



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

NATHANAEL ROBLEDO NUNES SOUZA

**HISTÓRIA DO MICROSCÓPIO E IMPORTÂNCIA PARA O DESENVOLVIMENTO
CIENTÍFICO**

FORTALEZA
2023

NATHANAEL ROBLEDO NUNES SOUZA

HISTÓRIA DO MICROSCÓPIO E IMPORTÂNCIA PARA O DESENVOLVIMENTO
CIENTÍFICO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Física.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Gomes de Souza Filho.

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S239h Souza, Nathanael Robledo Nunes de.
História do microscópio e importância para o desenvolvimento científico / Nathanael Robledo Nunes de Souza. – 2023.
45 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Curso de Física, Fortaleza, 2023.
Orientação: Prof. Dr. Antonio Gomes de Souza Filho.

1. Microscopia. 2. Microscópio. 3. Ciência. 4. Microscópica. I. Título.

CDD 530

NATHANAEL ROBLEDO NUNES SOUZA

HISTÓRIA DO MICROSCÓPIO E IMPORTÂNCIA PARA O DESENVOLVIMENTO
CIENTÍFICO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Física.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Gomes de Souza Filho.

Aprovada em 06/12/2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Antonio Gomes de Souza Filho (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Emilio de Castro Miguel
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Alexandre Rocha Paschoal
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dedico este trabalho aos meus pais, Cláudia Pereira Nunes e Vital Akre de Souza, por todo o amor, carinho e cuidado que permitiram minha formação como Licenciado em Física.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, a Ele toda a honra e toda a glória para sempre.

Agradeço a Jesus Cristo, meu mestre.

Agradeço também aos meus pais, Vital Akre de Souza e Claudia Pereira Nunes, certamente a conclusão desse curso não ocorreria sem seus auxílios, conselhos e amor. Não posso deixar de agradecer ao meu irmão, Calil Souza, maior professor que eu tive em toda a minha vida. Eu não teria chegado tão longe sem sua ajuda, sequer saberia o pouco que consegui aprender sem suas dicas e correções.

Agradeço à minha namorada, Gleiciane Oliveira. Seu amor e incentivo me fizeram não desistir e permitiram que eu chegasse a esse momento.

Além disso, não posso esquecer de agradecer a Monica, Sebastião, Anderson e Ryan, amigos que tive o prazer de fazer nesse tempo em que estive na universidade. Os momentos bons foram melhores e o momentos ruins foram mais suportáveis na companhia de vocês.

Agradeço a todo o corpo docente da Universidade Federal do Ceará, em especial, ao professor Antonio Gomes, que foi meu orientador nesse trabalho. Agradeço também à coordenação do curso e a todos os funcionários que me ajudaram no período de graduação.

Por fim, deixo meus agradecimentos a todos que, de alguma maneira, contribuíram para que eu conseguisse finalizar esse curso, com certeza eu não chegaria aqui se não fosse a misericórdia de Deus e a ajuda de todos que passaram pela minha jornada como aluno.

“A ciência é uma peça de mobília de primeira qualidade para o andar superior de um homem, se ele tiver bom senso no térreo.” (Oliver Wendell Holmes).

RESUMO

A Microscopia, ciência que permite a observação do mundo microscópico, desempenha um papel fundamental no desenvolvimento do conhecimento científico. Ao longo dos séculos, sua evolução transformou a maneira como se compreendia e explorava o universo invisível aos olhos humanos. Desde suas origens no século XVI, quando surgiram os primeiros microscópios permitindo a observação de estruturas mínimas, ela tem desempenhado um papel crucial em diversas áreas da ciência. Com os avanços científicos e tecnológicos ao longo do tempo, essa ciência se desenvolveu e revelou cientistas visionários, como Robert Hooke e Antonie van Leeuwenhoek, que deram passos significativos para aprimorar os primeiros aparelhos e realizaram observações pioneiras que expandiram o conhecimento sobre a vida microscópica. A história da Microscopia é marcada por uma sucessão de avanços tecnológicos e científicos, desde os primeiros Microscópios Óticos, culminando nos modernos Microscópios Eletrônicos de Transmissão e de Varredura, que permitem investigações em escalas nanométricas, revolucionando áreas como a ciências dos materiais e a biologia celular. Este trabalho tem por objetivo contar a história da criação, desenvolvimento e aprimoramento do microscópio e a importância desse aparelho para o avanço da ciência, destacando o papel crucial da Microscopia na exploração do mundo invisível e na expansão do conhecimento humano. Neste trabalho, exploraremos a jornada da Microscopia desde suas origens modestas até as inovações contemporâneas, revelando como a evolução da ciência e a busca incansável pelo conhecimento moldaram a história da Microscopia e suas aplicações na sociedade moderna.

Palavras-chave: microscopia; microscópio; ciência; microscópica.

ABSTRACT

Microscopy, the science that allows the observation of the microscopic world, plays a fundamental role in the development of scientific knowledge. Its evolution over the centuries transformed the way in which the universe invisible to human eyes was understood and explored. Since its origins in the 16th century, when the first microscopes appeared and allowed the observation of minute structures, microscopy has played a crucial role in several areas of science. With the scientific and technological advances that have occurred over time, this science has developed and revealed visionary scientists, such as Robert Hooke and Antonie van Leeuwenhoek, who took significant steps to improve the first devices and carried out pioneering observations that expanded knowledge about life microscopic. The history of microscopy is marked by a succession of technological and scientific advances, from the first optical microscopes, culminating in modern transmission and scanning electron microscopes, which allow investigations at nanometric scales, revolutionizing areas such as materials science and cell biology. This work aims to tell the story of the creation, development and improvement of the microscope and the importance of this device for the advancement of science, highlighting the crucial role of microscopy in exploring the invisible world and expanding human knowledge. Throughout this work, we will explore the journey of microscopy from its modest origins to contemporary innovations, revealing how the evolution of science and the relentless pursuit of knowledge have shaped the history of microscopy and its applications in modern society.

Keywords: microscopy; microscope; science; microscopic.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Microscópio de Zacharias Jansesn	14
Figura 2 – Capa do livro “ <i>Micrographia</i> ”	15
Figura 3 – Microscópio de Leeuwenhoek	16
Figura 4 – Ernst Abbe.....	17
Figura 5 – Olho humano com partes descritas	18
Figura 6 – Olho humano.....	18
Figura 7 – Microscópio Ótico atual.....	19
Figura 8 – Microscópio Ótico descrito	21
Figura 9 – Células de um tecido vegetal (cebola) vistas em um Microscópio Ótico	22
Figura 10 – Planos conjugados do filamento	22
Figura 11 – Louis-Victor de Broglie	23
Figura 12 – Esquemas comparativos entre os microscópios de luz MO, MET e MEV	25
Figura 13 – Microscópio Eletrônico de Transmissão (MET).....	26
Figura 14 – Esquema geral do Microscópio Eletrônico de Transmissão	27
Figura 15 – Contraste topográfico de partículas de Fe ₃ O ₄ em um carbono	28
Figura 16 – O Microscópio Eletrônico construído por Ruska (de jaleco) e Knoll.....	29
Figura 17 – Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV)	30
Figura 18 – Desenho esquemático dos componentes básicos do MEV	31
Figura 19 – Imagem produzida por um MEV	31
Figura 20 – <i>A view of Delft</i>	32
Figura 21 – Pulga do Livro “ <i>Micrographia</i> ”	33
Figura 22 – Mitose em uma Célula Vegetal	34
Figura 23 – Detalhes da trinca em um metal.....	36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

MO	Microscópio Ótico
MET	Microscópio Eletrônico de Transmissão
MEV	Microscópio Eletrônico de Varredura

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Objetivo	11
1.1.1	Objetivo Geral	11
1.1.2	Objetivos Específicos.....	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	História da Microscopia.....	13
2.2	Microscópio Ótico ou de Luz.....	18
2.3	Microscopia Eletrônica	23
2.3.1	<i>Microscópio Eletrônico de Transmissão (MET)</i>.....	25
2.3.2	<i>Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV)</i>	28
2.4	Importância do microscópio.....	32
3	METODOLOGIA	37
4	PLANO DE AULA	38
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	41
	REFERÊNCIAS	42

1 INTRODUÇÃO

O microscópio, desde sua invenção há quatro séculos, surgiu como uma ferramenta essencial para a ciência. Sua real importância transcende sua simplicidade mecânica original, tornando-se um instrumento de grande relevância para a revolução científica e tecnológica que se desdobrou nos anos posteriores. Ademais, a profundidade e a abrangência de sua importância para a sociedade estende-se para os mais diversos setores.

Esse instrumento possibilita a visualização de estruturas microscópicas, anteriormente invisíveis a olho nu, abrindo portas para descobertas fundamentais em distintos campos do conhecimento. Na Medicina, é vital para diagnosticar diversas doenças, permitindo a identificação de patologias e o desenvolvimento de tratamentos específicos. Na Biologia, a Citologia (o estudo das células) e a pesquisa de microrganismos são impulsionadas pela capacidade específica de revelar detalhes celulares.

Além disso, o microscópio desempenha um papel crucial em ciências como a Física e a Química, pois são analisados materiais em escalas micro e nanométricas, essenciais para o desenvolvimento de novos materiais e tecnologias.

A importância do detalhe se estende também à Educação, fornecendo uma ferramenta necessária para o ensino e a compreensão das ciências. Além disso, seu impacto na pesquisa científica tem consequências práticas, moldando inovações tecnológicas e avanços em vários setores sociais.

O microscópio é mais do que um instrumento para a visualização de coisas pequenas; é um impulsionador para o crescimento e desenvolvimento do conhecimento, catalisando descobertas que moldam a Medicina, a Biologia, a Física, as Engenharias e a Química. Dessa forma, sua relevância na sociedade moderna vai além das fronteiras acadêmicas, influenciando positivamente a qualidade de vida, a solução de problemas, a saúde e o progresso tecnológico.

1.1 Objetivo

1.1.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem por objetivo sistematizar a história da criação e do aprimoramento do microscópio bem como destacar a importância desse instrumento para o desenvolvimento da ciência.

1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Relatar a história da Microscopia, desde o início, com os Microscópios Óticos até os modernos Microscópios eletrônicos;
- b) Abordar avanços possibilitados pela Microscopia;
- c) Adaptar esse conteúdo a um plano de aula para o ensino médio.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 História da Microscopia

Mannheimer (2002, p. 11) diz, em “Microscopia dos Materiais” que “A história do microscópio é a história da humanidade procurando entender e aperfeiçoar a visão”.

