



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ**  
**CAMPUS PARNAÍBA**  
**COORDENAÇÃO DO CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA**

**MATHEUS CAVALCANTE MIRANDA**

**UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE O EFEITO FOTOELÉTRICO**  
**PARA O ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO**  
**MÉDIO**

**PARNAÍBA**  
**2021**

MATHEUS CAVALCANTE MIRANDA

UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE O EFEITO FOTOELÉTRICO  
PARA O ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – Campus Parnaíba, como requisito para obtenção do título de licenciado em Física.

Orientador: Prof. Me. Lucas Izidio De Sousa Sampaio

PARNAÍBA  
2021

#### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD**

---

Miranda, Matheus Cavalcante

M672p      Uma proposta de sequência didática sobre o efeito fotoelétrico para o ensino de física moderna e contemporânea no ensino médio / Matheus Cavalcante Miranda. - 2021.  
49 f.: il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) - Instituto Federal do Piauí, Campus Parnaíba, 2021.

Orientador : Prof. Me. Lucas Izidio De Sousa Sampaio .

1. Física Moderna - Efeito fotoelétrico. 2. Sequência didática . 3. Aprendizagem escolar . I. Título.

CDD - 530

---

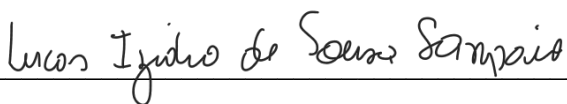
**Elaborado por Micheline Angélica Aragão Gouveia CRB 3/1244**

**UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE O EFEITO FOTOELÉTRICO  
PARA O ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO**

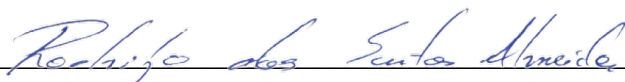
**Matheus Cavalcante Miranda**

Aprovado em 04/03/2021

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado junto ao Curso de Licenciatura em Física do  
IFPI/*Campus* Parnaíba, aprovado pela Banca Examinadora:



**Prof. MSc. Lucas Izidio de Sousa Sampaio (Orientador) - Presidente**  
IFPI/*Campus* Parnaíba-PI



**MSc. Rodrigo dos Santos Almeida (Examinador interno - IFPI)**  
IFPI/*Campus* Parnaíba-PI



**Prof. Msc. Lucianno Cabral Rios (Examinador externo)**  
SEDUC - PI

Parnaíba PI

2021

“Dedico este trabalho a minha família”.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por ter me ajudado chegar até aqui, pelo dom da vida, força e coragem durante a minha caminhada enquanto licenciando.

A minha família que tem sido base essencial na minha vida, e em especial a minha mãe, Alcionelia Cavalcante, responsável direta pela formação do meu caráter.

A minha namorada, Dálete Barreto pela compreensão e ajuda nos momentos mais difíceis do curso.

Agradeço profundamente a todo corpo docente do IFPI-PARNAÍBA que compartilharam de seus conhecimentos por todos esses anos.

Ao meu orientador, Prof. M<sup>º</sup>.Lucas Izidio De Sousa Sampaio, por toda paciência e incentivo para que de fato este trabalho se tornasse possível.

Agradeço aos amigos que fiz durante a minha jornada, onde compartilhamos todas as sofrimentos e alegrias inerentes ao curso.

## RESUMO

A disciplina de Física é tradicionalmente compreendida pela maioria dos alunos como desinteressante, por trazer nos conteúdos muitos cálculos matemáticos, que, aparentemente, não têm serventia para as atividades práticas no cotidiano desses alunos. A atualização do currículo de Física é tema recorrente na literatura para ajudar a contornar essa visão distorcida, e, justificada pela influência crescente dos conteúdos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) para o entendimento do mundo atual, além da necessidade de formar um cidadão consciente, que seja participativo e atuante nesse mesmo mundo. Este trabalho descreve uma proposta de sequência didática, que permite abordar Física Moderna e Contemporânea (FMC), especificamente, o efeito fotoelétrico, na perspectiva de facilitar o aprendizado do aluno, uma vez que essa sequência didática pode ser utilizada de forma contextualizada, articulando-se esse fenômeno com algumas aplicações tecnológicas vivenciadas pelos alunos no seu cotidiano. As aulas foram elaboradas com base em quatro momentos, fundamentadas pela teoria de Vygotsky, composta de avaliação prévia, abordagem histórica das concepções da luz, uso de simulação virtual e a aplicação do produto desenvolvido, um jogo de tabuleiro e corrida. A sequência aqui proposta tem como finalidade despertar a curiosidade dos alunos sobre o tema e propor um material que possa auxiliar os professores na abordagem do Efeito Fotoelétrico.

