

SECADORA DE LÂMINAS PARA MICROSCOPIA

Alexandre J. Silva¹, Fábio O. Silva², João M. Ferreira³, Rogeria M. A. de Almeida⁴, Rafael B. Diman⁵.

¹Graduando em Sistemas Biomédicos, Fatec Bauru. alexandre.silva@fatec.sp.gov.br

²Graduando em Sistemas Biomédicos, Fatec Bauru. fabio.oliveira123@fatec.sp.gov.br

³Graduando em Sistemas Biomédicos, Fatec Bauru. joao.ferreira77@fatec.sp.gov.br

⁴Docente da Fatec Bauru. rogeria.almeida@fatec.sp.gov.br

⁵Especialista em Engenharia de Manutenção. Rafael.diman@fatec.sp.gov.br

RESUMO

O artigo detalha o desenvolvimento e a caracterização de uma secadora de lâminas de microscopia de baixo custo, com dimensões de 200 mm x 110 mm x 95 mm e um sistema de porta-lâminas com dimensões de 105 mm x 38 mm x 20 mm ambos construídos por meio de impressão 3D utilizando filamento ABS. O objetivo foi desenvolver um equipamento para ser utilizado durante as atividades do laboratório didático em microbiologia da Faculdade de Tecnologia de Bauru. O protótipo inclui um sistema de ventilação forçada com temporizador digital e dois tipos de porta-lâminas para otimizar a secagem, posicionados a 30° e 90° em relação do fluxo de ar. A caracterização do protótipo avaliou ruído, temperatura e fluxo de ar, cujos resultados foram satisfatórios. A configuração do porta-lâminas a 90° apresentou maior eficiência devido à maior pressão dinâmica. Este estudo destaca o potencial da impressão 3D para equipamentos didáticos de baixo custo, promovendo o acesso a recursos funcionais e contribuindo para o processo de aprendizagem dos estudantes.

Palavras-chave: microscopia óptica; microbiologia; lâminas de microscopia; impressora 3D.

1 INTRODUÇÃO

A microscopia óptica desempenha um papel fundamental na microbiologia, permitindo a observação e identificação de microrganismos invisíveis a olho nu. Desde as primeiras lentes de aumento rudimentares até os microscópios compostos modernos, essa tecnologia revolucionou o estudo dos organismos microscópicos e suas interações biológicas. Anton van Leeuwenhoek, no século XVII, foi um dos pioneiros na observação de bactérias e protozoários, abrindo caminho para o desenvolvimento de técnicas avançadas de coloração e diagnóstico microbiológico. Com o avanço da microscopia óptica, tornou-se possível a distinção entre diferentes tipos de microrganismos com base em suas características morfológicas e propriedades tintoriais. Métodos de coloração diferencial, como as técnicas de Gram e Ziehl-Neelsen, permitem a classificação de bactérias com base em suas

propriedades estruturais, sendo ferramentas essenciais no diagnóstico clínico e na pesquisa microbiológica (khodavirdipour, 2019).

Uma etapa crucial na preparação de lâminas para microscopia, empregadas nos métodos de coloração de Gram e Ziehl-Neelsen, consiste na secagem delas. O procedimento de secagem é frequentemente realizado utilizando secadores de lâminas convencionais, baseados em aquecimento resistivo, os quais operam em temperaturas elevadas, tipicamente na faixa de 80 °C a 100 °C. Embora os secadores de lâminas convencionais, baseados em aquecimento resistivo, apresentem eficácia comprovada, a natureza resistiva de seu funcionamento implica em um elevado consumo de energia elétrica, resultando em custos operacionais significativos, especialmente considerando as tarifas de energia elétrica vigentes no país. Adicionalmente, o alto custo de aquisição desses equipamentos representa um obstáculo para diversas instituições de ensino, limitando o acesso a recursos laboratoriais adequados.

Neste contexto, o presente estudo tem como objetivo realizar uma revisão bibliográfica abrangente sobre a microscopia óptica, os métodos de coloração de lâminas de Gram e Ziehl-Neelsen, e o desenvolvimento e caracterização de uma secadora de lâminas de microscopia de baixo custo, projetada especificamente para utilização em aulas práticas de microbiologia na Faculdade de Tecnologia de Bauru.

2. MICROSCOPIA ÓPTICA

A microscopia óptica é uma técnica de investigação fundamental para a análise de estruturas biológicas e materiais em escala microscópica, baseando-se na interação da luz visível com a amostra para a geração de imagens ampliadas. O princípio físico de funcionamento da técnica envolve a transmissão de luz através de um sistema de lentes que amplificam e focalizam a imagem do objeto em estudo. Em um microscópio óptico convencional, a luz proveniente de uma fonte é direcionada e concentrada sobre a amostra por meio de um condensador. A interação da luz com a amostra resulta na transmissão direta de parte da luz, enquanto outra porção é absorvida ou refratada por diferentes componentes celulares, gerando contraste e, consequentemente, a formação da imagem (Lawrence *et al.*, 1991).

