



Ministério da Saúde

FIOCRUZ
Fundação Oswaldo Cruz



ESCOLA POLITÉCNICA DE SAÚDE
JOAQUIM VENÂNCIO

Yan Martins Lopes de Araujo

LUZ E MICROSCOPIA: UM ESTUDO DAS RELAÇÕES DA ÓPTICA COM A
BIOTECNOLOGIA

Rio de Janeiro

2023

Yan Martins Lopes de Araujo

LUZ E MICROSCOPIA: UM ESTUDO DAS RELAÇÕES DA ÓPTICA COM A
BIOTECNOLOGIA

Monografia apresentado à Escola Politécnica de
Saúde Joaquim Venâncio – Fundação Oswaldo
Cruz (EPSJV-Fiocruz) como requisito parcial para
aprovação no Curso Técnico em Biotecnologia.

Orientador(a): David Andrade Marques Da Silva

Rio de Janeiro

2023

Yan Martins Lopes de Araujo

LUZ E MICROSCOPIA: UM ESTUDO DAS RELAÇÕES DA ÓPTICA COM A
BIOTECNOLOGIA

Monografia apresentado à Escola Politécnica de
Saúde Joaquim Venâncio – Fundação Oswaldo
Cruz (EPSJV-Fiocruz) como requisito parcial para
aprovação no Curso Técnico em Biotecnologia.

Aprovado em __/__/__.

BANCA EXAMINADORA

[Nome do/a Professor/a Orientador/a]

EPSJV/FIOCRUZ

[Nome do/a Professor/a Convidado/a]

[Instituição do convidado]

[Nome do/a Professor/a Convidado/a]

[Instituição do convidado]

*Dedico esse trabalho
a minha mãe, Simone;
ao meu pai, Jorge;
à minha irmã, Juliana;
e ao meu irmão Wellington.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha mãe por todo o apoio aos estudos e por ter me guiado para o caminho da educação. Sem ela e seu esforço, este trabalho não existiria. Gostaria de agradecer também a professora Carla de História, que foi ela quem “plantou” na cabeça de minha mãe o caminho das escolas federais, como a EPSJV. Gostaria de agradecer aos meus amigos, como Gabriella, Matheus, Joana, Guilherme e Rafaelque sempre me apoiaram. Gostaria de agradecer a toda minha família. Por fim, gostaria de agradecer ao meu professor/orientador David, pois aceitou embarcar comigo nessa aventura desse tema de monografia e por ter me guiado para conseguir concluí-la.

*Se cheguei
até aqui foi porque
me apoiei no
ombro dos
gigantes
(Isaac
Newton)*

RESUMO

O presente trabalho visa esclarecer a relação entre a biotecnologia. Para isso, passará pelo desenvolvimento da primeira até chegar-se a um tema em comum das duas, a microscopia. A partir daí vê-se uma enorme relação de uma com outra. Ademais, como essa é uma pesquisa que contribuirá para a história da ciência, apresentará em certa medida uma abordagem crítica. Isso pois, uma das bases da monografia é a formação politécnica. Por fim, a metodologia para consiste na análise qualitativa de artigos, dissertações, teses, livros e revistas.

Palavras-chave: Óptica. Microscopia. Biotecnologia.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Imagem 1 – Lentes Convergentes	24
Imagem 2 – Lentes Divergentes	25
Imagem 3 – Comportamento das Lentes Convergentes	25
Imagem 4 – Comportamento das Lentes Divergentes	26
Imagem 5 – Ilustração de como seria o microscópio de Jansen	27
Imagem 6 – Microscópio de Hooke	28
Imagem 7 – A esquerda os compartimentos que Hooke deu o nome de cellulae; a direita uma formiga observada por Hooke com seu microscópio.	28
Imagem 8 – Microscópio de Leeuwenhoek	29
Imagem 9 – Bactéria e protozoário vistos por um microscópio de 302x de ampliação (vistos por um microscópio de lente única como os de Leeuwenhoek)	30
Imagem 10 – Cianobactérias e um rotífero numa amostra de água de um lago raso vistos por um microscópio de 116x de ampliação (vistos por um microscópio de lente única como os de Leeuwenhoek)	30
Imagem 11 – Acima, espectro eletromagnético e algumas de suas aplicações.....	34
Imagem 12 – Acima, experimento de Newton com o prisma	34
Imagem 13 – Microscópio Eletrônico de Transmissão de Max Knoll e Ernst Ruska	36
Imagem 14 – Microscópio óptico atual	38
Imagem 15 – Espectro de cada elemento químico	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EPSJV – Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio

MET – Microscopia Eletrônica de Transmissão

MEV – Microscopia Eletrônica de Varredura

PPP – Projeto Político Pedagógico

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	17
1.2 JUSTIFICATIVA	18
1.3 OBJETIVOS	19
2. METODOLOGIA	19
3. A ÓPTICA E A MICROSCOPIA	20
3.1 A ÓPTICA GEOMÉTRICA	20
3.2 LENTES	24
3.3 MICROSCOPIA ÓPTICA	26
3.4 ÓPTICA FÍSICA E MICROSCOPIA ELETRÔNICA	30
3.4.1 UMA BREVE HISTÓRIA DA ÓPTICA FÍSICA	31
3.4.2 FÍSICA MODERNA	32
3.4.3 MICROSCOPIA ELETRÔNICA	35
4. A BIOTECNOLOGIA E A FORMAÇÃO POLITÉCNICA	37
4.1 BIOTECNOLOGIA E ÓPTICA	37
4.2 FORMAÇÃO POLITÉCNICA	39
CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
REFERÊNCIAS	42

1. INTRODUÇÃO

A óptica é um ramo da física que estuda fenômenos relacionados à luz. Essa pode ser dividida entre óptica geométrica e óptica física. (VILLAS BÔAS, DOCA, BISCOULA, 2012). A biotecnologia é uma ciência multidisciplinar que, de maneira geral, consiste no uso de técnicas de manipulação de seres vivos para uso social ou econômico. (FALEIRO, de ANDRADE, 2011). Olhando superficialmente, essas duas áreas não possuem nada em comum. Porém, isso não é verdade.

Ao longo dos anos, a óptica se desenvolveu desde de teorias que consideravam a luz como raios retilíneos até as que consideram a luz como onda e/ou partícula. Teorias platônicas, depois arábicas – com Al-Hazen-, depois renascentistas com Leonardo da Vinci, e assim por diante. (BASSALO, 1986) (KEELE, 1955). Com base nesses pressupostos, desenvolveu-se instrumentos ópticos que tinham a capacidade de ampliação da visualização de imagens, dentre eles tem-se o microscópio. A partir dessa criação, foi possível a observação de um novo mundo, o microscópico. Robert Hooke, com sua obra *Micrographia* (1665), mostra suas observações feitas por um microscópio, de insetos, tecidos. Anton Van Leeuwheoek, com seu microscópio de uma lente, conseguiu fazer observações com até 300x de ampliação e descobriu as bactérias. Atualmente, tem-se microscópios eletrônicos que possuem capacidade de ampliação de 100.000 vezes. Todos esses instrumentos usados na área biológica mas com bases ópticas. (CROFT, 2006).

Ademais, de maneira a justificar a pesquisa em volta da pergunta “como a óptica se relaciona com a biotecnologia?”, tem-se que esse trabalho, de maneira a contribuir com a história da ciência, segue os pressupostos da Educação Politécnica, e visa formar indivíduos com pensamento crítico, reflexivos, não alienados.

Por fim, a abordagem da pesquisa consiste em apresentar um histórico da óptica mostrando personagens importantes e muitas vezes seus interesses por trás, o porquê de estarem pesquisando sobre essa área da física. E ainda mostrar o desenvolvimento da microscopia. Dessa maneira, a presente monografia apresentará esses aspectos para então cumprir com o objetivo geral de esclarecer a relação da óptica com a biotecnologia.

1.2. JUTIFICATIVA

De acordo com Matthews, 1995, a história, a filosofia e a sociologia da ciência podem contribuir para um melhor entendimento da matéria científica, podem tornar as aulas mais desafiadoras e reflexivas, o que leva os alunos ao pensamento crítico, humaniza a matéria e “demonstra que a ciência é mutável e instável e que, por isso, o pensamento científico atual está sujeito a transformações que se opõem a ideologia cientificista”.

Veja que, o cientificismo consiste em, de maneira geral, idealizar a ciência e a racionalidade do método científico, isso de maneira a tratá-los como a solução para todos os problemas. Como consequências, o indivíduo cientificista ignora que o conhecimento científico também é produzido por outro indivíduo e que por isso está sujeito a erros, limitações, interesses. Perceba que, pensando no contexto educacional, o conhecimento passado dessa maneira, apenas idealiza mais a ciência e faz com que o estudante apenas aprenda o resultado de uma teoria que se estabeleceu, por exemplo. Não entende os processos que levou a determinada conclusão, os erros, as pessoas envolvidas, etc. (GASPARATOU, 2017) (CROCHÍC, MASSOLA e SVARTMAN, 2015)

Ademais, a presente pesquisa segue o Projeto Político Pedagógico (PPP) da Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio (EPSJV), instituição em que está sendo feita. Disso, os valores de Educação Politécnica - aqueles que sugerem uma formação do indivíduo integrando trabalho intelectual e manual, visando uma formação omnilateral (multilateral, integral) - estão sendo reproduzidos aqui. (RODRIGUES, 2008, p. 168 - 175). Pois veja que essa formação favorece a não alienação do indivíduo e no processo de ensino-aprendizagem, faz com que o conhecimento passado do professor ao aluno seja aprofundado e não raso e objetivo. (JUNIOR, 2008; p. 284-292). Além disso, um dos objetivos do PPP é que o Programa de Ensino Médio possibilite a “a formação de sujeitos críticos e criativos capazes de interferir na sua realidade” (EPSJV p.310, 2005). Há, portanto, uma relação direta entre a história da ciência e a educação politécnica.