Ao ler-se textos históricos, percebe-se que há vários homens e mulheres destacados por produzir, mediante sua engenhosidade, instrumentos técnicos para o seu auxílio. Porém, há uma negligência de prestígio em relação ao objeto criado. Toda criação humana pode ser utilizada para transformar o mundo posteriormente (Valério; Torresan, 2017).

As origens da Microscopia são antigas e remontam ao século XVI. O termo microscópio foi criado pela academia de Lincei e deriva das palavras gregas *micro* (pequeno) e *skopein* (olhar). O olho humano tem um limite de resolução de 0,02mm, portanto, o microscópio tem por função principal possibilitar que o homem supere essa barreira e consiga enxergar estruturas ainda menores. Porém, o desenvolvimento deste aparelho, para chegar aos que se têm hoje, foi longo e precisou de diversos avanços científicos e tecnológicos (Teles; Andreani; Valadares, 2017).

Antes mesmo da era cristã, já havia referências de polimento de cristais e utilização de lentes para o aumento das imagens. Entretanto, o momento de maior desenvolvimento ocorreu com a criação dos óculos na Itália, por volta do século XIII. Após essa criação, decorreram cerca de três séculos até o surgimento do microscópio (Monteiro-Leal, 2000).

O primeiro Microscópio Ótico (MO) foi criado aproximadamente em 1590 por Zacharias Jansen, um fabricante de óculos holandês. Esse aparelho, comparativamente simples em relação aos sucessores, empregava duas lentes que produziam um aumento de até 9x. Com a Microscopia, iniciou-se na Europa o desenvolvimento de novos modelos de microscópio, com o surgimento de aparelhos de três lentes, que eram significativamente melhores, pois suas lentes permitiam maiores aumentos e esses aparelhos focalizavam melhor a luz no espécime (Monteiro-Leal, 2000; Mannheimer, 2002).

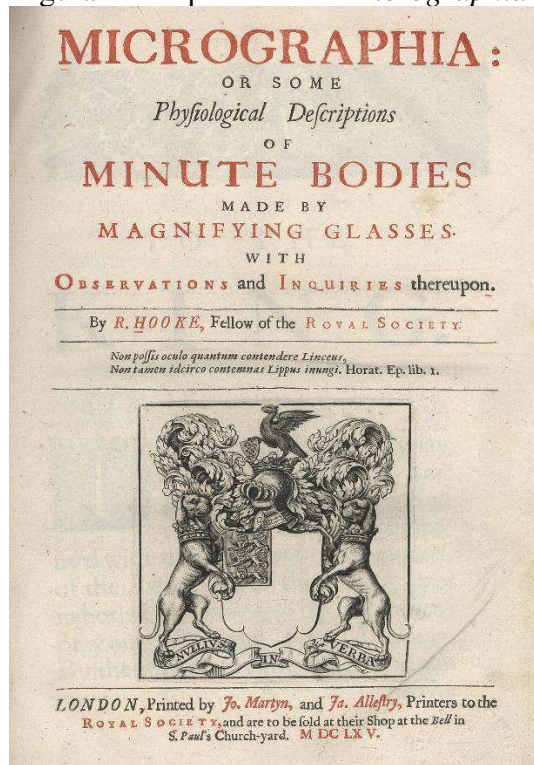
Figura 1 – Microscópio de Zacharias Janssen



Fonte: Blog da Veterinária (2012).

Nesse cenário, Robert Hooke se destacou por desenvolver os próprios microscópios, tornando-se uma figura relevante para a revolução científica que ocorreu no século XVI, tendo desenvolvido termômetros, bombas de vácuo, telescópios, microscópios e outros inventos. O microscópio inaugurado por ele tinha uma capacidade de aumento de 40x, além de ser comparativamente menor que os outros equipamentos da época. Também tinha um melhor sistema de iluminação, empregando luz difusa para evitar reflexos da luz solar, e continha uma lente intermediária entre a objetiva e a ocular, que servia para aumentar a luminosidade e o campo de visão da imagem (Araujo *et al*, 2014).

Hooke, na obra “*Micrographia*”, descreve a fisiologia de corpos pequenos após investigá-los usando lentes do aparelho desenvolvido por ele. Apesar de ter mais interesse na tecnologia do microscópio que fez, ao invés de um interesse genuinamente biológico, chegou a observar fios de cabelo, seda, vidro, carvão, vegetais, cogumelos, esponjas e outros seres (Martins, 2014).

Figura 2 – Capa do livro “*Micrographia*”

Fonte: Universidade de Harvard (2011).

Robert Hooke foi o descobridor da célula. O cientista foi primeiro a observar uma célula em meados de 1663, usando seu microscópio, por meio do qual conseguiu ver células vegetais na casca de cortiça. Somente 173 (cento e setenta e três) anos depois, os cientistas alemães Theodor Schwann e Matthias Schleiden demonstraram a possibilidade de as células serem as estruturas fundamentais para a vida (Prestes, 1997). Maria Prestes (1997, p. 12) afirma que:

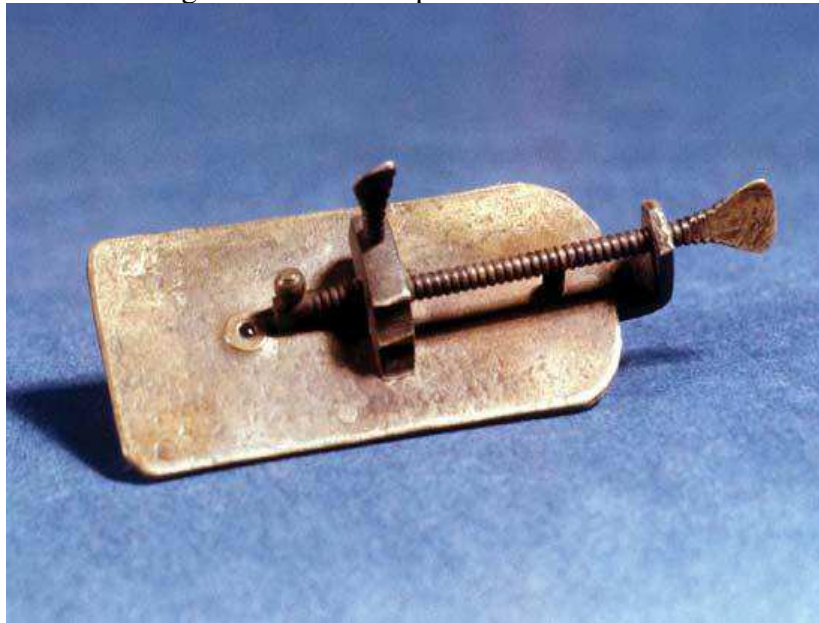
A célula, para Hooke, era apenas um elemento a mais constituindo o gabinete de curiosidades típico de seu tempo, sem nenhum contexto teórico subjacente. Para os 2 alemães, a célula era dotada de uma profundidade teórica que permitia transformá-la no princípio que explica a vida.

No final do século XVII, Antoni van Leeuwenhoek, um homem holandês que trabalhava com polimento de vidros e vendas, criou um microscópio com uma única lente. O aparelho apresentava uma capacidade de aumento significativamente maior que os anteriores, além disso, corrigia problemas que eram ampliados pela quantidade de lentes existentes nos outros aparelhos. Esse instrumento tinha capacidade de aumento de cerca de 200x e resolução de 2µm (Teles; Fonseca, 2019; Monteiro-Leal, 2000).

Leeuwenhoek, usando uma única lente pequena e bem polida, conseguiu melhorar significativamente os microscópios, pois seus aparelhos eram pequenos em relação aos outros

de sua época. Com essa lente, ele pôde observar capilares e glóbulos vermelhos com mais detalhes do que os verdadeiros descobridores. Além disso, ao estudar a água parada, descobriu pequenos organismos que mais tarde foram chamados de bactérias e protozoários. Ademais, conseguiu ver seus próprios espermatozoides (Lanfranconi, 2001).

Figura 3 – Microscópio de Leeuwenhoek



Fonte: Rud (c2023).

Nos anos posteriores à criação do microscópio de Leeuwenhoek, a Microscopia não teve grandes desenvolvimentos efetivos, porém contou com alguns aprimoramentos mecânicos. Houve melhorias no foco e no material usado para fazer o corpo do aparelho bem como a implementação de um sistema de troca de lentes que possibilitava a utilização de mais aumentos. No século XVIII, um outro aprimoramento foi a utilização de espelhos para condensar melhor a luz no espécime que estava sendo imageado (Monteiro-Leal, 2000).

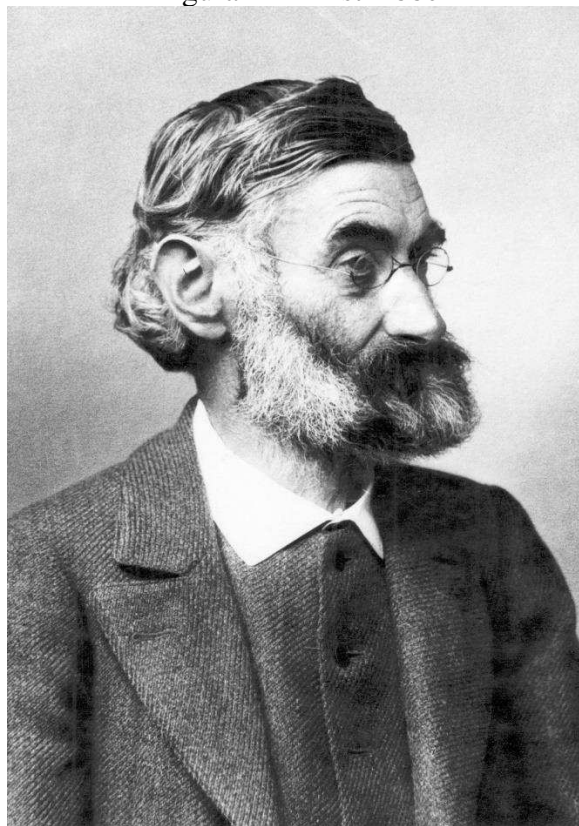
Segundo Volkmann (1966, n.p.), em “Vida e Obra de Ernst Abbe, fundador da óptica moderna”, embora os microscópios tenham sido criados no século XVI e tenham passado por diversas melhorias, a sua produção não tinha uma metodologia científica. Em suas palavras:

se um óptico quisesse desenvolver uma objetiva de um microscópio, procurava uma oficina onde existisse um sistema óptico de qualidade comprovada e aceita, cujo desenho estivesse o mais próximo possível da objetiva em mente. Então, copiava a objetiva o mais semelhantemente possível.