**Palavras-chaves:** Física Moderna, Efeito fotoelétrico, Sequência didática.

## **ABSTRACT**

The discipline of Physics is traditionally understood by most students as uninteresting, as it contains many mathematical calculations in the contents, which, apparently, are of no use for practical activities in the daily lives of these students. The updating of the Physics curriculum is a recurring theme in the literature to help overcome this distorted view, and, justified by the growing influence of the contents of Modern and Contemporary Physics (FMC) for the understanding of the current world, in addition to the need to form a conscious citizen, that is participatory and active in that same world. This work describes a didactic sequence proposal, which allows to approach Modern and Contemporary Physics (FMC), specifically, the photoelectric effect, in the perspective of facilitating student learning, since this didactic sequence can be used in a contextualized way, articulating it this phenomenon with some technological applications experienced by students in their daily lives. The classes were designed based on the four moments, based on Vygotsky's theory, composed of previous evaluation, historical approach to the conceptions of light, use of virtual simulation and the application of the developed product, a board game and racing. The sequence proposed here aims to arouse students' curiosity on the subject and propose material that can assist teachers in addressing the Photoelectric Effect.

**Keywords:** Modern Physics, Photoelectric effect, Didactic sequence.



## **LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

|   |                                                                |    |
|---|----------------------------------------------------------------|----|
| 1 | Representação do Efeito Fotoelétrico . . . . .                 | 25 |
| 2 | Ambiente da simulação virtual do Efeito Fotoelétrico . . . . . | 30 |
| 3 | Representação do tabuleiro do FotoLudo . . . . .               | 32 |
| 4 | Representação das cartas utilizadas no jogo . . . . .          | 33 |

## **LISTAS DE TABELAS**

|   |                                         |    |
|---|-----------------------------------------|----|
| 1 | Sequência Didática - Resumida . . . . . | 27 |
|---|-----------------------------------------|----|

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

IFPI - Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Piauí.

LDB - Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional

PCN - Parâmetros Curriculares Nacionais

BNCC - Base Nacional Comum Curricular

PNE - Plano Nacional de Educação

FMC - Física Moderna e Contemporânea

ZDP - Zona de Desenvolvimento Proximal

## SUMÁRIO

|              |                                                                                 |           |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>     | <b>INTRODUÇÃO .....</b>                                                         | <b>7</b>  |
| <b>2</b>     | <b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>                                              | <b>10</b> |
| <b>2.1</b>   | <b>DOCUMENTOS OFICIAIS DE EDUCAÇÃO NO BRASIL .....</b>                          | <b>10</b> |
| <b>2.1.1</b> | <b>Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) .....</b>               | <b>10</b> |
| <b>2.1.2</b> | <b>Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) .....</b>                            | <b>11</b> |
| <b>2.1.3</b> | <b>Base Nacional Comum Curricular (BNCC) .....</b>                              | <b>13</b> |
| <b>2.2</b>   | <b>INSERÇÃO DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NA EDUCA-<br/>ÇÃO BÁSICA.....</b> | <b>14</b> |
| <b>2.3</b>   | <b>TEORIA SÓCIOINTERACIONISTA DE VYGOTSKY .....</b>                             | <b>16</b> |
| <b>2.4</b>   | <b>CONCEPÇÕES HISTÓRICAS ACERCA DA NATUREZA DA LUZ.....</b>                     | <b>21</b> |
| <b>2.5</b>   | <b>EFEITO FOTOELÉTRICO .....</b>                                                | <b>25</b> |
| <b>3</b>     | <b>METODOLOGIA .....</b>                                                        | <b>27</b> |
| <b>4</b>     | <b>CONCLUSÃO .....</b>                                                          | <b>34</b> |
|              | <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>                                         | <b>35</b> |
|              | <b>APÊNDICES .....</b>                                                          | <b>37</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Até o final do século XIX houveram grandes evoluções na Física, nomes como Isaac Newton (1642-1727), J.L. Lagrange (1736-1813), J.C. Maxwell (1831-1879), N.L.S. Carnot (1796-1832), Michael Faraday (1791-1867), Thomas Young (1773-1829) entre outros cientistas, influenciaram estudos e pesquisas que moldaram o que atualmente conhecemos como Física Clássica, compreendida pelo estudo da mecânica dos corpos, óptica, termodinâmica e o eletromagnetismo. Segrè e Raios (1980, p.80) confirma a ideia:

No final do século XIX, a Física Clássica tinha atingido alturas admiráveis: sua estrutura era harmoniosa e, até certo ponto, completa. A mecânica tinha amadurecido com a ajuda de Newton, e Lagrange a sistematizara a tal ponto que ela parecia oferecer um modelo universal. A esperança era que cada capítulo da Física poderia reduzir-se a mecânica.