Dessa maneira, o presente trabalho, pesquisando sobre a relação da óptica com a biotecnologia (um dos cursos da EPSJV e o curso do autor dessa pesquisa), seguirá o então apresentado. Dessa forma, contribuirá para a história da ciência de maneira crítica, apresentando novos personagens seus contextos e interesses; com uma perspectiva didática e que vise difundir esses conhecimentos a qualquer público.

1.3. OBJETIVOS

1.1.1. OBJETIVO GERAL

Estudar o desenvolvimento histórico da óptica e de seus instrumentos, com enfoque no microscópio, de maneira a esclarecer a relação da óptica com a biotecnologia.

1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Estudar a História da Óptica desde a Modernidade com enfoque no desenvolvimento dos microscópios e da microscopia;
- 2) Estudar a Formação Politécnica, mostrando o que é a biotecnologia e como essa formação, aliada a história da ciência impacta no ensino;

2. METODOLOGIA

A metodologia desse estudo se baseia numa análise qualitativa de artigos, livros e discussões relacionadas ao desenvolvimento da óptica ao longo dos anos (desde a Antiguidade até a Contemporaneidade), sobre a História da Ciência, sobre Formação Politécnica e sobre a história da biotecnologia. Daí, serão utilizados como instrumentos para a pesquisa, bibliotecas como SCIELO, PERIODICOS Capes, PERIODICOS UFES - revista Cadernos de Astronomia (v.1, n.1, 2020 (Gravitação)), Researchgate e Google Acadêmico. Para pesquisarmos sobre a história óptica, usamos como descritores (em todos os campos): óptica antiguidade, óptica geométrica, óptica moderna, óptica Newton, óptica Kepler. Para pesquisarmos sobre a história dos instrumentos ópticos, usamos como descritores (em todos os campos): telescópios, história telescópio, telescópio Galileu, microscópio ótico, telescópios espaciais. Para pesquisarmos sobre Formação Politécnica utilizamos a segunda edição do Dicionário da Educação Profissional em Saúde. Para a seleção de documentos foi feita uma avaliação caso esses eram revisados por pares ou não, sendo escolhidos apenas os revisados. O período de busca foi de, aproximadamente, 12 meses. Em cada capítulo pretende-se fazer um resumo sobre o assunto, apontando fatores considerados importantes para a pesquisa.

3. A ÓPTICA E A MICROSCOPIA

Nos dias atuais, óptica consiste num ramo da física que estuda os fenômenos relacionados à luz (ou, de maneira geral, à energia radiante, que seria aquela que se propaga por meio de ondas eletromagnéticas). Disso, temos a óptica geométrica, aquela que estuda os fenômenos com enfoque nas trajetórias seguidas pela luz; e a óptica física, aquela que estuda os fenômenos ópticos que dependem de teorias que constituem a luz. (VILLAS BÔAS, DOCA, BISCUOLA, 2012).

3.1 A ÓPTICA GEOMÉTRICA

Observe que, primeiramente, tem-se trabalhos datados de 300 a.C. que tratavam sobre óptica, como a obra “*Optika*” de Euclides. Nesse período, as interpretações sobre a óptica e as tentativas de explicação para os fenômenos da visão eram principalmente baseadas em raios retilíneos emitidos pelos olhos que, ao entrarem em contato com algum corpo, figuravam sua imagem. (MARTINS, 2022; NETO, 2013; BASSALO, 1986). Mas, mesmo nesse período, de acordo com Bassalo (1986), o pai da geometria, em seu “*Catóptrica*” (obra em que estudava o comportamento da luz em espelhos planos, convexos e côncavos) já desenvolveu corretamente a lei da reflexão, dizendo que o ângulo de reflexão é igual ao ângulo de incidência (isso para espelhos planos ou esféricos). Ptolomeu, se baseando nas teorias de Euclides, também estuda muito a óptica e ainda aperfeiçoa as teorias euclidianas. Aqui, Ptolomeu já estudava fenômenos de reflexão em espelhos planos e convexos e ainda das refrações dos raios visuais. (BLAY, 2007)

Já mais a frente, por volta dos anos 1000, essas explicações sobre óptica que predominaram na Antiguidade sofrem grande declínio. O árabe Ibn al-Haythman (Alhazen em latim), se baseando nos estudos de Ptolomeu, enfatiza que o agente físico da percepção é a luz, sendo essa vinda de uma fonte luminosa ou iluminando algum objeto e por fim, penetrando no olho. Veja que o físico estuda também a anatomia do olho para verificar o funcionamento da recepção de luz. Para ele é ao cristalino, mais do que a retina, que o papel sensorial é atribuído. (BLAY, 2007) Alhazen introduz a noção de movimento na óptica geométrica, descobre a lei de reciprocidade (“onde os raios que refletem também retornam no mesmo ângulo de incidência”; que depois estará presente nos trabalhos de Newton e Huygens) e fornece elementos que servem de base para a lei de refração, por exemplo. (BIÃO, 2021). Ademais, em seu “*Tesouro da Óptica*”, o físico mostrou que, quando olhamos para diretamente para o sol e depois fechamos

os olhos, ainda é possível ver uma imagem do astro. Observe que esse fenômeno não poderia ser explicado com a ideia de raios visuais, pois ao fechar os olhos deveríamos parar de enxergar completamente. Assim, e com a ajuda de outras observações, o físico derrubou a ideia de raios visuais. (BARROS e CARVALHO, 1998).

É interessante ressaltar que Alhazen, após ir em uma missão concedida pelo califa fatídima para o estudo de uma possível construção de uma represa no Rio Nilo, e concluir que não seria possível fazê-la, finge loucura por medo de sua segurança pessoal. E nisso, se confina em seu apartamento e fica lá até a morte do califa em 1021 d.C. Após essa internação, temos que o árabe em Cairo se dedicava a estudar diversos campos da ciência, dentre eles a matemática, a física e a astronomia (provavelmente por volta do período de 1028 d.C a 1038 d.C). Nisso, obtinha uma boa renda por copiar manuscritos de textos científicos clássicos como *os Elementos* de Euclides e *Almagesto* de Ptolomeu. O matemático fez obras como *Shuk̄uk̄ ‘al̄ a Bat̄. l̄ amiȳ us* (*Dubitationes in Ptolemaeum*; Dúvidas sobre Ptolomeu), questionando por exemplo o *Almagesto*, e ainda propôs um modelo de movimento dos planetas em um sistema geocêntrico, o que ainda contribuiu para trabalhos de futuros astrônomos. Ibn Al-Haythman tinha como objetivo reinventar os métodos de prova. (EL-BIZRI, 2018)

Veja que esse desenvolvimento científico na Arábia é derivado principalmente da busca pelo conhecimento pelos muçulmanos. Depois de uma grande expansão territorial islâmica que foi da dominação da península arábica até as bordas da China, o povo oriental entrou em contato com diversas culturas. Além disso, seguindo as ordens de seu líder Allah, pelo Alcorão e pelo profeta Muhammad, mergulharam na ciência e desenvolveram os campos da matemática, medicina, astronomia e até arquitetura. Observe que os muçulmanos traduziam obras gregas para o árabe, o que levou à posterior utilização dessas traduções, aperfeiçoamentos e novas ideias pelos europeus. (AFRIDI, 2013)

Mais à frente, no século XV, um personagem interessante de citar, que é pouco falado na história da óptica, mas que exerceu grandes estudos sobre, é Leonardo Da Vinci, polímata italiano renascentista, conhecido por suas obras de arte, seus estudos na engenharia, matemática, anatomia, dentre outros. Veja que, seguindo Silva e Silva (2005), o renascimento surgiu com a crise do Feudalismo e com a ascensão da burguesia na Europa, principalmente na Itália devido a seu caráter econômico e político. Nisso, os artistas renascentistas buscavam retomar aos conceitos clássicos, do período greco-romano e deixar de lado a “Idade das Trevas”. Nesse contexto, e de acordo com Keele (1955), o interesse de Da Vinci em luz e visão se dava principalmente por sua paixão em observação precisa. E para Bitler (2011), seu interesse em

matemática e perspectiva o levaram a estudar óptica. Disso, temos que em muitas das suas obras de arte, como em “A última ceia” (*The Last Supper*), os fenômenos luminosos como reflexão e refração são feitos com maestria e de maneira precisa. Veja que o artista, primeiramente, aceitava as teorias clássicas que diziam que a os raios luminosos saiam dos olhos e, ao entrarem em contato com algum corpo, figuravam sua imagem. Porém, após suas observações, em cerca de 1492, começou a aceitar as teorias que diziam o contrário, aquelas expressas por Alhazen. (BITLER, 2011, p.27 apud KEMP, 2006, p.114)

Da Vinci fez diversos experimentos para entender o funcionamento da visão. Dentre eles temos um em que envolvia uma caixa escura. De acordo com Keele (1955), o experimento consistia em colocar o olho em uma caixa quadrada com uma pequena abertura, abertura essa que representava a pupila. Atrás da mesma, havia uma bola de vidro que representava as lentes. A posição do nervo óptico era ocupada pelos olhos. Havia também uma folha de papel dentro da caixa perto da abertura. Disso, o polímata descreveu que por essa abertura passava luz, e essa luz ao entrar em contato com a folha de papel, produzia a imagem da fonte. Mas essa imagem seria menor, por conta de o papel estar próxima ao orifício e de cabeça para baixo devido a intersecção dos raios luminosos passando pela abertura.