Porém, no fim da década de 1870, Ernst Abbe, trabalhando com Carl Zeiss, um mecânico alemão e dono de uma oficina de fabricação de lentes e microscópios, como também um grande inventor no campo da ótica (Volkmann, 1966), mediante diversos estudos, descobriu

os fatores e a fórmula que limitavam a resolução dos microscópios. Abbe percebeu que o poder de resolução de uma lente dependia da sua abertura numérica e do comprimento da onda da luz utilizada (Monteiro-Leal, 2000). Volkman (1966, n.p.) aduz que: “A partir de 1872, todas as objetivas de microscópio produzidas por Zeiss eram calculadas e comercializadas”. Essas descobertas deram à oficina de Zeiss vantagens decisivas em relação as outras e fez com que os negócios aumentassem consideravelmente. Por fim, Carl acabou sendo sócio de Abbe em 1875 (Volkman, 1966).

Figura 4 – Ernst Abbe



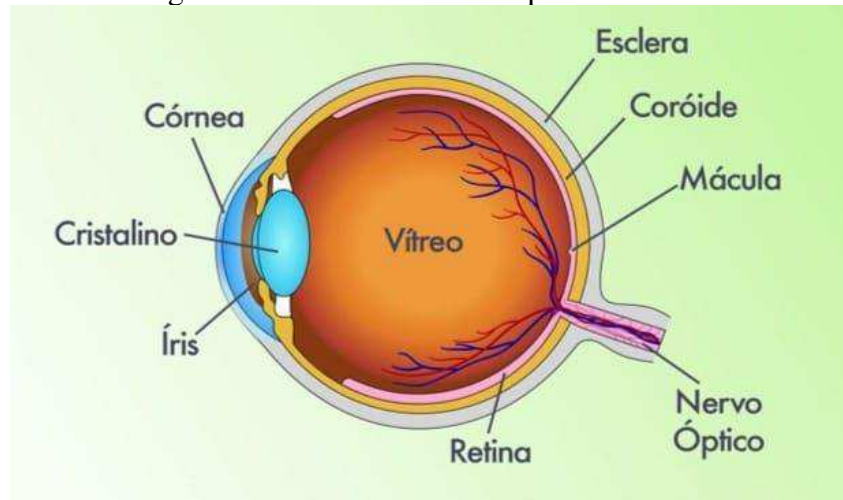
Fonte: Erik Gregersen (2023).

Ao fim dos séculos XVIII e XIX, os microscópios, com lente objetiva a óleo, tinham alcançado a resolução máxima de $0.2\mu\text{m}$, utilizando lentes com abertura numérica de 1,4 (Monteiro-Leal, 2000).

No século XX, houve alguns avanços na Microscopia com luz, porém, o fato mais marcante foi o desenvolvimento da Microscopia Eletrônica (Monteiro-Leal, 2000).

2.2 Microscópio Ótico ou de Luz

Figura 5 – Olho humano com partes descritas



Fonte: Loureiro [c2023].

O órgão responsável pela visão é o olho humano (Amabis; Martho, 2016), que é uma esfera oca, onde a luz entra por um orifício pequeno e incide na superfície oposta à entrada. Nessa superfície, localiza-se a retina, entretanto, aqui, a imagem não se forma nitidamente. Para melhorar a imagem, a esfera oca é preenchida com substâncias, tais como o humor vítreo e o humor aquoso. Ainda assim, a imagem não fica perfeitamente nítida, por isso, tem-se a córnea. O papel da córnea é permitir que a luz entre no olho para que seja possível focar no que se quer ver, porém, por mais importante que ela seja, a formação da imagem necessita do cristalino, que melhora o foco (Helene; Helene, 2011).

Figura 6 – Olho humano



Fonte: Revista Galileu (2020).

Monteiro-Leal (2000) discorre que por mais sofisticado que o olho seja, o seu limite máximo de resolução, isto é, a capacidade de separar estruturas próximas, é de 0.2mm.

Ademais, a distância focal do olho humano tem um limite de nitidez de 25cm. Se for menor que isso, a imagem ficará embaçada, e não será mais possível distinguir detalhes. À vista disso, a utilização de lentes de aumento e de microscópios permitiu ao homem quebrar essas barreiras (Monteiro-Leal, 2000).

Ao observar algo com um microscópio, forma-se na retina uma imagem ampliada. Isso acontece porque as lentes do aparelho têm distâncias focais menores do que as dos olhos humano. Monteiro-Leal (2000) argumenta que para se chegar a fator de aumento de um microscópio, basta utilizar a fórmula:

$$M= F_o/F_l,$$

em que M é o aumento, F_o é o foco do olho e F_l é o foco da lente.

Hoje, grande parte dos microscópios possuem duas ou mais lentes. Esses aparelhos possuem iluminador (formado por uma fonte de luz e por um coletor), condensador, platina ou mesa (local onde se apoia o espécime a ser observado), lentes objetivas e oculares (Monteiro-Leal, 2000; Moreira, 2013).

Figura 7 – Microscópio Ótico atual



Fonte: Lioi (2021).

As lentes objetivas são as mais importantes do aparelho, pois têm como atributos a abertura numérica, a correção das aberrações e permitem o aumento. A abertura numérica está relacionada com a quantidade de luz que penetra na lente objetiva; quanto maior a abertura numérica da lente, maior será a quantidade de luz que irá adentrá-la (Monteiro-Leal, 2000; Moreira, 2013).

As lentes objetivas também estão ligadas à resolução, que pode ser definida como a capacidade de diferenciar dois pontos muito próximos. A forma de calcular a resolução de uma lente é expressa da seguinte forma:

$$D = \lambda / 2NA,$$

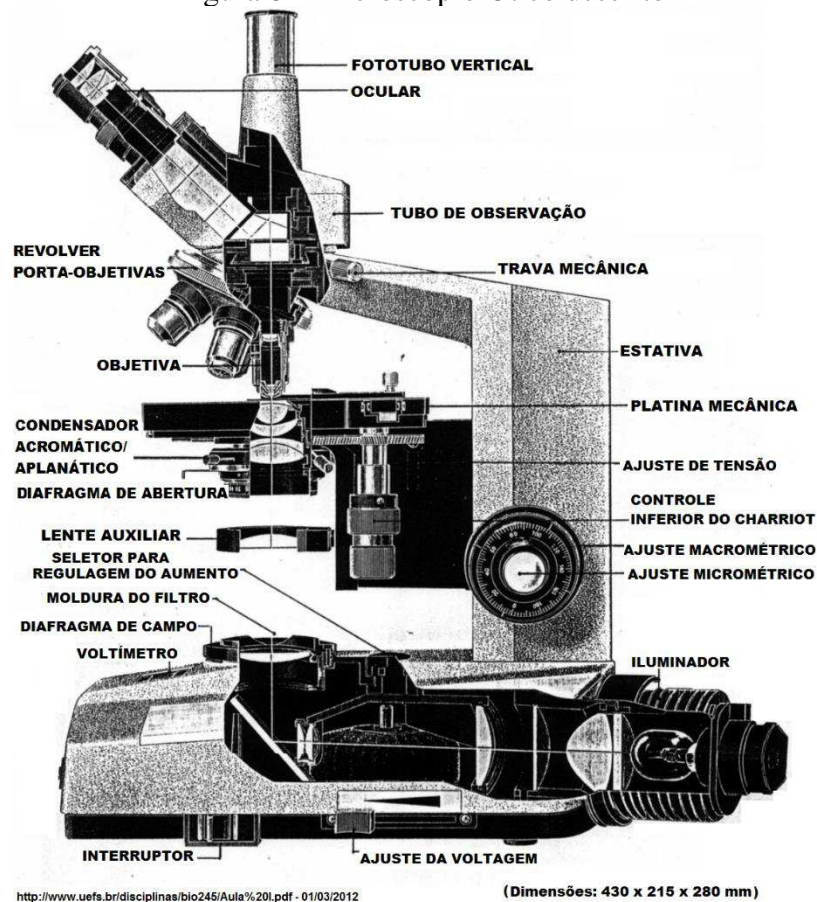
Em que D é a distância entre dois pontos, λ é o comprimento de onda da luz e NA é o número de abertura (Monteiro-Leal, 2000).

Uma outra peça importante para se obter uma imagem de qualidade é o condensador (Monteiro-Leal, 2000). Catarina Moreira (2013, p. 2) assevera que o condensador é um “sistema de duas lentes (ou mais) convergentes que orientam e distribuem a luz emitida de forma igual pelo campo de visão do microscópio”. A resolução obtida de uma imagem é a soma das aberturas numéricas da objetiva e do condensador. A equação para saber a resolução, portanto, é assim expressa:

$$D = 1.22\lambda / (NA_o. + NA_c.),$$

em que D é a distância, λ é o comprimento de onda, NA_o é a abertura numérica da objetiva e NA_c a abertura numérica do condensador (Monteiro-Leal, 2000).

Figura 8 – Microscópio Ótico descrito

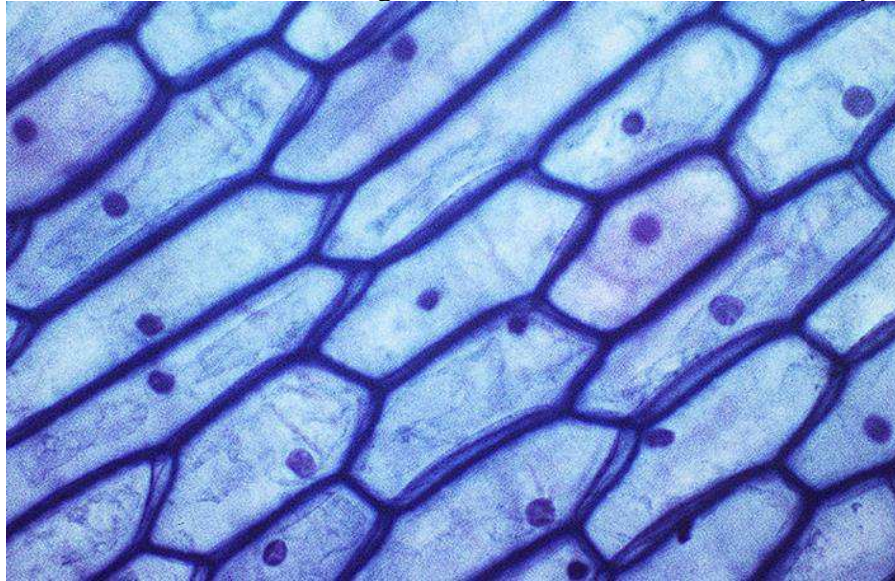


Fonte: Neves (2017).