Entretanto, haviam ainda dois importantes problemas da Física não solucionados no final do séc. XIX, um deles, era o da radiação do corpo negro, que logo em 1900 foi resolvido por Max Planck (1858-1947), utilizando como hipótese que a energia deste sistema não tem um espectro contínuo, mas, pelo contrário, é discreta, ou, em outras palavras, quantizada. Albert Einstein (1879-1955) utiliza esta mesma hipótese para resolver o problema do efeito fotoelétrico em 1905. O início do século XX marca então o que conhecemos como Física Moderna com o estabelecimento de duas novas fortes teorias, a Teoria da Relatividade de Einstein e a Teoria Quântica de Planck (CARUSO; OGURI, 2006, p.216).

A partir do século XX foram desenvolvidas novas teorias na área da Física Moderna, o que possibilitou uma grande aplicabilidade tecnológica no cotidiano, tal como os processadores dos computadores que são construídos com tecnologias baseadas na Física Quântica, por meio dos semicondutores, com esses materiais foram possíveis também o desenvolvimento de lasers, leds, fotodetectores entre outros. Apesar de ouvir-se tanto falar sobre esse ramo da Física a maioria das pessoas não sabe o que realmente é, e do que se trata à quântica (ou, Mecânica Quântica), que passou a ocupar também um espaço considerável nos filmes, séries e documentários relacionados a ficção científica. Usualmente a Física escolar é dividida em temas como Mecânica, Física Térmica, Ondas, óptica e Eletromagnetismo. Alguns livros didáticos até mencionam tópicos de Física Moderna e Contemporânea (FMC), porém não são abordados pelos professores.

Terrazzan (1992, p.209), tratando de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no En-

sino Médio, aponta que “tanto do ponto de vista do ensino de atitudes quanto de conceitos, é um engano dizer que os alunos não têm capacidade para aprender tópicos atuais. A questão é como abordar tais tópicos”. Os autores deixam claro que é possível aos estudantes aprenderem essa nova Física, cabe ao professor a tarefa de querer abordar e buscar formas adequadas para ensinar os conteúdos em sala de aula. Ostermann e Cavalcanti (2001, p.26) ainda afirmam que

Estudar problemas conceituais existentes na Física Moderna envolve os estudantes nos desafios filosóficos de alguns aspectos da Física. O fato de que nem tudo, no mundo científico, é sabido ou entendido, modifica a ideia que os alunos em geral têm de Física, um assunto que é uma massa de conhecimentos e fatos, livro fechado. Ou são mostrados aos jovens os desafios a serem enfrentados pela Física no futuro, ou eles não serão encorajados a reconhecer essa ciência como um empreendimento humano e portanto mais próxima a eles.

Compreendendo a importância da FMC para a formação dos jovens na atualidade, surgiu o interesse de investigar a respeito do assunto, com o objetivo de propor uma sequência didática, aliada ao contexto histórico sobre um importante tópico de Física Moderna e Contemporânea, o efeito fotoelétrico. Para facilitar o entendimento da matéria, oportunizando aos alunos terem contato com a história e conceitos de uma disciplina que é muito presente nas tecnologias do cotidiano do discente e frequentemente abordado em desenhos, filmes e séries nas mídias. Este trabalho também visa colaborar com os professores de Física da educação básica no sentido de enfatizar a importância do ensino de Física Moderna, e também da possível utilização das propostas didáticas na sala de aula.

A fundamentação teórica deste trabalho está dividida em quatro seções, para a melhor compreensão, segue uma breve explanação de como será feito a abordagem em cada um.

A seção 2.1: É compreendida por uma pesquisa documental e bibliográfica para a fundamentar e justificar os objetivos do projeto. A abordagem nesta fase do trabalho é qualitativa. A pesquisa documental é composta pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), Parâmetros Curriculares Nacionais, (PCN), Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Em seguida, o estudo será direcionado ao nível médio de ensino e mais especificamente à disciplina de Física, para descrever quais as recomendações, objetivos e habilidades que deveriam ser desenvolvidas na matéria, foi dado destaque também as orientações com respeito ao ensino de Física Moderna e sua abordagem no nível médio.

Seção 2.2: A pesquisa assumiu o objetivo de caráter exploratório, e procedimento bibliográfico. Foram explorados nesta fase pesquisas no diz respeito a inserção de Física Moderna e Contemporânea no ensino médio. Levando em conta citações da década de 80, o que mostra

que a discussão não é recente e que há várias argumentações que apontam para que o assunto seja inserido de forma efetiva nos currículos escolares. As pesquisas foram feitas de forma abrangente, não se restringindo ao Brasil, o que foi possível identificar argumentos de pesquisadores de outras nacionalidades, e de como tratam a possibilidade de a FMC ser discutida no ensino médio.