O sistema óptico do microscópio compreende duas lentes principais: a objetiva, responsável pela ampliação primária da imagem ao projetá-la em um plano intermediário, e a ocular, que promove a ampliação secundária da imagem formada pela objetiva antes de sua projeção na retina do observador ou em um sensor digital (Halliday, Resnick, Walker, 2000). A resolução do microscópio, um parâmetro crítico para a qualidade da imagem, é limitada pelo comprimento de onda da luz utilizada, conforme preconizado pelo critério de Abbe. Este critério define a resolução como diretamente proporcional à abertura numérica da objetiva e inversamente proporcional ao comprimento de onda da luz incidente, como demonstrada na equação abaixo (Masters, 2020):

$$d = \frac{\lambda}{2 \times NA} \quad (1)$$

Onde λ é o comprimento de onda da luz utilizada e NA é o número de abertura da lente objetiva.

Considerando um comprimento de onda de $\lambda = 500 \text{ nm}$ e uma objetiva com NA da ordem de 1,4, a resolução calculada é de aproximadamente $0,2 \text{ }\mu\text{m}$. Dado que

bactérias como *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus* apresentam dimensões típicas de 2 μm de comprimento e 1 μm de diâmetro, respectivamente, esses valores demonstram que a microscopia óptica convencional permite a visualização eficaz desses microrganismos quando preparados pelos métodos de coloração de Gram e Ziehl–Neelsen.

3 PRINCIPAIS MÉTODOS DE COLORAÇÃO DE LÂMINAS DE MICROSCOPIA

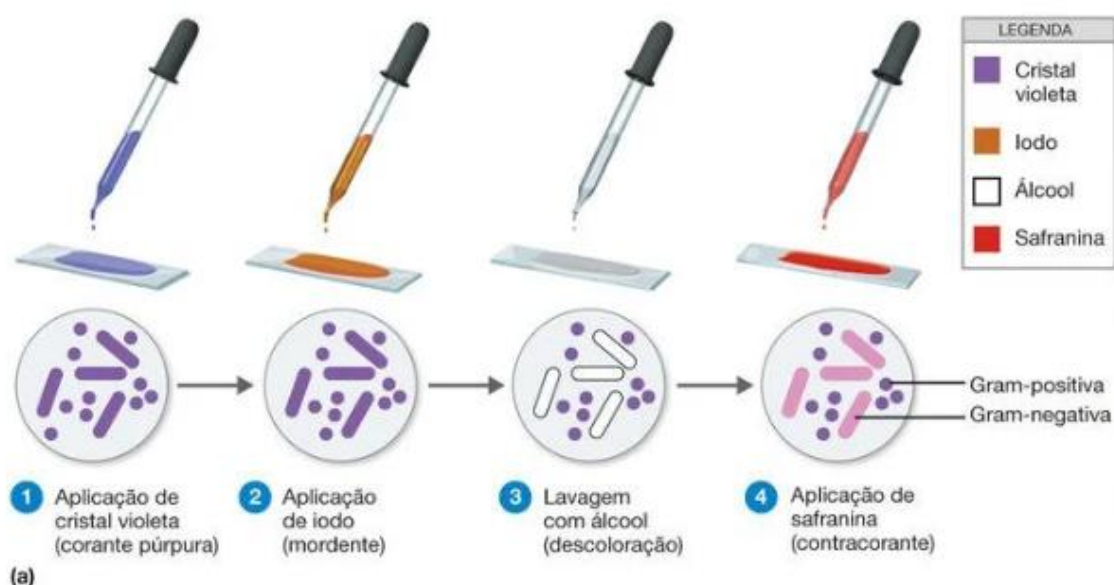
As colorações diferenciais interagem de maneira distinta com diferentes tipos de bactérias, permitindo sua diferenciação. Como mencionado anteriormente, as mais utilizadas para bactérias são a coloração de Gram e a coloração ácido-resistente Ziehl-Neelsen.

3.1 Coloração De Gram

A coloração de Gram é uma das técnicas mais amplamente utilizadas na microbiologia para a identificação e diferenciação de bactérias. Desenvolvida pelo bacteriologista dinamarquês Hans Christian Gram em 1884, a técnica surgiu da necessidade de distinguir células bacterianas de células dos tecidos em amostras histológicas. Durante seus experimentos, Gram observou que algumas bactérias retinham a coloração mesmo após a aplicação de um agente descolorante, enquanto outras perdiam a coloração primária e necessitavam de um corante de contraste. Esse achado levou à distinção entre bactérias Gram-positivas, que permanecem coradas em roxo ou azul devido à retenção do corante primário, e Gram-negativas, que perdem essa coloração e assumem um tom avermelhado quando o corante de contraste é aplicado (Tortora *et al.*, 2024; Madison, 2001).