No condensador, há uma peça chamada diafragma, a qual regula a quantidade de luz que entra no campo de visão do microscópio, por meio de uma abertura que aumenta ou diminui em diâmetro (Moreira, 2013). Uma característica importante do diafragma consiste na melhora do contraste, que é a capacidade de uma estrutura ser diferenciada do fundo. Em suma, quanto maior a diferença entre o ponto e o fundo, maior o contraste (Monteiro-Leal, 2000).

Tem-se ainda as lentes oculares, que servem para ampliar a imagem das objetivas, formando uma imagem virtual mais próxima dos olhos de quem vê. As imagens formadas pelas lentes oculares são ampliadas, diretas e virtuais (Moreira, 2013). Essas lentes também apresentam régua e grades de calibração (Monteiro-Leal, 2000).

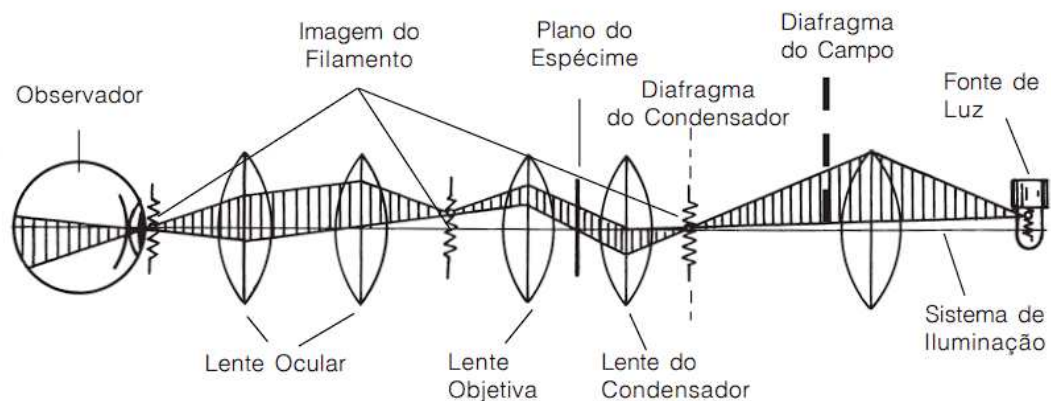
Figura 9 – Células de um tecido vegetal (cebola) vistas em um Microscópio Ótico



Fonte: Instituto Oswaldo Cruz (2000).

Por fim, a utilização do microscópio consiste em colocar o espécime a ser visto na platina e fixá-lo com o auxílio das pinças, depois, posicioná-lo onde passa a luz. Após isso, ajusta-se o foco, e, finalmente, escolhe-se o quanto vai ser ampliado, preferindo-se a lente objetiva. Ao final do processo, a imagem poderá aparecer ampliada, virtual e invertida. Dependendo do aparelho, a imagem final pode ser direta e não invertida (Moreira, 2013). Ademais, a ampliação máxima que um microscópio ótico pode ter é de 2000x; caso seja mais que isso, a imagem fica sem resolução e os detalhes menores se tornam imperceptíveis (Dedavid; Gomes; Machado, 2007; Moreira, 2013).

Figura 10 – Planos conjugados do filamento



Fonte: Monteiro-Leal (2000).

2.3 Microscopia Eletrônica

No início do século XX, uma nova fase na história da Microscopia se iniciava (Monteiro-Leal, 2000). Após servir e voltar da Primeira Guerra, o nobre francês (duque) Louis Victor de Broglie começou o trabalho de chefiar um laboratório que estudava efeito fotoelétrico e espectroscopia, entre outros (Halliday; Resnick; Walter, 2012; Santos, 2010).

Louis-Victor-Pierre-Raymond de Broglie nasceu em 15 de outubro de 1892, em uma cidade denominada Dieppe. Conquistou a licenciatura em História com 18 (dezoito) anos, porém, um tempo depois, mostrou interesse pela Física, mais especificamente pela Física Quântica. Louis iniciou o contato com os fenômenos envolvendo os quanta de luz no laboratório de seu irmão, o doutor em Física, Maurice de Broglie. Em 1911, o duque passou a estudar com mais afinco os trabalhos de Henry Poincaré, Hendrik Lorentz, Paul Langevin, Ludwig Boltzmann, Albert Einstein e Max Planck (Santos, 2010).

Figura 11 – Louis-Victor de Broglie



Fonte: Cline (2023).

Licenciou-se em Ciências em 1913 e, no mesmo ano, ingressou no serviço militar, dedicando-se a esse serviço durante 5 (cinco) anos. Durante essa fase, trabalhou na companhia

de telegrafia e permaneceu como militar até o fim da Primeira Guerra. Após esse período, pôde retomar os estudos que tinham despertado seu interesse (Santos, 2010).

Em 1923, após um tempo em contato com os estudos da radiação eletromagnética, como também com estudos acerca dos fótons, de Broglie levanta a questão de que não só a radiação, mas também a matéria, deviam ter um caráter dual (Halliday; Resnick; Walker, 2012).

Tendo contato com os estudos de Einstein, que falavam da dupla natureza da energia (fato já reconhecido no mundo científico), de Broglie propôs a dupla natureza da matéria, ou seja, a matéria poderia ter uma dualidade onda-partícula. Essa ideia foi bastante revolucionária na Ciência, por conseguinte, foi bastante criticada (Oliveira; Fernandes, 2006).

De Broglie idealizou que o movimento das partículas estava associado a uma onda estacionária, denominada de “onda piloto”. Após isso, ele estabeleceu que a quantidade de movimento (p), ou momento, da partícula e o comprimento de onda (λ) estariam relacionados conforme a seguinte equação:

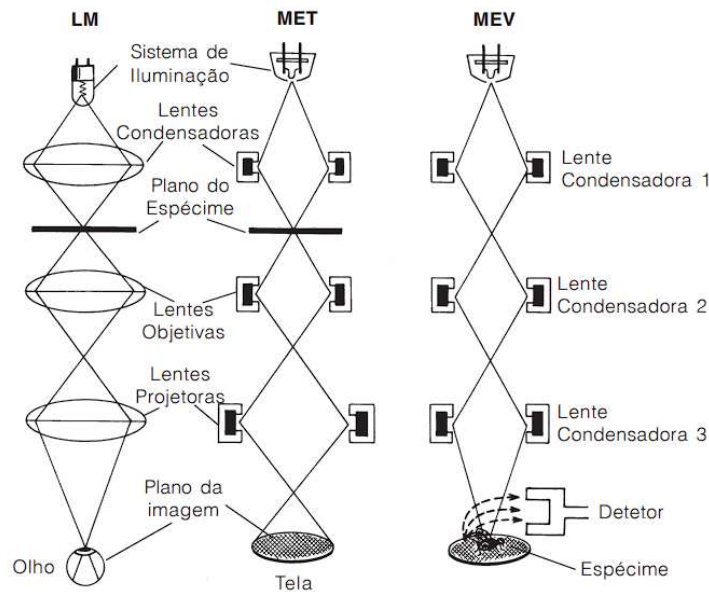
$$\lambda = h/mv = h/p$$

em que h é a constante de Planck, m a massa da partícula e v a velocidade. Essa equação é conhecida como o “postulado de De Broglie” (Oliveira; Fernandes, 2006).

No ano de 1927, foi possível comprovar o caráter ondulatório dos elétrons após a observação da difração dessas partículas por cristais. Clinton Davisson e Lester Germer, por meio de alguns experimentos, conseguiram comprovar a hipótese de Louis de Broglie (Oliveira; Fernandes, 2006; Williams; Carter, 2009).

Posteriormente, no final do século XX, a técnica de difração de elétrons passou a ser usada para o estudo de sólidos e de moléculas gasosas (Oliveira; Fernandes, 2006).

Figura 12 – Esquemas comparativos entre os microscópios de luz MO, MET e MEV



Fonte: Gallardo, Maria e Baumgarten (2003).

2.3.1 Microscópio Eletrônico de Transmissão (MET)

Uma vez que os MO tinham chegado ao limite de resolução, os cientistas perceberam que podiam usar os elétrons, pois com comprimentos de onda 1000 vezes menores do que os da luz, seria possível ter imagens mais detalhadas de um objeto (Ruska, 1986).

O Microscópio Eletrônico é um aparelho projetado para mostrar detalhes da matéria em alta resolução. Existem dois principais, que se classificam de acordo com o tipo de imagem que produzem: o Microscópio Eletrônico de Transmissão e o de Varredura. Em ambos, um feixe de elétrons é acelerado sobre o espécime que se quer observar, em seguida, o que é visto, é resultado da interação dos elétrons com o espécime. O que garante a alta resolução é o pequeno comprimento de onda associado ao elétron (Monteiro-Leal, 2000).

A imagem do Microscópio Eletrônico de Transmissão (MET) é criada por elétrons que passam por um espécime. O feixe resultante acaba por ter elétrons com alterações de algumas características, como velocidade e direção, e possui elétrons que não tiveram nenhuma característica mudada ao passar pelo material que se observa. Devido à impossibilidade de se enxergar um elétron, a imagem do MET é observada por uma tela fosforescente ou por meio da sensibilização de um filme (Padilha, 2020; Monteiro-Leal, 2000).

Figura 13 – Microscópio Eletrônico de Transmissão (MET)



Fonte: Universidade Federal de Viçosa (2021).