Ainda de acordo com Keele (1955), Da Vinci antecipou Newton ao produzir o espectro da luz branca. Em uma carta de título “Como o olho não participa da criação das cores do arco-íris” (*How the eye has no share in the creation of the colours of the rainbow* – em tradução direta) de Da Vinci na Coleção Desenhos de Windsor, o artista descreve como veríamos as cores de um arco-íris através de um copo d’água. Veja o trecho:

But if you place this glass full of water on the level of the window so that the sun's rays strike it on the opposite side, you will then see the aforesaid colours, producing- themselves in the impression made by the solar rays which have penetrated through this glass of water, and terminated upon the floor in a dark place at the foot of the window: and since here the eye is not employed we clearly can say with certainty that these colours do not derive in any way from the eye. (KEELE, 1955, p. 390)

Não podemos deixar de falar dos trabalhos de Johannes Kepler, destacando a obra Suplento a Witelo (*Ad Vitellionem Paralipomena*) (1604). Nele, Kepler diz que um corpo era formado por vários pontos que emitiam raios retilíneos para todos os lados de maneira indefinida até que esses encontrassem um obstáculo. Em contato com o olho, esses raios

formavam um cone com vértice no objeto que o emitia e base na pupila. Daí a mente interpretava e criava uma figura do objeto e determinava ainda a localização e posição do mesmo (para isso, Kepler criou a lei do triângulo telemétrico). (BARROS e CARVALHO, 1998)

Ainda na Renascença, o físico italiano Galileu Galilei faz diversas descobertas com instrumentos ópticos. É interessante ressaltar que a melhora na técnica de polimento de vidros levou ao estabelecimento de muitos fabricantes de óculos que, por sua vez, desenvolveram diversos aparelhos ópticos, dentre eles o microscópio e o telescópio. E isso leva a Galileu por exemplo, a fazer diversas descobertas sobre o sistema solar por meio do telescópio. Para embasar essas descobertas, Kepler, desenvolve em 1610 o tratado “Dióptrica, ciência da refração das lentes” (seu *Dioptrice*) em que estabelece a teoria da óptica instrumental. (BASSALO, 1986)

Ainda não havia uma representação matemática sobre o fenômeno da refração. Nisso, temos o trabalho de Descartes: “*La Dioptrique*” (suplemento ao seu trabalho *Discours*) e o de Pierre Fermat em 1657 com seu princípio do tempo mínimo. Há outros personagens envolvidos nesse período de representação da lei de refração, como Snell (de acordo com Born e Wolf, 1978, Descartes provavelmente conhecia escritos de Snell sobre refração - que não fez nenhuma de suas descobertas públicas - mas não fez nenhuma referência em seus trabalhos). Nesse trabalho, Descartes mostra que são os senos (semi-cordas do dobro dos ângulos de incidência e de refração) que são constantes, e não os ângulos de incidência e refração, quando a luz atravessa a superfície de separação de dois meios transparentes. Sua expressão é a seguinte: $n_1 \cdot \sin i = n_2 \cdot \sin r$, em que n_1 representa o primeiro meio e “ i ” representa o ângulo de incidência da luz, n_2 representa o segundo meio e “ r ” representa o ângulo de saída da luz. (MARQUES, s.d) Para Fermat, com seu princípio do tempo mínimo “a natureza sempre escolhe os menores caminhos”. (BORN e WOLF, 1980). Daí a luz sempre seguiria a trajetória que levasse menos tempo. Para concluir isso, Fermat formulou que a velocidade da luz era menor em meios mais densos (o contrário de Descartes). E isso foi confirmado posteriormente pelo físico e astrônomo holandês, Cristiaan Huygens em seu tratado *la Lumière* publicado em Paris, em 1678. Aqui, Huygens com sua teoria ondulatória da luz, demonstra que a relação entre os senos dos ângulos de incidência e de refração (respectivamente, i e r) é igual a relação entre as velocidades da luz nos meios de incidência e de refração (respectivamente, v_1 e v_2). Logo, $\sin(i)/\sin(r) = v_1/v_2$. (BASSALO, 1986)

3.2 LENTES

Historicamente, não se sabe certamente quando surgiram as lentes, como veremos adiante, havia lentes no período da Antiguidade (KASVI, 2019). De acordo com Villas Bôas, Doca e Biscoula (2012), na Itália, no século XIII, iniciou-se a fabricação de lentes para a correção visual, principalmente. Os óculos, por exemplo, seriam desenvolvidos pelo inventor florentino, Salvino D’Armato, em 1285.

De maneira geral, lentes são instrumentos ópticos que funcionam com base na refração da luz através dos mesmos. (TEIXEIRA, s.d). Geralmente são feitas de vidro, cristal ou acrílico. (VILLAS BÔAS, DOCA e BISCOULA, 2012). As lentes são caracterizadas principalmente por serem esféricas e transparentes. Diante disso, de acordo com sua curvatura central, podem ser classificadas como lentes convergentes (positivas) ou divergentes (negativas). As lentes positivas são aquelas em que a parte central é mais espessa que as bordas. Essas, podem ser ainda biconvexas: quando apresentam duas partes convexas; plano-convexas: quando apresentam uma parte plana e outra convexa; ou côncavo-convexas: quando apresentam uma parte côncava e outra convexa. As lentes negativas são aquelas em que a parte central é menos espessa, menos fina, que as bordas. Essas podem ser ainda bicôncavas: quando apresentam duas partes côncavas; plano-côncavas: quando apresentam uma parte plana e outra côncava; ou convexo-côncava: quando apresentam uma parte convexa e outra côncava. (TEIXEIRA, s.d)

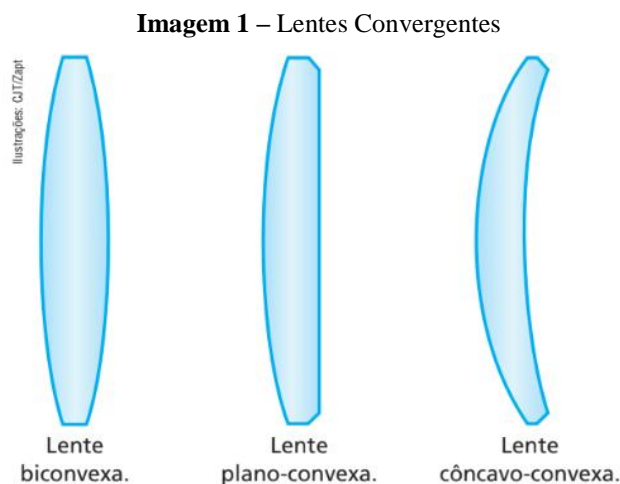


Imagem retirada do livro “Tópicos de Física” vol.2, p.412

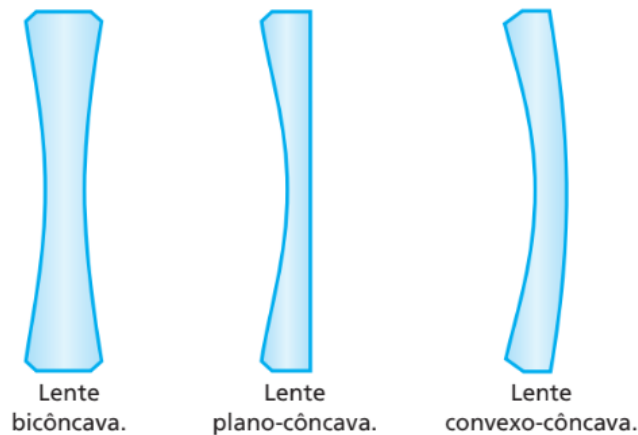
Imagem 2 – Lentes Divergentes

Imagem retirada do livro “Tópicos de Física vol.2, p.412

As lentes podem se comportar de duas maneiras diferentes ao entrarem em contato com a luz, no primeiro caso, os raios de luz que incidem na lente, paralelamente entre si, são refratados com direções que se encontram (que se convergem) num mesmo ponto. No segundo caso, ocorre o oposto: os raios de luz que incidem na lente, paralelamente entre si, são refratados em direções que não se encontram (que se divergem) de um mesmo ponto. (VILLAS BÔAS, DOCA e BISCOULA, 2012, p.413).

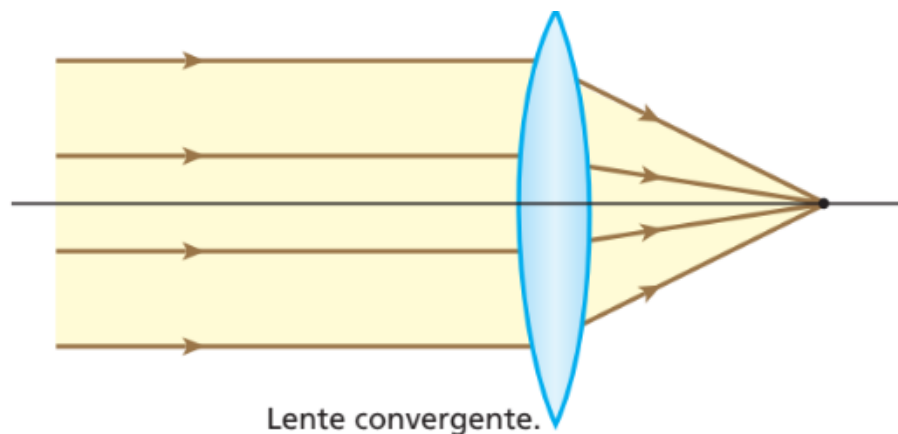
Imagem 3 – Comportamento das lentes convergentes

Imagem retirada do livro “Tópicos de Física” vol.2, p.413

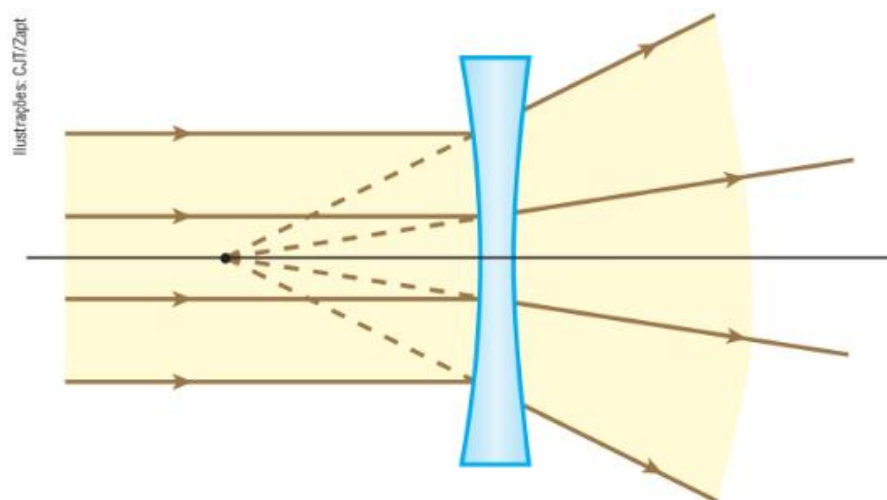
Imagem 4 – Comportamento das lentes divergentes**Lente divergente.**