Seção 2.3: Refere-se a discussão da teoria de Lev Semionovitch Vigotski, ou, teoria sóciointeracionista de Vygotsky, teoria pedagógica escolhida para nortear as ações da sequência didática, pois, apresenta aspectos importantes para a prática docente, e que podem auxiliar o processo de ensino e aprendizagem. Vygotsky ainda introduziu uma série de conceitos em sua teoria que são fundamentais para a compreensão de como o homem constrói seus conhecimentos, que serão discutidos como mediação, instrumentos e signos, interação social, significados e zona de desenvolvimento proximal (ZDP).

Seção 2.4: É destinado para a discussão das concepções históricas da Luz, marcadas principalmente pelo conflito de ideias da teoria corpuscular e a teoria ondulatória da luz. O recorte histórico tem como ponto de partida o pensamento dos filósofos gregos a respeito do assunto, passando pelos principais experimentos até chegar no início do século XX, sendo, portanto, o objetivo de estudo, o efeito fotoelétrico descrito por Albert Einstein.

Para finalizar, trataremos da metodologia utilizada na pesquisa, a proposta de sequência didática que utiliza uso do contexto histórico, uso de simulação virtual e aplicação de um jogo.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 DOCUMENTOS OFICIAIS DE EDUCAÇÃO NO BRASIL**

A legalidade e sistematização do ensino no Brasil passam pelas suas leis e documentos específicos para cada nível de ensino. As Subseções posteriores, dizem respeito a análise dos documentos oficiais brasileiros que norteiam e orientam a educação nacional com ênfase no ensino médio, objetivando ressaltar nos documentos a importância do ensino de FMC.

#### **2.1.1 Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB)**

No final do século XX houve um importante marco para a mudança de estrutura e funcionamento da educação no Brasil, em 20 de dezembro de 1996 foi sancionada a atual Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), Lei nº 9.394/96, que define e regulariza o sistema de educação brasileiro com base nos princípios presentes na Constituição. Sobre a elaboração da lei:

A elaboração, entre os anos de 1986 e 1996, de uma nova LDB, que culminou na aprovação da Lei nº 9.394, de 1996, ocorreu em um contexto não sem contradições, mas de intensos embates político-ideológicos, pois, mais do que uma lei, estava em questão a construção de um projeto de sociedade, haja vista que no Brasil vivenciava-se um período pós-ditatorial, e a sociedade civil mobilizava-se para a redemocratização do País. (BOLLMANN; AGUIAR, 2017, p.409).

A lei sofreu fortes influências do processo de globalização e principalmente das teorias educacionais que estavam em evidência, como as interacionistas e as sociointeracionistas de Piaget e Vygotsky que foram as bases epistemológicas como alicerce teórico, conforme destaca [p.9]Filho (2001).

A LDB, traz no título V os níveis e modalidades de educação e ensino, e exclusivamente no capítulo I aborda a composição dos níveis escolares do sistema de ensino nacional onde determina que a educação escolar consiste da educação básica e superior, sendo a primeira formada pela Educação infantil, Ensino Fundamental e Médio. Estritamente ao Ensino Médio conforme o art. 21. Já a IV seção do capítulo II aponta no art. 35º que o mesmo deverá ter uma duração mínima de três anos sendo entendido como a etapa final da educação básica, e sobre as finalidades afirma ser:

I – a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando o prosseguimento de estudos; II – a preparação básica para o



trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores; III – o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico; IV – a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina.(BRASIL, 2017, p.24).

Em aspectos gerais, de acordo com a LDB, as finalidades do ensino médio estão direcionadas para a preparação do aluno ao mercado de trabalho, estudos posteriores, formação dos princípios éticos, desenvolvimento do pensamento crítico e no entendimento científico-tecnológico atual. A Física, portanto, assume um papel muito importante, principalmente neste último aspecto pois é a ciência que explica os avanços científicos, ligado aos conhecimentos históricos que foram vividos pela sociedade e que proporcionaram os avanços tecnológicos contribuintes para a evolução da mesma.

### **2.1.2 Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN)**

Simultaneamente a construção da LDB, já no final da década de 90, foram elaborados os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), que formam um conjunto de orientações para a formação do currículo nacional, definindo também um conteúdo mínimo a ser transmitido na educação básica. Os PCNs não possuem caráter normativo, em suma, apresentam um conjunto de sugestões para auxiliar o professor na organização do currículo sendo organizados de maneira a buscar a interdisciplinaridade e a contextualização do conhecimento.

Segundo as orientações do documento, a Física deve apresentar-se, portanto, como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por ela construídos.(BRASIL, 2002, p.59).