O Microscópio Eletrônico de Transmissão (MET) é composto por alguns sistemas, consoante afirma Monteiro-Leal (2000, p. 44):

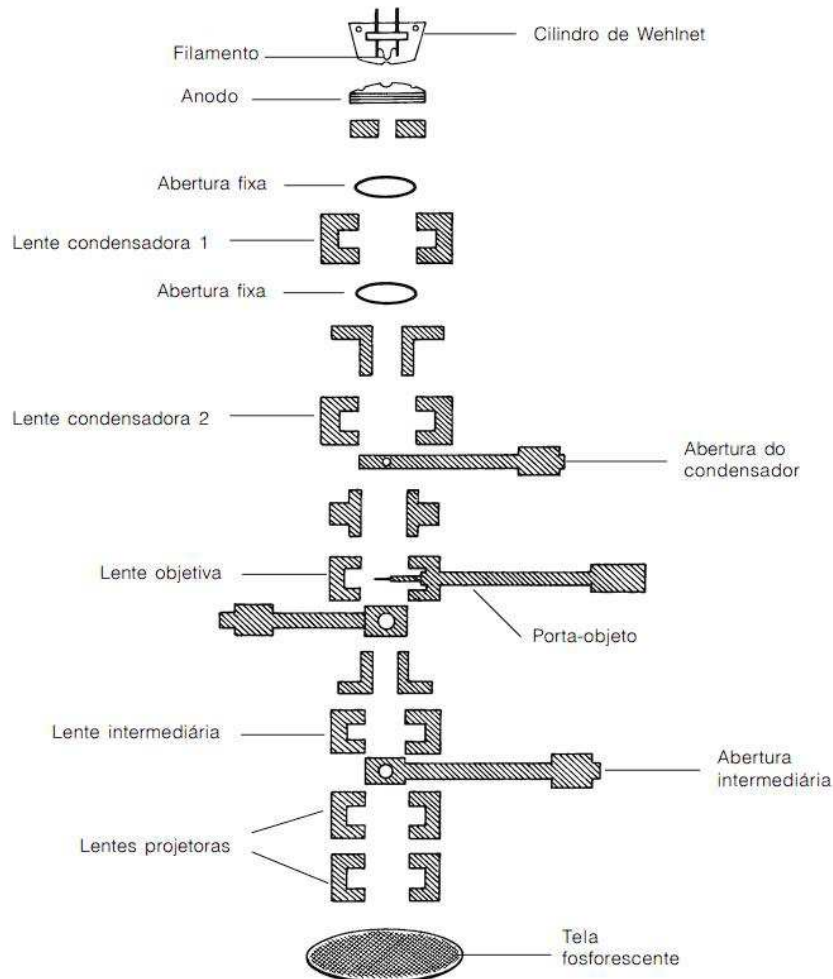
O sistema de iluminação consiste do canhão de elétrons (electron gun) e das lentes condensadoras, que nos dão o controle da quantidade de radiação que deve chegar ao espécime. O sistema de manipulação do espécime é composto pelo porta-objeto e acessórios ligados à movimentação do espécime. O sistema de imagem – composto pelas lentes objetivas, intermediária e projetoras – projeta a imagem na tela de visualização ou na câmera fotográfica.

O sistema de iluminação se localiza no topo da coluna e, como já citado, é composto pelo canhão de elétrons, onde o feixe de elétrons é gerado. No MET, existe um filamento que funciona como um cátodo, composto por íons e elétrons livres. Os elétrons do filamento são arrancados em virtude da aplicação de uma voltagem, que gera um aquecimento no filamento, emitindo elétrons. Ao redor dele, há um cilindro (cilindro de Wehlnet), com um único ponto de abertura e um anodo posicionado na direção da abertura, fazendo com que os elétrons sejam atraídos e direcionados (Monteiro-Leal, 2000).

O feixe produzido pelo filamento irá gerar uma imagem por meio de uma série de lentes eletromagnéticas. Tendo em vista que os elétrons são partículas de pequena massa, até mesmo grãos de poeira poderiam atrapalhar sua passagem, por isso, não se usa lentes de vidro. Sendo assim, as lentes eletromagnéticas do MET geram campos magnéticos que atraem e posteriormente repelem os elétrons, os quais, uma vez atraídos, irão focar a imagem do espécime que foi colocado antes das lentes (Monteiro-Leal, 2000).

Já o sistema de manipulação do espécime, conhecido como Goniômetro, é composto por porta-objeto e acessórios. O porta-objetos permite a movimentação do espécime nos eixos X e Y, como também permite a movimentação no eixo Z (Monteiro-Leal, 2000).

Figura 14 – Esquema geral do Microscópio Eletrônico de Transmissão



Fonte: Monteiro-Leal (2000).

Por fim, tem-se o sistema de iluminação, o qual inclui lentes objetivas e projetoras. Esse sistema é responsável por gerar, aumentar e projetar a imagem na tela fosforescente. Similar ao microscópio ótico, no MET, as lentes objetivas também são as mais importantes, por formarem a imagem do material que será aumentado e projetado pelas outras lentes. Devido a essa importância, as lentes devem estar sempre limpas, por meio do anticontaminador. Este é constituído por uma “corda” de cobre resfriada por nitrogênio líquido, que congela uma peça metálica próxima ao objeto, sendo assim, a sujeira introduzida pelo porta-objeto adere a essa peça resfriada (Monteiro-Leal, 2000; Dedavid; Gomes; Machado, 2007).

O poder de aumento do MET é de 300000x. Isso ocorre devido à diminuição na iluminação, às imperfeições nas lentes, entre outros problemas. Caso estes não surgissem, ao usar a fórmula do MO, seria possível estipular uma resolução máxima de 0.2nm, podendo alcançar um aumento de 1.000.000x ou mil vezes maior que o MO (Monteiro-Leal, 2000).

Para usar o MET, as amostras a serem observadas devem ter espessuras de 500 a 5000Å, além de terem a superfície polida dos dois lados (Padilha, 2020). Ademais, o microscópio é mantido em alto vácuo por duas bombas: a rotatória e a difusora. Essas bombas funcionam em conjunto para que haja um vácuo entre 10^{-4} e 10^{-7} Pa.

Uma limitação em relação ao MET é o fato de que as amostras devem ser finas. Embora existam métodos para preparar amostras finas a quase todos os materiais, o processo de desbaste para preparação das amostras pode afetá-las, alterando tanto sua estrutura quanto sua química (Williams; Carter, 2009).

Figura 15 – Contraste topográfico de partículas de Fe₃O₄ em um carbono



Fonte: Williams e Carter (2009).

2.3.2 Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV)

Após Broglie propor o dualismo onda-partícula de um elétron, cientistas perceberam que a energia de uma partícula carregada poderia ser modificada por meio de um campo elétrico acelerador. Então, utilizando uma voltagem grande (50kV), os elétrons de comprimento de onda curtos ($\lambda=0,005\text{Å}$), e com poder de resolução como uma fonte de

iluminação, podem ser produzidos. Adicionalmente, devido às cargas dos elétrons, eles podem ser focalizados por campos eletromagnéticos ou eletrostáticos e, assim, formar imagens (Dedavid; Dedavid; Gomes; Machado, 2007).

Com o desenvolvimento científico, nasceu também o desenvolvimento tecnológico. Nesse contexto, Max Knoll foi o primeiro a escrever um trabalho descrevendo os conceitos do Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) em 1935 (Dedavid; Gomes; Machado, 2007).

Na década de 1930, na Alemanha, Max Knoll e Ernst Ruska apresentaram o MEV, melhorando significativamente a resolução das imagens e aumentando as fronteiras da exploração da matéria em escalas nunca imageadas (Teles; Fonseca, 2019; Ramos, 2013).

Figura 16 – O Microscópio Eletrônico construído por Ruska (de jaleco) e Knoll



Fonte: Williams e Carter (2009).

Ernst Ruska foi o quinto filho dos sete que o casal Elisabeth e Julius Ruska tiveram. Nasceu em 1906 na cidade de Heidelberg, onde fez o ensino primário. Depois, estudou eletrônica na Faculdade Técnica de Munique e seguiu para estudar em Berlim. Em toda a vida, publicou mais de 100 (cem) artigos científicos, contribuindo para a produção de vários livros sobre Óptica Eletrônica e Microscopia. Foi premiado em 1986 com o prêmio Nobel e faleceu em 25 de maio de 1988, dois anos após ter sido laureado com o Nobel (Ruska, 1986).

Passados alguns anos, em 1938, o físico alemão, Von Ardenne, construiu o primeiro Microscópio Eletrônico de Varredura e Transmissão adaptando bobinas de um MET que

entregava um aumento de 8000x (Costa, 2016). Diferentemente do MET, o MEV permite ver o material por inteiro. Monteiro-Leal (2000, p. 52), nesse sentido, afirma:

No MEV o feixe de elétrons é focado, através das lentes do microscópio, em um pequeno spot sobre o material, o qual varre o espécime. Do choque dos elétrons com o material se produz uma série de raios refratados.

Esses raios são coletados em detectores que, por sua vez, processam os raios e produzem uma imagem do material em um monitor (Monteiro-Leal, 2000).

Importante ressaltar que o MEV surge comercialmente na metade da década de 1960. Devido à sua qualidade, tornou-se essencial para diversos tipos de pesquisas biológicas, contribuindo para a classificação taxionômica de insetos e fungos, além de contribuir para pesquisas de diversas estruturas de plantas e animais (Galleti, 2003).

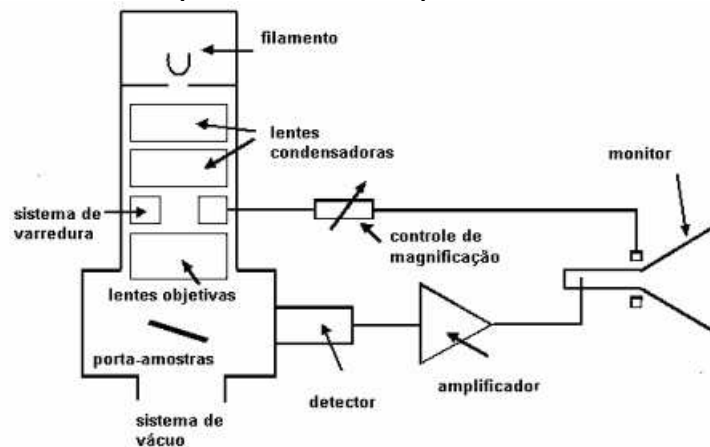
Figura 17 – Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV)



Fonte: Brasil (2020).

O MEV é composto por alguns componentes, tais como: coluna do microscópio, incluindo o canhão de elétrons no topo, coluna abaixo onde percorre o feixe de elétrons, detectores, câmara de amostras na base e computador, que controla o microscópio, além dos equipamentos auxiliares, a exemplo da microanálise. Também existem outros equipamentos comuns ao MEV e ao MET, como a peça do filamento (canhão de elétrons), as lentes e o sistema de vácuo (Monteiro-Leal, 2000; Dedavid; Gomes; Machado, 2007).