A técnica de coloração de Gram segue um protocolo padronizado composto por quatro etapas principais. Primeiramente, o corante básico púrpura, geralmente violeta de cristal é aplicado à lâmina contendo a amostra bacteriana, corando todas as células. Em seguida, um mordente, geralmente o iodo de Gram, é adicionado para formar um complexo insolúvel com o corante primário, auxiliando na sua fixação dentro da célula. A terceira etapa, considerada a mais crítica do processo, envolve a descoloração com álcool ou acetona, que remove o corante primário apenas das células Gram-negativas, enquanto as Gram-positivas permanecem coradas (Tortora *et al.*, 2024; Bartholomew; Mittwer, 1952). Por fim, a lâmina é novamente lavada e é aplicada uma contra-coloração, normalmente a safranina, que tingem as células Gram-negativas de vermelho, permitindo sua visualização sob o microscópio. A figura 1 ilustra as principais etapas do processo de coloração Gram.

Figura 1 – Representação simplificada do processo de coloração Gram.



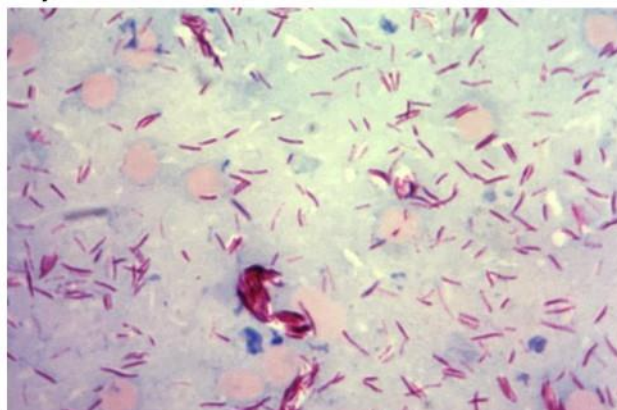
Fonte: Tortora *et al.*, 2024.

Além de ser um método essencial no diagnóstico microbiológico, a coloração de Gram tem aplicações diversas na pesquisa científica e na indústria. No campo clínico, é amplamente utilizada na identificação preliminar de agentes infecciosos, auxiliando na escolha do tratamento antibiótico mais adequado. Em laboratórios de microbiologia, a técnica é empregada para a classificação e caracterização de novas espécies bacterianas, contribuindo para estudos de taxonomia e fisiologia microbiana. Na indústria alimentícia, a coloração de Gram é um recurso importante no controle de qualidade, ajudando por exemplo na detecção de contaminações bacterianas em produtos fermentados e protocolos de limpeza (Madison, 2001).

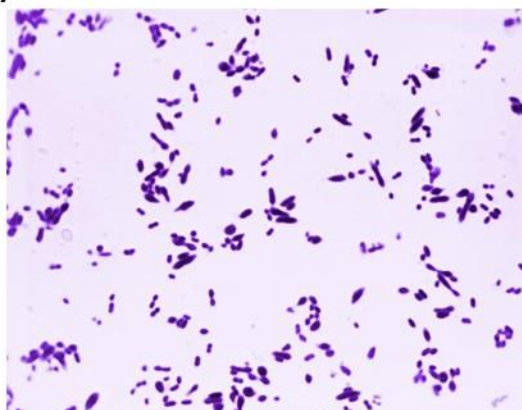
A coloração de Gram desempenha um papel fundamental na microbiologia clínica, sendo uma ferramenta essencial para a identificação de agentes infecciosos, inclusive aqueles envolvidos na hanseníase e na pneumonia (Tortora *et al.*, 2024; Bergé *et al.*, 2002; Shinnick, 2006). A figura 2 ilustra uma imagem das respectivas bactérias.

Figura 2 – Imagens das bactérias a) *Mycobacterium leprae* e b) *Streptococcus pneumoniae*

A)



B)



Fonte: <https://phil.cdc.gov/>

Embora o *Mycobacterium leprae*, agente etiológico da hanseníase, seja uma bactéria ácido-resistente e, portanto, preferencialmente identificada pela coloração de Ziehl-Neelsen (Sadaphal *et al.*, 2008), a coloração de Gram pode auxiliar na detecção de infecções secundárias, como pneumonias bacterianas oportunistas, que frequentemente acometem pacientes com hanseníase avançada. No contexto da pneumonia, a coloração de Gram é amplamente utilizada para a identificação rápida de patógenos em amostras de escarro, permitindo a diferenciação entre bactérias Gram-positivas, como o *Streptococcus pneumoniae* (Wu *et al.*, 2013).