Dentro dos parâmetros ainda é possível verificar as competências em Física que são esperadas ser alcançadas pelo aluno ao final da escolaridade básica, sendo o professor encarregado de selecionar, priorizar, redefinir e organizar os objetivos em função do perfil de sua escola e do projeto pedagógico em andamento. As competências apontadas que são relacionadas ao ensino de Física foram distribuídas em três grandes blocos, representação e comunicação que está ligado a compreender enunciados que envolvam códigos e símbolos físicos, investigação e compreensão que visa desenvolver a capacidade investigativa e de compreender a Física presente no mundo vivencial, nos equipamentos, procedimentos tecnológicos, e por último a

contextualização sociocultural que enfatiza a importância de reconhecer a Física enquanto construção humana compreendendo a evolução dos meios tecnológicos e sua relação dinâmica com a evolução do conhecimento científico.

O entendimento do ensino de Física por competências e habilidades, conforme orientada nos PCNs, é vista como uma superação da prática tradicional onde são privilegiados os conceitos, fórmulas e leis sem qualquer vinculação ao mundo vivido pelo aluno e professor com ênfase na resolução de exercícios e memorização, ao invés disso, o que se pretende é que a Física contribua para a constituição de uma cultura científica no aluno, que lhe possibilite a compreensão de fatos e fenômenos naturais e da relação dinâmica do homem com a natureza. (RICARDO et al., 2005, p.31).

Ainda sobre este ponto, os PCNs destacam ser preciso rediscutir qual Física ensinar para possibilitar uma melhor compreensão do mundo e uma formação para a cidadania mais adequada.

A partir dessa preocupação, os PCNs alertam que não basta rever conteúdos, mas que é preciso dar uma nova dimensão ao ensino da Física, buscando-se a contextualização e considerando o mundo vivencial do aluno como ponto de partida e de chegada, ou seja, proporcionar ao ensino de Física um caráter conceitual/universal e local/aplicado, tornando a Física um meio, um instrumento, de compreensão do mundo (RICARDO et al., 2005).

Ao referir-se sobre a reformulação dos currículos de Física, os PCN's enfatizam que a necessidade não está voltada para uma listagem de tópicos de conteúdos a serem abordados, e sim, de uma nova dimensão ao ensino. Ao exemplificar que a Física deve considerar o mundo vivencial dos alunos, os parâmetros utilizam situações que envolvem a Física Moderna, como quando tratam da energia nuclear, com seus riscos e benefícios, das células fotoelétricas e das radiações presentes no dia-a-dia. Dentro do conjunto das competências os PCN's ressaltam que é importante compreender formas pelas quais a Física e a tecnologia influenciam nossa interpretação do mundo atual, condicionando formas de pensar e interagir. Por exemplo, como a relatividade ou as ideias quânticas povoam o imaginário e a cultura contemporânea, conduzindo à extrapolação de seus conceitos para diversas áreas, como para a Economia ou Biologia. (BRASIL, 2002, p.67)

Os parâmetros ainda destacam a importância do ensino de Física Moderna quando direcionam uma de suas unidades temáticas exclusivamente para o abordar o tema de matéria e radiação, (matéria e suas propriedades, radiações e suas interações, energia nuclear e radioati-

vidade, eletrônica e informática), pois, a compreensão desses aspectos pode propiciar um novo olhar sobre o impacto da tecnologia nas formas de vida contemporâneas.

### **2.1.3 Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**

Em 22 de setembro de 2016 o Governo Federal encaminhou para o Congresso Nacional, diretrizes em formato de Medida Provisória, sob o nº 746. A Lei nº 13.415 foi então sancionada pelo Presidente Temer em 16 de fevereiro de 2017. A lei sancionada traz alterações importantes no texto que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, (Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996), os pontos principais são em relação à carga horária mínima anual e a respeito do currículo do Ensino Médio, que conforme o Art. 36, será composto pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e por itinerários formativos, que deverão ser organizados por meio da oferta de diferentes arranjos curriculares, conforme a relevância para o contexto local e a possibilidade dos sistemas de ensino. (BRASIL, 2017, p.12).

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é um documento de caráter normativo, que tem por objetivo a universalização do ensino, sendo um programa norteador de conteúdos para todo o território nacional, no que diz respeito à educação básica. Segundo sua própria definição, a BNCC também:

Define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica, de modo que tenham assegurados seus direitos de aprendizagem e desenvolvimento, em conformidade com o que preceitua o Plano Nacional de Educação (PNE). (BRASIL; EDUCAÇÃO, 2017, p.7)

A BNCC indica que a proposta de organização do currículo deve ser centrado no desenvolvimento de competências, e que a explicitação das competências oferece referências para o fortalecimento de ações que assegurem as aprendizagens essenciais definidas pela própria base.