Figura 18 – Desenho esquemático dos componentes básicos do MEV



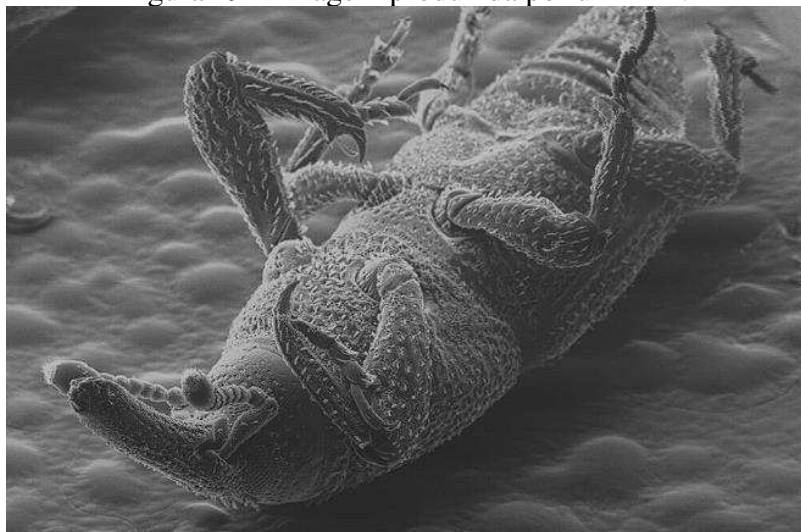
Fonte: Dedavid; Gomes; Machado (2007).

Diferentemente do MET, no MEV, o espécime é montado sobre um suporte de metal chamado *stub*, localizado na base do microscópio. Para manipular o espécime, tem-se a mesa, a qual se mexe nos eixos X, Y e Z (Monteiro-Leal, 2000).

Pode se afirmar que as principais limitações do MEV são a baixa resolução (<20nm) e a impossibilidade de ver dentro da amostra. Além disso, para poder observar no MEV, todas as amostras devem ser anidras, ou seja, não podem conter água, para que resistam ao vácuo (Gallardo; Maria; Baumgarten, 2003).

Por fim, o poder de ampliação de um Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) é de cerca de 300000x. Dependendo do material, pode atingir até 900000x, porém, normalmente, o aumento é da ordem de 10000x (Maliska, 1998).

Figura 19 – Imagem produzida por um MEV



Fonte: Laboratórios do Instituto de Física e Química (2020).

2.4 Importância do microscópio

Os avanços da ciência e a revolução científica estão ligados intimamente aos instrumentos impulsionadores do progresso tecnológico e científico no que concerne à medição, à observação e ao cálculo (Teles; Fonseca, 2019).

A revolução científica é o resultado de avanços em áreas como Matemática, Física, Biologia, Química e outras. Essa revolução, embora tenha sido iniciada no século XVI, encontrou terreno somente no século seguinte, com a primeira observação sendo feita em um microscópio. Não distante, o desenvolvimento tecnológico possibilitou o avanço na experimentação e na capacidade de observar o mundo natural, destacando-se, nesse processo, o aparelho microscópio (Teles; Fonseca, 2019).

Nesse sentido, sendo a Física uma construção humana, é possível reconhecer que alguns elementos históricos, sociais, políticos e econômicos geram interferências nesse conhecimento. O microscópio surge em uma república holandesa caracterizada por uma cultura muito artesanal e pictórica, mais voltada à forma visual de conhecer e apreciar as coisas. Nesse cenário, a tendência não matemática e observacional diferenciava-se da arte italiana, por exemplo, mais voltada à matemática e menos observacional.

Ao se analisar a pintura *A view of Delft*, que representa uma esquina da cidade de Delft, a imagem produz uma sensação de ter sido feita com o uso de lentes, devido ao seu visual um tanto esférico. Isso mostra a interferência da tecnologia na forma de perceber e retratar o mundo, isto é, para o homem observar, representar e medir a natureza, exigiam-se novos instrumentos agora (Alcantara *et al*, 2023).

Figura 20 – *A view of Delft*

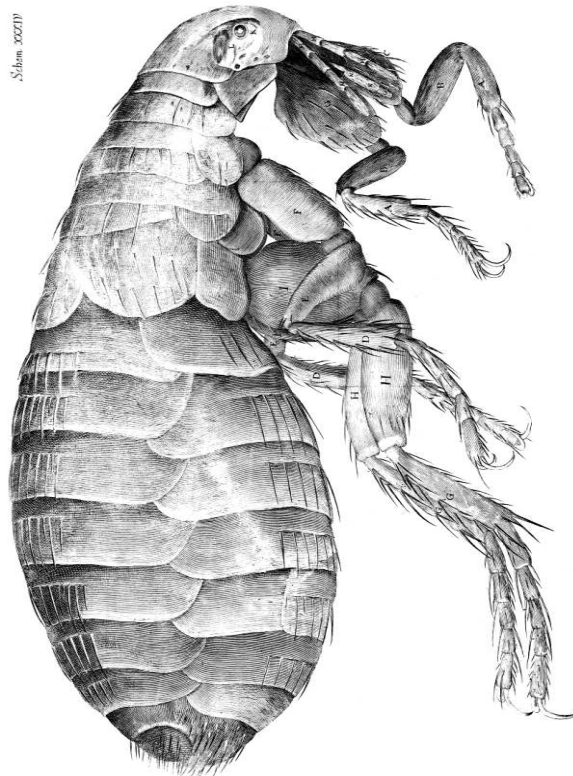


Fonte: The National Gallery [s.n.].

Robert Hooke, ao desenvolver seu próprio microscópio, foi o primeiro cientista a publicar uma grande obra que retratava detalhes minuciosos de objetos vistos a partir de um microscópio, intitulada “*Micrographia*”. Hooke apresentou desenhos com detalhes precisos de esponjas, algas, folhas, cabelos, asas e olhos de moscas, ácaros e etc. Um destaque foi o desenho detalhado de uma pulga, no qual Hooke examinou minuciosamente cada parte das patas do inseto. Vale ressaltar que, utilizando o MO, não é possível visualizar todas as partes de um objeto tridimensional, focalizando em um mesmo tempo (Martins, 2014).

O livro de Robert Hooke teve repercussão não só entre os pesquisadores de sua época, porém reverberou em toda a sociedade culta. Além disso, influenciou outros pesquisadores como Antoni van Leeuwenhoek (Martins, 2014).

Figura 21 – Pulga do Livro “*Micrographia*”



Fonte: Martins (2011).

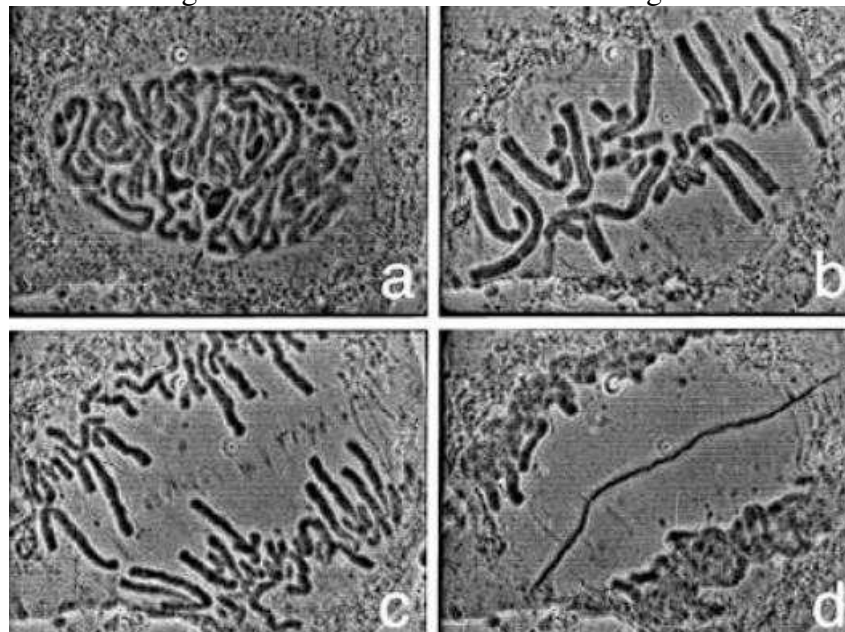
Voltando-se à descoberta da célula, por mais que Hooke possivelmente não tenha percebido a real importância desse descobrimento, tal fato foi um marco para a Biologia e para a Microscopia. Ao observar um pedaço de cortiça por meio de lentes, Robert Hooke identificou compartimentos pequenos, denominando-os de “celas”, ou “células”. Devido à presença “infinita” desses compartimentos, ele afirmou que as cortiças flutuavam (Prestes, 1997).

Quase dois séculos após Hooke, novos cientistas trouxeram a ideia da teoria celular, originando um novo ramo de estudo chamado Citologia, dedicado ao estudo da Biologia Celular (Prestes, 1997). Maria Prestes (1997, p. 30) menciona que:

O microscópio tornou-se uma ferramenta indispensável para a investigação científica dos seres vivos. A partir desse uso, surgem as primeiras edições ilustradas de anatomia vegetal. Ao consultarmos, hoje, os livros ilustrados por Hooke, Malpighi, Grew ou Leeuwenhoek, ‘vemos’ células desenhadas com precisão.

Citologia é o ramo da Biologia dedicado ao estudo das células, as quais são as unidades que constituem os seres vivos. A teoria celular, formulada mais de um século depois da descoberta das células, baseia-se em 3 (três) princípios: 1) todos os seres vivos são formados por células; 2) as atividades essenciais que caracterizam a vida ocorrem no interior das células e; 3) novas células se formam sempre por meio da reprodução de células preexistentes (Amabis; Martho, 2016).

Figura 22 – Mitose em uma Célula Vegetal



Fonte: Török e Kao (2007).

Existem técnicas citológicas que fazem parte da histotecnologia e possuem importância significativa para o diagnóstico de doenças. Vale frisar que essa tecnologia é essencial para o diagnóstico de infecções, tumores e função hormonal. A Citopatologia, especificamente, analisa células individualizadas, expelidas ou tiradas de órgãos e de diferentes partes do organismo. A coleta desse material destinado à análise citológica constitui uma etapa fundamental para esse processo (Caputo; Manso; Gitirana, 2011).

A partir do século XIV, o uso de lentes para corrigir defeitos de visão se tornou comum. Essa prática atingiu seu ápice com Leeuwenhoek, provavelmente considerado o primeiro microscopista. Inicialmente, ele desenvolveu um instrumento constituído por uma lente e uma armação de metal para observar a qualidade dos tecidos que comercializava. Porém, sua curiosidade não parou nos tecidos. Leeuwenhoek utilizou seu microscópio para olhar os mais diversos objetos, tanto que passou anos descrevendo o micromundo à sua volta em uma série de cartas à *Royal Society* de Londres, de cuja qualidade de membro correspondente se orgulhava imensamente. Notavelmente, foi o primeiro microscopista a observar uma bactéria (Teles; Fonseca, 2019; Mannheimer, 2002; Monteiro-Leal, 2000).