Imagem retirada do livro “Tópicos de Física” vol.2, p.413

3.3 MICROSCOPIA ÓPTICA

É importante ressaltar que os óculos, que foram desenvolvidos pouco antes dos microscópios, com sua alta utilização, levaram ao estudo da óptica e das lentes. (DAVIDSON, 2015). Diante disso, o fabricante de lentes holandês Zacharias Janssen em cerca de 1595, provavelmente com seu pai, de acordo com Croft (2015), é geralmente o personagem atribuído à criação do primeiro microscópio composto. O fabricante criou um instrumento composto de um tubo com lentes que conseguia ampliar a visualização de objetos. (KASVI, 2019). Prosseguindo com Davidson (2015), o microscópio de Hans consistia em três tubos conectados com uma lente nas extremidades do mesmo, como uma luneta. Porém, aqui os dois tubos das extremidades são capazes de serem movidos para fora ou para dentro, isso para realizar a focagem do que se observa. A lente ocular (aquela que "colocamos" o olho) era biconvexa e a objetiva, plano-convexa. Esse microscópio conseguia ampliar em até dez vezes um objeto. Como possui duas lentes, é chamado de microscópio composto.

Imagem 5 - Ilustração de como seria o microscópio composto de Jansen

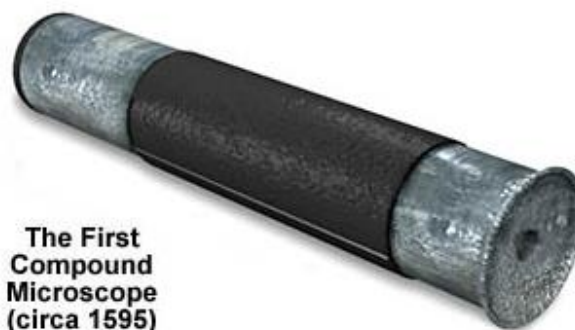


Imagem retirada de: <https://micro.magnet.fsu.edu/primer/museum/janssen.html>

Ainda temos os trabalhos de Robert Hooke (1635-1703), curador de experimentos na Royal Society de Londres, com microscopia. (CROFT, 2006). E por conta disso, de acordo com Martins (2011) Hooke deveria apresentar periodicamente vários experimentos à Royal Society. Ainda, tem-se que os estudos de Hooke com microscopia não foram apenas a pedido da Royal Society. Pois conhece-se um conjunto de esboços de desenhos de insetos feitos pouco antes de *Micrographia*, em 1660 e 1661 (Neri, 2003, p. 98, 116. Apud Martins, 2011, p. 115). Veja que seu microscópio foi construído a partir dos princípios utilizados por Galileu na sua luneta, como afirmam González, González e González (2004). Em sua obra *Micrographia* (1665), Hooke mostra observações feitas pelo seu próprio microscópio. Dentre elas constam observações de tecidos e insetos. Foi nessa obra que o termo *cellulae* (ou células) aparece pela primeira vez, após Hooke observar estruturas orgânicas compartimentadas em cortes finos de cortiça (células mortas). (TELES e FONSECA, 2019). Hooke, nessa obra fez ainda a primeira descrição conhecida de um microorganismo, o fungo microscópico do gênero *Mucor*. (MARTINS, 2011)

Imagem 6 – Microscópio de Hooke

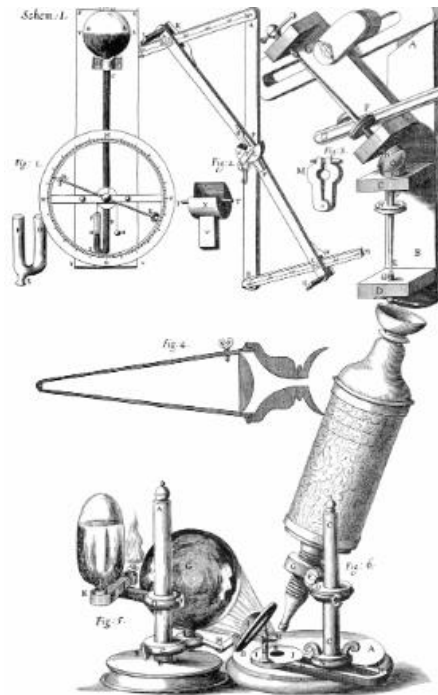
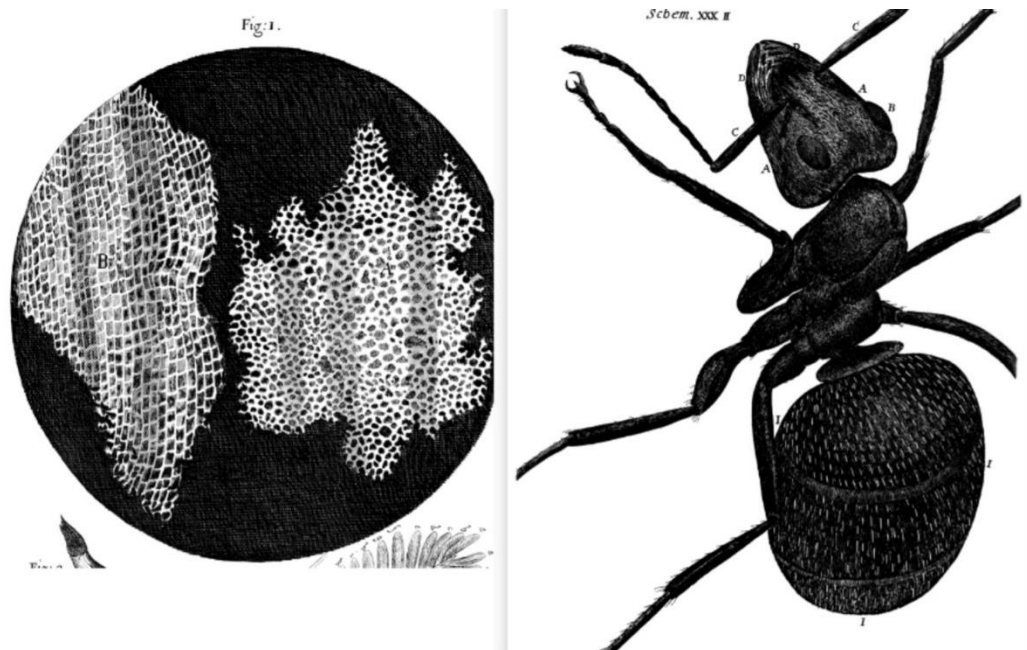


Imagem retirada da obra “Micrographia” (1665) de Robert Hooke

Imagem 7 – A esquerda os compartimentos que Hooke deu o nome de cellulae; a direita uma formiga observada por Hooke com seu microscópio.



Imagens retiradas da obra Micrographia (1665) de Robert Hooke

Outro personagem importante no início da microscopia é Anton van Leeuwenhoek, comerciante de tecidos holandês. Leeuwenhoek construiu microscópios de altas ampliações, que chegavam até 270x, podendo enxergar 1 μ m. Por meio de seus instrumentos, conseguiu observar bactérias pela primeira vez na história da humanidade; descreveu ainda os espermatozoides humanos em 1667 e observou seres vivos na água, os que chamamos hoje em dia de protozoários. (TELES e FONSECA, 2019). Ademais, é interessante ressaltar que Leeuwenhoek construiu microscópios com apenas uma lente. É interessante ressaltar que o próprio Robert Hooke descreveu como seria feito um microscópio desse tipo e ainda ficou sabendo de algumas observações que Leeuwenhoek fez de acordo com sua obra *Lectiones Cutlerianae* de 1679. Porém, para Hooke, o uso desses instrumentos de lente única era “ofensivo” aos seus olhos. Embora a imagem vista através desses instrumentos fosse mais clara e não havia tantas perturbações das cores. (HOOKE, 1679). Esses microscópios de Leeuwenhoek eram capazes de ampliar até 180x, por exemplo. Seu instrumento mais poderoso ampliava em 300x e conseguia enxergar cerca de 1,4 micrômetros. (CROFT, 2006).

É importante mencionar que esses microscópios ópticos citados são todos baseados na refração da luz através das lentes de vidro.

