a progressão e a gravidade das infecções microbianas, bem como a resposta ao tratamento terapêutico. Enquanto as bactérias caracterizam-se por crescimento geralmente rápido, elevada adaptabilidade metabólica e ampla diversidade de estratégias de virulência, os fungos apresentam crescimento mais lento, estrutura celular complexa e maior capacidade de persistência em tecidos do hospedeiro. Esta revisão narrativa tem como objetivo discutir de forma integrada as principais diferenças nos padrões de crescimento microbiano entre fungos e bactérias e como essas características impactam o progresso da infecção microbiana, abordando aspectos celulares, fisiológicos, ambientais e imunológicos relevantes para a patogênese e o manejo clínico das infecções.

1

Palavras-chave: Crescimento microbiano. Bactérias. Fungos. Infecção microbiana. Patogênese.

ABSTRACT: Fungi and bacteria represent two of the main groups of microorganisms associated with human infections, exhibiting fundamental differences in their cellular organization, metabolism, growth dynamics, and interactions with the host. These distinctions directly influence the establishment, progression, and severity of microbial infections, as well as the response to therapeutic treatment. While bacteria are generally characterized by rapid growth, high metabolic adaptability, and a wide diversity of virulence strategies, fungi exhibit slower growth, greater cellular complexity, and an enhanced ability to persist within host tissues. This narrative review aims to integratively discuss the main differences in microbial growth patterns between fungi and bacteria and how these characteristics impact the progression of microbial infection, addressing relevant cellular, physiological, environmental, and immunological aspects related to pathogenesis and clinical management.

Keywords: Microbial growth. Bacteria. Fungi. Microbial infection. Pathogenesis.

¹ Especialista em Biotecnologia. Faculdade Única.

RESUMEN: Los hongos y las bacterias representan dos de los principales grupos de microorganismos asociados a las infecciones humanas, presentando diferencias fundamentales en su organización celular, metabolismo, dinámica de crecimiento e interacción con el huésped. Estas distinciones influyen directamente en el establecimiento, la progresión y la gravedad de las infecciones microbianas, así como en la respuesta al tratamiento terapéutico. Mientras que las bacterias se caracterizan generalmente por un crecimiento rápido, una elevada adaptabilidad metabólica y una amplia diversidad de estrategias de virulencia, los hongos presentan un crecimiento más lento, una estructura celular más compleja y una mayor capacidad de persistencia en los tejidos del huésped. Esta revisión narrativa tiene como objetivo discutir de manera integrada las principales diferencias en los patrones de crecimiento microbiano entre hongos y bacterias y cómo estas características impactan el progreso de la infección microbiana, abordando aspectos celulares, fisiológicos, ambientales e inmunológicos relevantes para la patogénesis y el manejo clínico de las infecciones.

Palabras clave: Crecimiento microbiano. Bacterias. Hongos. Infección microbiana. Patogénesis.

1. INTRODUÇÃO

As infecções microbianas continuam figurando entre os principais problemas de saúde pública em escala global, sendo responsáveis por elevadas taxas de morbidade, mortalidade e custos associados aos sistemas de saúde. Apesar dos avanços significativos no diagnóstico, prevenção e tratamento das doenças infecciosas, a emergência de microrganismos resistentes, o envelhecimento populacional e o aumento do número de indivíduos imunocomprometidos têm contribuído para a persistência e a complexidade desse cenário (Li *et al.*, 2022).

2

Nesse contexto, bactérias e fungos destacam-se como os grupos microbianos mais frequentemente associados a infecções humanas. Embora ambos sejam capazes de colonizar, invadir e causar danos aos tecidos do hospedeiro, apresentam diferenças fundamentais do ponto de vista evolutivo, estrutural e fisiológico. Essas diferenças refletem-se diretamente nos padrões de crescimento microbiano, que exercem papel central no estabelecimento, na progressão e no desfecho clínico das infecções (Dim *et al.*, 2025).

O crescimento microbiano representa um processo dinâmico influenciado por múltiplos fatores intrínsecos ao microrganismo, como organização celular, metabolismo e mecanismos de adaptação ao estresse, bem como por fatores extrínsecos relacionados ao hospedeiro, incluindo disponibilidade de nutrientes, pH, temperatura, resposta imune e presença de agentes antimicrobianos. A interação entre esses fatores determina a velocidade de multiplicação, a capacidade de disseminação e o potencial de persistência do patógeno no organismo (Kaveh *et al.*, 2023).