Com os avanços tecnológicos da Microscopia nos anos seguintes à criação do primeiro microscópio, novas áreas passaram a ser estudadas. A princípio, os microscópios clássicos eram mais voltados ao estudo de Biologia, conforme assevera o biólogo Nelio Bizzo (1998, n.p.): “Noventa por cento das descobertas em citologia, o estudo das células, foi feito com microscópios rudimentares”. Surge, assim, a Microscopia dos Materiais, o estudo de amostras não transparentes (Mannheimer, 2002).

Em 1664, a primeira pessoa a examinar metais foi Henry Power. No ano de 1753, foi lançado o livro “*Employment for the Microscope*”, do inglês Henry Baker, que, na ocasião, separou metade da obra para tratar de sais minerais e outros materiais inorgânicos. Robert Hooke também observou amostras opacas, conforme abordado no livro “*Micrographia*”. Porém, a figura proeminente e “criadora” da Metalografia, ciência responsável por estudar a estrutura dos materiais, foi Henry Clifton Sorby. Importante salientar que, para utilizar essa técnica, é necessário a utilização de um microscópio (Beppler, 2016). Em 1863, Henry Sorby associou um iluminador às objetivas acromáticas e, utilizando a técnica de Widmanstätten, conseguiu chegar à descrição da perlita. Após Sorby, vários outros desbravaram a microestrutura dos metais: Martens, Tschernoff, Roberts-Austen, Osmond, Troost e LeChatelier (Mannheimer, 2002).

Figura 23 – Detalhes da trinca em um metal



Fonte: Azevedo e Cescon (2018).

Nos dias atuais, a Microscopia tem servido para o avanço da cura e do tratamento de diversas doenças. Com o auxílio dessa ciência, diversos pesquisadores do mundo têm avançado nas melhores formas de tratar diversas doenças e buscam potenciais alvos terapêuticos. No caso do Brasil, a diversidade biológica permite a pesquisa de novos compostos, como os peptídeos extraídos de veneno de animais peçonhentos. Ademais, a escolha do tratamento recomendado para as doenças se baseiam em ensaios clínicos. Por fim, por trás dos microscópios, existe o empenho conjunto de pesquisadores, instituições e pacientes para achar a cura (Leite, 2014).

Outra ciência que se beneficiou da Microscopia foi a forense. A utilização da Microscopia forense aborda as áreas tecnocientíficas, abrangendo Química (análise da alteração da microestrutura da superfície de um metal e exames de balística), Física (análise de tiro) e Biologia (análise de saliva, sêmen, sangue, cabelos e outros). A associação de tecnologias a diferentes técnicas de Microscopia contribuiu para o avanço do estudo das análises forenses, possibilitando mais celeridade e mais precisão no diagnóstico de materiais, trazendo ferramentas que podem auxiliar na acusação ou na inocência de pessoas em diversos crimes (Neves *et al*, 2023).

3 METODOLOGIA

A pesquisa científica baseia-se em levantamento de dados de diversas fontes, independentemente do método empregado. O material utilizado para pesquisa é útil não apenas em razão do conhecimento, mas também porque poupa esforço desnecessário de quem pesquisa. Além disso, serve para orientar a pessoa sobre quais outras fontes utilizar, como também pode sugerir novas hipóteses. A fase da pesquisa tem por intuito recolher informações prévias acerca do campo de interesse, logo após, o levantamento de dados. Este, por sua vez, pode ser feito de duas formas, por meio de: pesquisa documental (ou de fontes primárias) e de pesquisa bibliográfica (ou de fontes secundárias) (Marconi; Lakatos, 2003).

Este trabalho é uma pesquisa bibliográfica acerca da história do microscópio e se propõe a sistematizar as publicações (livros, revistas, teses, artigos) sobre o tema especificado, com a finalidade de abordar o assunto sob um enfoque voltado para o ensino médio.

Além disso, o estudo também se trata de uma análise qualitativa, uma vez que se estabeleceu um recorte temporal-espacial de um determinado fato. Esse recorte foi utilizado para fazer a descrição, parte fundamental em um estudo qualitativo (Neves, 1996).

A pesquisa que deu origem a esse trabalho teve início no ano de 2022, quando, em uma conversa com pessoas próximas, surgiram algumas temáticas, entretanto, só obtive avanço significativo no segundo semestre de 2023, momento efetivo de produção. Buscou-se fontes em sites de busca como o *Google Acadêmico*, *Scielo*, em publicações especializadas em Física, tais como “A Física na Escola” e “Revista Brasileira de Ensino de Física” e em acervos de universidades de outros países (Portugal, Espanha, Estados Unidos, Mexico, Inglaterra).

O critério para a escolha dos livros, revistas, teses e artigos considerou o grau de relevância da produção para o tema de pesquisa estudado e a forma como o conteúdo foi abordado, tendo alunos de ensino médio como público-alvo.

4 PLANO DE AULA



Universidade Federal do Ceará (UFC)
Centro de Ciências (CC)
Departamento de Física

Plano de Aula

Dados de Identificação	
Professor:	Nathanael Roblêdo Nunes Souza
Disciplina:	Física/Biologia/Ciências
Tema:	História do microscópio e importância para o desenvolvimento científico
Data:	XX/XX/XXXX
Duração:	

1 Objetivos

1.1 Geral

Sistematizar a história da criação e do aprimoramento do microscópio e ressaltar a importância desse instrumento para o desenvolvimento da ciência.

1.2 Específicos

- Apresentar a história do microscópio;
- Apresentar a importância do microscópio para o desenvolvimento científico e tecnológico;

2 Conteúdos

- 1 História da Microscopia;

- 2 Microscópio Ótico;
- 3 Microscopia Eletrônico;
 - 3.1 Microscópio Eletrônico de Transmissão (MET);
 - 3.2 Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV).
- 4 Importância do microscópio.
- 5 Utilização prática de um MO.

3 Procedimentos metodológicos

Apresentação oral do conteúdo, usando os programas digitais apropriados como meio de interlocução. Após isso, a turma é separada em grupos e o professor deve pedir para cada um deles escolher uma parte do MO. Por fim, cada grupo tem que descrever e demonstrar a funcionalidade da peça escolhida.

Após a parte teórica, os grupos irão receber uma amostra e terão que observá-la no microscópio. Após, devem desenhar os detalhes visualizados através das lentes.

Ao término da parte teórica e prática, os grupos irão discutir o conteúdo dado com auxílio do professor.

4 Recursos didáticos

- Computador;
- Microscópio Ótico;
- Programas digitais (LATEX- *Beamer*).

5 Avaliação

- Avaliação de caráter formativo no decorrer da aula;
- Avaliação sumativa por meio da participação em grupo e do entendimento demonstrado nas discussões finais.

6 Conteúdo ministrado

Os Microscópios Óticos, de Transmissão e de Varredura são instrumentos importantes na Microscopia, permitindo a observação de objetos em uma escala muito pequena, como células, tecidos e estruturas subcelulares.

O Microscópio Ótico (MO) (ou específico de luz) utiliza uma luz visível para iluminar a amostra e formar uma imagem ampliada por meio de lentes. Esse tipo de microscópio pode ampliar a imagem até algumas centenas de vezes e sua resolução é limitada pela natureza da luz visível, impedindo a observação de espécimes ainda menores.

O Microscópio Eletrônico de Transmissão (MET) utiliza feixes de elétrons em vez de luz para iluminar uma amostra. Os elétrons passam pela amostra, formando uma imagem ampliada, que é muito elevada, da ordem de milhões de vezes. Tem uma resolução muito maior que os MO, permitindo a observação de detalhes subcelulares.

O Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) utiliza um feixe de elétrons para varrer a superfície da amostra. A ampliação também é bastante elevada, da ordem de milhões de vezes. Permite a observação da superfície de diversas estruturas, porém necessita que as amostras não tenham água e resistam ao vácuo gerado dentro do equipamento.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O microscópio, indiscutivelmente, figura entre os maiores inventos da humanidade. Com sua criação, diversas áreas do conhecimento surgiram e se expandiram, revelando um mundo novo, previamente invisível.

A Medicina, em particular, experimentou ganhos substanciais após o ser humano conseguir enxergar o mundo microscópico. Diversas doenças foram curadas e tratamentos mais eficazes foram concebidos por cientistas que utilizavam esse aparelho. Recentemente, a Covid, uma das doenças que mais chocou o mundo, pôde ter uma vacina mediante a codificação do vírus, que, por sua vez, só foi possível devido ao microscópio.

Ademais, esse instrumento possibilitou existência da ciência dos materiais, além disso, contribuiu para o desenvolvimento de metais mais resistentes, dúcteis e tenazes. Hoje, há ferramentas melhores, prédios mais altos e mais seguros, carros, aviões e as mais diversas máquinas porque a ciência dos materiais possibilitou a criação dessas tecnologias.

Entretanto, ainda há muito para evoluir. Já se tem estudos para a Microscopia de super resolução, que possibilitará a visualização de estruturas em escalas menores do que o limite de difração da luz. Além disso, há a Microscopia eletrônica avançada que, por sua vez, progride em direção à capacidade de mapear estruturas em escalas atômicas com maior eficiência.

A inteligência artificial é outro elemento revolucionário na análise de imagens, uma vez que a aplicação de algoritmos de aprendizado poderá acelerar o processo interpretação de dados e revelar padrões ou informações que podem ser difíceis de ser identificados manualmente.

Por fim, este trabalho serve como subsídio de informações para que estudos futuros possam ser feitos a respeito do microscópio.