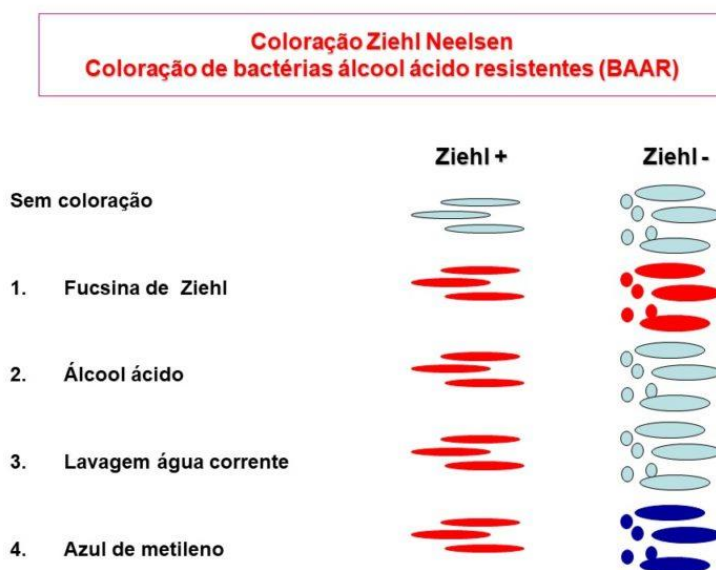
3.2 Coloração Ziehl-Neelsen

No século XIX, o médico e cientista Robert Koch foi o primeiro a identificar o *Mycobacterium tuberculosis*, utilizando métodos de coloração para sua visualização

microscópica. No entanto, a técnica foi aperfeiçoada posteriormente por diversos pesquisadores. Paul Ehrlich desenvolveu uma coloração inicial para bacilos ácido-resistentes, que foi modificada por Franz Ziehl ao introduzir o fenol como mordente. Mais tarde, Friedrich Neelsen aprimorou a técnica ao substituir o corante primário pelo uso da fucsina básica. Essas contribuições resultaram no método conhecido hoje como coloração de Ziehl–Neelsen, estabelecido no final do século XIX e amplamente utilizado desde então. A principal inovação dessa coloração foi a utilização do calor para facilitar a penetração do corante na parede celular dos bacilos ácido-resistentes, garantindo que eles mantivessem a coloração mesmo após a exposição a agentes descolorantes. Isso permitiu um diagnóstico mais eficiente da tuberculose e de outras infecções causadas por micobactérias (Slesak, 2011; Singhal, 2014).

A coloração de Ziehl–Neelsen é composta por etapas fundamentais que garantem a correta visualização dos bacilos ácido-resistentes no microscópio. A preparação adequada das lâminas de microscopia é essencial para a qualidade dos resultados. As principais etapas desses processos são: coloração primária com fucsina básica, lavagem e descoloração e contra-coloração (Tortora *et al.*, 2024; Deun *et al.*, 2008). A figura 3 ilustra o processo de coloração Zieh-Neelsen.

Figura 3 - Representação simplificada do processo de coloração Zieh-Neelsen.

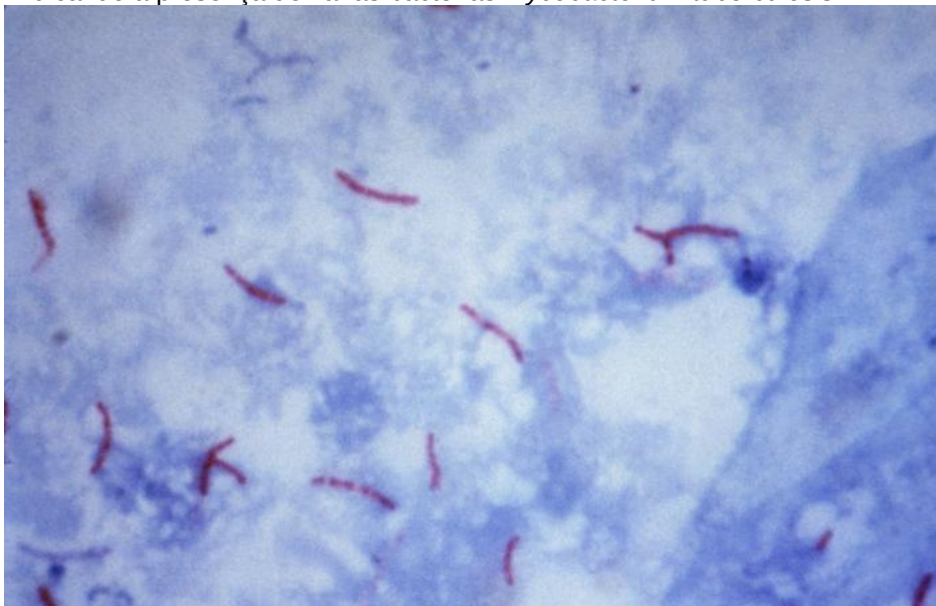


Fonte: https://www.ufrgs.br/aulaspraticasdemip/?page_id=820

Após o processo de coloração, as lâminas são examinadas utilizando um microscópio óptico. As bactérias ácido-resistentes aparecem coradas de vermelho, enquanto as células não ácido-resistentes e o fundo da lâmina ficam azuis, permitindo a identificação visual clara dos bacilos (Van Deun *et al.*, 2008).