As bactérias, como organismos procarióticos, apresentam crescimento geralmente rápido e elevada plasticidade metabólica, características que favorecem a instalação de infecções

agudas e intensas respostas inflamatórias. Em contraste, os fungos, organismos eucarióticos estruturalmente mais complexos, tendem a apresentar crescimento mais lento e estratégias de adaptação que favorecem a colonização prolongada dos tecidos, estando frequentemente associados a infecções crônicas ou invasivas, especialmente em indivíduos com comprometimento do sistema imunológico (Hennart *et al.*, 2022).

Além disso, diferenças nos requisitos ambientais, como faixas ideais de pH e temperatura, influenciam não apenas o crescimento desses microrganismos, mas também sua expressão de fatores de virulência, capacidade de evasão imunológica e sensibilidade aos agentes terapêuticos. Esses aspectos contribuem para a heterogeneidade clínica observada entre infecções bacterianas e fúngicas, tanto em relação aos sintomas quanto à resposta ao tratamento (Chepsergon, 2023).

A compreensão aprofundada dessas diferenças é essencial não apenas para o entendimento da patogênese das infecções, mas também para o desenvolvimento de estratégias diagnósticas e terapêuticas mais eficazes. O reconhecimento de como os padrões de crescimento microbiano influenciam o curso da infecção pode auxiliar na escolha racional de antimicrobianos, na definição da duração do tratamento e na adoção de medidas preventivas mais adequadas (Singh *et al.*, 2022).

Diante desse panorama, esta revisão narrativa tem como objetivo analisar de forma crítica e integrada as principais diferenças nos padrões de crescimento microbiano entre fungos e bactérias, abordando seus determinantes celulares e ambientais e discutindo como essas características impactam o progresso da infecção microbiana, as manifestações clínicas e as implicações terapêuticas no contexto da prática clínica e da microbiologia médica.

2. METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão narrativa da literatura, desenvolvida com o objetivo de reunir, analisar e discutir de forma crítica os conhecimentos atuais acerca das principais diferenças nos padrões de crescimento microbiano entre fungos e bactérias e suas implicações no progresso das infecções microbianas.

2.1 Delineamento do Estudo

A revisão narrativa foi escolhida por permitir uma abordagem ampla e integrativa do tema, possibilitando a contextualização histórica, conceitual e clínica dos dados disponíveis, bem como a discussão comparativa entre diferentes grupos microbianos. Esse tipo de revisão é

particularmente adequado para temas complexos e multidimensionais, nos quais a compreensão dos mecanismos biológicos e clínicos depende da integração de diferentes linhas de evidência.

2.2 Estratégia de Busca Bibliográfica

A busca bibliográfica foi realizada de forma sistemática e não exaustiva nas principais bases de dados científicas internacionais, incluindo Google acadêmico, PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science e SciELO, abrangendo artigos publicados majoritariamente nos últimos 5 anos. Trabalhos clássicos e de relevância histórica também foram incluídos quando considerados fundamentais para a compreensão do tema.

Foram utilizados descritores controlados e não controlados, combinados por operadores booleanos, tais como: “*microbial growth*”, “*bacterial growth*”, “*fungus growth*”, “*bacterial infections*”, “*fungus infections*”, “*pathogenesis*”, “*host–pathogen interaction*”, “*biofilm*”, “*pH*”, “*temperature*” e seus correspondentes em português e espanhol.

2.3 Critérios de Inclusão e Exclusão

Foram incluídos artigos originais, revisões sistemáticas, revisões narrativas e capítulos de livros que abordassem aspectos relacionados ao crescimento bacteriano e fúngico, suas características fisiológicas, ambientais e metabólicas, bem como sua relação com a patogênese e a progressão das infecções em humanos.

Foram excluídos estudos que não apresentassem relevância direta para o tema proposto, trabalhos duplicados, artigos com dados insuficientes ou que tratassem exclusivamente de microrganismos não relacionados a infecções humanas, bem como publicações em idiomas distintos do português, inglês ou espanhol.

