

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
JÚLIO DE MESQUITA FILHO**

**MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Campus de Presidente Prudente**

PRODUTO EDUCACIONAL

**ROTEIRO E ORIENTAÇÕES PARA UM JÚRI SIMULADO
A DUALIDADE DA LUZ**

Autores: Andressa Silva Rezende e Ana Maria Osório Araya

Presidente Prudente
2025

Andressa Silva Rezende

ROTEIRO E ORIENTAÇÕES PARA UM JÚRI SIMULADO A DUALIDADE DA LUZ

Produto Educacional apresentado ao Polo de Presidente Prudente do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Unesp, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora:
Prof^a. Dr^a. Ana Maria Osório Araya

Presidente Prudente
2025

Sistema de geração automática de fichas catalográficas

Rezende, Andressa Silva

Roteiro e orientações para um júri simulado [recurso eletrônico] : A dualidade da luz /
Andressa Silva Rezende. — Presidente Prudente, 2025.

55 p. ; PDF ; 1,33 MB : fotos color., fórmulas

Recurso educacional derivado de dissertação de Mestrado Profissional em Ensino de Física
- Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente
Prudente. Orientado por Ana Maria Osorio Araya.

1. Dualidade da luz 2. Teoria ausubeliana 3. Ensino de Física 4. Metodologia ativa 5.
Avaliação por rubrica

Sumário

1. APRESENTAÇÃO	5
2. RECOMENDAÇÕES.....	6
3. REFERENCIAL TEÓRICO	8
3.1. Aprendizagem Significativa	8
3.2. Método Baseado em Caso	9
3.3. Simulação em sala de aula com Júri Popular	10
3.4. Método de Avaliação por Rubrica.....	11
4.UMA “LUZ” SOBRE A HISTÓRIA	14
5. MATERIAIS PARA O JÚRI SIMULADO	30
5.1. Orientações para os estudantes	30
5.2. Composição do Júri Popular.....	32
5.3. Roteiro do Júri Simulado.....	33
5.4. Leitura do texto a seguir pelo juiz	35
5.5. Texto para Escrivã (o) preencher.....	38
5.6. Propostas de Interrogatório.....	40
5.7. Organização do local	43
5.8. Ficha para Jurados preencherem.....	44
5.9. Lista de exercício para Avaliação formativa	48
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	52
7. REFERÊNCIAS	53

1. APRESENTAÇÃO

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: Metodologia ativa nas aulas de Física: Júri Simulado personificado pelos estudantes representando a teoria corpuscular e a teoria ondulatória da luz, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Unesp – SP, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Trata-se de uma atividade pronta para ser aplicada em sala de aula, com um roteiro de júri simulado detalhado, com orientações para os alunos de acordo com seus personagens nesse Júri e orientações para o professor. Essa ideia surgiu quando decidi aplicar um Júri na sala de aula com alguma temática da física e não havia nenhum modelo, eu não encontrava nenhuma sugestão de tema, tive que “gastar” um bom tempo pesquisando como se faz um júri e desenvolvendo o tema da física que seria abordado, portanto, buscando facilitar os trabalhos futuros de professores que manifestem esse mesmo desejo, aqui lhe apresento um modelo acurado e preciso, inclusive já com a proposta de como avaliar e motivar o júri.

Tendo como objetivo dessa aula fazer algo atrativo para os alunos, não sendo apenas uma aula expositiva tradicional, que se finaliza com uma lista de exercícios sobre o tema apresentado, a ideia é criar uma situação desafiadora para os alunos irem além dos conceitos decorados, expressarem-se criativamente, indo de encontro a duas das Dez Competências Gerais da BNCC citadas a seguir:

Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas (BNCC, 2018).

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

2. RECOMENDAÇÕES

O ideal seria os alunos já terem estudado Mecânica (momento Linear para compreender o Princípio da Incerteza), Óptica (natureza da luz e Lei de Snell-Descartes), Ondulatória (propriedades da onda, frequência, comprimento de onda, espectro de luz) e Eletromagnetismo (a onda eletromagnética proposta por Maxwell). Contudo, por exemplo, na escola que leciono, atualmente, no final do conteúdo de mecânica, no 1º ano do Ensino médio, abordaram no material didático sobre a física moderna e o comportamento da luz (a respeito da dualidade), então, é um tema possível de ser abordado mesmo não tendo visto os demais conteúdos.

O produto Educacional é composto por um roteiro da simulação do júri, dando uma sequência parecida ao júri oficial que acontece nos casos reais, apenas não foi muito realista devido ao tempo disponível em aula. Além do roteiro, compõe o Produto educacional toda a fala que o juiz teve, pois ele quem é o responsável pelo andamento da simulação e a figura de maior poder nessa instância, portanto, para garantir que as falas estejam à altura do cargo, já ficará tudo. Outro item importante é a sequência do júri, com os espaçamentos prontos para serem preenchidos pelo escrivão, durante todo o processo terá um aluno escrevendo as partes principais da atividade.

No produto educacional contém proposta de interrogações para cada advogado, que interrogarão as testemunhas e seus respectivos clientes. Como os advogados são os que mais aparecem e atuam durante o júri, ficaria uma pesquisa muito extensa a esses alunos pesquisarem os trabalhos de cada testemunha para direcionar uma boa pergunta, além da pesquisa dos seus vocabulários jurídicos e formas de apelações. Deixar muitas lacunas não preenchidas para o júri pode dar muita chance ao erro e todo o júri desandar, pois trata-se temas muito complexos.

Um penúltimo arquivo são as fichas em forma de rubricas para as pessoas que compõe o júri preencherem durante as apresentações, afinal, eles quem decidirão o vencedor.

Por fim, o produto contém uma proposta de atividade formativa para ser aplicada aos alunos, com questões de vestibulares e questões dissertativas, que contemplam os diversos temas envolvidos no caso.

Para ser considerado um júri exige alguns itens como os personagens do tribunal, uma sequência oficial de um júri e a formalidade no trato social, portanto, para não fugir desses critérios, alguns tópicos do júri não foram espontâneos ou ficaram apenas a responsabilidade dos alunos. Houve uma grande elaboração da sequência oficial do júri (não no sentido que o trabalho está grandioso, mas no sentido que foi muito trabalhoso realizá-lo), transpondo de

acordo com o tempo que a aula de 50 minutos (ou duas aulas) permite. Por exemplo, quem é responsável por dar a sequência no júri e a ordem no “tribunal” (sala de aula) é o juiz, este ficará com o texto pronto, tendo apenas o trabalho de atentar-se nos momentos finais de cada tópico para seguir com o texto, caso haja protesto por alguma das partes, o juiz também fica responsável por autorizar ou não, assim como, se houver exaltação de algum aluno, ele pode ordenar que se retire do tribunal (sala de aula).

Dar essa autoridade para o aluno que representa o juiz ajuda-o a entrar no personagem, da mesma forma, sugiro que estejam caracterizados formalmente todos os integrantes do tribunal (juiz, promotor, escrivão, oficial de justiça e advogados), a vítima, o réu e as testemunhas, que são os cientistas, podem vir com o traje de época ou uma vestimenta que represente seu respectivo personagem.

O ambiente deve estar o mais parecido possível com algum tribunal, por exemplo, toalhas monocromáticas forrando as mesas, copo d’água para os personagens que ficam o tempo todo exposto no júri. O cenário, as roupas, algumas falas bem características de um júri, ajudará a trazer seriedade e postura aos demais participantes. Por isso, trato como elementos essenciais, que disponha de devida atenção.

Além do juiz, que falará do início ao fim do júri, dois personagens que ditarão o ritmo são os advogados, o de defesa e o da acusação. Eles discursam no início e no fim, durante o júri eles quem interrogam cada testemunha e seus clientes. Por isso, seria importante um ensaio repassando a ordem, antes do dia oficial que ocorrerá o júri. Nesses ensaios, não precisa ter a fala dos advogados, testemunhas e os dois principais envolvidos no caso (vítima e réu), para ter uma adrenalina e muita expectativa no dia do Júri.

É importante que o professor faça uma clara orientação aos envolvidos no júri, principalmente aos cientistas, direcionando o que eles podem pesquisar e abordar, pois alguns cientistas tem estudos a respeito de diversos temas, e o aluno pode acabar citando um tema que não condiz com a natureza da luz. Para isso, pode compartilhar as perguntas, antecipadamente, que cada advogado fará para suas testemunhas e clientes, assim, por meio da pergunta o aluno consegue ter uma pesquisa direcionada, além do acompanhamento antecipada do professor, para que no dia não seja citado algo muito errado.

O professor não poderá dar as respostas prontas, afinal, será no percurso, na busca pelas respostas que eles aprenderão, porém, o professor poderá corrigir antecipadamente e direcionar algumas falas, já que terão muitas abordagens complexas a respeito da física, como os citados no parágrafo anterior.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Aprendizagem Significativa

Ausubel defende a aula expositiva e o ensino por recepção, apresentar ao aluno o conhecimento, podendo a aprendizagem ser significativa por recepção (a forma citada acima) ou por descoberta significativa (o aluno é desafiado a ir em busca do conhecimento). Diferente de muitos autores que podem considerar um “crime educacional” o professor fazer uma aula expositiva nos dias de hoje. Porém, para Ausubel, a exposição dessa aula tem que ter os organizadores prévios, que considere os conhecimentos já adquiridos pelos estudantes até o momento, uma sequência didática coerente e mobilizadora, criando condições ideais para a aprendizagem ser significativa.

Ele critica severamente os professores que fazem o uso da aula expositiva de modo a não oportunizar mobilizações, sem um bom planejamento, articulando poucos esforços e ficando ao estudante apenas a repetição vaga do conteúdo, de forma mecânica. Esse tipo de docência abre brechas para criticar esse método de ensino, a aula expositiva, colocando um professor que planeja sua aula, se dedica antes, durante e depois de lecionar um conteúdo para uma turma no mesmo patamar que outro professor que não se planeja adequadamente, só pelo motivo dos dois terem usado o mesmo método de ensino: a aula expositiva.

Muitas metodologias ativas veem sendo criadas na contramão da aula expositiva, como exemplo: a sala de aula invertida (flipped classroom), a aprendizagem baseada em projetos (project based learning), rotação por estações (metodologia muito usada ensino híbrido, blended learning), aprendizagem baseada em problemas (problem-based learning), enfim. São novas e ótimas metodologias que temos como sugestões de tirar o aluno da zona de conforto para colocá-lo em busca desse conhecimento, mas que, não deveria acontecer, como ocorre em muitas escolas e em muitos referenciais, ser rotulada a aula expositiva como “arcaica” ou até mesmo, como a forma errada de se ensinar nos dias de hoje.

No Capítulo 1 do livro de Ausubel referenciado neste trabalho, tem uma parte intitulada: “A Aprendizagem significativa é, sobretudo, Aprendizagem por Recepção”, que ele cita o seguinte:

Já se referiu que a aquisição de conhecimento de matérias em qualquer cultura é, essencialmente, uma manifestação de aprendizagem por recepção. Ou seja, geralmente apresenta-se ao aprendiz, numa forma mais ou menos final e através de ensino expositivo, o conteúdo principal daquilo que o mesmo deve aprender. Nestas circunstâncias, apenas se exige ao aprendiz que compreenda o material e o incorpore na própria estrutura cognitiva, de forma a ficar disponível para reprodução, para aprendizagem relacionada, quer para resolução de problemas no futuro.

Porém, poucos mecanismos pedagógicos dos nossos dias tem sido tão inequivocadamente repudiados pelos teóricos educacionais como método de instrução verbal expositiva. Em muitos locais, está em voga caracterizar a aprendizagem verbal como recitação semelhante à do papagaio e como memorização de fatos isolados e rejeitá-la, desdenhosamente, como vestígio arcaico da tradição educacional desacreditada. (Ausubel, 2003, p. 6-7).

Na citação acima de Ausubel destaca-se dois pontos: o conteúdo transmitido de forma expositiva ao aluno, que irá integrá-lo em sua estrutura cognitiva para futuramente reproduzi-lo ou solucionar algum problema. E segundo ponto, a crítica aos teóricos que repudiam o método de instrução verbal expositiva. Ficando a reflexão o nosso caminhar pedagógico entre o método tradicional expositivo e as críticas contemporâneas a favor de métodos mais interativos.