Imagem 8 – microscópio de Leeuwenhoek



Imagem retirada de: <https://micro.magnet.fsu.edu/primer/museum/leeuwenhoek.html>

Imagem 9 – Bactéria e protozoário vistos por um microscópio de 302x de ampliação (vistos por um microscópio de lente única como os de Leeuwenhoek)

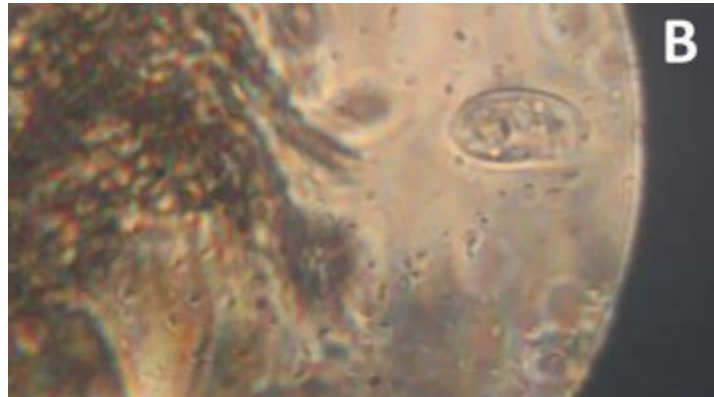


Imagem retirada de Robertson (2015)

Imagem 10 – Cianobactérias e um rotífero numa amostra de água de um lago raso vistos por um microscópio de 116x de ampliação (vistos por um microscópio de lente única como os de Leeuwenhoek)



Imagem retirada de Robertson (2015)

3.4 A ÓPTICA FÍSICA E A MICROSCOPIA ELETRÔNICA

Neste capítulo, será brevemente apresentado aspectos da óptica física e alguns conceitos importantes que ajudarão o leitor a entender a base do funcionamento de microscópios, principalmente os eletrônicos. Como já foi dado previamente um histórico da óptica de maneira mais detalhada, a abordagem aqui será mais breve, mostrando os principais conceitos desse campo e os personagens por trás disso.

3.4.1 UMA BREVE HISTÓRIA DA ÓPTICA FÍSICA

Um marco interessante para situar o início da óptica física (ou ondulatória, de acordo com Bassalo (1987)), é o estudo do fenômeno de difração da luz. Esse fenômeno foi estudado principalmente por Francesco Maria Grimaldi (1618 – 1663), físico italiano. Em sua obra póstuma de 1665 intitulada *Physico-Mathesis de Lumine, Coloribus et Iride*, o físico descreveu algumas experiências que mostraram que a luz poderia se propagar de uma maneira diferente das então conhecidas, a qual denominou de difração. Grimaldi, em um de seus experimentos, mostrou que se um feixe de luz branca passar através de dois estreitos orifícios, um atrás do outro, e depois incidir num anteparo branco, haverá neste anteparo uma região iluminada que não deveria existir segundo o conceito de que a luz se propaga em linha reta. Parecia que a luz fazia “curvas” ao passar pelos orifícios (ASIMOV, 1974, apud BASSALO, 1987, p.141). O físico ainda fez observações referentes ao fenômeno da interferência (o qual falaremos depois), em que nas bordas da região iluminada falada acima, havia colorações avermelhadas e azuladas. (BASSALO, 1987).

Ainda de acordo com Bassalo (1987), com os estudos de Robert Hooke (1635 –1703) como *Micrographia* (o qual falaremos adiante), e do físico inglês Robert Boyle (1627 – 1691), Sir Isaac Newton (1642 – 1727), matemático inglês, em 1666, começou a estudar bastante as cores exibidas por películas finas. Podemos destacar seu trabalho “*Óptica*” (1704). Com uma interpretação corpuscular da luz - observe que Newton não antecipou o conceito de dualidade onda partícula da luz conforme estudos mais recentes como o de Breno Moura e Cibelle Silva (2008) -, o físico e matemático lançou o compilado com três livros que tratavam, respectivamente, sobre: a concepção de luz branca por meio de experimentos com prismas (veja que de acordo com Bassalo (1987), parece haver sido o filósofo e estadista romano Lucius Annaeus Sêneca (4 a.C. -65 d.C.) quem primeiro observou a decomposição da luz nas cores do arco íris ao atravessar um pedaço de vidro); dos fenômenos conhecidos como “Anéis de Newton” (anéis de cores em películas finas) que, podem atualmente, serem explicados através do conceito de interferência entre ondas luminosas (observe que apesar de Newton considerar o ideia corpuscular da luz, o mesmo aplicava propriedades ondulatória na mesma); e, por último, sobre o fenômeno de difração da luz. (MOURA e SILVA, 2008)

Por conta de novos fenômenos envolvendo a luz, como a difração, novas tentativas de explicação da natureza da luz foram propostas. Christiaan Huygens (1629 - 1695) propôs em seu *Tratado Sobre a Luz* (1690), que a luz se propagaria por vibração, como pulsos não periódicos que se propagam pelo ar. (HUYGENS, 1690)

Se a luz gasta tempo para essa passagem - o que vamos examinar agora - seguir-se-á que esse movimento impresso à matéria é sucessivo e que, conseqüentemente, ele se espalha, assim como o som, por superfícies e por ondas esféricas. Eu as chamo "ondas" por semelhança àquelas que vemos formarem-se na água quando aí se joga uma pedra e que representam uma propagação sucessiva circular - embora proveniente de uma outra causa e somente em uma superfície plana (HUYGENS, 1690)

3.4.2 FÍSICA MODERNA

Após essas e outras tentativas de explicação sobre a natureza da luz, já na física moderna, com o desenvolvimento da Física Quântica, novas teorias foram desenvolvidas. James Clerk Maxwell (1831 –1879), físico escocês, estabeleceu em 1860 quatro equações que tratavam dos fenômenos elétricos e magnéticos. Equações essas que implicavam na possibilidade de propagação conjunta de campos elétricos e magnéticos. Esses campos ao se propagarem constituem as radiações eletromagnéticas (luz visível, radiações ultravioletas, infravermelho, etc.) e se comportam como ondas, por isso também são chamadas de ondas eletromagnéticas. Maxwell concluiu que a luz visível é uma onda eletromagnética por conta que uma relação vinda de suas equações para o cálculo da velocidade de propagação dessas ondas no vácuo resultava numa velocidade coincidente a da luz (calculada experimentalmente). (VILLAS BÔAS, DOCA, BISCUOLA, 2012)

Outro fenômeno observado e que contesta com esse modelo ondulatório proposto por Maxwell é o efeito fotoelétrico. O físico russo Alexander Stoletov (1839-1896), foi o primeiro a observá-lo em 1872. Esse efeito se dá quando radiações eletromagnéticas incidem numa chapa metálica fazendo com que cargas elétricas presentes na placa, absorvam energia o suficiente para escapar dessa chapa. Depois, foi constatado que essas cargas elétricas são os elétrons. Para a explicação desse fenômeno, o físico alemão Albert Einstein (1879 - 1955) estendeu a teoria de Max Planck¹ (nota de rodapé: Max Planck ao estudar radiações do corpo negro postulou a seguinte expressão: $E = n h f$, em que “E” é a energia das cargas elétricas oscilantes (osciladores harmônicos), “n” é número inteiro denominado número quântico, “h” é a constante de Planck e f é a frequência do oscilador. Disso, concluiu que os osciladores eram quantizados) dizendo que a energia das radiações eletromagnéticas também são quantizadas. Logo, essas radiações passaram a ser tratadas como uma emissão de feixes de partículas chamadas *fótons*, e a relação da energia foi dada por $E = h f$. Por meio dessa relação se explicava o efeito fotoelétrico pois,

ao uma radiação eletromagnética de frequência f incidir uma placa metálica, haverá colisões entre os fótons da radiação e os elétrons da placa. Disso, tem-se que um fóton poderia ceder sua energia a um elétron e esse se desprender da placa (caso a energia seja suficiente). Mas observe que essa explicação de Einstein se baseia em “corpúsculos” (cada fóton é um pequeníssimo corpo dotado de energia) ou “partículas”. Por conta disso, seu modelo das radiações eletromagnéticas é corpuscular e após a descoberta do Efeito Compton em 1923, não se poderia negar a existência desses fótons. (VILLAS BÔAS, DOCA, BISCUOLA, 2012)

Agora, a luz se comporta como onda ou como partícula? Veja que para a explicação de fenômenos como a difração, apenas a teoria ondulatória é capaz. E para o efeito fotoelétrico, tem-se a teoria corpuscular. Diante disso, tem-se a dualidade onda-partícula da luz. Mas a mesma não pode se comportar das duas formas simultaneamente, o físico dinamarquês Niels Bohr (1885-1962) propôs o Princípio da Complementaridade em que dizia que a luz visível (assim como outras radiações eletromagnéticas) exibem um comportamento de cada vez, nunca os dois ao mesmo tempo. (VILLAS BÔAS, DOCA, BISCUOLA, 2012)

Outro conceito importante para o andamento dessa pesquisa é a definição de espectro eletromagnético. Isaac Newton, aqui já citado, fez o experimento de incidir um feixe de luz branca num prisma e disso descobrir que a luz branca era composta das luzes do arco íris. Isso se dava, pois, a luz branca ao ultrapassar o prisma era refratada e disso, espalhava as cores. Essas cores formavam o chamado espectro. O que diferenciava cada cor era o tamanho de cada onda. A luz visível é, portanto, aquela que ocupa o intervalo entre 400 nm e 700 nm. E, por meio das equações de Maxwell o espectro eletromagnético não era composto necessariamente apenas pela luz visível. O que foi comprovado com a descoberta do infravermelho pelo astrônomo britânico William Herschel (1738–1822) em cerca de 1800 por meio de um prisma² (nota de rodapé: para saber mais sobre verificar o livro “Discovering the Universe”). Heinrich Hertz (1857 – 1894) em 1888, por meio de experimentos com eletricidade, descobriu as ondas de rádio. É importante ressaltar que quanto menor o comprimento de onda de uma onda, maior sua energia. Com isso, as ondas abaixo de 400 nm até 10 nm são as radiações ultravioleta. E as ondas abaixo de 10 nm são os raios X, descobertos por Wilhelm Roentgen (1845–1923), em 1895, por meio de uma máquina que o próprio construiu. Com comprimentos de onda abaixo dessa, estão a radiação gama. (COMINS, 2018)