2.4 Seleção e Análise dos Estudos

A seleção dos estudos foi realizada inicialmente por meio da leitura dos títulos e resumos, seguida da análise do texto completo das publicações consideradas elegíveis. As informações extraídas incluíram dados sobre organização celular, metabolismo, velocidade de crescimento, influência de fatores ambientais (como pH e temperatura), formação de biofilmes, interação com o sistema imunológico, manifestações clínicas e implicações terapêuticas das infecções bacterianas e fúngicas. Os dados foram analisados de forma qualitativa e interpretativa, priorizando a comparação entre os padrões de crescimento microbiano e sua correlação com o progresso da infecção e o desfecho clínico. A síntese dos resultados foi

organizada de maneira temática e discursiva, visando destacar semelhanças, diferenças e lacunas no conhecimento atual.

2.5 Considerações Éticas

Por se tratar de um estudo de revisão narrativa baseado exclusivamente em dados secundários previamente publicados, não houve necessidade de submissão a comitê de ética em pesquisa, conforme as diretrizes éticas vigentes para esse tipo de estudo.

3. DESENVOLVIMENTO

3.1 Organização Celular e Implicações no Crescimento de Bactérias e Fungos

As bactérias são organismos procarióticos unicelulares, caracterizados pela ausência de núcleo verdadeiro e organelas membranosas. Possuem uma estrutura celular relativamente simples, com parede celular composta principalmente por peptidoglicano, cuja espessura varia entre bactérias Gram-positivas e Gram-negativas. Essa simplicidade estrutural favorece processos metabólicos rápidos e ciclos de divisão celular curtos, permitindo taxas elevadas de crescimento em condições favoráveis. O crescimento bacteriano ocorre predominantemente por fissão binária, um processo eficiente que resulta na duplicação rápida da população microbiana. Em ambientes ricos em nutrientes, algumas bactérias podem apresentar tempos de geração de minutos, o que contribui para a rápida instalação da infecção e para o aumento exponencial da carga bacteriana nos tecidos do hospedeiro (Algammal *et al.*, 2023).

Os fungos são organismos eucarióticos, podendo ser unicelulares, como as leveduras, ou multicelulares, como os fungos filamentosos. Sua estrutura celular é mais complexa, apresentando núcleo verdadeiro, organelas membranosas e parede celular composta principalmente por quitina, glucanos e mananos. Essa complexidade estrutural está associada a processos metabólicos mais elaborados e, geralmente, a taxas de crescimento mais lentas quando comparadas às bactérias. O crescimento fúngico pode ocorrer por brotamento, no caso das leveduras, ou por alongação e ramificação de hifas, nos fungos filamentosos. Esse padrão de crescimento contribui para a invasão tecidual progressiva e para a formação de estruturas complexas, como micélios e biofilmes, que favorecem a persistência da infecção (Akintunde *et al.*, 2022).

3.2 Metabolismo e Adaptação ao Microambiente do Hospedeiro

3.2.1 Influência do pH e da Temperatura no Crescimento Microbiano

O pH e a temperatura representam fatores ambientais críticos que influenciam diretamente o crescimento, a sobrevivência e a virulência de fungos e bactérias no hospedeiro. A maioria das bactérias patogênicas humanas apresenta crescimento ótimo em pH próximo da neutralidade, geralmente entre 6,5 e 7,5, embora algumas espécies sejam capazes de tolerar ambientes mais ácidos ou alcalinos. Por exemplo, *Helicobacter pylori* sobrevive em pH gástrico ácido por meio da produção de urease, enquanto *Staphylococcus aureus* tolera variações moderadas de pH na pele. Em relação à temperatura, bactérias patogênicas humanas são predominantemente mesófilas, com crescimento ótimo entre 35 e 37 °C, compatível com a temperatura corporal. Alterações térmicas, como febre, podem limitar a multiplicação bacteriana, embora algumas espécies apresentem mecanismos adaptativos que permitem sua sobrevivência em temperaturas mais elevadas (Asrh *et al.*, 2022).

Os fungos patogênicos, por sua vez, apresentam maior tolerância a variações de pH, crescendo em faixas mais amplas, geralmente entre pH 4,0 e 7,0, o que favorece sua colonização de mucosas e superfícies cutâneas. Leveduras como *Candida albicans* demonstram elevada plasticidade fenotípica, adaptando-se a diferentes condições de pH e utilizando essa variação como sinal para transição morfológica, fator diretamente associado à virulência. Quanto à temperatura, a maioria dos fungos ambientais cresce de forma ideal entre 25 e 30 °C; entretanto, fungos patogênicos humanos apresentam capacidade de adaptação ao crescimento a 37 °C, característica considerada um importante fator de virulência. Essa adaptação térmica permite a sobrevivência e disseminação do fungo no organismo humano, contribuindo para infecções invasivas (Tessin *et al.*, 2023).