A coloração de Ziehl–Neelsen tem aplicações fundamentais na microbiologia clínica e na pesquisa epidemiológica, especialmente no diagnóstico de doenças infecciosas, destacando-se sua aplicação em diagnóstico da tuberculose (Slesak *et al.*, 2011; Singhal; Myneedu, 2015). A figura 4 ilustra uma imagem da bactéria *Mycobacterium tuberculosis* obtida pelo método Zieh-Neelsen.

Figura 4 - Fotomicrografia de uma amostra ácido-resistente, corada por Ziehl-Neelsen, indicando a presença de várias bactérias *Mycobacterium tuberculosis*.



Fonte: <https://phil.cdc.gov/>

4 MICROSCOPIA DE FLUORESCÊNCIA PARA LEVEDURAS

A microscopia de fluorescência representa uma técnica de imagem fundamental em biologia celular e molecular, permitindo a visualização de estruturas celulares e biomoléculas com alta especificidade. Desde suas origens no século XIX até os avanços recentes em microscopia de super-resolução, esta técnica tem evoluído continuamente, proporcionando imagens com resolução e quantificação cada vez maiores. A base da microscopia de fluorescência reside na observação do fenômeno da fluorescência. Em 1845, Sir Frederik William Herschel observou a emissão de luz azul por uma solução de quinino sob iluminação específica. Posteriormente, em 1852, George Stokes descreveu detalhadamente esse fenômeno, cunhando o termo "fluorescência" para descrever a conversão de luz ultravioleta em luz visível. O desenvolvimento de microscópios de fluorescência no início do século XX, por Carl Zeiss e Carl Reichert, marcou um avanço significativo. Esses equipamentos utilizavam fontes de luz ultravioleta e filtros ópticos para separar a luz de excitação da luz de emissão, permitindo a visualização de amostras biológicas marcadas com fluoróforos. Nas décadas de 1920 e 1930, Ellinger e Hirt introduziram a microscopia intravital, possibilitando a observação de organismos vivos marcados com substâncias fluorescentes. A utilização de luz ultravioleta para excitação e filtros de bloqueio permitiu a detecção seletiva da fluorescência emitida (Renz, 2013).

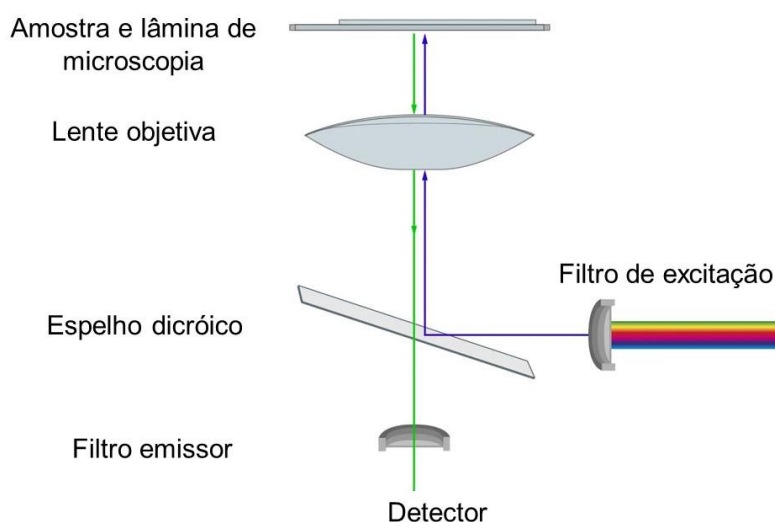
A introdução da marcação com anticorpos fluorescentes na década de 1940 revolucionou a biologia celular, possibilitando a detecção específica de biomoléculas em células e tecidos. Posteriormente, a clonagem da proteína fluorescente verde (GFP) na década de 1990 permitiu a marcação genética de proteínas em células vivas,

eliminando a necessidade de corantes exógenos e consolidando a microscopia de fluorescência como ferramenta essencial na biologia molecular moderna.

A microscopia de fluorescência baseia-se na interação entre a luz e moléculas fluorescentes, os fluoróforos. O princípio fundamental é a absorção de um fóton de alta energia (comprimento de onda curto) pelo fluoróforo, seguida pela emissão de um fóton de menor energia (comprimento de onda longo), um fenômeno conhecido como deslocamento de Stokes. A figura 5 ilustra um esquema de um microscópio de fluorescência, o que basicamente consiste nos seguintes componentes (Renz, 2013):

- Fonte de luz:** Lâmpadas de mercúrio, xenônio ou lasers fornecem a luz de excitação;
- Filtros ópticos:** Filtros de excitação selecionam o comprimento de onda da luz incidente, enquanto filtros de emissão permitem a passagem da luz emitida pelo fluoróforo;
- Objetiva:** Coleta a luz emitida pela amostra e forma a imagem;
- Detector:** Dispositivos como CCDs ou fotodetectores registram a intensidade da fluorescência.