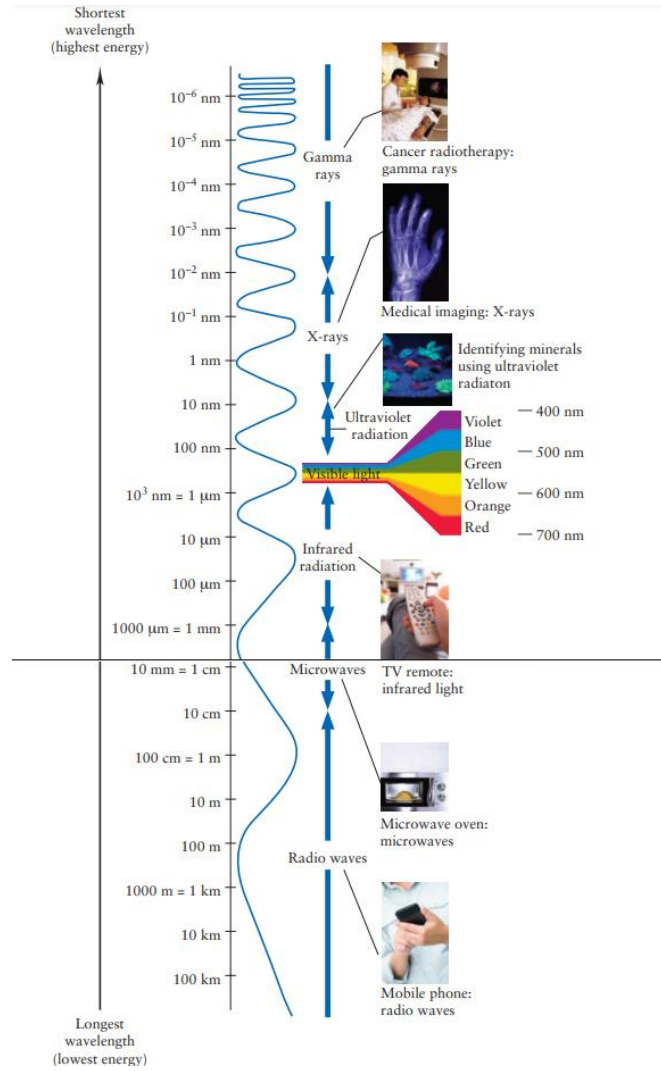


Imagem 11 – acima, espectro eletromagnético e algumas de suas aplicações. (COMINS, 2018)

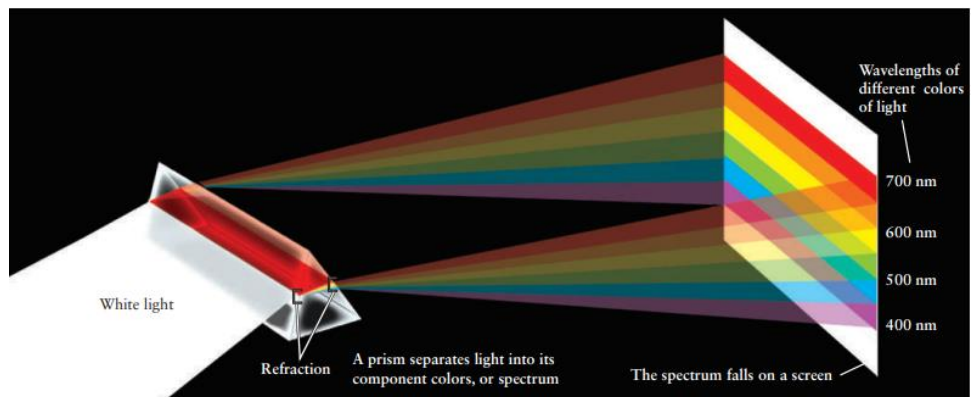


Imagem 12 – acima, experimento de Newton com o prisma. (COMINS, 2018)

3.4.3 MICROSCOPIA ELETRÔNICA.

A microscopia eletrônica, diferente da microscopia óptica, emprega a radiação de feixes de elétrons refratados por meio de lentes eletrônicas (bobinas). E oferece ampliações em escala nanométricas que chegam até 400000x. Essa melhoria na ampliação de imagens está diretamente relacionada com o curto comprimento de onda dos raios eletrônicos (que são de 0,005nm, 100000x menor que a faixa da luz visível que vai de 400 a 700 nm) e a na abertura numérica decorrente da diminuição da distância focal. Ademais, são divididas em dois tipos principais: a microscopia eletrônica de transmissão (MET) e a de varredura (MEV). (GALLETI, 2003). Ainda, por conta de suas cargas, os elétrons podem ser focalizados por campos eletromagnéticos ou eletrostáticos e com isso, formar imagens. (DEDAVID, GOMES, MACHADO, 2007).

De maneira a contextualizar historicamente, cerca de 1925, Louis de Broglie (1892 - 1987), físico francês, postulou que o elétron possuía características ondulatórias, com um comprimento de onda menor que o da luz visível (portanto, mais energético). Depois, cerca de 1927, dois grupos de pesquisa: Davisson e Germer, e Thomson e Reid, independentemente fizeram experimentos de difração eletrônica e demonstraram a natureza ondular dos elétrons. Após isso, não levou tanto tempo para um microscópio eletrônico ser proposto e em 1932, aproximadamente, o primeiro MET foi desenvolvido por Max Knoll e Ernst Ruska. É interessante ressaltar que Ruska menciona que não havia ouvido da teoria de Broglie e acreditava que o limite de comprimento de onda não se aplicava aos elétrons. Knoll e Ruska, com a criação deste instrumento, escreveram um artigo com imagens que fizeram a partir de seu instrumento por meio de lentes eletrônicas. (WILLIANS, CARTER, 2009)

Imagem 13 – Microscópio Eletrônico de Transmissão de Max Knoll e Ernst Ruska



Imagem retirada de (WILLIANS, CARTER, 2009, p. 4) Ernst Ruska de jaleco a direita e Knoll a esquerda

Tem-se ainda o microscópio de varredura que, conceitualmente, foi escrito por Max Knoll em 1935, mas só foi construído em 1938 por Von Ardenne. Observe que esse era um microscópio eletrônico de varredura e de transmissão, pois foi desenvolvido adaptando bobinas de varredura a um MET. (DEDAVID, GOMES, MACHADO, 2007). Veja também que o próprio Von Ardenne descreve os fundamentos teóricos de um MEV num artigo seu publicado em 1937 (ARDERNNE, 1937). O MEV se baseia na emissão de um feixe de elétrons extremamente estreito que varre o espécime (o feixe faz movimentos para frente e para trás através do espécime). Sua principal diferença entre o MET é que fornece imagens relativas a superfície do que se estuda e não da parte interna. (GALLETI, 2003)

Os microscópios eletrônicos se baseiam nos seguintes princípios: poder resolvente (ou de resolução) (I), comprimento de onda (II) e abertura numérica (III). O primeiro consiste na capacidade de distinguir o que se vê, distinguir dois pontos adjacentes com altíssimas ampliações. Pois de nada vale altas ampliações sem conseguir diferenciar o que se ver, não encontrar detalhes. Esse poder resolvente vem do comprimento de onda utilizado e da abertura numérica do sistema de lentes. O segundo nada mais é que, quanto menor o comprimento de onda, maior o poder de observar corpos pequenos. A observação no microscópio funciona com o resultado da interação da luz com o objeto. A luz ao interagir, sofre desvios. Por isso, se mantivermos o mesmo comprimento de luz e observarmos objetos cada vez menores, chegará

um certo ponto que não conseguiremos observar mais nada. Pois não conseguiremos detectar nenhum desvio da luz. Logo, tem-se que a natureza da luz, o comprimento de onda de radiação utilizado, influenciará na quantidade de detalhes que podem ser vistos (resolvidos) num microscópio. O terceiro nada mais é que o ângulo formado pelo eixo óptico e os raios mais externos ainda cobertos pela objetiva. Esse valor está diretamente ligado ao índice de refração do meio pelo qual a radiação é projetada. Diante disso, o limite de observação com detalhes num microscópio é obtido com o menor comprimento de onda de luz e com objetiva de maior abertura numérica. (GALLETI, 2003)

4. A BIOTECNOLOGIA E A FORMAÇÃO POLITÉCNICA

4.1 BIOTECNOLOGIA E ÓPTICA

A biotecnologia é uma ciência multidisciplinar que, de maneira geral, consiste no uso de técnicas que utilizam seres vivos ou, partes desses, para desenvolver processos e produtos que venham desempenhar uma função econômica e/ou social. A biotecnologia passa pela produção de bebidas alcoólicas (na fermentação), pela produção em vacinas, nos alimentos, em redes agrícolas, organismos geneticamente modificados e assim por diante. Historicamente, a biotecnologia existe até mesmo na Antiguidade, como o uso de leveduras na produção de pão e vinho. Um marco histórico que impactou no desenvolvimento dessa ciência, foi a descoberta do mundo microscópico, dos micro-organismos, por Anton Von Leeuwenhoek aqui já citado. Após essa descoberta, Louis Pasteur, em 1862, descobriu a associação desses micro-organismos com processo de fermentação e, posteriormente, o potencial dos mesmos para a produção de vacinas. (FALEIRO; de ANDRADE, 2011).