3.3 Velocidade de Crescimento e Progressão da Infecção

As diferenças metabólicas entre fungos e bactérias desempenham papel central na dinâmica de crescimento e na progressão da infecção. Bactérias apresentam ampla diversidade metabólica, podendo utilizar diferentes fontes de carbono, nitrogênio e energia, além de se adaptarem rapidamente a variações ambientais, como alterações de pH, disponibilidade de oxigênio e presença de antimicrobianos. Essa flexibilidade metabólica permite que bactérias se multipliquem rapidamente em diferentes nichos do hospedeiro, favorecendo infecções agudas e de rápida evolução. Além disso, muitas bactérias são capazes de alternar entre estados

metabólicos ativos e latentes, contribuindo para a persistência e recorrência das infecções (Zawistowska-Rojek *et al.*, 2022).

Os fungos, por sua vez, apresentam metabolismo mais especializado e dependem frequentemente de condições ambientais específicas para crescimento ideal. No entanto, sua capacidade de adaptação ao estresse, incluindo limitações nutricionais, resposta oxidativa e variações de temperatura, favorece a sobrevivência prolongada no hospedeiro. Essa característica está associada a infecções crônicas e de difícil erradicação (Yassin *et al.*, 2022).

3.4 Velocidade de Crescimento e Progressão da Infecção

A velocidade de crescimento microbiano é um fator determinante no curso clínico das infecções. Infecções bacterianas tendem a apresentar início rápido e sintomas agudos, refletindo a multiplicação acelerada do patógeno e a intensa resposta inflamatória desencadeada no hospedeiro. O rápido aumento da carga bacteriana pode levar à produção elevada de toxinas e fatores de virulência, contribuindo para danos teciduais significativos. Em contraste, infecções fúngicas geralmente apresentam progressão mais lenta e insidiosa. O crescimento gradual dos fungos permite uma colonização persistente dos tecidos, frequentemente associada à formação de biofilmes e à evasão do sistema imunológico. Como consequência, as infecções fúngicas são frequentemente diagnosticadas tardiamente e podem evoluir para quadros sistêmicos graves, especialmente em indivíduos imunocomprometidos (Ahame *et al.*, 2024).

7

3.5 Formação de Biofilmes e Persistência da Infecção

Tanto fungos quanto bactérias são capazes de formar biofilmes, estruturas organizadas de células microbianas envoltas por uma matriz extracelular. No entanto, a composição, a arquitetura e a dinâmica de crescimento dos biofilmes diferem entre esses grupos. Biofilmes bacterianos são frequentemente associados a infecções associadas a dispositivos médicos e apresentam crescimento relativamente rápido, com alta densidade celular. Já os biofilmes fúngicos, especialmente aqueles formados por leveduras como *Candida spp.*, apresentam estrutura tridimensional complexa, com células em diferentes estágios de crescimento e elevada resistência a antifúngicos. A formação de biofilmes contribui significativamente para a persistência da infecção, dificultando a erradicação do patógeno e favorecendo a recorrência clínica (Ikran *et al.*, 2022).

3.6 Interação com o Sistema Imunológico do Hospedeiro

As diferenças no crescimento microbiano entre fungos e bactérias influenciam diretamente a forma como o sistema imunológico reconhece e responde à infecção. O crescimento rápido das bactérias geralmente desencadeia uma resposta inflamatória aguda, mediada principalmente por neutrófilos e citocinas pró-inflamatórias. Os fungos, devido ao crescimento mais lento e à complexidade de sua parede celular, podem modular a resposta imune de maneira mais sutil, favorecendo mecanismos de evasão imunológica. Essa interação contribui para a persistência do patógeno e para o desenvolvimento de infecções crônicas ou invasivas (Frazão *et al.*, 2022).