Quanto a estrutura, a BNCC define as competências que devem ser desenvolvidas ao longo de toda a Educação Básica e em cada etapa da escolaridade. O Ensino Médio está organizado em quatro áreas do conhecimento, conforme dispõe a LDB:

Exclusivamente sobre a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias que é abrange as disciplinas de Física, Química e Biologia, a BNCC trouxe ao longo das suas versões significativas alterações até chegar ao texto final. Na sua primeira versão, eram propostas seis Unidades de Conhecimentos para a área de Ciências da Natureza: Materiais, substâncias e processo; ambiente, recursos e responsabilidades; bem-estar e saúde; terra, constituição e movimento; vida:

constituição e reprodução; sentidos: percepção e interações. A terceira versão, por sua vez, é apresentada em torno de três Unidades Temáticas: matéria e energia, vida e evolução, terra e universo.

A BNCC explora as competências específicas em duas temáticas, sendo a primeira Matéria e Energia, que no ensino médio trata de aplicação de modelos com um maior nível de abstração e busca explicar, analisar e prever os efeitos das interações e relações entre matéria e energia, por exemplo, analisar matrizes energéticas ou realizar previsões sobre a condutibilidade elétrica e térmica de materiais e como também sobre o comportamento dos elétrons frente à absorção de energia luminosa. Já a segunda temática que é Vida, Terra e Cosmos propõe-se que os estudantes analisem a complexidade dos processos relativos à origem e evolução da Vida, do planeta, e das estrelas, bem como a dinâmica das suas interações, e a diversidade dos seres vivos e sua relação com o ambiente.(BRASIL; EDUCAÇÃO, 2017, p.557)

## 2.2 INSERÇÃO DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NA EDUCAÇÃO BÁSICA

As discussões pela inclusão de FMC, (Física Moderna e Contemporânea), na educação básica não são recentes, já na década de 80 haviam pesquisas e argumentações para a importância de se abordar tal assunto nos currículos, Aubrecht (1986, p.22) destaca o potencial que FMC tem em relacionar o entendimento de questões do cotidiano além de contribuir na motivação dos estudantes estimulando seus interesses pela ciência.

Na III Conferência Interamericana sobre Educação em Física foi discutido o ensino de FMC por um grupo de trabalho que levantou razões pela qual os alunos deveriam ter acesso a esses conteúdos, dentre as quais se destacam: despertar a curiosidade dos estudantes e ajudá-los a reconhecer a Física como um empreendimento humano e, portanto, mais próxima a eles; os estudantes não têm contato com o excitante mundo da pesquisa atual em Física, pois não veem nenhuma Física além de 1900. Esta situação é inaceitável em um século no qual ideias revolucionárias mudaram a ciência totalmente; é do maior interesse atrair jovens para a carreira científica; Física Moderna é considerada conceitualmente difícil e abstrata; mas, resultados de pesquisa em ensino de Física mostram que, além da Física Clássica ser também abstrata, os estudantes apresentam sérias dificuldades conceituais para compreendê-la.(OSTERMANN; CAVALCANTI, 2001, p.24).

Torre (1998, p.71), sobre o ensino de FMC, apresenta justificativas para inserção na

educação básica, como: protegê-la do obscurantismo, das pseudociências e das charlatanias pós-modernas; que o aluno possa localizar corretamente o ser humano na escala temporal e espacial da natureza e por FMC possui múltiplas e evidentes consequências tecnológicas.

Terrazzan (1992, p.25), afirma ser pertinente a introdução de FMC no ensino médio, visto que esta faz parte do cotidiano da sociedade contemporânea. Ao ter noções de tópicos de FMC, o aluno dará sentido à Física, fazendo relações com o mundo que o cerca. Acredita, também, que a introdução da FMC no currículo das escolas pode proporcionar a superação de certas barreiras epistemológicas fundamentais para o conhecimento do indivíduo sobre a natureza. Para esse autor, o entendimento de FMC fará o indivíduo ter uma capacidade cognitiva maior.

Partindo de argumentos mais amplos, os autores Shabajee e Postlethwaite (2004, p.53), analisam o Currículo Nacional Britânico nas disciplinas de Ciência e enfatizam o descompasso entre os conteúdos de Física ensinados nas escolas e aqueles que são relevantes para a compreensão de tecnologias disponíveis no dia a-dia de muitos estudantes ingleses que frequentam a educação básica ou pré-universitária.

Os autores citam em quatro linhas de argumentação a necessidade de introduzir-se, urgentemente, a Física do século XX nos currículos. Mencionam que há uma grande quantidade de evidências de pesquisas demonstrando que as crianças assimilam uma compreensão equivocada ou limitada de seu mundo em sua estrutura cognitiva sendo difícil mudá-la posteriormente. Ou seja, omitir a FMC no currículo, antes dos 16 anos, tem um impacto negativo na aprendizagem subsequente já que fornecendo às crianças uma “estrutura cognitiva” derivada da mecânica newtoniana e apresentando-a como não-problemática e onipotente, estamos adotando medidas destinadas a tornar extremamente difícil qualquer aprendizado subsequente das ideias relativísticas do século XX.