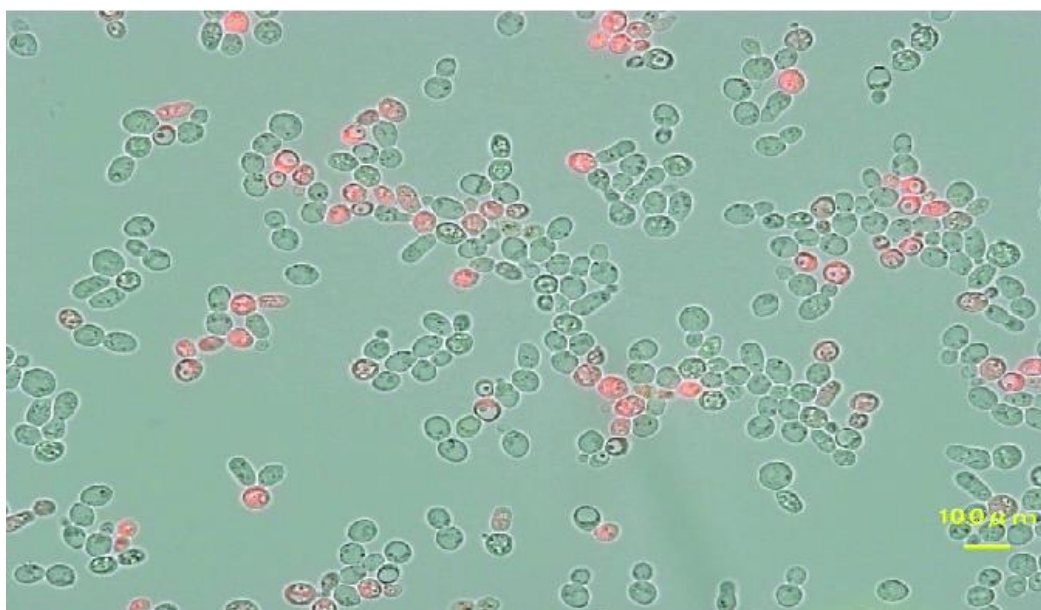
Figura 5 – Esquema simplificado do princípio de funcionamento do microscópio de fluorescência.



Fonte: <https://www.leica-microsystems.com/science-lab/life-science/fluorescence-in-microscopy/>

A levedura *Saccharomyces cerevisiae* é um organismo modelo fundamental para o estudo de diversos processos celulares, como indicado pela imagem de microscopia mostrada na Figura 6.

Figura 6 - A levedura *Saccharomyces cerevisiae* obtida por um microscópio fluorescente após ser corada com iodeto de propídio (PI). Células transparentes indicam células saudáveis, enquanto células vermelhas indicam células mortas.



Fonte: <http://dx.doi.org/10.21082/ijas.vol.18.n1.2017.p.17-24>

A microscopia de fluorescência tem sido amplamente utilizada para investigar (Pringle *et al.*, 1989):

- a) **Transporte vesicular e endocitose:** Fluoróforos como FM4-64 permitem rastrear a internalização de vesículas;
- b) **Ciclo celular:** A marcação simultânea do núcleo e da actina possibilita o monitoramento da formação do fuso mitótico e da citocinese;
- c) **Resposta ao estresse:** Corantes indicadores de pH intracelular e integridade da membrana auxiliam na compreensão da resposta das leveduras a condições ambientais adversas;
- d) **Biogênese de organelas e crescimento da superfície celular:** Fluoróforos e anticorpos marcados permitem a visualização de estruturas celulares específicas.

5 MATERIAIS E MÉTODO

5.1 Construção do protótipo

A secadora de lâminas de microscopia foi desenvolvida por meio da técnica de prototipagem rápida por impressão 3D, utilizando filamento de acrilonitrila butadieno estireno (ABS) como material de construção. O sistema de secagem foi projetado com base em um mecanismo de ventilação forçada, implementado através de um sistema de ventilação forçada (cooler) controlado por um temporizador digital,

visando a otimização do processo. Para aprimorar a eficácia da secagem, foram concebidos dois tipos distintos de porta-lâminas, os quais foram submetidos a avaliação de desempenho quanto à sua capacidade de posicionamento das lâminas durante o processo de secagem.

5.2 Caracterização da secadora de lâminas

A caracterização da secadora de lâminas foi realizada com o objetivo de avaliar seus parâmetros de desempenho e eficiência, abrangendo a medição do nível de ruído por meio de um decibelímetro digital modelo UNI-T U353, o monitoramento da temperatura no porta-lâminas com um termopar tipo K para analisar a influência do sistema de ventilação, e a quantificação do fluxo de ar gerado pelo sistema de ventilação com um anemômetro digital modelo Akrom KR925, permitindo avaliar a eficiência na remoção da umidade das lâminas. A figura 7 ilustra os dispositivos de medidas utilizados para a caracterização da secadora de lâminas.

Figura 7 – Imagem os dispositivos utilizados durante a caracterização da secadora de lâminas de baixo custo. a) Decibelímetro, b) multímetro com termopar tipo K acoplado e c) anemômetro.