Este trabalho não é abordado uma aula apenas na sua forma expositiva, mas uma parte dele sim, porém acho válido evidenciar esse pensamento de Ausubel da não supervalorização do novo, assim como, da não criminalização ao que não é metodologia ativa. E mesmo com seu posicionamento rígido ao ensino mecânico, ele nos deixa a reflexão que uma aprendizagem mecânica ou de memorização, ela pode tornar-se significativa se realizado um trabalho posterior de aplicações desses conceitos, ou o contato de forma mais relevante desse conteúdo.

3.2. Método Baseado em Caso

Em 1870, na Escola de Direito da Havard University, o docente Christopher Collumbus Langdell desafiou seus alunos a defenderem suas escolhas para um caso apresentado. Com o sucesso da participação desses alunos, esse modelo de aula foi abraçado por professores de diversas áreas de Havard, tornando o Método baseado em Caso.

Existe até um site de Havard Business School intitulado *Christensen Center for Teaching & Learning*, da *Harvard Business School*, estabelecido em 2004, contendo uma abanessa site sobre *TEACHING BY THE CASE METHOD - Case Method in Practice (Ensino pelo método de Caso – Método de caso na Prática)*.

Entre os diversos materiais gratuitos ofertados nesse site (alguns são pagos), temos os seguintes tópicos: Ensino pelo Método de caso; Preparando-se para ensinar; Liderando na sala de aula; Fornecimento de avaliação e feedback; Aula de amostra.

É importante diferenciar o Método do caso, que é uma ferramenta pedagógica, de Estudo de Caso, que se trata de uma metodologia de pesquisa, como abordado essa diferença de forma muito esclarecedora e com fatos históricos no trabalho de Menezes:

O Brasil possui uma tradição, de modo geral, dedutiva no modo de pensar e ensinar. Ainda assim, o uso do método do caso pode se configurar como uma nova mentalidade no processo pedagógico dentro das academias e que corrobora consubstancialmente para a formação dos futuros profissionais. (Menezes, 2009, p. 140).

Na citação acima Menezes defende o Método do Caso como uma nova mentalidade no processo pedagógico. E para melhor diferenciar esses métodos que possuem grandes similaridades, até nos nomes, segue o quadro 1 com as diferenciações entre: Método do Caso (ou Método baseado em Caso), Estudo de Caso e Aprendizagem baseada em Problemas. Além do quadro 1 será discorrido no próximo tópico sobre essas diferenças.

Quadro 1 - Diferenças entre Método do Caso, Aprendizagem baseada em Problemas e Estudo de Caso

	Método do Caso (Método baseado em Caso)	Aprendizagem baseada em Problemas (PBL)	Estudo de Caso
Surgiu em	1870	1960	1994
Professor que criou a teoria	Christopher Columbus Langdell.	Howard Barrows.	Robert K. Yin.
Surgiu no curso de	Direito	Medicina	Sociologia e Antropologia
Universidade	Havard University, Estados Unidos.	Universidade McMaster, Canadá.	Havard University, Estados Unidos.
Metodologia de	Ensino: Júri Simulado.	Ensino: Simular resolver problemas clínicos.	Pesquisa científica.
Como faz?	Aplicação da prática do conhecimento adquirido.	Investigar, pesquisar e aprender novos conteúdos para resolver o problema.	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar um problema de pesquisa, • Levantamento de dados, • Análise do contexto, Soluções e conclusões sobre o problema.
Etapas/Fases	Não há fases/etapas definidas.	Há etapas para se seguir.	Há etapas para se seguir.
Habilidades desenvolvidas	Tomada de decisão, análise crítica etc.	Resolver problemas, trabalho em grupo etc.	Avaliar informações, formular soluções, trabalho em equipe etc.

Fonte: Elaborado pela autora.

3.3. Simulação em sala de aula com Júri Popular

No levantamento bibliográfico, em busca de trabalho que realizaram o Júri Simulado em aula de Física no Ensino médio, foi encontrado apenas um artigo científico, de Guimarães e Massoni, 2020; em que eles abordam como temática do Júri a missão tripulada da

Apollo 11 buscando refutar o senso comum que questiona da ida do homem à lua. Eles afirmam o seguinte sobre a aplicação desse método:

Ao adotarem a postura de agentes ativos, e não apenas passivos no processo dialógico e argumentativo, os alunos passaram a ter um entendimento maior sobre tais assuntos, demonstrando desenvoltura e capacidade de compreensão, inclusive muitos assumindo o papel de líderes e condutores do debate. (Guimarães, Massoni, 2020, p. 714).

Eles apontam o trabalho como um Estudo de Caso, cometendo um engano na definição citada no trabalho de Menezes, que foi referenciada no item 2.2 acima: Método do Caso é uma Metodologia de Ensino proposta por Christopher Columbus Langdell em 1870, enquanto que Estudo de Caso é uma Metodologia de pesquisa nas Ciências Sociais e na área da Saúde, desenvolvida por Robert K. Yin, em 1994.

Quanto mais suas questões procurarem explicar alguma circunstância presente (por exemplo, “como” e “por que” algum fenômeno social funciona), mais o método estudo de caso será relevante. O método também é relevante quando suas questões exigirem uma descrição ampla e “profunda” de algum fenômeno social. (Yin, 2005, p. 4).

Pela definição do próprio autor, Yin, vemos que o Júri Simulado aplicado em sala de aula não se trata de Estudo de Caso, e sim de Método do Caso. Um engano de definição dessa metodologia encontrada em vários outros trabalhos que aplicaram o Júri Simulado em aulas de cursos universitários ou nas escolas regulares, porém, em outras disciplinas, como: Matemática, Química e Geografia.

3.4. Método de Avaliação por Rubrica

Após o preparo da atividade, sua aplicação e reflexão sobre sua aplicabilidade, vem a parte de avaliar os estudantes. Uma boa aula, ou boa atividade realizada com a turma deve proceder de uma boa avaliação, para ter um desfecho justo e coerente do que foi trabalhado. Assim como é importante preparar uma boa aula e um bom material de ensino, é necessário atentar-se aos instrumentos avaliativos que serão utilizados para aferir esse conhecimento. Como medir, como pesar ou quantizar algo tão subjetivo, e tão justo para cada um dos 35 alunos de uma sala de aula?

O educador Luckesi faz muitos apontamentos importantes sobre a Avaliação, considerando o erro uma fonte de aprendizagem que não pode ser ignorado, ou ainda mais, o aluno não pode ser “punido” por tentar e errar; do ponto de vista científico, se os erros experimentais ou teóricos fossem recriminados ao ponto de desqualificar um cientista, quantos cientistas renomados teríamos?

Com essas indagações é que foi pensando numa avaliação que busque trazer cada estudante a refletir sobre sua aprendizagem, uma avaliação não excludente, que seja clara para o aluno antes mesmo dele realizar a atividade proposta. Desde o início da proposta da atividade o aluno já saberá como será avaliado, por quais critérios e níveis de desempenho, com a premissa de que “é importante saber as regras do jogo antes de iniciar a partida”. Sobre os critérios avaliativos que Luckesi aponta, um deles é o seguinte:

[...] usar linguagem clara e compreensível, para salientar o que se deseja pedir. Sem confundir a compreensão do educando no instrumento de avaliação. Para responder ao que pedimos, o educando necessita saber com clareza o que estamos solicitando. Ninguém responde uma pergunta, caso não compreenda. (Luckesi, 1998, p. 178).

Ter clareza no comando da atividade proposta, ter os critérios avaliativos apresentados antes mesmo da atividade para que o aluno possa se preparar e após definido essa nota, dar a devolutiva ao estudante para ele saber onde precisa melhorar. Luckesi cita muito a questão do “amor” para avaliar, nos lembrando de teorias socioafetiva como a de Henri Wallon. O nosso modelo avaliativo afasta o aluno da prática científica ou aproxima, motiva ou desmotiva, é inclusivo ou excludente?

O ato de avaliar, por sua constituição mesma, não se destina a um julgamento “definitivo” sobre alguma coisa, pessoa ou situação, pois que não é um ato seletivo. A avaliação se destina ao diagnóstico e, por isso mesmo, à inclusão; destina-se à melhoria do ciclo de vida. Deste modo, por si, é um ato amoroso. Infelizmente, por nossas experiências histórico-sociais e pessoais, temos dificuldades em assim compreendê-la e praticá-la. Mas... fica o convite a todos nós. É uma meta a ser trabalhada, que, com o tempo, se transformará em realidade, por meio de nossa ação. Somos responsáveis por esse processo. (Luckesi, 1998, p. 180)

Um dos autores que Cipriano Luckesi cita em seus trabalhos é Ralph Tyler, um norte-americano que criou em 1930 uma avaliação chamando de “Avaliação por objetivos”. Que evidenciou a importância de considerar o contexto histórico-social do ensino para avaliar uma aprendizagem, substituindo o que antes se chamava “Exames escolares”. Hoje é citado sobre Avaliação por Rubricas nos referenciais, creio que seja um aperfeiçoamento da proposta de Tyler.

Neste trabalho de Júri Simulado os estudantes foram avaliados com tabelas, trata-se de um modelo trabalhoso e criterioso para o professor montar, contudo, fica mais esclarecedor para o aluno compreender seus pontos fortes ou falhos. Por exemplo, se no Júri Simulado ele tirar uma nota 8,0, mas ele teve um ótimo desempenho na parte de vocabulários e posicionamentos para um tribunal, porém, utilizou conceitos científicos errôneos. Para facilitar a devolutiva a cada aluno sobre seu desempenho, esse método de Avaliação por rubrica se torna muito eficiente. De acordo com Biagiotti:

As rubricas não representam economia de tempo para o professor, pois o seu processo de confecção é bastante trabalhoso. Elas abreviam o tempo, quando o professor tem em mente o que está procurando no trabalho, pois ao ler o trabalho fica mais fácil identificar se o objetivo foi atingido. (Biagiotti, 2005, p. 3).

4.UMA “LUZ” SOBRE A HISTÓRIA

O primeiro estudo sobre a luz foi há quase 2.500 anos, com o pai da Geometria, Euclides de Alexandria, afirmando sobre a geometria da visão chamando de “cone de luz” os raios luminosos que saiam dos olhos (sabe-se que não é assim que acontece). Porém, Euclides foi “o primeiro a notar que a luz viajava em linha reta e descreveu a lei da reflexão” (Ribeiro, 2015).

Após estudos de Heron de Alexandria (300 anos depois de Euclides), Ptolomeu (80 anos depois de Heron), e mil anos depois, aproximadamente, volta os estudos da luz com Ibn al-Haitham (conhecido por Alhazen), pensador islâmico, sobre refração, lentes e espelhos.

Porém, este trabalho irá focar nos estudos de cientistas acerca da luz que impactaram em sua definição, sendo corpuscular ou ondulatória. Portanto, será organizado no quadro 2 os estudos que mais confirmavam se era partícula ou onda, como se fosse formar dois “times” opostos. Apesar de alguns cientistas concordarem que ela não pode ser só de uma natureza.

Quadro 2 - Cientistas e seus estudos sobre a teoria corpuscular e teoria ondulatória




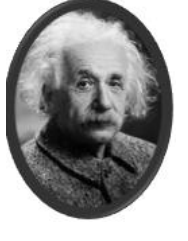


Partícula (teoria corpuscular)	Onda (teoria ondulatória)
Willebrord Snellius (1580 – 1626)	Christiaan Huygens (1629 – 1695)
Isaac Newton (1643 – 1727)	Thomas Young (1773 – 1829)
Max Planck (1858 – 1947)	James Clerk Maxwell (1831 – 1879)
Albert Einstein (1879 – 1955)	Heinrich Rudolf Hertz (1857 – 1894)
Arthur Holly Compton (1892 – 1962)	Erwin Schrödinger (1887 – 1961)
Werner Heisenberg (1901 – 1976)	Louis de Broglie (1892 – 1987)

Fonte: Elaborado pela autora.

Existem muitos outros cientistas que colaboraram com o entendimento da luz, seja na parte matemática ou experimental, como Gustav Kirchhoff, Philipp Lenard, Wilhelm Wien, Robert Andrews Millikan, Paul Dirac, Clinton Joseph Davisson, George Paget Thomson, Max Born, apesar desses também serem conceituados e terem seus méritos, esse trabalho apresentaria uma extensão e um nível de complexidade não compatível com o Ensino médio, se for apresentado aos alunos essa gama de cientistas e todos seus estudos, equacionando teorias que perpassam a BNCC, o Currículo Paulista ou até mesmo os vestibulares.