Imagem 14 - Microscópio óptico atual

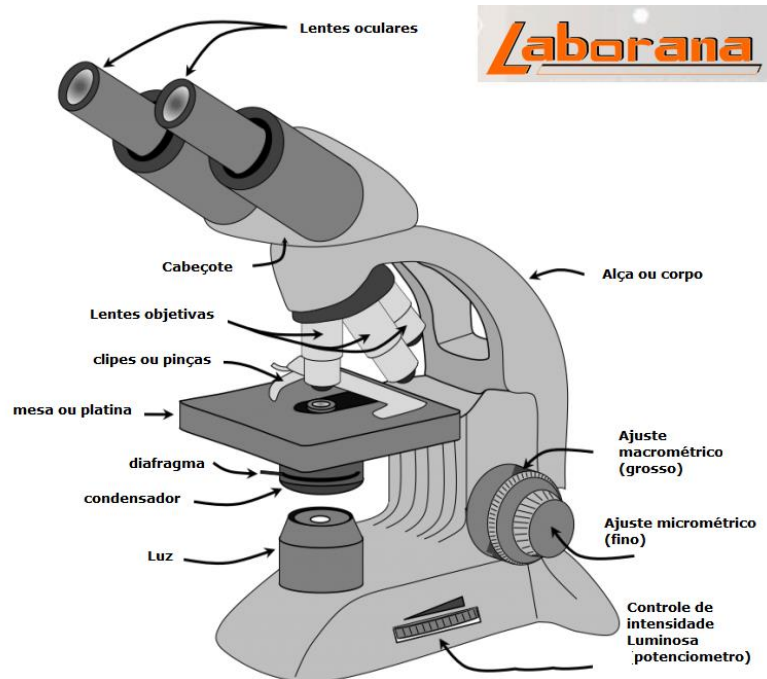


Imagem retirada de: <https://laborana.com.br/blog/microscopio-como-funciona>

Ademais, a óptica não impactou na biotecnologia somente com o microscópio, mas também com a espectroscopia. A partir das explicações sobre a natureza da luz, se fez possível utilizar dela para determinar diferentes corpos, moléculas. Em 1856, o químico alemão Robert Willhem Bunsen (1811 – 1899) inventou o Bico de Bunsen, um instrumento capaz de gerar chamas incolores. O que implica que quando um elemento químico é colocado sobre a chama, as cores dessa serão as do elemento químico. Bunsen, junto de seu colaborador, o físico Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887), por meio de experimentos, descobriu que certos corpos (gases quentes) não emitiam um espectro de luz contínuo. Concluíram que cada elemento emitia seu próprio espectro, sua própria série de linhas no espectro. (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2006).

Imagem 15 – Espectro de cada elemento químico.

1 H hidrogênio																	2 He hélio
3 Li lítio	4 Be berílio											5 B boro	6 C carbono	7 N nitrogênio	8 O oxigênio	9 F flúor	10 Ne neônio
11 Na sódio	12 Mg magnésio											13 Al alumínio	14 Si silício	15 P fósforo	16 S enxofre	17 Cl cloro	18 Ar argônio
19 K potássio	20 Ca cálcio	21 Sc escândio	22 Ti titânio	23 V vanádio	24 Cr cromo	25 Mn manganês	26 Fe ferro	27 Co cobalto	28 Ni níquel	29 Cu cobre	30 Zn zinco	31 Ga gálio	32 Ge germânio	33 As arsênio	34 Se selênio	35 Br bromo	36 Kr criptônio
37 Rb rubídio	38 Sr estrôncio	39 Y itrio	40 Zr zircônio	41 Nb nióbio	42 Mo molibdênio	43 Tc tecnécio	44 Ru rutênio	45 Rh ródio	46 Pd paládio	47 Ag prata	48 Cd cádmio	49 In índio	50 Sn estanho	51 Sb antimônio	52 Te telúrio	53 I iodo	54 Xe xenônio
55 Cs césio	56 Ba bário	57 a 71 Lanthanides	72 Hf hafnínio	73 Ta tântalo	74 W tungstênio	75 Re rênio	76 Os osmio	77 Ir íridio	78 Pt platina	79 Au ouro	80 Hg mercúrio	81 Tl talho	82 Pb chumbo	83 Bi bismuto	84 Po polônio	85 At astato	86 Rn radônio
87 Fr frâncio	88 Ra rádio	89 a 103 Actinides	104 Rf rutherfordório	105 Db dúbnio	106 Sg seabórgio	107 Bh bóhrnio	108 Hs hássio	109 Mt meitnério	110 Ds darmstádio	111 Rg roentgênio	112 Cn copernício	113 Nh nihônio	114 Fl fleróvio	115 Mc moscóvio	116 Lv livermório	117 Ts tenessínio	118 Og oganessônio
57 La lantanídeo	58 Ce cério	59 Pr praseodímio	60 Nd neodímio	61 Pm promécio	62 Sm samário	63 Eu europio	64 Gd gadolínio	65 Tb terbio	66 Dy dissodólio	67 Ho hólmio	68 Er érbio	69 Tm túlio	70 Yb itérbio	71 Lu lutécio			
89 Ac actínio	90 Th tório	91 Pa protactínio	92 U urânio	93 Np netúnio	94 Pu plutônio	95 Am américio	96 Cm cúrio	97 Bk berquélio	98 Cf califórnia	99 Es einstênio	100 Fm fêrmio	101 Md mendelévio	102 No nobélio	103 Lr laurêncio			

Imagem retirada de: Google Images

4.2 FORMAÇÃO POLITÉCNICA

É importante ressaltar que a base desse trabalho de pesquisa consiste na formação politécnica. Isso de forma a justificar o mesmo. Observe que a instituição em que essa pesquisa está sendo desenvolvida, a Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio (EPSJV), de acordo com seu Projeto Político Pedagógico, se opõem “ao positivismo, ao formalismo, ao cientificismo, que congelam, e fetichizam, as trocas, as interações, a intersubjetividade e o diálogo formativo das vozes sociais.” Ademais, se fundamenta no conceito de Educação Profissional Politécnica em que é um processo de construção individual e coletivo, que formam um indivíduo ao longo de relações sociais. (PPP, 2005)

De maneira a ampliar o dito acima, formação politécnica, de acordo com Rodrigues (2008) consiste na concepção marxista de educação e se baseia em três pilares: educação intelectual, educação corporal (exercícios físicos) e educação tecnológica. Com isso, já se conclui que Marx propunha uma educação multilateral. Ademais, sua proposta de Educação Politécnica consiste na integração dos três pilares ditos anteriormente. Ainda, o autor diz que os principais vetores dessa concepção são a educação pública para todos, a combinação entre educação, trabalho manual e intelectual.

Ademais, a politecnia está atrelada a um processo de sociedade transformadora, visto que, de acordo com seus pressupostos acima, tem por objetivo diminuir as desigualdades vindas da divisão do trabalho.

Pensando na relação escolar entre professor e aluno, num mundo capitalista marcado pela propriedade privada e divisão do trabalho, o que faz com que apareça a alienação, tem-se que essa relação se comporta como a de trabalhador e produto. Sendo o trabalhador o professor e o produto os alunos. Nessa perspectiva, há a separação entre trabalho manual e intelectual, faz com que o conhecimento seja pensando diretamente para o mercado e dessa forma seja raso, unilateral. Além disso, forma, conseqüentemente indivíduos alienados.

Professores e alunos, no interior da ordem capitalista, são considerados em termos daquilo que podem produzir, e, portanto, as produções consideradas como valiosas são aquelas que podem ser avaliadas com facilidade. Muitos alunos sofrem as pressões das notas, pontos, exames, qualificações. O processo envolvido na atribuição de notas e avaliação influencia também os professores, afetando suas relações, a maneira pela qual lecionam e o próprio currículo. Os professores podem ser considerados ao mesmo tempo como trabalhadores e como mercadorias em produção. Dentro da escola, o aluno tem também um potencial de trabalho. Ao trocar o produto de seu trabalho por objetos na forma de pontos, notas, ou diplomas e certificados, podemos compará-los aos salários, ou recompensa. (SILVA, 2005, p.106)

É interessante mencionar que esse tipo de abordagem de se contrapõe ao cientificismo que, como dito na justificativa desse trabalho, consiste em idealizar a ciência e a racionalidade do método científico, tratando-os como verdades absolutas, a solução para tudo. (GASPARATOU, 2017; CROCHÍC, MASSOLA e SVARTMAN, 2015).

Dessa forma, juntando todos esses aspectos citados, o presente trabalho visa contribuir com os objetivos da formação da EPSJV. E conversando ainda diretamente com a formação do técnico em biotecnologia, curso que a própria instituição oferece. Pois como é uma pesquisa que trata de história da ciência e como visto com Matthews, 1995, pode contribuir com um melhor entendimento da matéria científica, o pensamento crítico e mostra que a ciência é mutável e não uma verdade absoluta; faz com que integre todos os pressupostos da politecnia e forme indivíduos capacitados intelectualmente, criticamente e profissionalmente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dessa forma, conclui-se que a óptica ao se desenvolver ao longo dos anos e possibilitando a criação de diversos instrumentos como o microscópio, impactou diretamente nas ciências biológicas, como a biotecnologia. Daí o objetivo de se esclarecer a relação entre

essas duas áreas foi concluído. A óptica forneceu as teorias para que os instrumentos fossem criados e que por sua vez, fizeram descobertas biológicas importantíssimas e que ainda fazem. Percebe-se por exemplo, o impacto dos microscópios eletrônicos no entendimento do mundo celular.

Ademais, essa pesquisa contribui para a história da ciência e para a formação de indivíduos não alienados, pois, pensando no contexto atual em que estamos inseridos, o conhecimento é passado de maneira muito rápida, efêmera e rasa. Isso faz com que a formação politécnica aqui nesse trabalho abordada, seja importantíssima. Pois visa se contrapor a esse sistema e formar indivíduos com pensamento crítico, profissionais que entendam o que se passa por trás de um equipamento, suas teorias, e que não apenas “aperta botões”.

Portanto, essa pesquisa mostra como duas áreas que, de primeira vista parecem distantes, podem se conectar e impactar no desenvolvimento de outra. Além disso, instiga a outros trabalhos que tenham o mesmo objetivo para assim ampliar o acesso ao conhecimento científico e contribuir para uma formação íntegra individual.

REFERÊNCIAS

AFRIDI, Muhammad Adil. **Contribution of Muslim Scientists to the World: An Overview of Some Selected Fields**. Revelation and Science Vol. 03, No.01 (1434H/2013) 40-49.

Disponível

em:https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://core.ac.uk/download/pdf/300424246.pdf&ved=2ahUKEwj08ebVq4CBAxXulZUCHdOHACQQFn_oECBkQAQ&usg=AOvVaw2fFM61JUR666SQUfOixUoQ Acesso em 20 ago. 2023

ARDERNNE, Von. **Das Elektronen-Rastermikroskop**. Zeitschrift für Physik, Volume 109, Issue 9-10, pp. 553-572. 1938. Disponível em: <<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1938ZPhy..109..553V/abstract>>. Acesso em: 29 out. 2023

BARROS, Marcelo Alves; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. **A HISTÓRIA DA CIÊNCIA ILUMINANDO O ENSINO DE VISÃO**. Revista Ciência & Educação, 1998, 5(1), 83-94.