Fonte: Autores, 2025.

6 RESULTADOS

A Figura 8 ilustra a secadora de lâminas desenvolvida neste estudo, construída através da técnica de prototipagem 3D. O sistema de secagem é baseado em um mecanismo de ventilação forçada controlado por um temporizador digital. Este dispositivo permite a regulação precisa do tempo de exposição das lâminas ao fluxo de ar, otimizando o processo de secagem.

Para avaliar a eficácia do processo de secagem, lâminas de microscopia com ambas as faces polidas foram submetidas ao protocolo de coloração de Gram, subsequentemente, posicionadas no porta-lâminas e submetidas ao processo de secagem. Os testes revelaram um tempo mínimo de secagem de 6 minutos e um tempo máximo de 10 minutos. Estes resultados demonstram um desempenho promissor em comparação com sistemas convencionais de secagem de lâminas baseados em aquecimento resistivo, os quais operam em temperaturas da ordem de 100 °C.

Figura 8 – a) Secadora de lâminas de baixo custo e b) Porta-lâminas com posicionamentos de 90 ° e 30 °.

A)

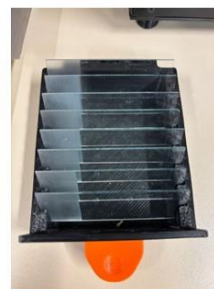


- 1 – Temporizador digital.
- 2- Sistema de ventilação forçada.
- 3 – Porta-lâminas.

B)



Posição 90 °



Posição 30 °

Fonte: Autores, 2025.

O sistema de ventilação forçada foi posicionado estrategicamente na estrutura da secadora, visando a incidência direta do fluxo de ar sobre o porta-lâminas, otimizando a eficiência do processo de secagem e garantindo a remoção completa da umidade das lâminas em um tempo reduzido. A avaliação da secadora de lâminas incluiu a análise do nível de intensidade sonora durante a operação, com medições

realizadas a uma distância de 10 cm, resultando em um nível de intensidade sonora de $67,25 \pm 2$ dB.

Adicionalmente, a medição da temperatura na superfície do porta-lâminas, durante o processo de secagem, revelou uma temperatura constante de aproximadamente 25°C , monitorada por um termopar tipo K conectado a um multímetro digital. A temperatura de operação da secadora de lâminas encontra-se significativamente abaixo da temperatura de transição vítrea do ABS, assegurando a integridade estrutural do protótipo fabricado por manufatura aditiva (Deng *et al.*, 2016). Tal condição operacional previne a ocorrência de deformações ou danos térmicos na estrutura da secadora, garantindo a sua funcionalidade e durabilidade.

Para investigar a influência do posicionamento das lâminas em relação ao sistema de ventilação forçada, foram realizadas medições da velocidade do fluxo de ar incidente nas lâminas. Utilizou-se um anemômetro de hélice, posicionado nas duas configurações do porta-lâminas, a 90° e 30° em relação ao fluxo de ar do ventilador. Os resultados obtidos indicaram velocidades de 6,0 m/s e 1,6 m/s para as configurações de 90° e 30° , respectivamente. Com base nesses valores, estimou-se a pressão dinâmica (q) à qual as lâminas são submetidas em cada parâmetro de secagem, utilizando a equação da pressão dinâmica da mecânica dos fluidos (Eastlake, 2002):

$$q = \frac{1}{2} \rho V^2 \quad (2)$$

A pressão dinâmica (q), calculada através da equação (2) a qual relaciona a densidade do ar (ρ) e a velocidade do fluido (V), resultou em valores de 21,3 Pa e 1,5 Pa para as lâminas posicionadas a 90° e 30° , respectivamente, considerando uma densidade do ar de $1,184 \text{ kg/m}^3$ a 25°C . A maior eficiência observada para o porta-lâminas a 90° pode ser atribuída à sua geometria, que proporciona um fluxo de ar mais intenso sobre as lâminas, resultando em uma maior pressão dinâmica. Essa pressão dinâmica elevada contribui para uma remoção mais eficiente da umidade, acelerando o processo de secagem.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo, realizamos uma pesquisa bibliográfica sobre os princípios da microscopia óptica e as técnicas para colorir lâminas, com foco nos métodos de Gram e Ziehl-Neelsen, que são muito importantes para identificar microrganismos. Essa pesquisa nos ajudou a desenvolver uma secadora de lâminas de baixo custo utilizando a técnica de impressão 3D.

A caracterização da secadora, por meio de termometria e anemometria, revelou um desempenho satisfatório. A temperatura interna do porta-lâminas manteve-se em torno de 25°C , garantindo a integridade das amostras e a segurança do equipamento, construído em ABS. A intensidade sonora, de $67,25 \pm 2$ dB, demonstra um nível de ruído aceitável para um ambiente laboratorial.