Portanto, serão aprofundados os estudos mais relevantes sobre a definição da Natureza da luz, apoiando-se nos físicos que constam no quadro 2 acerca da teoria corpuscular e no quadro 3 acerca da teoria ondulatória.

Quadro 3 - Resumo sobre o estudo Corpuscular da luz

					
Snell	Newton	Planck	Einstein	Compton	Heisenberg
Estudos sobre reflexão e difração.	Propõe a teoria corpuscular da luz.	Quantizou a energia usando a teoria corpuscular.	Comprovou a teoria corpuscular pelo efeito fotoelétrico, quantizou a luz e nomeou “fótons”.	Comprovou a teoria corpuscular pelo efeito Compton.	Publicou o Princípio da Incerteza.

Fonte: Elaborado pela autora.

Snell e Newton – Física Clássica

Em 1621, Willebrord Snell, apresenta a equação que relaciona o ângulo de incidência e o ângulo de refração com o meio incidente e refratado, como evidenciado na figura 1, popularmente conhecida como a Lei de Snell – Descartes.

$$n_1 \cdot \text{sen } \Theta_1 = n_2 \cdot \text{sen } \Theta_2$$

Considere:

n_1 = índice de refração do meio 1

Θ_1 = ângulo formado entre o raio incidente e a reta normal

n_2 = índice de refração do meio 2

Θ_2 = ângulo refratado

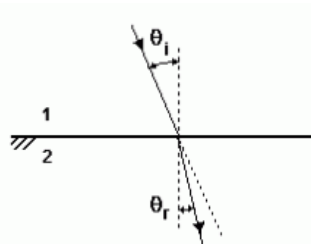


Figura 1 - Fenômeno de refração.

Fonte: <https://sites.ifi.unicamp.br/laboptica/roteiros-do-laboratorio/4-verificacao-experimental-da-lei-de-snell/>

Considerando que outros cientistas importantes também estudaram sobre a luz e influenciaram Newton, como Robert Boyle, publicou seu livro *Experimentos e considerações sobre cores tocantes* em 1664, e Robert Hooke, publicando em 1665 sua obra *Micrografia*, além de René Descartes, Walter Charleton e Pierre Gassendi.

Com esses embasamentos ópticos e seus estudos sobre a decomposição e comportamento da luz, Newton propõe o Modelo Corpuscular da luz, publicado em seu primeiro artigo em 1672. Considera que a luz parte de um corpo luminoso composto com muitas partículas que ao atingir os olhos produz uma sensação, devido a isso muitos afirmam que ele antecipou o conceito de fóton e até mesmo a ideia da luz ter comportamento ondulatório, por considerar que a luz gerasse vibrações periódicas. Em 1704 Newton publica o livro *Óptica: ou um tratado das reflexões, refrações, inflexões e cores da luz*.

[...] presumo que a luz não seja nem esse éter nem seu movimento vibratório, porém algo de natureza diferente, propagado por corpos luminosos. Quem o assim desejar poderá presumi-la como um agregado de várias qualidades peripatéticas. Outros poderão supô-la como uma multidão de corpúsculos inimaginavelmente pequenos e velozes, de tamanhos diversos, brotando dos corpos luminosos a grandes distâncias uns dos outros [...] (Newton, 2002, p.31).

Planck, Einstein e Compton – Física Quântica

Físicos, desafiando o Universo, no século XIX, estavam em busca de um corpo ideal, muito diferente dos corpos de modelos das revistas, o corpo ideal que os físicos buscavam tratava-se de um que absorvesse toda a radiação incidida sobre ele, chamando de Corpo Negro, ou seja, não iria refletir nenhuma radiação, apenas absorver, assim, nasce a Física Quântica. Detalhando melhor esse nascimento, observa-se a construção cronológica desse caso e evidencia-se os seguintes cientistas.

Focando na parte histórica das teorias que confirmam e engrandecem a teoria da Natureza corpuscular da luz, pode-se iniciar com Gustav Kirchhoff, que em 1861 comprovou sua teoria sobre a radiação de corpos negros, sendo corpos negros os que absorvem toda luz que recebe, não refletindo nada. Este mesmo físico que afirmou que a tese de Max Planck estava errada, causando grande desprestígio a Planck.

Max Planck não teve sucesso em sua tese sobre o átomo, morava com os pais enquanto fazia palestras não remuneradas. Porém, foi estudando as propostas científicas de Boltzmann notando que ele considerava a energia como pacotinhos e não como algo contínuo, a famosa analogia de que energia era como pacotes de neve uma em sequência da outra e não

como jato de água contínuo saindo da mangueira, que em 1900, Max anunciava em Berlim o que chamou de "quantum", teoria que deu sentido aos seus estudos anteriores e mais ainda, dava certo com os resultados experimentais de Wien, obtidos por 1896, iniciando assim a teoria quântica e uma grande reputação no meio científico, que rendeu-lhe o Nobel de 1918. Essa foi a interpretação quântica que Planck deu para o que se chama “Catástrofe do ultravioleta”, lei de Rayleigh-Jeans, sobre a radiação de um corpo negro.

Quantum (plural é *quanta*) significa quantidade fixa, Max Planck enuncia que a energia é liberada ou absorvida por átomos em diferentes pedaços com um limite de tamanho. Conforme a temperatura do corpo ele emite uma radiação eletromagnética com frequências diferentes. De acordo com a seguinte equação:

$$E = n.h.v$$

Sendo:

E = energia (quantum)

n = número inteiro

h = constante de Planck = $6,63 \cdot 10^{-24}$ J.s = $6,63 \cdot 10^{-34}$ m².kg/s = $4,14 \cdot 10^{-15}$ eV.s

v = frequência do fóton ou da onda (oscilação eletromagnética)

Apartir desse trabalho revolucionário de Max Planck, em 1905, Albert Einstein propõe a definição de fóton, trazendo de volta ao debate científico o conceito corpuscular da luz, proposto inicialmente na física newtoniana, mas deixado de lado desde quando a teoria ondulatória havia sido comprovada.

Definindo o que é quantum de luz, sendo pacotes de energia, unidades de energia emitidas na radiação eletromagnética, denominada por Einstein para explicar o efeito fotoelétrico.

Na figura 2 o quantum de luz é representado pelas esferas vermelhas sendo emitidas de um material, geralmente um metal, ao incidir as ondas eletromagnéticas, representadas pelas duas flechas azuis.

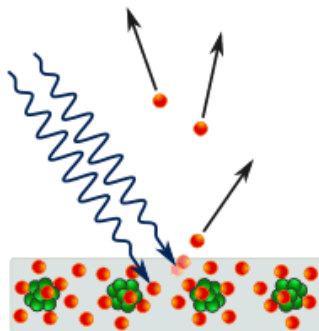


Figura 2 - Simulando o Efeito fotoelétrico.

Fonte: Wikipédia, a enciclopédia livre.

Annus mirabilis foi como ficou conhecido 1905, o ano Miraculoso devido as publicações de Einstein nesse único ano, começando pelo estudo do Efeito fotoelétrico, movimento Browniano, teoria especial da relatividade e a famosa equação $E = m.c^2$. Outro annus mirabilis para a ciência foi 1666, quando Isaac Newton tem trabalhos sobre a ótica, cálculo, movimento e gravitação.

Einstein vinha tentando explicar o efeito fotoelétrico que já estava em estudo desde 1887 com Hertz, 1888 com Hallwachs, 1899 com J. J. Thomson e 1902 com Leonard, mas foi em 1905 que ele lança a hipótese de quantum de luz explicando as emissões dos elétrons para luz em algumas frequências, tendo aplicabilidade nos dias de hoje, como exemplo, na produção de eletricidade com energia solar, usando painéis solares. Portanto, quem descobriu o efeito fotoelétrico foi Hertz, mas apenas 18 anos depois que foi devidamente explicado por Einstein (em seu trabalho: "*Sobre um ponto de vista heurístico concernente à geração e transformação da luz*").

É possível simular o efeito fotoelétrico disponível online no seguinte link: https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/photoelectric/latest/photoelectric.html?simulation=photoelectric&locale=pt_BR.

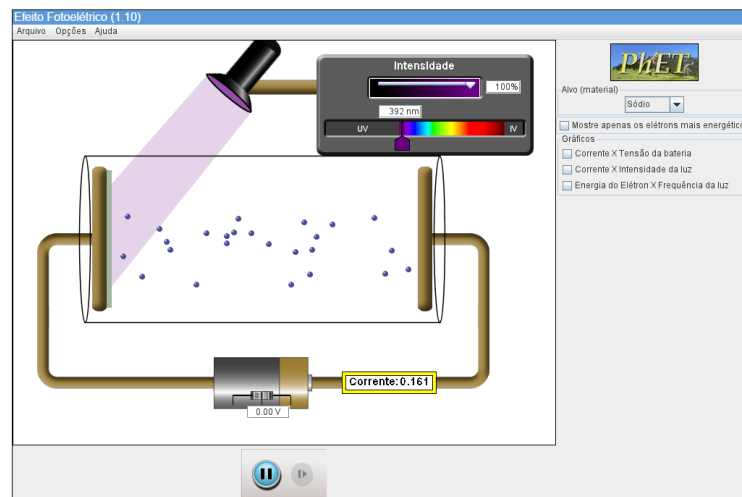


Figura 3 - Simulador do Efeito fotoelétrico, luz violeta.

Fonte: (PHET, 2022)

Na figura 3 representando o simulador Phet observa-se a incidência de um feixe de luz violeta (perto do U.V.) em uma placa de sódio, selecionada ao lado. E as esferas de cor violeta que saem dessa placa seriam os fótons, ou quantum de luz, que são muitos.

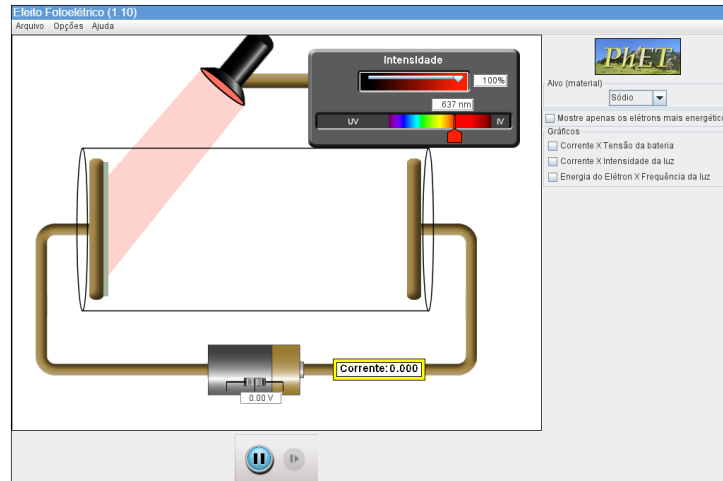


Figura 4 - Simulador do Efeito fotoelétrico, luz vermelha.

Fonte: (PHET, 2022)

Na figura 4, ao selecionar a mesma placa de sódio, porém uma luz entre as cores amarela e vermelha, vemos que não ocorre a emissão de nenhum fóton. Era justamente isso que intrigavam os cientistas da época.

O primeiro cientista a validar a experiência do efeito fotoelétrico foi Robert Millikan, mas atacou Einstein sobre a teoria semi corpuscular, sobre quantum de luz, trabalho que em 1923 compôs-lhe um Nobel sobre cargas elétricas elementares e efeito fotoelétrico.

A teoria corpuscular e a teoria ondulatória iniciam com os estudos de Kirchhoff, sobre a radiação do corpo negro, estudando o porquê a cor negra absorve mais radiação; depois cada uma tem sua linha de estudo até chegarem a Dirac, juntas, novamente, na Teoria Quântica de campos.

Planck afirma sobre a quantização da energia, em 1900, enquanto Einstein estudou sobre a quantização da luz, em 1905. Em 1913 Bohr aplica a ideia de Einstein para a emissão de luz dos átomos, quando absorvem energia liberam em forma de luz ao mudarem de camada eletrônica, porém, não aprofundaremos nos quatro postulados de Bohr e seu modelo atômico, que foram importantes para o início da mecânica quântica, pois seria um estudo mais aprofundado sobre a matéria e focaremos mais nos estudos acerca da Natureza da luz.