BASSALO, José Maria Filardo. **A CRÔNICA DA ÓTICA CLÁSSICA**. Cad. Cat. Ens. Fis., Florianópolis, 3(3): 138-159, dez. 1986.

BASSALO, José Maria Filardo. **A CRÔNICA DA ÓTICA CLÁSSICA (parte II)**. Cad. Cat. Ens. Fis., Florianópolis, 4(3): 140-150, dez. 1987

BIÃO, Ruslane. **DISTINÇÃO ENTRE ÓPTICA GEOMÉTRICA E FÍSICA ÓPTICA: UM ESTUDO FILOSÓFICO SOBRE SEUS ANTECEDENTES HISTÓRICOS**. Sofia (ISSN 2317-2339), Vitória (ES), V.10, N.2, P. 51-74, Dez/2021. Disponível em: <<https://periodicos.ufes.br/sofia/article/view/36480>>. Acesso em 16 ago. 2023

BITLER, Nicole. **Leonardo da Vinci's Study of Light and Optics: A Synthesis of Fields in *The Last Supper***. Intersect, Volume 4, Number 1. Stanford (2011). Disponível em: <<https://ojs.stanford.edu/ojs/index.php/intersect/article/view/239>> . Acesso em 3 set. 2023

BORN, Max; WOLF, Emil. **Principles of optics**. Pergamon, 1970. Disponível em: <bit.ly/3Zi7C40>. Acesso em: 12 set. 2023

BLAY, Michel. **La vue et la lumière : Sur quelques aspects de l'histoire de la lumière**. In: Revue d'histoire des sciences, Tome 60-1, p. 119-132, janvier-juin 2007. Disponível em: <<https://www.cairn.info/revue-d-histoire-des-sciences-2007-1-page-119.htm>>. Acesso em: 09 ago. 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. Gabinete do Ministro. Portaria nº 1.1.570, de 20 de dezembro de 2017. Brasília, 2017

COMINS, N. F. **Discovering the Universe**. New York: W. H. Freeman and Company, 2018.

CROCHÍC, José Leon Gustavo; MASSOLA, Martineli; SVARTMAN, Bernardo Parodi. **A ideologia do cientificismo**. Vol 26, nº1, Universidade de São Paulo, Instituto de Psicologia. São Paulo, SP, Brasil, 2015.

CROFT, William J. **UNDER THE MICROSCOPE: a brief history of microscopy**. Harvard University: World Scientific, 2006

DAVIDSON, Micheal W. **Janssen's Microscope**. Molecular Expressions Optical Microscopy. 2015 Primer, Museum of Microscopy. Disponível em: <<https://micro.magnet.fsu.edu/primer/museum/janssen.html>>. Acesso em 06 out. 2023.

DEDAVID, Berenice Anina; GOMES, Carmem Isse; MACHADO, Giovanna. Microscopia eletrônica de varredura: aplicações e preparação de amostras: materiais poliméricos, metálicos e semicondutores. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.

EL-BIZRI, Nader. **ARABIC CLASSICAL TRADITIONS IN THE HISTORY OF THE EXACT SCIENCES: THE CASE OF IBN AL-HAYTHAM**. Eur. Phys. J. Plus. American University of Beirut, Beirut, Lebanon (2018). Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1140/epjp/i2018-12142-7>>. Acesso em: 23 ago. 2023

FALEIRO, Fábio Gelape; de ANDRADE, Solange Rocha Monteiro; JUNIOR, Fábio Bueno dos Reis. **BIOTECNOLOGIA: estado da arte e aplicações na agropecuária**. 1ª Edição. Planaltos, DF: Embrapa Cerrados, 2011.

GALLETI, Silvia Regina. **INTRODUÇÃO A MICROSCOPIA ELETRÔNICA**. *Biológico*, São Paulo, v.65, n.1/2, p.33-35, jan./dez., 2003

GASPARATOU, Renia. **Scientism and Scientific Thinking: a note on science education**. Springer Science+Business Media B.V. University of Patras, Patras, Greece, 2017

GONZÁLEZ Alfaro José; GONZÁLEZ González Boris; GONZÁLEZ Barrial Rosa T. **Laboratorio de microbiología. Instrumentación y principios básicos**. La Habana: ECIMED; 2004. p. 95-96.

HOOKE, Robert. **Micrographia Some Physiological Descriptions of Minute Bodies Made by Magnifying Glasses with Observations and Inquiries Thereupon**. Project Gutenberg, 2005. Disponível em: <https://www.gutenberg.org/ebooks/15491>. Acesso em: 02 nov. 2022.

HOOKE, Robert. ***Lectiones Cutlerianae, OR A COLLECTION OF LECTURES: PHYSICAL, MECHANICAL, GEOGRAPHICAL, & ASTRONOMICAL***. LONDON: Printed for John Martyn Printer to the Royal Society, at the Bell in S. Pauls Church-yard. 1679. Disponível em: <https://quod.lib.umich.edu/e/eebo2/A44320.0001.001?rgn=main;view=fulltext> >. Acesso em 26 out. 2023.

HUYGENS, Christiaan. **TRATADO SOBRE A LUZ**. Tradução: Roberto de Andrade Martins. *Cadernos de História e Filosofia da Ciência, Suplemento 4* : 1-99,1986. Disponível em: < https://www.academia.edu/40896293/Huygens_Christiaan_Tratado_sobre_a_luz_Tradução_e_notas_de_Roberto_de_Andrade_Martins >. Acesso em 12 out. 2023.

MARTINS, Roberto de Andrade. **OS PRIMÓRDIOS DA ÓPTICA GEOMÉTRICA NA ANTIGUIDADE E A VISÃO NA OPTIKA DE EUCLIDES**. In: *Ensaio sobre História e Filosofia das Ciências II*. Extrema: Quamcumque Editum, pg. 151-286, 2022.

MARTINS, Roberto de Andrade. **Robert Hooke e a pesquisa microscópica dos seres vivos.** *Filosofia e História da Biologia*, v. 6, n. 1, p. 105-142, 2011.

MATTHEWS, Michael R. **HISTÓRIA, FILOSOFIA E ENSINO DE CIÊNCIAS: ATENDÊNCIA ATUAL DE REAPROXIMAÇÃO.** *Cad. Cat. Ens. Fís.*, v. 12, n. 3: p. 164-214, dez. 1995.

Microscopia: A história e evolução dos microscópios. KASVI, 2019. Disponível em: <https://kasvi.com.br/microscopio-microscopia-historia-evolucao/>. Acesso em: 02 nov. 2022.

NETO, Guilherme Rodrigues. **Euclides e a Geometria do Raio Visual.** *Scientiæ Zudia*. São Paulo, v. 11, n. 4, p. 873-92, 2013.

ROBERTSON, Lesley A. **Historical microbiology, is it relevant in the 21st century?** *FEMS Microbiology Letters*, 362, 2015, fnv057. Disponível em: <<https://academic.oup.com/femsle/article/362/9/fnv057/550071>>

RODRIGUES, José. **EDUCAÇÃO POLITÉCNICA.** *Dicionário da Educação Profissional em Saúde*. Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio/Fundação Oswaldo Cruz. 2.ed. rev. ampl. p. 168-175. - Rio de Janeiro: EPSJV, 2008.

JUNIOR, Justino de Sousa. **OMNILATERALIDADE.** *Dicionário da Educação Profissional em Saúde*. Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio/Fundação Oswaldo Cruz. 2.ed. rev. ampl. p. 284-292. - Rio de Janeiro: EPSJV, 2008.

KEELE, KD. **Leonardo Da Vinci on Vision.** *Proceedings of the Royal Society of Medicine*. 1955;48(5):384-390. Disponível em: <<https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/003591575504800512>> Acesso em: 3 set. 2023

ESCOLA POLITÉCNICA DE SAÚDE JOAQUIM VENÂNCIO. **Projeto Político Pedagógico.** Rio de Janeiro (RJ): FIOCRUZ. 2005

SILVA, Domiciano Correa Marques da. "**Lei de Snell-Descartes**"; Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/lei-snell-descartes.htm>>. Acesso em 21 de setembro de 2023.

SILVA, João Carlos da. **EDUCAÇÃO E ALIENAÇÃO EM MARX: CONTRIBUIÇÕES TEÓRICOMETODOLÓGICAS PARA PENSAR A HISTÓRIA DA EDUCAÇÃO**. Revista HISTEDBR On-line, Campinas, n.19, p.101 - 110, set. 2005 - ISSN: 1676-2584

SILVA, Kalina Vanderlei; SILVA, Maciel Henrique. **DICIONÁRIO DE CONCEITOS HISTÓRICOS**. 2.ed., 2ª reimpressão. – São Paulo : Contexto, 2009.

TEIXEIRA, Mariane Mendes. "**Lentes**"; Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/lentes-1.htm>>. Acesso em 23 de setembro de 2023.

TELES, Nuno; FONSECA, Maria João. **A Importância do Microscópio Ótico na Revolução Científica - das práticas educacionais à representação museológica**. História da Ciência e Ensino: construindo interfaces, volume 20 especial, 2019 – pp. 126-140

VILLAS BÔAS, Newton; DOCA, Ricardo Helou; BISCUOLA, Gualter José. **TÓPICOS DE FÍSICA**. V.2, 19. ed. — São Paulo: Saraiva, 2012.

WILLIAMS, David B.; CARTER, C. Barry. **Transmission Electron Microscopy: A Textbook for Materials Science**. Springer New York, NY, 2ª ed. Springer-Verlag US 2009. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-0-387-76501-3>