REFERÊNCIAS

- ALCANTARA, Marlon Cesar de *et al.* O olhar acurado e a descoberta de um “novo mundo” a partir do microscópio. **A Física na Escola**, [S. l.], v. 21, n. 1, p. 220707–1, 2023. DOI: 10.59727/fne.v21i1.50.
- AMABIS, José Mariano; MARTHO, G.R. **Biologia moderna**. 1. ed. São Paulo, SP: Moderna, 2016. ISBN 9788516105211.
- ARAUJO, J. P. F *et al.* Observação 18 da Micrographia, de Robert Hooke. **Boletim de História e Filosofia da Biologia**, v. 8, p. 9-13, 2014. Disponível em: https://www.academia.edu/35589157/Observa%C3%A7%C3%A3o_18_da_Micrographia_de_Robert_Hooke. Acesso em: 18 nov. 2023.
- AZEVEDO, Cesar Roberto de Farias; CESCUN, Tibério. **Metalografia e análise de falhas: casos selecionados (1933-2003)**. 1. ed. São Paulo: Universidade de São Paulo. Escola Politécnica, 2018.
- BEPPLER, R. **Comparação da revelação entre reagentes metalográficos monocromáticos e de coloração nos aços sae 1045, 4140, 52100, 304 e 420**. 2016. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Tecnologia em Fabricação Mecânica) – Instituto Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ifsc.edu.br/handle/123456789/278>. Acesso em: 29 nov. 2023.
- BIZZO, Nelio. Microscópio impulsionou descobertas. **Folha de São Paulo** [site], 15 nov. 1998. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/brasil/fc15119821.htm>. Acesso em: 12 nov. 2023.
- BLOG DA VETERINÁRIA. Microscopia. **Blog da Veterinária** [site], 18 mar. 2012. Disponível em: <https://blogdaveterinariaa.blogspot.com/2012/03/microscopia.html>. Acesso em: 12 nov. 2023.
- BRASIL. Ministério da Justiça e Segurança Pública. Polícia Federal passa a utilizar o novo microscópio eletrônico de varredura. **Governo Federal** [site], 30 out. 2020. disponível em: <https://www.gov.br/pf/pt-br/assuntos/noticias/2020/10-noticias-de-outubro-de-2020/policia-federal-passa-a-utilizar-o-novo-microscopio-eletronico-de-varredura>. Acesso em: 12 nov. 2023.
- CAPUTO, L. F. G.; MANSO, Pedro Paulo de Abreu; GITIRANA, Lycia de B. Técnicas Histológicas. *In*: Luzia Caputo; Etécia Molinaro; Regina Amendoeira. (Org.). **Conceitos e Métodos para a Formação de Profissionais em Laboratórios de Saúde**. 1. ed. Rio de Janeiro: EPSJV/Fiocruz, 2011, v. 02, p. 89-188.
- CLINE, Barbara Lovett. Louis de Broglie. **Encyclopedia Britannica** [site], 11 ago. 2023. Disponível em: <https://www.britannica.com/biography/Louis-de-Broglie#/media/1/80727/96697>. Acesso em: 12 nov. 2023.
- COSTA, Fernanda Rodrigues Torres da. **Microscopia eletrônica de varredura: potencialidades e aplicações**. 2016. 51f. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de

Química Industrial) – Universidade do Maranhão. São Luís, Maranhão, 2016. Disponível em: <https://monografias.ufma.br/jspui/handle/123456789/1506>. Acesso em: 15 nov. 2023.

DEDAVID, B. A.; GOMES, Carmem Isse; MACHADO, Giovana. **Microscopia Eletrônica de Varredura** – Aplicações e preparação de amostras. 1. ed. Porto Alegre: EDUPUCRS, 2007.

GALLARDO, Sofia; MARIA, Venegas; BAUMGARTEN, Eliseo. **Guia de microscopia eletrônica**. 1. Ed. Ciudad Universitaria: UNAM, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, 2003.

GALLETI, S.R. Introdução a Microscopia Eletrônica. **Biológico**, v. 65, p. 33-35, 2003.

GREGERSEN, Erik. Ernst Abbe **Encyclopedia Britannica** [site], 17 out. 2023. Disponível em: <https://www.britannica.com/biography/Ernst-Abbe#/media/1/527/136703>. Acesso em: 12 nov. 2023.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

HELENE, AF; HELENE, O. Alguns aspectos da óptica do olho humano. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 33, p. 1-8, 2011.

INSTITUTO OSWALDO CRUZ. Com Ciência na Escola. **LBC/IOC/Fiocruz** [site], 2000. Disponível em: <https://www.ioc.fiocruz.br/educacao-em-saude/comciencia-na-escola>. Acesso em: 12 nov. 2023.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LANFRANCONI, Mariana. **História da Microscopia**: Introdução à Biologia. Fac. De Ciências Exatas e Naturais, 2001.

LEITE, M. F. Por trás do microscópio. **Ciência&Cultura**, Campinas, v. 66, p. 20 - 21, 02 jan. 2014.

LIOI, Thiago. O microscópio óptico. **Laborana** [site], 12 ago. 2021. Disponível em: <https://laborana.com.br/blog/o-microscopio-optico>. Acesso em: 12 nov. 2023.

LOUREIRO, Eliana. Como são formadas as imagens no olho humano. **Konno.med.br** [site], c2023. Disponível em: <http://www.konno.med.br/nao-basta-ter-olhos-para-ver-como-sao-formadas-imagens-no-olho-humano/>. Acesso em: 13 nov. 2023.

MALISKA, A. M. **Fundamentos da Microscopia Eletrônica de Varredura e caracterização microestrutural de aços sinterizados nitretados por plasma**. 1998. Monografia – Instituto Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, 2018.

MANNHEIMER, W. A. **Microscopia dos materiais**. Rio de Janeiro: E-papers, 2002.

MARTINS, Roberto de Andrade. Robert Hooke e a pesquisa microscópica dos seres vivos. **Filosofia e História da Biologia**, v. 6, p. 105-142, 2011.

MONTEIRO-LEAL, L. H. **Fundamentos de Microscopia**. 1. ed. Rio de Janeiro: EDUERJ, 2000.

MOREIRA, C. Microscópio ótico. **Rev. Ciência Elem.**, v. 1, n. 7, 2013. DOI: doi.org/10.24927/rce2013.007

NEVES, B. S. D. O *et al.* Microscopia e suas aplicações na ciência forense: um estudo de caso. **Revista Ifes Ciência**, v. 9, n. 3, p. 01-11, 2023. DOI: 10.36524/ric.v9i3.2199.

NEVES, J. L. Pesquisa qualitativa – características, uso e possibilidades. **Cadernos de pesquisa em administração**, São Paulo, v. 1, n. 3, 1996.

NEVES, Sidney. O fabuloso microscópio. **Cemeq.ufg.br** [site], 29 maio 2017. Disponível em: <https://cemeq.ufg.br/n/97536-o-fabuloso-microscopio>. Acesso em: 12 nov. 2023.

OLIVEIRA, O. A.; FERNANDES, J.D.G. **Arquitetura atômica e molecular**. 1. ed. Natal: Editora da UFRN - EDUFRN, 2006.

PADILHA, Angelo Fernando. **Microscopia eletrônica de transmissão**. São Paulo: Departamento de engenharia metalúrgica e de materiais da EPUSP, 2020.

PRESTES, Maria Elice B. **A teoria celular: de Hoocke a Schwann**. São Paulo: Scipione, 1997.

RAMOS, T. M. **Potencialidades da microscopia eletrônica (transmissão e varredura) e microscopia confocal como ferramentas para análises de amostras biológicas**. 2013. 49f. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Ciências Biológicas) – Universidade do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul, 2013. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/96777>. Acesso em: 18 nov. 2023.

REVISTA GALILEU. Cientistas conseguem restaurar visão de camundongos que têm glaucoma. **Revista Galileu** [site], 12 dez. 2020. Disponível em: <https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/noticia/2020/12/cientistas-conseguem-restaurar-visao-de-camundongos-que-tem-glaucoma.html>. Acesso em: 12 nov. 2023.

RUD, Gabriel. Microscopio de Antonie van Leeuwenhoek. **Proyecto Idis** [site], c2023. Disponível em: <https://proyectoidis.org/microscopio-de-antonie-van-leeuwenhoek/>. Acesso em: 12 nov. 2023.

RUSKA, Ernst. The development of the electron microscope and of electron microscopy – Nobel Lecture. **Nobelprize.org** [site], 8 dez. 1986. Disponível em: <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1986/ruska/lecture/>. Acesso em: 15 nov. 2023.

SANTOS, Paulo Vicente Moreira dos. **O itinerário científico de Louis de Broglie em busca de uma interpretação causal para a mecânica ondulatória**. 2010. 115f. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia. Salvador, Bahia, 2010. Disponível em: <https://ppgefhc.ufba.br/pt-br/o-itinerario-cientifico-de->

louis-de-broglie-em-busca-de-uma-interpretacao-causal-para-mecanica. Acesso em: 12 nov. 2023.

TELES, V. C.; ANDREANI, L.; VALADARES, L. F. **Uso de microscopia de luz e eletrônica como técnicas de análise morfológica**. Brasília, 2017 (Comunicado técnico).

TELES, Nuno; FONSECA, Maria Joao. A Importância do Microscópio Ótico na Revolução Científica – das práticas educacionais à representação museológica. **História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**. v. 12, 2019. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/hcensino/article/view/44792/30983>. Acesso em: 12 nov. 2023.

THE NATIONAL GALLERY. A view of Delft. **National Gallery** [site], [s.n.]. Disponível em: <https://www.nationalgallery.org.uk/paintings/carel-fabritius-a-view-of-delft>. Acesso em: 12 nov. 2023.

TÖRÖK, P; KAO, FJ. **Springer: optical imaging and microscopy**. 2. ed. New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007.

UNIVERSIDADE DE HARVARD. Micrographia (1665). **Harvard.edu** [site], 2011. Disponível em: <https://huh.harvard.edu/book/micrographia-1665>. Acesso em: 12 nov. 2023.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ. Laboratório de microscopia eletrônica. **Laboratórios do instituto de física e química da Unifei** [site], 9 nov. 2020. Disponível em: <https://labs-ifq.unifei.edu.br/?p=1292>. Acesso em: 12 nov. 2023.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. Núcleo de microscopia e microanálise integra projeto internacional que fortalece rede de bioimagem e ações de divulgação científica. **Ufv notícias** [site], 3 dez. 2021. Disponível em: <https://www2.dti.ufv.br/noticias/scripts/exibeNoticiaMulti.php?codNot=36287>. Acesso em: 12 nov. 2023.

VALÉRIO, M.; TORRESAN, C. A invenção do microscópio e o despertar do pensamento biológico: um ensaio sobre as marcas da tecnologia no desenvolvimento das ciências da vida. **Revista de Ensino de Biologia da Associação Brasileira de Ensino de Biologia (SBEnBio)**, v. 10, p. 125, 2017.

VOLKMANN, H. Ernst Abbe e seu trabalho. **Appl.** v. 5, p. 1720-1731, 1966.

WILLIAMS, David B.; CARTER, C. Barry. **Transmission Electron Microscopy: a textbook for materials science**. Springer: Nova York, 2009.