Finalizando a trajetória dos estudos da luz corpuscular nesta dissertação, prossegue com a confirmação da luz ser corpúsculo com o Efeito Compton, em 1922, que está representado na figura 5.

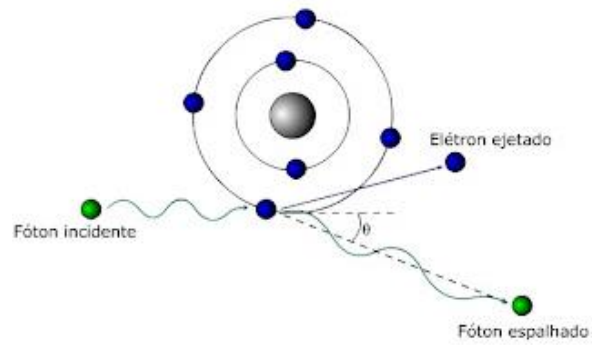


Figura 5 - Simulando o Efeito Compton.

Fonte: <http://blogtecrad.blogspot.com/2010/08/revisao-de-fisica-radiacao.html>

A interação entre uma radiação incidente (pode ser Raio x ou raio gama) com um elétron, preferencialmente das últimas camadas do átomo, pois esses têm energia menor do que a energia dessa radiação incidente, essa interação provoca uma perda de energia desses raios incidentes, pois vai uma parte dela para o elétron espalhado (ejetado da eletrosfera), é chamado de elétron Compton e outra parte da energia vai para a radiação espalhada, ou seja, perdendo a energia tem o aumento do comprimento de onda.

Esse espalhamento ocorre até 180° , quanto maior o ângulo do espalhamento, maior foi a energia transferida, como evidenciado na figura 6, sendo a diferença ($\Delta\lambda$) do comprimento de onda inicial (λ_0) e após o deslocamento (λ) Compton maior.

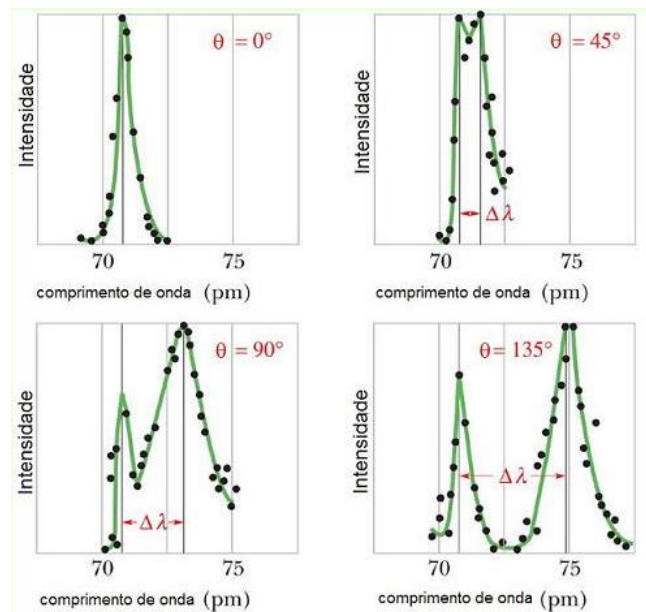


Figura 6 - Variação do comprimento de onda.

Fonte: http://www.if.ufrgs.br/computador_ensino_fisica/hotpotatoes/hotpotatoes_exemplo.htm

Compton considerou uma colisão inelástica de partículas, assim como Einstein resolveu o efeito fotoelétrico considerando partículas, sendo mais uma comprovação da teoria corpuscular. O espalhamento Compton é descrito pela seguinte equação:

$$\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0 = \frac{h}{m_e \cdot c} (1 - \cos(\theta))$$

Considerando:

$\Delta\lambda$ = diferença do comprimento de onda incidente e após o espalhamento

λ = comprimento de onda após o espalhamento

λ_0 = comprimento de onda inicial

h = constante de Planck = $6,62 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2 \cdot \text{kg/s}$

m_e = massa de repouso do elétron = $9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

c = velocidade da luz = $3,0 \cdot 10^9 \text{ m/s}$

θ = ângulo da mudança de direção do fóton.

Heisenberg – Princípio da Incerteza

É dado o crédito da criação da mecânica quântica à Heisenberg, não apenas matematicamente, mas trazendo à física a filosofia indeterminista com o seu Princípio da Incerteza, algo que Einstein até afirmou a famosa frase: “Deus não joga dados!”, já que Einstein acreditava que a física era determinista. De acordo com os estudos de Heisenberg não é possível saber com precisão a posição do elétron ou seu momento linear, ou seja, sua velocidade. Pois, como vimos anteriormente, o momento linear (p) é o produto da massa pela velocidade da partícula. Equacionando esses termos, tem-se que:

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{\hbar}{2}$$

Sendo,

Δx = incerteza do valor de uma coordenada x ;

Δp = a incerteza do momento linear;

\hbar = constante de Planck (h) dividida por 2π .

h = constante de Planck = $6,62 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2 \cdot \text{kg/s}$

Quanto mais preciso for Δx , mais impreciso será Δp , ou seja, para manter o produto desses dois termos maior ou igual a $\frac{\hbar}{2}$, se um termo diminuir o outro irá aumentar. Para conseguirmos determinar com precisão a posição e o momento que uma partícula irá obter, seria necessário conhecer precisamente a posição e o momento de uma partícula. E aqui se

encontra o problema: para se detectar a posição de um objeto deve-se lançar uma luz sobre ele, para que a partir da reflexão desta onda possamos constatar sua posição. Entretanto, quanto maior a precisão requerida, menor deverá ser o comprimento de onda da luz, e conseqüentemente maior a energia do fóton. A colisão deste fóton energético com a partícula irá alterar significativamente o valor de seu momento, tornando assim, a precisão ao medir a posição inversamente proporcional à precisão ao medir o momento (Hawking, 2015).

Observa-se na descrição dos conceitos e equações a respeito do Princípio da Incerteza os termos “partícula”, “fóton”, “momento linear”, “massa”, ou seja, o momento linear é a massa vezes a velocidade da partícula (e não a massa de uma onda!), portanto, Heisenberg contribui para a interpretação da natureza da luz ser corpuscular.

A seguir o resumo dos estudos dos físicos sobre a teoria ondulatória conforme o quadro 3 elucidada.

Quadro 4 - Resumo sobre o estudo Ondulatório da luz

				
Huygens	Young	Maxwell	De Broglie	Schrodinger
Propõe a teoria ondulatória da luz.	Estudos sobre difração e interferência (Experimento da fenda dupla).	Comportamento das ondas eletromagnéticas.	Postulou a dualidade da luz.	Mecânica Ondulatória.

Fonte: Elaborado pela autora.

Na “onda” da teoria de Huygens

Em 1690, Huygens publica “*Traité de la Lumière*” afirmando sobre a teoria ondulatória da luz, dez anos depois de conhecer Isaac Newton, quando visitou a Inglaterra, em 1680. Huygens afirma que cada frente de onda pode gerar (ser a fonte) de várias ondas.

Hoje, o fenômeno da difração pode ser explicado facilmente pela Teoria Ondulatória da Luz. Esta teoria, desenvolvida inicialmente por Huygens e usada por Young para explicar a interferência numa fenda dupla, levou muito tempo para ser adotada, em grande parte porque ela entrava em choque com a Teoria de Newton. (Halliday e Resnick, 1995, p. 89).

Por meio do fenômeno da difração a luz pode contornar os obstáculos, como exemplo na figura 7 encontra-se esse fenômeno na natureza.



Figura 7 - Fenômeno de difração na Natureza.

Fonte: <https://www.minube.com/rincon/playa-de-terramar-a99063>

Quando a fenda por onde a luz passa tem comprimento menor do que o comprimento de onda, observa-se a natureza ondulatória da luz, como na figura 8.

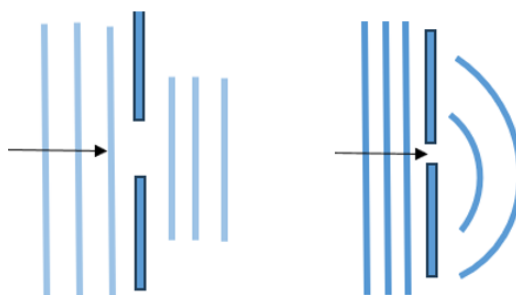


Figura 8 – Representação da Difração com fenda maior e menor ao comprimento da onda.

Fonte: Elaborado pela autora.

Os fenômenos ópticos de difração, interferência e polarização são satisfatoriamente explicados apenas quando se considera que a luz é uma onda, como foi provado experimentalmente, mais de cem anos depois, por Thomas Young, no experimento da Fenda dupla, a teoria do século XVII sendo provada no século XIX.

No experimento da Fenda dupla, representado na figura 9, foi observado um comportamento da luz semelhante ao que acontece com o som (onda sonora) e nas ondas da água, ou seja, esse experimento de Young comprovou que Huygens estava certo teoricamente. Após passar pelo painel fica mais evidente esse comportamento ondulatório devido a interferência destrutiva e construtiva das ondas formadas pela dupla fenda e as faixas formadas no anteparo, sendo as faixas escuras o encontro de duas cristas (topos) das ondas, nesse caso, interferência construtiva.

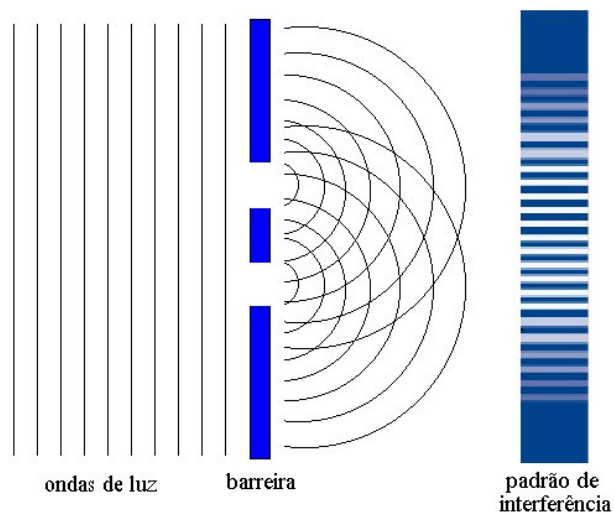


Figura 9 - Experimento da Fenda dupla e a formação das franjas com e sem interferência.

Fonte: <https://pt.quora.com/O-que-%C3%A9-experimento-da-dupla-fenda-Como-%C3%A9-poss%C3%ADvel-lan%C3%A7ar-eletrons-E-como-a-chapa-de-detec%C3%A7%C3%A3o-funciona>

Entretanto, a natureza ondulatória da luz não explicava o efeito fotoelétrico, que será abordado mais à frente.

Assim como o trabalho teórico de Huygens foi reconhecido anos depois com a comprovação experimental feita por Young, o mesmo aconteceu com o trabalho de Maxwell que não foi bem aceito pela comunidade científica na época, tendo visibilidade apenas após sua morte, em 1888 quando Heinrich Hertz comprovou experimentalmente a existência das ondas eletromagnéticas, que foi considerada por Maxwell um aspecto da luz.

Na véspera de sua descoberta, conta-se que Maxwell teve um encontro com uma jovem mulher, com quem mais tarde se casaria. Enquanto caminhavam em um jardim, ele comentou sobre a beleza e o assombro das estrelas. Maxwell indagou como ela se sentia sabendo estar caminhando com a única pessoa do mundo que sabia o que realmente era a luz das estrelas. Pois aquilo era verdade. Naquela época, James Clerk Maxwell era a única pessoa no mundo a saber que qualquer tipo de luz é energia transportada por campos elétricos e magnéticos que, de maneira contínua, se regeneram mutuamente (Hewitt, 2000, p. 480).

De Broglie e Schrodinger

Entre tantos outros cientistas importantes que não será possível citar o trabalho de todos, chega-se a 1924, ano em que Louis de Broglie defende sua tese, afirmando sobre a “onda de matéria” ou “onda de partículas”, que toda partícula deve ter uma onda associada, ou seja, um comprimento de onda. Einstein recebeu essa tese e enviou para vários cientistas, entre eles, Schrodinger, que partindo desses embasamentos publicou vários artigos, firmando a mecânica ondulatória.