Ainda afirmam que omitir o ensino de FMC é também ocultar o mistério, beleza e complexidade da ciência, o que reduz a probabilidade do currículo escolar excitar os alunos, já que a educação científica pode promover um sentimento de admiração e interesse pela ciência, visto que as ideias da Física continuam a se atualizar.

Complementando os argumentos para a inclusão efetiva de FMC na educação básica, Pérez e Solbes (2003) relacionam fatores importantes para justificar a inserção nos currículos, as quais se destacam: O conhecimento da Física Moderna possibilita o estudante compreender como a ciência se desenvolve, evitando visões lineares e cumulativas, além de demonstrar que

seu surgimento se deu por problemas que a Física Clássica não conseguiu explicar mostrando seus limites de validade e as diferenças entre os dois; A importância da Física Moderna na sociedade, não se limita apenas por suas aplicações tecnológicas, mas também por sua influência no pensamento e na cultura de seu tempo; Os conceitos estudados pela FMC manifestam interesse e curiosidade nos alunos, por exemplo, os buracos negros.

### 2.3 TEORIA SÓCIOINTERACIONISTA DE VYGOTSKY

A organização e estruturação de uma sequência didática passa necessariamente pelas concepções teóricas do professor, formadas pelas metodologias que objetivam concretizar o processo de ensino e aprendizagem. As possibilidades teóricas de estabelecer essa organização são diversas e pode estar relacionada tanto as propostas educacionais vigentes em documentos oficiais ou escolares, quanto a convicção do próprio docente. Diante de todas as possibilidades expostas, o presente trabalho adotou a perspectiva da teoria sócio-interacionista de Vygotsky para nortear a discussão acerca do processo de aprendizagem utilizando-a como suporte para as metodologias e planejamento das aulas.

Como abordagem inicial para a teoria de Vygotsky, é importante visualizar a escola não como um espaço unicamente para apropriação de conhecimentos, mas, como um espaço para a formação de cidadãos. Considerando então a visão de que os discentes não devem restringir-se a acumular informações, e sim a compreender o mundo e as situações que os cercam. Nessa perspectiva a interação entre os sujeitos nela presentes tornam-se a essência e a possibilidade de conhecimento em seu mais amplo significado. Conhecer a si, ao outro e com o outro - se fundamental para aqueles que procuram na escola uma possibilidade de evolução de seu pensamento (BIAZUS et al., 2015, p.37).

A teoria de Lev Semionovitch Vigotski está focada na interação enquanto possibilidade de desenvolvimento cognitivo e essa interação ocorre por meio de relações estabelecidas com o contexto social, histórico e cultural na qual o sujeito está imerso.

Para Lev Vygotsky (1896-1934), o desenvolvimento cognitivo não pode ser entendido sem referência ao contexto social, histórico e cultural no qual ocorre. Os processos mentais superiores (pensamento, linguagem, comportamento associado à conduta) do indivíduo têm origem em processos sociais. O desenvolvimento desses processos no ser humano é mediado por instrumentos e signos construídos: social, histórica e culturalmente no meio social em que ele está situado. (MOREIRA, 2009)

Na concepção de Vygotsky, o desenvolvimento cognitivo é a conversão de relações so-

ciais em funções mentais. Ou seja, não é através do desenvolvimento cognitivo que o indivíduo torna-se capaz de socializar, é através da socialização que se dá o desenvolvimento dos processos mentais superiores.

Vygotsky ainda introduziu uma série de conceitos em sua teoria que são fundamentais para a compreensão de como o homem constrói seus conhecimentos, que serão discutidos aqui, como mediação, instrumentos e signos, interação social, significados e zona de desenvolvimento proximal (ZDP).

A mediação é um conceito central para a compreensão da teoria de Vygotsky, e de forma mais ampla é o processo de intervenção de um elemento intermediário numa relação. Oliveira (1993, p26) exemplifica o conceito de mediação:

Quando um indivíduo aproxima sua mão da chama de uma vela e a retira rapidamente ao sentir dor, está estabelecida uma relação direta entre o calor da chama e a retirada da mão. Se, no entanto, um indivíduo retirar a mão quando apenas sentir o calor e lembrar-se da dor sentida em outra ocasião, a relação entre a chama da vela e a retirada da mão estará mediada pela lembrança da experiência anterior. Se, em outro caso, o indivíduo retirar a mão quando alguém lhe disser que pode se queimar, a relação estará mediada pela intervenção dessa outra pessoa. Numa relação direta entre o indivíduo e a vela é necessário que calor provoque dor para que a mão seja retirada. A lembrança da dor (isto é, algum tipo de representação mental do efeito do calor da chama) ou o aviso de um outra pessoa sobre o risco da queimadura seriam elementos mediadores, intermediários entre o estímulo e a resposta