3.7 Implicações Terapêuticas

As diferenças nos padrões de crescimento microbiano têm implicações diretas no tratamento das infecções. Antibióticos geralmente atuam sobre processos associados ao crescimento rápido bacteriano, como síntese da parede celular e replicação do DNA, o que os torna eficazes em infecções bacterianas agudas. Em contraste, o crescimento mais lento dos fungos e sua maior complexidade celular exigem terapias antifúngicas prolongadas e frequentemente associadas a maior toxicidade. Além disso, a semelhança estrutural entre células fúngicas e células humanas limita o número de alvos terapêuticos seletivos, dificultando o desenvolvimento de novos antifúngicos (Khan *et al.*, 2022).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As diferenças fundamentais no crescimento microbiano entre fungos e bactérias exercem impacto direto sobre o estabelecimento, a progressão e a gravidade das infecções microbianas. Enquanto as bactérias tendem a causar infecções de evolução rápida e aguda, os fungos estão frequentemente associados a infecções persistentes, crônicas e de difícil tratamento. A compreensão dessas distinções é essencial para o desenvolvimento de estratégias terapêuticas mais eficazes, bem como para a interpretação adequada do curso clínico das infecções. Dessa forma, o estudo integrado dos padrões de crescimento microbiano contribui de maneira decisiva para o avanço da microbiologia clínica e para a melhoria do manejo das infecções fúngicas e bacterianas.

REFERENCIAS

AHAMED, Johnthini Munir; DAHMS, Hans-Uwe; HUANG, Yeou Lih. Heavy metal tolerance, and metal biosorption by exopolysaccharides produced by bacterial strains isolated from marine hydrothermal vents. **Chemosphere**, v. 351, p. 141170, 2024.

AKINTUNDE, Moyinoluwa O. et al. Bacterial cellulose production from agricultural residues by two *Komagataeibacter* sp. strains. **Bioengineered**, v. 13, n. 4, p. 10010-10025, 2022.

ALGAMMAL, Abdelazeem et al. Emerging multidrug-resistant bacterial pathogens “superbugs”: A rising public health threat. **Frontiers in microbiology**, v. 14, p. 1135614, 2023.

ASHRY, Noha M. et al. Utilization of drought-tolerant bacterial strains isolated from harsh soils as a plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR). **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 29, n. 3, p. 1760-1769, 2022.

CHEPSEERON, Jane; MOLELEKI, Lucy N. Rhizosphere bacterial interactions and impact on plant health. **Current Opinion in Microbiology**, v. 73, p. 102297, 2023.

DIM, C. N. et al. Multiple Antibiotic Resistance Bacterial Strains in Frozen Meat Sold at Abagana, Anambra State: A Public Health Concern. **IPS Journal of Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 4, n. 3, p. 181-186, 2025.

IKRAM, Muhammad et al. *Bacillus subtilis*: As an efficient bacterial strain for the reclamation of water loaded with textile azo dye, orange II. **International journal of molecular sciences**, v. 23, n. 18, p. 10637, 2022.

FRAZÃO, N. et al. Two modes of evolution shape bacterial strain diversity in the mammalian gut for thousands of generations. **Nature communications**, v. 13, n. 1, p. 5604, 2022.

HENNART, Melanie et al. A dual barcoding approach to bacterial strain nomenclature: genomic taxonomy of *Klebsiella pneumoniae* strains. **Molecular Biology and Evolution**, v. 39, n. 7, p. msac135, 2022.

KAVEH, Shima et al. Bio-preservation of meat and fermented meat products by lactic acid bacteria strains and their antibacterial metabolites. **Sustainability**, v. 15, n. 13, p. 10154, 2023.

KHAN, Muhammad Yahya et al. Potential of plant growth promoting bacterial consortium for improving the growth and yield of wheat under saline conditions. **Frontiers in microbiology**, v. 13, p. 958522, 2022.

LI, Guohui et al. Research progress of the biosynthetic strains and pathways of bacterial cellulose. **Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology**, v. 49, n. 1, p. kuab071, 2022.

SINGH, Ritu et al. Isolation and characterization of endophytes bacterial strains of *Momordica charantia* L. and their possible approach in stress management. **Microorganisms**, v. 10, n. 2, p. 290, 2022.

TESIN, N. et al. Prevalence of the microbiological causes of canine otitis externa and the antibiotic susceptibility of the isolated bacterial strains. **Polish Journal of Veterinary Sciences**, v. 26, n. 3, 2023

YASSIN, Mohamed Taha et al. Facile green synthesis of silver nanoparticles using aqueous leaf extract of *Origanum majorana* with potential bioactivity against multidrug resistant bacterial strains. **Crystals**, v. 12, n. 5, p. 603, 2022..

ZAWISTOWSKA-ROJEK, Anna et al. Adhesion and aggregation properties of Lactobacillaceae strains as protection ways against enteropathogenic bacteria. **Archives of Microbiology**, v. 204, n. 5, p. 285, 2022.