Quando comparadas, a interpretação de Schrödinger e a de De Broglie mostram-se diferentes em vários aspectos. Para De Broglie, a energia do elétron estaria fortemente

condensada em torno de um ponto, e sua carga elétrica estaria centralizada nesse mesmo ponto. Para Schrödinger, o elétron, sua carga e sua energia estariam distribuídos pelo espaço, sendo essa distribuição representada pela onda associada ao elétron. (...) Apesar de conhecerem-se pouco e de terem trocado somente poucas cartas, De Broglie e Schrödinger pareciam estar em perfeita harmonia quanto à maioria dos aspectos gerais da mecânica ondulatória, embora divergissem em certos pontos. (Rosa, 2004, p. 169).

Einstein propôs que a energia pode ter um comportamento dual, ser onda (eletromagnética) ou matéria (fóton), então De Broglie traz essa teoria dual da energia para a matéria, sendo a matéria também provida de comportamento dual. De Broglie parte da equação de Einstein e aplica para uma partícula, como por exemplo, o elétron.

$$p = \frac{h}{\lambda}$$

Considere:

p = quantidade de movimento (ou momento linear);

h = constante de Planck = $6,62 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2 \cdot \text{kg/s}$;

λ = comprimento de onda.

Observa-se que o momento linear é uma característica corpuscular, enquanto o λ (comprimento de onda) é uma característica ondulatória. Einstein chegou nessa equação igualando as duas equações de energia:

$$E = m \cdot c^2 \qquad E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

Tem-se que:

$$m \cdot c^2 = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

Cortando a velocidade da luz (c) que tem dos dois lados da igualdade, chega-se a:

$$m \cdot c = \frac{h}{\lambda},$$

e como o momento linear (p) é o produto da massa pela velocidade, conclui-se:

$$p = \frac{h}{\lambda}$$

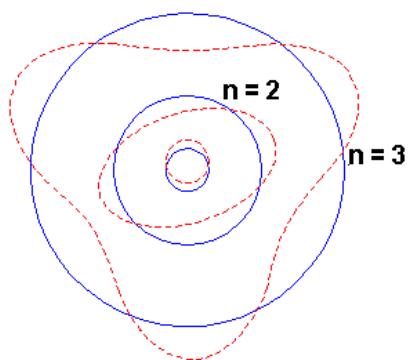


Figura 10 - Elétron representado por uma onda.

Fonte: <https://laurablogdotcom4.wordpress.com/2015/06/08/difraccion/>

Esse estudo trouxe a De Broglie o prêmio Nobel, em 1929, pela descoberta da natureza ondulatória dos elétrons, como elucidado na figura 10. Sua teoria foi provada experimentalmente em 1927, quando Davisson e Thomson conseguiram difratar o elétron, esse experimento que, dez anos mais tarde, proporcionou o Nobel a essa dupla.

A seguir, em 1935, encontra-se os estudos de Schrodinger, no desenvolvimento da Mecânica Ondulatória, sobre o estado fundamental do elétron, obtendo a função de onda do elétron, que ao plotar os dados em um plano cartesiano, chega-se ao contorno da nuvem eletrônica, acrescentando que o termo orbital estava em desuso devido ao princípio da incerteza, como na figura 11.

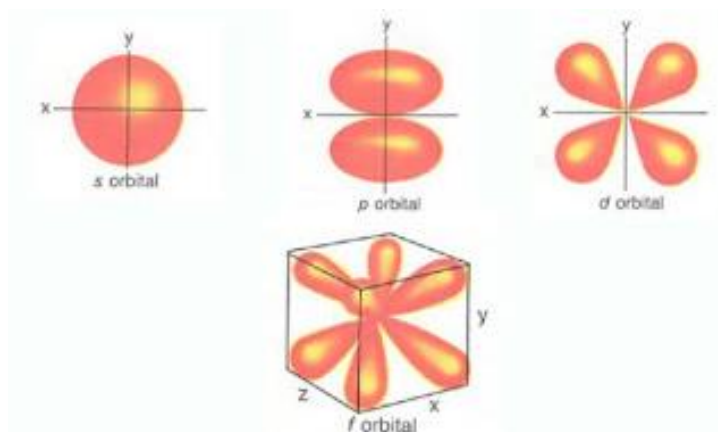


Figura 11 - Orbitais atômicos.

Fonte: <http://fisicayquimicadominicas.blogspot.com/2012/10/orbitales-atomicos-podemosdecir-que-un.html>

Como os estudos de Schrodinger não aborda especificamente sobre a natureza da luz, não será abordado com maiores detalhes. Na figura 12 a Linha do tempo da os estudos acerca da teoria Corpuscular e Ondulatória.

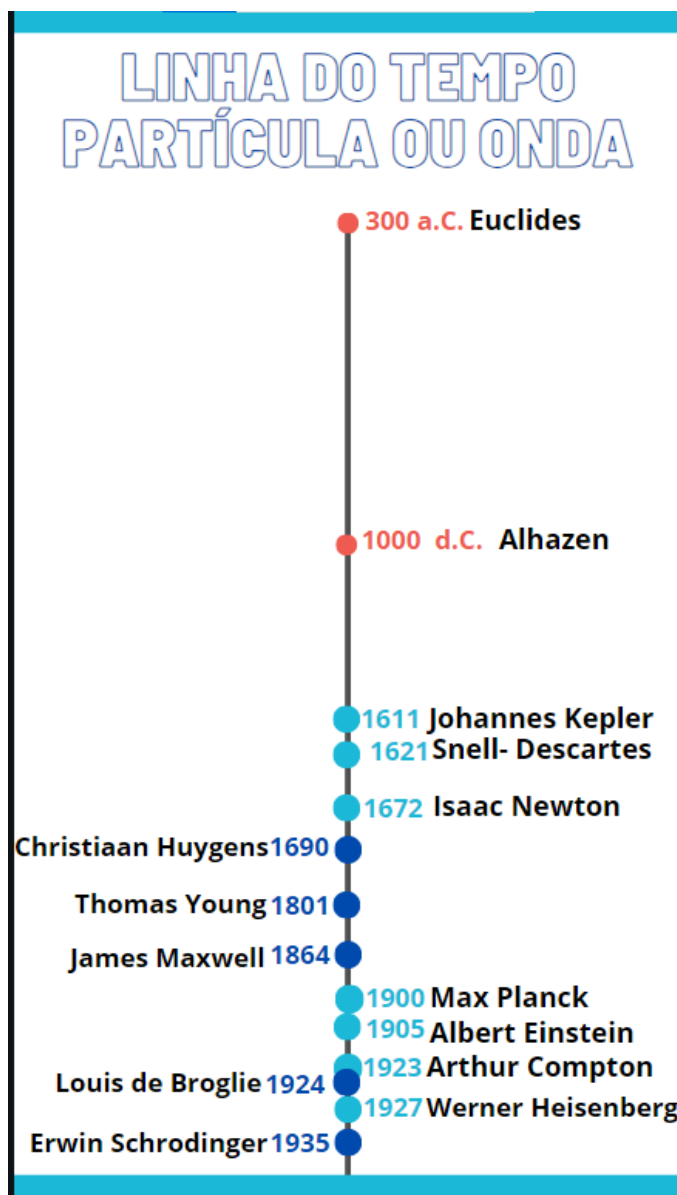



Figura 11 - Linha do tempo das teorias corpuscular e ondulatória.

Fonte: Elaborado pela autora.

Para ajudar a se localizar nessa linha do tempo, uma forma interessante e complementar é utilizar a lista dos laureados do Prêmio Nobel de Física, focando apenas nos estudos mais antigos acerca da luz, como apresentado no quadro 4. Mas, apenas utilizá-la não é o bastante para se localizar no tempo, pois nem todos estudos significativos receberam o Nobel, ou mesmo os cientistas receberam o prêmio anos depois de seus trabalhos serem publicados ou por outros temas; como exemplo o Arthur Compton que recebeu o prêmio Nobel de Física em 1927, mas seus estudos sobre o Efeito Compton foi observado em 1923.

Quadro 5 - Vencedores do Prêmio Nobel de Física que fizeram trabalhos relevantes para o estudo da luz

1905	Philipp Lenard		Alemanha Áustria- Hungria	Trabalho sobre raios catódicos
1906	Joseph John Thomson		Reino Unido	Investigações sobre a condução de eletricidade por gases
1911	Wihelm Wien		Alemanha	Descobertas sobre as leis que regem a radiação de calor
1918	Max Planck		Alemanha	Avanço da física através de sua descoberta de energia quântica
1921	Albert Einstein		Alemanha Suíça	Física teórica e descoberta da lei do Efeito fotoelétrico
1922	Niels Bohr		Dinamarça	Investigação da estrutura dos átomos e da radiação emanada por eles
1923	Robert Andrews Millikan		Estados Unidos	Estudo das cargas elétricas elementares e do efeito fotoelétrico
1927	Arthur Holly Compton		Estados Unidos	Descoberta dos fótons quando este interage com a matéria
1929	Louis de Broglie		França	Descoberta da natureza das ondas dos elétrons
1932	Werner Heisenberg		Alemanha	Criação da Mecânica quântica, cuja aplicação levou à descoberta das formas alotrópicas do hidrogênio
1933	Erwin Schrodinger		Áustria	Descobertas de novas formas produtivas da teoria atômica
	Paul Dirac		Reino Unido	
1937	Clinton Joseph Davisson		Estados Unidos	Descoberta experimental da difração dos elétrons por cristais
	George Paget Thomson		Reino Unido	

1954	Max Born		Alemanha Occidental	Pesquisa fundamental na mecânica quântica, especialmente pela sua interpretação estatística da função de onda
------	----------	---	------------------------	---

Fonte: <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/>

5. MATERIAIS PARA O JÚRI SIMULADO

5.1. Orientações para os estudantes

Sem uma boa orientação do professor aos estudantes, ensaios (das ordens das falas) e roteiro claro fica difícil aplicar e credibilizar essa atividade, podendo passar a eles uma visão de atividade “bagunçada” ou “desorganizada”. Se eles verem dessa forma, possivelmente assim será suas pesquisas e apresentações no dia do júri simulado.

É importante fazer uso dos materiais propostos a seguir para que a atividade flua como esperado.

1. Composição do Júri Popular

Definir antecipadamente as funções de cada estudante no júri e a quantidade de cada um dos integrantes (número de testemunhas, de jurados, etc).

2. Roteiro do Júri Simulado

Essa parte deve ser ensaiada para cada um saber seu momento de fala.

3. Leitura do texto a seguir pelo juiz

O juiz deve ser um aluno muito atento, pois, ele é quem ditará o andamento de todo o júri, do início ao fim, chamando cada um quando for falar.

4. Texto para Escrivã (o) preencher

É importante o escrivão ter a ordem das falas para ficar mais fácil de escrever todos os depoimentos.

5. Propostas de Interrogatório para advogados

Sem boas perguntas direcionadas às testemunhas, vítimas e ao réu, não teremos os depoimentos sobre os assuntos que desejamos. Por exemplo: se perguntar a testemunha Einstein quais ideias na física ele defende, a testemunha pode falar sobre a relatividade restrita, algo que pode fugir ao tema da natureza da luz, pois deveria depor com mais afinco sobre o efeito fotoelétrico.

6. Ficha para Jurados preencherem

As fichas seguem os modelos de Avaliação por rubrica, podendo ter alteradas os critérios ou menções.

7. Lista de exercício para Avaliação formativa

Além de monitorar o processo de aprendizagem após essa atividade, é importante os estudantes verem alguns exercícios de como esse conteúdo é encontrado nos vestibulares.

5.2. Composição do Júri Popular

Um júri é composto pelas seguintes pessoas:

- **Juiz (a):** Se o réu for julgado culpado pelo júri, quem estipula a pena é o juiz, também é responsável pelo andamento do júri.

- **Jurados:** dá o veredito conforme os fatos apresentados no tribunal.
- **Advogado (s) de defesa:** defende o réu, apresentando fatos, provas, interrogando as testemunhas, de forma coerente.

- **Promotores:** acusam o réu e tentam provar sua culpa, também considerado advogado de acusação ao réu.

- **Testemunhas:** com seu testemunho, apresentando provas, dados e informações, busca inocentar o réu ou acusá-lo.