A inovação do projeto reside no desenvolvimento de dois porta-lâminas com diferentes angulações (30° e 90°) em relação ao fluxo de ar. A avaliação do desempenho aerodinâmico, utilizando um anemômetro, demonstrou velocidades de vento de 1,6 m/s e 6,0 m/s, respectivamente. Os cálculos da pressão dinâmica, baseados nesses dados, indicaram pressões de 1,5 Pa e 21,3 Pa, respectivamente.

Os resultados obtidos na caracterização da secadora de lâminas validam a viabilidade da utilização da impressão 3D e da eletrônica de baixo custo para a construção de equipamentos laboratoriais eficientes. A secagem das lâminas em baixa temperatura e curto intervalo de tempo demonstra o potencial da secadora para otimizar o fluxo de trabalho em laboratórios de microbiologia.

A integração da revisão bibliográfica sobre coloração de lâminas com o desenvolvimento da secadora de baixo custo demonstra a sinergia entre o conhecimento teórico e a aplicação prática. A secadora representa uma ferramenta fundamental para o ensino de microbiologia, facilitando a preparação de lâminas e promovendo o aprendizado prático dos estudantes.

Este estudo demonstrou o potencial da prototipagem 3D para o desenvolvimento de equipamentos laboratoriais de baixo custo, com aplicações diretas no ensino de microbiologia. Os resultados promissores obtidos neste trabalho de graduação incentivam a realização de estudos futuros, visando o desenvolvimento de uma versão aprimorada da secadora de lâminas. Tais estudos contemplarão a incorporação de dispositivos de controle de umidade e temperatura na câmara de secagem, bem como a otimização do sistema de circulação forçada, buscando elevar ainda mais a eficiência e a precisão do equipamento.

7 REFERÊNCIAS

BARTHOLOMEW, J. W.; MITTWER, T. The gram stain. **Bacteriological Reviews**, v. 16, n. 1, p. 1-29, 1952.

BERGÉ, M. *et al.* Uptake of transforming DNA in Gram-positive bacteria: a view from *Streptococcus pneumoniae*. **Molecular Microbiology**, vol. 45, n. 2, p. 411-421, 2002.

DENG, Y. *et al.* The impact of manufacturing parameters on submicron particle emissions from a desktop 3D printer in the perspective of emission reduction. **Building and Environment**, vol. 104, p. 311-319, 2016.

EASTLAKE, C. N. An aerodynamicist's view of Lift, Bernoulli, and Newton. **The Physics Teacher**, vol. 40, n. 3, p. 166-173, 2002.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de Física: Óptica e Física Moderna. vol. 4. Rio de Janeiro: Grupo Gen-LTC, 2000.

KHODAVIRDIPOUR, A. *et al.* Microscopy and its application in microbiology and medicine from light to quantum microscopy: a mini-review. **Avicenna Journal of Clinical Microbiology and Infection**, vol. 6, n. 4, p. 133-137, 2019.

LAWRENCE, J. R. *et al.* Optical sectioning of microbial biofilms. **Journal of Bacteriology**, vol. 173, n. 20, p. 6558-6567, 1991.

MADISON, B. M. Application of stains in clinical microbiology. **Biotechnic & Histochemistry**, vol. 76, n. 3, p. 119-125, 2001.

MASTERS, B. R.; **Superresolution Optical Microscopy: The Quest for Enhanced Resolution and Contrast**, p. 51-64, 2020.

PRINGLE, J. R. *et al.* Fluorescence microscopy methods for yeast. **Methods in Cell Biology**, vol. 31, p. 357-435, 1989.

RENZ, M. Fluorescence microscopy—A historical and technical perspective. **Cytometry Part A**, vol. 83, n. 9, p. 767-779, 2013.

SADAPHAL, P. *et al.* Image processing techniques for identifying Mycobacterium tuberculosis in Ziehl-Neelsen stains. **The International Journal of Tuberculosis and Lung Disease**, vol. 12, n. 5, p. 579-582, 2008.

SHINNICK, T. M. Mycobacterium leprae. In: **PROCEEDINGS**. vol. 3, p. 934-944, 2006.

SINGHAL, R.; MYNEEDU, V. P. Microscopy as a diagnostic tool in pulmonary tuberculosis. **International Journal of Mycobacteriology**, vol. 4, n. 1, p. 1-6, 2015.

SLESACK, G. *et al.* Ziehl-Neelsen staining technique can diagnose paragonimiasis. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, vol. 5, n. 5, p. e1048, 2011.

TORTORA, G. J. *et al.* Microbiologia. Porto Alegre: Artmed Editora, 2024.

VAN DEUN, A. *et al.* Ziehl-Neelsen staining: theory and practice. **The International Journal of Tuberculosis and Lung Disease**, vol. 12, n. 1, p. 108-110, 2008.

WU, H. M. *et al.* Accuracy of real-time PCR, Gram stain and culture for Streptococcus pneumoniae, Neisseria meningitidis and Haemophilus influenzae meningitis diagnosis. **BMC Infectious Diseases**, vol. 13, p. 1-10, 2013.