- **Réu:** o acusado por um crime ou delito, está em análise se sofrerá uma condenação.
- **Escrivão/escrivã:** redige tudo o que foi dito no júri.
- **Oficial de Justiça:**
 - Conduz a entrada do (a) juiz (a) no tribunal,
 - Conduz o juramento das testemunhas.
- **Policiais:** responsáveis pela segurança e diligência judicial.
- **Jurados:** assiste o júri com atenção, pode fazer anotações e avaliará os alunos que apresentarão utilizando o método de Avaliação por rubrica. Não podem fazer perguntas.

5.3. Roteiro do Júri Simulado

ETAPAS DO JÚRI

1º Momento

1. Primeira fala do Oficial da Justiça (_____). “A corte está em sessão. Todos de pé”. (Após todos em pé, entra a Juíza).
2. Juíza abre a sessão lendo o texto. **[5 minutos]**
3. Escrivão (_____) faz sorteio dos jurados, chamando pelo nome. Jurados respondam “*Presente*”.
 - O escrivão entregará o resumo do caso a cada um dos jurados.
4. Advogado de acusação (promotora _____) acusa o réu ou ré (a questão em pauta). **[5 minutos]**
5. Advogado de defesa defende o réu ou a ré. **[5 minutos]**
6. Juíza solicita à Promotoria(acusação) que chamem as testemunhas para darem os depoimentos.
7. Advogado de acusação (_____) toma a palavra e continua a acusação. (chama, uma por vez, as testemunhas de acusação, Snell (_____), Compton (_____) e Einstein (_____) **[15 minutos para ouvir todas as testemunhas]**
8. O oficial de justiça vai até a testemunha e a conduz a cadeira que estará no centro da sala solicitando que a mesma faça o seguinte juramento:

“Levante a mão esquerda. Jura dizer a verdade, somente a verdade, nada mais que a verdade?”
9. Resposta da testemunha: ***“Eu juro!”***
10. Advogado de defesa (_____), retoma a defesa. Chama as testemunhas de defesa, uma por vez, Young (_____), Maxwell (_____) e De Broglie (_____) **[15 minutos para ouvir todas as testemunhas]**

11. Advogado de acusação (_____) chama a vítima, seu cliente, (_____) Newton;

12. Advogado de defesa (_____) chama o réu, seu cliente, (_____) Huygens.

[5 minutos para cada]

2º Momento

13. Considerações finais do advogado de acusação e defesa. **[5 minutos para cada parte]**

14. Os jurados saem para sala secreta para deliberar a respeito do júri. **[5 minutos para cada parte retornar]**

15. Os jurados retornam com o veredicto.

16. O juiz perguntará ao presidente do júri se já chegaram a um veredito. Neste momento, o presidente responderá que sim e entregará ao oficial de justiça o papel contendo a palavra do vencedor, conforme a decisão dos jurados.

17. Leitura e justificativa da sentença pelo juiz. Encerrar a sessão.

5.4. Leitura do texto a seguir pelo juiz

01. Declaro abertos os trabalhos da 34ª sessão, da 1ª reunião do Tribunal do Júri da comarca de Oswaldo Cruz, ano de 2022. (art. 462).

Vai ser submetido a julgamento o réu: Christiaan Huygens (Isaac Newton, um matemático, físico, astrônomo, teólogo e autor inglês que é amplamente reconhecido como um dos cientistas mais influentes de todos os tempos e como uma figura-chave na Revolução Científica, defende a teoria corpuscular da luz e está processando Huygens, um físico, matemático, astrônomo neerlandês, por defender e divulgar a sua teoria ondulatória). Determino que os policiais presentes no auditório apregoem as partes e as testemunhas, colocado em salas separadas as da acusação, das de defesa, (art. 447 e 454).

A seguir o Juiz declara: “Vou proceder à chamada dos jurados que deverão compor o conselho de sentença. Devo adverti-los, entretanto, que são impedidos de servir no mesmo conselho: marido e mulher, ascendentes e descendentes, sogro ou genro ou nora, cunhados, tio e sobrinho, padrasto ou madrasta. Também não poderão servir os jurados que tiverem parentesco com a Juíza _____, com a promotora _____, com o advogado _____, com o réu Christiaan Huygens e com a vítima Isaac Newton. (art. 448 CPP). Em seguida, devem desligar e manter desligados seus aparelhos durante todo o julgamento.

Finalmente esclareço que a dispensa ou recusa de algum jurado não constitui nenhum demérito ou discriminação. Ao contrário, o jurado, às vezes, é dispensado por causa de suas virtudes e qualidades.

O Sr. Escrivão procederá a chamada dos jurados sorteados para esta sessão.

O jurado ausente terá seu motivo apreciado pelo juiz. Não havendo motivo justificado e comprovado para a ausência, o jurado será punido com multa de um a dez salários mínimos. O jurado faltoso, com justificativa ou não, será automaticamente incluído na próxima sessão periódica do Tribunal do Júri. Peço ao jurado que, ao ser chamado, que se levante e responda “PRESENTE”.

[O Escrivão faz a chamada, anota os jurados presentes e no final entrega a folha de resumo do caso.]

02. Está formado o conselho de sentença, farei a exortação legal, e à chamada, cada um dos senhores deverá responder “Assim prometo”. Todos de pé. “Em nome da lei, concito-vos a examinar com imparcialidade esta causa e a proferir vossa decisão de acordo com a vossa consciência e com os ditames da Justiça” art. 472).

[Todos dirão “**Assim prometo!**”]

03. Com a palavra a Dra. Promotora _____, Vossa Excelência tem o prazo de até 5 minutos para a acusação.

04. Com a palavra o Dr. _____, que terá até 5 minutos para promover a defesa do réu.

05. Iniciamos, neste momento, a instrução do processo aqui no Plenário do Júri. Esta instrução é uma coleta de provas na presença dos Senhores Jurados. Podemos ouvir as testemunhas, caso queiram a Promotora e o Defensor, e, ouvimos, obrigatoriamente, o réu e o acusado. Dr. _____, advogado de acusação, pode chamar suas testemunhas, uma por vez.

10. Advogado de defesa, Dr. _____, pode chamar suas testemunhas para interrogatório, uma por vez.

11. Dr. _____, pode chamar a vítima, sr. Isaac Newton.

12. Dr. _____, pode chamar o réu, sr. Christiaan Huygens.

13. Rumo as considerações finais, advogado do acusador e da defesa tem 5 minutos cada.

14. Vai-se proceder ao julgamento.

Peço aos Senhores Policiais que retirem o réu da sala.

Aguardaremos o retorno dos jurados para deliberar o veredicto.

17. Peço a todos os presentes que fiquem em pé para a leitura da sentença.

Em primeiro lugar, levamos em conta o princípio da não culpabilidade. É certo que foi submetida ao veredicto dos jurados, a pessoa acusada de disseminar uma ideia cientificamente correta tanto experimental quanto teoricamente, a compreensão da natureza ondulatória da luz.

Diante destes preceitos repousam no inafastável tratamento humanitário do cidadão, na necessidade de lhe ser preservada a dignidade de sua pesquisa científica aos que vivem em um Estado Democrático de Direito.

A infração que motiva a acusação afasta a lógica do progresso científico de sempre avançarmos com novas ideias e olhares. De toda forma, permanece nosso olhar de admiração e respeito aos cientistas envolvidos, tanto acusador Newton, com a teoria corpuscular, quanto o réu Huygens, com a teoria ondulatória.

Conforme deliberado pelo Júri Popular, fica declarado como vencedor do Júri Simulado da turma de 2022, do 3º ano do Ensino médio,

o réu Cristiaan Huygens, por...

Isaac Newton, por...

...por apresentarem as interrogações, as teorias e relatos com alta qualificação, digna de nosso mérito.

Agradeço a Dr^a. Promotora de Justiça, _____, ao advogado de acusação _____ e ao Dr. Defensor _____, pelo comportamento e pelas palavras a mim dirigidas. Agradeço, também, à Polícia Militar, aos servidores desta Casa, ao público presente e, finalmente, agradeço aos senhores Jurados, pela presença e pelo cumprimento do dever.

Declaro encerrados os presentes trabalhos relativos à 34ª sessão, da 1ª reunião do Tribunal do Júri da comarca de Osvaldo Cruz, periódica do corrente ano de 2023, do Tribunal do Júri Popular desta comarca. [BATE MARTELO encerrando a sessão].

5.5. Texto para Escrivã (o) preencher

Anotações de tudo que foi falado no Júri

1 – Abertura com a promotoria, Dr (ª). _____.

2- Abertura com advogado de defesa, Dr. _____:

3 – Interrogação da testemunha de acusação Snell (aluno _____), as perguntas que o Dr. _____ (advogado do acusador) fez:

4 – Respostas da testemunha de acusação, Snell (aluno _____):

5- Interrogação da testemunha de acusação, Compton (aluno _____), as perguntas que o Dr. _____ (advogado do acusador) fez:

6- Respostas da testemunha de acusação, Compton (aluno _____):

7- Interrogação da testemunha de acusação, Einstein (aluno _____), as perguntas que o Dr. _____ (advogado do acusador) fez:

8- Respostas da testemunha de acusação, Einstein (aluno _____):

9- Interrogação da testemunha de defesa, Young (aluno _____), as perguntas que o Dr. _____ (advogado de defesa) fez:

8- Respostas da testemunha de defesa, Young (aluno _____):

9- Interrogação de Maxwell (aluno _____), as perguntas que o Dr. _____ (advogado de defesa) fez:

10- Respostas da testemunha de defesa, Maxell (aluno _____):

11- Interrogação da testemunha de defesa, De Broglie (aluno _____), as perguntas que o Dr. _____ (advogado de defesa) fez:

12- Respostas da testemunha de defesa, De Broglie (aluno _____):

13- Interrogação da vítima, Newton (aluno _____). As perguntas que o Dr. _____ (advogado de defesa) fez:

14- Resposta da vítima, Newton (aluno _____):

15- Interrogação do réu, Huygens (aluno _____). As perguntas que o Dr. _____ (advogado do acusador) fez:

16- Resposta do réu, Huygens (aluno _____):

17 – Considerações finais do advogado de acusação, Dr. _____ (advogado do acusador):

18 – Considerações finais do advogado de defesa, Dr. _____ (advogado de defesa)

19 – Veredicto do júri foi:

5.6. Propostas de Interrogatório

A seguir apresenta-se as orientações e algumas sugestões de perguntas dos advogados.

Acusação

Para Snell:

- 1- Poderia expor seus estudos sobre refração e reflexão para nós?
- 2- O que afirma a Lei Snell- Descartes, que antecede a teoria corpuscular de Newton, mas que traz embasamento científico para ela?

(Alunos pesquisarem a resposta).

Sugestão: Snell fazer uma apresentação experimental de sua teoria.

Para Compton:

- 1- O seu famoso experimento, intitulado de “Efeito Compton”, que leva seu próprio nome (um pouco narcisista, por sinal), mas que foi esse experimento que comprovou a teoria corpuscular, proposta por Newton, meu cliente. Explique para o júri, aqui presente, a respeito desse efeito.

(Alunos pesquisarem a resposta).

Para Einstein:

- 1- O senhor poderia nos relatar sua trajetória na academia e comunidade científica?

Sugestão de resposta: Alunos pesquisarem a biografia de Einstein e citar seus vários estudos. Seria interessante, nesse momento, citar que ele fugiu da Alemanha durante o regime nazista, por ser judeu, e mesmo Max Planck solicitando a Hitler para autorizar que os cientistas judeus permanecessem.

Ou, outra curiosidade histórica que poderia citar é sobre 1905 ser considerado o Annus Mirabilis (ano miraculoso) da ciência, devido aos cinco artigos revolucionários que Einstein publicou nesse ano. E o outro ano miraculoso da ciência, foi apenas em 1666, devido as publicações revolucionárias de Newton.

- 2 – Após a comunidade científica ter aceitado, finalmente, o modelo ondulatório o senhor apresentou o artigo sobre o Efeito fotoelétrico, em 1905, trazendo à tona, novamente, o modelo corpuscular. Gostaria que esclarecesse mais a respeito do Efeito fotoelétrico, por favor.

(Alunos pesquisarem a resposta).

Para Newton:

1 – Senhor Newton, há matérias que dizem o seguinte a respeito da sua personalidade:

“Newton era uma pessoa detestável, um homem amargo, estranho, recluso. Diz a lenda que só riu uma vez na vida: quando lhe perguntaram que utilidade via em Euclides. É, com certeza, um exagero, mas não está de todo longe da sua personalidade real”, entre renomados historiadores. Devido ao seu excessivo racionalismo, foi descrito como um homem problemático que usava a ciência para conseguir se promover.

Poderia apontar para o júri a importância de seus trabalhos para a física e o quão toda essa característica é irrelevante perto da relevância de seus estudos?

Sugestão de resposta: (Eu sou a pessoa que mais tem ciência da minha terrível personalidade e a assumo, assim como arco com as consequências. Porém, esse terrível defeito foi minha armadura diante das humilhações que já passei por vir de família humilde e o que não me deixou desistir até aqui. Meus estudos foram longe, mudaram o rumo da humanidade e quem não teve essa façanha, ao invés de me glorificar é mais fácil me difamar, para, assim, encobrir suas frustrações.

Apesar de isso ser uma verdade, não pode ser usado contra mim nesse tribunal, pois pode diminuir a admiração das pessoas a meu respeito, mas não diminui o mérito do meu trabalho).

2- Em 1704 você apresentou o modelo corpuscular da luz. Podemos afirmar, diante do júri, neste tribunal, que a luz é uma partícula?

(Alunos pesquisarem a resposta).

Defesa

Para Young:

1 – Em 1801, seu famoso experimento da Fenda dupla comprovou que a teoria do meu cliente, Huygens, estava correta. Somente após cento e onze anos é que a comunidade científica aceitou a teoria ondulatória, proposta com ele (apontar para Huygens) em 1690.

Nas faculdades de Física, os alunos estudam o famoso livro dos autores Halliday e Resnick, nesse livro, na página 89 diz o seguinte:

Hoje, o fenômeno da difração pode ser explicado facilmente pela Teoria Ondulatória da Luz. Esta teoria, desenvolvida inicialmente por Huygens e usada por Young para explicar a interferência numa fenda dupla, levou muito tempo para ser adotada, em grande parte porque ela entrava em choque com a Teoria de Newton. (Halliday e Resnick, 1995, p. 89).

Por favor, senhor Young, o senhor que iluminou a teoria de meu cliente, graças a seu experimento essa teoria foi reconhecida, explica melhor a respeito das Fendas duplas.

(Alunos pesquisarem a resposta).

Para Maxwell:

1 - Assim como o trabalho teórico de Huygens foi reconhecido anos depois com a comprovação experimental feita por Young, o mesmo aconteceu com o trabalho de Maxwell que não foi bem aceito pela comunidade científica na época, tendo visibilidade apenas após sua morte, em 1888 quando Heinrich Hertz comprovou experimentalmente a existência das ondas eletromagnéticas, que foi considerada por Maxwell um aspecto da luz.

Usarei como referência, trazendo veracidade a minha defesa, um livro muito utilizado sobre os conceitos Físicos, que diz:

Na véspera de sua descoberta, conta-se que Maxwell teve um encontro com uma jovem mulher, com quem mais tarde se casaria. Enquanto caminhavam em um jardim, ele comentou sobre a beleza e o assombro das estrelas. Maxwell indagou como ela se sentia sabendo estar caminhando com a única pessoa do mundo que sabia o que realmente era a luz das estrelas. Pois aquilo era verdade. Naquela época, James Clerk Maxwell era a única pessoa no mundo a saber que qualquer tipo de luz é energia transportada por campos elétricos e magnéticos que, de maneira contínua, se regeneram mutuamente (Hewitt, 2000, p. 480).

Portanto, senhor Maxwell, por favor, diga mais a respeito de sua teoria sobre a luz ser onda eletromagnética.

(Alunos pesquisarem a resposta).

Observação: Ao final da fala de Maxwell, o advogado de defesa pode enaltecer que ele morreu sem ter uma homenagem da comunidade científica, que na época não compreenderam sua teoria, só após a comprovação experimental de Hertz.

Para De Broglie:

- 1- Qual a relação entre o comportamento dualístico proposto por Einstein para os fótons, e por você, De Broglie, para as partículas?
- 2- Você acha que há necessidade de descartabilidade dos estudos de Huygens?

(Alunos pesquisarem a resposta).

Para Huygens:

1 – Em 1672 Newton afirmava que a luz era composta por partículas, em 1690, o senhor publicou “*Traité de la Lumière*” afirmando sobre a teoria ondulatória da luz, dez anos depois de conhecer Isaac Newton, quando visitou a Inglaterra, em 1680. O senhor afirma que cada frente de onda pode gerar (ser a fonte) de várias ondas. Poderia descrever melhor para nós sua teoria ondulatória?

(Alunos pesquisarem a resposta).

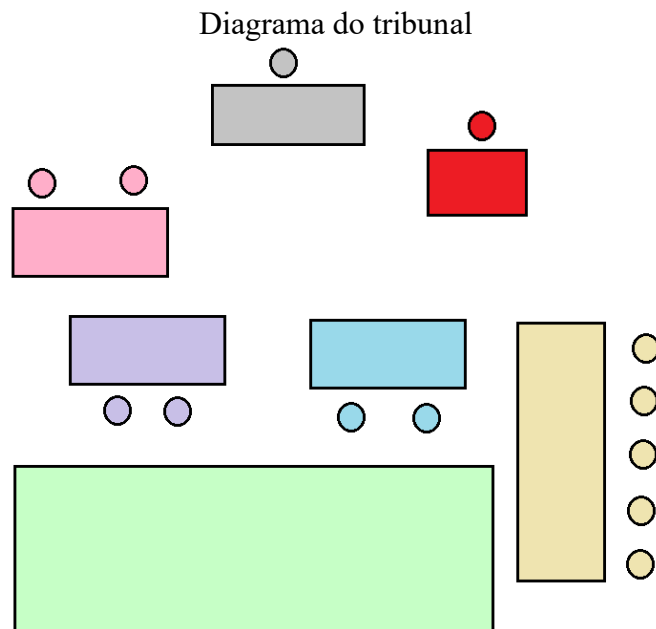
5.7. Organização do local

Para não haver dúvida sobre a predisposição das carteiras de cada um dos personagens que irão compor o tribunal, segue o diagrama abaixo.

É importante que cada aluno saiba com antecedência ao dia da apresentação onde irá se sentar, exceto o oficial de justiça do tribunal que fica em pé durante todo o júri, perto da parede, mas rente ao juiz (para proteção), e é ele quem acompanha cada testemunha até a mesa para depor e solicita que repita a fala para o juramento.

O telão do projetor pode ficar atrás da mesa do juiz, nas laterais, se possível.

Uma outra opção é solicitar o uso do tribunal da cidade para fazer a simulação, ou até mesmo de alguma universidade na cidade que tem o curso de direito.



Fonte: Elaborado pela autora.

Legenda do diagrama

- Mesa do juiz
- Mesa da escritã e promotora
- Mesa para testemunha
- Mesa do réu e advogado
- Mesa da vítima e advogado
- Mesa do júri popular
- Público

5.8. Ficha para Jurados preencherem

Cada um dos jurados receberá essas tabelas para serem preenchidas individualmente.

Cabe a cada um preencher e fazer os cálculos finais para apresentar ao Juiz.

Logo após o Júri, os cálculos serão refeitos e confirmados pela professora.

Nome do Jurado: _____

Ganha a acusação ou defesa quem a somatória de notas for maior.

ACUSAÇÃO

Advogado do acusador: _____

Menções Critérios avaliativos	Pouco preparo e exposição insuficiente (1,5 pt)	Apresentou bem o tema, mas pouca clareza para compreensão (2,0 pt)	Domínio e confiança sobre o tema, criatividade na apresentação (2,5 pt)	
Qualidade na apresentação/experimentação científica				
Arguição para defesa e acusação				
Vocabulário jurídico e postura				
Aproveitamento e respeito do tempo				
				Total:

Acusador (Newton): _____

Menções Critérios avaliativos	Pouco preparo e exposição insuficiente (1,5 pt)	Apresentou bem o tema, mas pouca clareza para compreensão (2,0 pt)	Domínio e confiança sobre o tema, criatividade na apresentação (2,5 pt)	
Qualidade na apresentação/experimentação científica				
Arguição para defesa e acusação				
Vocabulário jurídico e postura				
Aproveitamento e respeito do tempo				
				Total:

Testemunha 1 (Snell): _____

Menções	Pouco preparo e exposição insuficiente (1,5 pt)	Apresentou bem o tema, mas pouca clareza para compreensão (2,0 pt)	Domínio e confiança sobre o tema, criatividade na apresentação (2,5 pt)	
Critérios avaliativos				
Qualidade na apresentação/experimentação científica				
Arguição para defesa e acusação				
Vocabulário jurídico e postura				
Aproveitamento e respeito do tempo				
				Total:

Testemunha 2 (Compton): _____

Menções	Pouco preparo e exposição insuficiente (1,5 pt)	Apresentou bem o tema, mas pouca clareza para compreensão (2,0 pt)	Domínio e confiança sobre o tema, criatividade na apresentação (2,5 pt)	
Critérios avaliativos				
Qualidade na apresentação/experimentação científica				
Arguição para defesa e acusação				
Vocabulário jurídico e postura				
Aproveitamento e respeito do tempo				
				Total:

Testemunha 3 (Einstein): _____

Menções	Pouco preparo e exposição insuficiente (1,5 pt)	Apresentou bem o tema, mas pouca clareza para compreensão (2,0 pt)	Domínio e confiança sobre o tema, criatividade na apresentação (2,5 pt)	
Critérios avaliativos				
Qualidade na apresentação/experimentação científica				
Arguição para defesa e acusação				
Vocabulário jurídico e postura				
Aproveitamento e respeito do tempo				
				Total:

DEFESA

Advogado do réu: _____

Menções	Pouco preparo e exposição insuficiente (1,5 pt)	Apresentou bem o tema, mas pouca clareza para compreensão (2,0 pt)	Domínio e confiança sobre o tema, criatividade na apresentação (2,5 pt)	
Critérios avaliativos				
Qualidade na apresentação/experimentação científica				
Arguição para defesa e acusação				
Vocabulário jurídico e postura				
Aproveitamento e respeito do tempo				
				Total:

Réu (Huygens): _____

Menções	Pouco preparo e exposição insuficiente (1,5 pt)	Apresentou bem o tema, mas pouca clareza para compreensão (2,0 pt)	Domínio e confiança sobre o tema, criatividade na apresentação (2,5 pt)	
Critérios avaliativos				
Qualidade na apresentação/experimentação científica				
Arguição para defesa e acusação				
Vocabulário jurídico e postura				
Aproveitamento e respeito do tempo				
				Total:

Testemunha 1 (Young): _____

Menções	Pouco preparo e exposição insuficiente (1,5 pt)	Apresentou bem o tema, mas pouca clareza para compreensão (2,0 pt)	Domínio e confiança sobre o tema, criatividade na apresentação (2,5 pt)	
Critérios avaliativos				
Qualidade na apresentação/experimentação científica				
Arguição para defesa e acusação				
Vocabulário jurídico e postura				
Aproveitamento e respeito do tempo				
				Total:

Testemunha 2 (Maxwell): _____

Menções Critérios avaliativos	Pouco preparo e exposição insuficiente (1,5 pt)	Apresentou bem o tema, mas pouca clareza para compreensão (2,0 pt)	Domínio e confiança sobre o tema, criatividade na apresentação (2,5 pt)	
Qualidade na apresentação/experimentação científica				
Arguição para defesa e acusação				
Vocabulário jurídico e postura				
Aproveitamento e respeito do tempo				
				Total:

Testemunha 3 (De Broglie): _____

Menções Critérios avaliativos	Pouco preparo e exposição insuficiente (1,5 pt)	Apresentou bem o tema, mas pouca clareza para compreensão (2,0 pt)	Domínio e confiança sobre o tema, criatividade na apresentação (2,5 pt)	
Qualidade na apresentação/experimentação científica				
Arguição para defesa e acusação				
Vocabulário jurídico e postura				
Aproveitamento e respeito do tempo				
				Total:

5.9. Lista de exercício para Avaliação formativa

Nome: _____ nº: _____ Turma: _____ Data: __/__/__

Lista sobre a Dualidade da Luz

1 - (ENEM) Quando se considera a extrema velocidade com que a luz espalha-se por todos os lados e que, quando vêm de diferentes lugares, mesmo totalmente opostos, os raios luminosos atravessam uns aos outros sem se atrapalharem, compreende-se que, quando vemos um objeto luminoso, isso não poderia ocorrer pelo transporte de uma matéria que venha do objeto até nós, como uma flecha ou bala que atravessa o ar, pois certamente isso repugna bastante a essas duas propriedades da luz, principalmente a última.

HUYGENS, C. in: MARTINS, R. A. Tratado sobre a luz, de Cristian Huygens. Caderno de História e Filosofia da Ciência, supl. 4, 1986.

O texto contesta que concepção acerca do comportamento da luz?

- a) O entendimento de que a luz precisa de um meio de propagação, difundido pelos defensores da existência do éter.
- b) O modelo ondulatório para a luz, o qual considera a possibilidade de interferência entre feixes luminosos.
- c) O modelo corpuscular defendido por Newton, que descreve a luz como um feixe de partículas.
- d) A crença na velocidade infinita da luz, defendida pela maioria dos filósofos gregos.
- e) A ideia defendida pelos gregos de que a luz era produzida pelos olhos.

JUSTIFICAR:

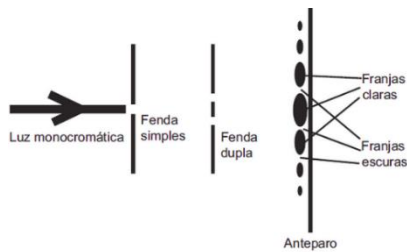
2 - (UFRGS) O físico francês Louis de Broglie (1892-1987), em analogia ao comportamento dual onda-partícula da luz, atribuiu propriedades ondulatórias à matéria.

Sendo a constante de Planck $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ J.s, o comprimento de onda de Broglie para um elétron (massa $m = 9,0 \cdot 10^{-31}$ kg) com velocidade de módulo $v = 2,2 \cdot 10^6$ m/s é, aproximadamente:

- A) $3,3 \times 10^{-10}$ m.
- B) $3,3 \times 10^{-9}$ m.
- C) $3,3 \times 10^3$ m.
- D) $3,0 \times 10^9$ m.
- E) $3,0 \times 10^{10}$ m.

Apresente o cálculo:

3- (ENEM) O debate a respeito da natureza da luz perdurou por séculos, oscilando entre a teoria corpuscular e a teoria ondulatória. No início do século XIX, Thomas Young, com a finalidade de auxiliar na discussão, realizou o experimento apresentado de forma simplificada na figura.



Nele, um feixe de luz monocromático passa por dois anteparos com fendas muito pequenas. No primeiro anteparo há uma fenda e no segundo, duas fendas.

Após passar pelo segundo conjunto de fendas, a luz forma um padrão com franjas claras e escuras.

Com esse experimento, Young forneceu fortes argumentos para uma interpretação a respeito da natureza da luz, baseada em uma teoria

- corpuscular, justificada pelo fato de, no experimento, a luz sofrer dispersão e refração.
- corpuscular, justificada pelo fato de, no experimento, a luz sofrer dispersão e reflexão.
- ondulatória, justificada pelo fato de, no experimento, a luz sofrer difração e polarização.
- ondulatória, justificada pelo fato, de no experimento, a luz sofrer interferência e reflexão.
- ondulatória, justificada pelo fato de, no experimento, a luz sofrer difração e interferência.

JUSTIFICAR:

4 - (UDESC) Para se chegar à descrição atual sobre a natureza da luz, caracterizada pelo comportamento dual (onda-partícula), houve debates épicos entre propositores e defensores de modelos explicativos divergentes. Sobre a natureza da luz, um dos debates que ficou marcado na história da Ciência envolveu grandes estudiosos, tendo de um lado Isaac Newton e de outro Christiaan Huygens.

Focado no debate Newton-Huygens, relativo à natureza da luz, analise as proposições.

I. Dois aspectos centrais alimentavam o debate entre Newton e Huygens; o primeiro de natureza metodológica e o segundo que envolvia a aceitação ou não do conceito de vácuo e as suas implicações.

II. Newton e Huygens tinham concepções diferentes sobre o espaço físico e a natureza da luz, porém, concordavam que os modelos explicativos para a propagação da luz teriam que ser alcançados a partir de um modelo mecânico.

III. O debate Newton-Huygens ocorreu exclusivamente devido à divergência sobre o conceito de vácuo, mas ambos defendiam a natureza ondulatória da luz.

IV. Assumindo perspectivas teóricas e metodológicas diferentes, Newton propôs uma explicação corpuscular para a luz, enquanto Huygens defendia uma visão ondulatória para a luz.

Assinale a alternativa correta:

- a) Somente as afirmativas II e IV são verdadeiras.
- b) Somente a afirmativa III é verdadeira.
- c) Somente as afirmativas I e II são verdadeiras.
- d) Somente as afirmativas I, II e IV são verdadeiras.
- e) Somente a afirmativa IV é verdadeira.

JUSTIFICAR:

5 - (UFU) A natureza da luz é um assunto que tem estado presente nas discussões de cientistas e filósofos há séculos, principalmente a partir da possibilidade de aplicação de fenômenos luminosos por comportamentos tanto ondulatórios quanto corpusculares. Segundo o princípio da complementaridade, proposto por Niels Bohr em 1928, a descrição ondulatória da luz é complementar à descrição corpuscular, mas não se usa as duas descrições simultaneamente para descrever um determinado fenômeno luminoso. Desse modo, fenômenos luminosos envolvendo a propagação, a emissão e a absorção da luz são explicados ora considerando a natureza ondulatória, ora considerando a natureza corpuscular.

Assinale a alternativa que apresenta um fenômeno luminoso mais bem explicado, considerando-se a natureza corpuscular da luz:

- a) Espalhamento da luz ao atravessar uma fenda estreita.
- b) Interferência luminosa quando feixes luminosos de fontes diferentes se encontram.
- c) Mudança de direção de propagação da luz ao passar de um meio transparente para outro.
- d) Absorção de luz com emissão de elétrons por uma placa metálica.

JUSTIFICAR:

6) (UFRN) Quando há incidência de radiação eletromagnética sobre uma superfície metálica, elétrons podem ser arrancados dessa superfície e eventualmente produzir uma corrente elétrica. Esse fenômeno pode ser aplicado na construção de dispositivos eletrônicos, tais como os que

servem para abrir e fechar portas automáticas. Ao interagir com a superfície metálica, a radiação eletromagnética incidente se comporta como

- A) onda, e o fenômeno descrito é chamado de efeito fotoelétrico.
- B) partícula, e o fenômeno descrito é chamado de efeito fotoelétrico.
- C) partícula, e o fenômeno descrito é chamado de efeito termiônico.
- D) onda, e o fenômeno descrito é chamado de efeito termiônico.

JUSTIFICAR:

7) Cite experimentos que colaboraram para a consideração da luz ser de natureza.

Podendo citar a época e nomes dos cientistas envolvidos.

CORPUSCULAR	ONDULATÓRIA

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação dessa atividade não precisa envolver, obrigatoriamente, todos os recursos aqui fornecidos, por exemplo, a avaliação por rubrica, as perguntas sugeridas na interrogação, a atividade formativa ao final do processo ou os nomes dos cientistas sugeridos para testemunhas. Por isso, ao longo do trabalho citei e descrevi sobre vários outros físicos que fizeram importantes contribuições para o estudo da natureza da luz, mesmo não estando diretamente envolvidos no caso do júri, para o professor ou estudantes poderem alterar.

Ao aplicar esse produto em aula manifestei uma grande satisfação educacional, pois os estudantes realmente incorporaram os personagens e “entraram no clima”, superando minhas expectativas sobre essa atividade.

Na primeira aplicação, no ano de 2022, a coordenadora pedagógica da escola acompanhou o júri e elogiou muito o trabalho. Foi emocionante acompanhar por uma aula inteira estudantes debatendo sobre física, citando estudos, teorias, experimentos tão complexos e tentando representar o personagem.

Sei o quanto o currículo é extenso para ser cumpridos em sala de aula e que o tempo não nos favorece, porém, valeu a pena usá-lo na realização dessa atividade.

7. REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, L. A. G., QUARTIERI, M. T., MARCHI, M. I., & DULLIUS, M. M. (2015). **As estratégias de ensino júri simulado e phillips 66 como facilitadores do ensino e da aprendizagem na disciplina de matemática.** *Revista Eletrônica Sala de Aula em Foco*. 4 (1), 17-28.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva.** Lisboa: Plátano, 2003, p. 6-7.

BIAGIOTTI, L. C. B. **Conhecendo e aplicando rubricas em avaliações.** In: **Congresso Brasileiro de Educação a Distância.** 2005. p. 1-9.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, LDB.** Lei nº 9.394/1996. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seed/arquivos/pdf/tvescola/leis/lein>. Acesso em: 27 jul. 2022.

BRASIL. MEC. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio.** Brasília: Ministério da Educação, 1999.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base nacional comum curricular.** Brasília, DF: MEC, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 25 jul. 2022.

GUIMARÃES, R.R; MASSONI, N. T. **Relato crítico de uma experiência didática acerca de uma temática científica aplicada na educação básica: algumas reflexões epistemológicas e a defesa de um ensino de ciências fundamentado na argumentação dialógica.** *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 37, n. 2, p. 695-717, ago. 2020.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R. **Física.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1995, p. 89.

HARVARD BUSINESS SCHOOL. Christensen Center for Teaching & Learning. **Teaching by the Case Method.** Disponível em: <<https://www.hbs.edu/teaching/case-method/Pages/default.aspx>>. Acesso em: 20 jun. 2022.

HAWKING, S. W. **Uma breve história do tempo.** Tradução de Cássio de Arantes Leite. 1. ed. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2015, p. 256.

HEWITT, P. G. **Física conceitual.** 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002, p. 480 – 532, 2002.

LUCKESI, Cipriano Carlos. **Avaliação da Aprendizagem Escolar**. 20. ed. São Paulo: Cortez, 1998, p. 178 - 180.

LUNARDI, Soraya; DIMOULIS, Dimitri. **O Caso da Gravidez Indesejada: Dilemas Éticos e Jurídicos Sobre Aborto**. São Paulo: *Revista dos Tribunais*, 2018.

MENEZES, Maria Arlinda de Assis. **Do método do caso ao case: a trajetória de uma ferramenta pedagógica**. *Revista Educação e Pesquisa*, v. 35, n. 1, p. 129-143, jan./abr. 2009.

MOREIRA, M. A. **A Teoria de Aprendizagem de David Ausubel como Sistema de Referência para a Organização de Conteúdo de Física**. *Revista Brasileira de Física*, v. 9, n. 1, p. 275-292, 1979.

NEWTON, Isaac. **A Hipótese da Luz**. In: COHEN, I. Bernard & WESTFALL, Richard S. (eds.) *Isaac Newton: textos, antecedentes, comentários*. Rio de Janeiro: EdUERJ – Contraponto, 2002.

PEREZ, S. **Mecânica Quântica: um curso para professores da Educação Básica**. 1. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016

PhET **Projeto de Simulações Interativas da Universidade do Colorado (PhET)**, https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/photoelectric/latest/photoelectric.html?simulation=photoelectric&locale=pt_BR Acessado em: Abril de 2022.

PINTO, A. C; ZANETIC, J. **É possível levar a física quântica para o ensino médio?** *Revista Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Santa Catarina, v. 16, n. 1, p. 7, 1999.

PRÊMIO NOBEL. Disponível em: <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/>. Acesso em: 10 ago. 2023.

RIBEIRO, A.R; COELHO, L.; BERTOLAMI, O.; & ANDRÉ, R. **Luz: História, Natureza e Aplicações**. *Gazeta de Física*, Lisboa, 2015.

ROSA, P. S. **Louis de Broglie e as ondas de matéria**. 2004. 190f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Física “Gleb Wataghin”, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

SAMPAIO, J.L.; CALÇADA, C. S. **Física: volume único**. 2 ed. São Paulo: Atual, p. 402 – 403, 2005.

WHEATON, Bruce R. **The tiger and the shark. Empirical roots of wave-particle dualism.** London: Cambridge University Press, 1983.

YIN, Robert K. **Estudo de Caso, planejamento e métodos.** 5.ed. São Paulo: Bookman, 2005, p.4.