Vygotsky trabalha então, com a noção de que a relação do homem com o mundo não é uma relação direta, mas, fundamentalmente, uma relação mediada. As funções psicológicas superiores apresentam uma estrutura tal que entre o homem e o mundo real existem mediadores, ferramentas auxiliares da atividade humana. A presença de elementos mediadores introduz, portanto, um elo a mais nas relações organismo/meio tornando-as mais complexas. Ao longo do desenvolvimento do indivíduo as relações mediadas passam a predominar sobre as relações diretas. Vygotsky definiu dois tipos de elementos mediadores: os instrumentos e os signos.

MOREIRA (2009, p19) sintetiza a definição de instrumentos e signos como sendo: "Um instrumento é algo que pode ser usado para fazer alguma coisa; um signo é algo que significa alguma coisa."E ainda menciona: o arado, por exemplo, é um instrumento. Os ícones, usados nos computadores, são signos; as palavras são signos linguísticos. A linguagem é um sistema articulado de signos; a matemática também.

Os instrumentos são elementos externos ao indivíduo, essencialmente tem a função de provocar mudanças nos objetos e controlar processos da natureza. Os signos (ou "instrumentos

psicológicos"), no que lhe concernem, são orientados para o próprio sujeito, para dentro do indivíduo; dirigem-se ao controle de ações psicológicas, seja do próprio indivíduo, seja de outras pessoas. São ferramentas que auxiliam nos processos psicológicos e não nas ações concretas como os instrumentos. (OLIVEIRA, 1993, p27).

O desenvolvimento cognitivo se dá pela interiorização de instrumentos e sistemas de signos produzidos culturalmente. Primeiro em nível social (interpessoal, interpsicológica) e, depois, em nível individual (intrapessoal, intrapsicológica). Para Vygotsky, todas as funções mentais superiores se originam como relações entre seres humanos.

Vygotsky focaliza o seu interesse no processo de formação de conceitos, que, para ele, é uma extensão do processo de internalização, caracterizando-se pelo confronto entre o conhecimento espontâneo e o científico. Por conceito espontâneo entendem-se aqueles que a criança aprende no seu dia a dia, no contato com os objetos e suas derivações no próprio ambiente de convivência. Já por científico entende-se o conceito assimilado de forma sistematizada, transmitido intencionalmente por metodologias específicas e decorrentes do processo de ensino-aprendizagem desenvolvido no ambiente escolar. (BIAZUS et al., 2015, p39)

O desenvolvimento dos conceitos espontâneos e científicos estão relacionados, e influenciam-se diretamente. Além disso, fazem parte de um único processo: o desenvolvimento do conceito, que por sua vez é influenciado por diferentes condições, impulsionando o desenvolvimento mental do aluno.

As diferentes faixas etárias (crianças, jovens, adultos e velhos) geralmente não vivem isolados, estão permanentemente interagindo em diferentes espaços sociais, seja na casa, na rua, na escola, ou no trabalho. A teoria de Vygotsky considera esta interação fundamental para o desenvolvimento cognitivo e linguístico de qualquer indivíduo. A interação social pode ser entendida como um veículo fundamental para transmissão dinâmica do conhecimento social, histórico e culturalmente construído; essa interação é o resultado mínimo de duas pessoas intercambiando significados, o que implica um certo grau de reciprocidade e bidirecionalidade entre os participantes desse intercâmbio trazendo a eles diferentes experiências e conhecimentos.

Um dos conceitos essenciais dentro da teoria de Vygotsky que relaciona desenvolvimento e aprendizado é o conceito de zona de desenvolvimento proximal(ZDP), o autor relaciona dois níveis de desenvolvimento: o real e o potencial.

O nível de desenvolvimento real caracteriza o desenvolvimento de forma retrospectiva, ou seja, refere-se as etapas já alcançadas, conquistadas pelo indivíduo. Neste nível de desenvolvimento as funções psicológicas são resultados de processos de desenvolvimento já comple-



tados ou consolidados em alguma etapa da sua vida. Já o nível de desenvolvimento potencial é caracterizado pela capacidade de desempenhar tarefas com ajuda de adultos ou de companheiros mais capazes, a zona de desenvolvimento potencial define as funções que ainda não amadureceram, mas que estão no processo de maturação e que a interferência de outras pessoas afeta significativamente o resultado da ação individual.

A zona de desenvolvimento proximal, portanto, refere-se, ao caminho que o indivíduo vai percorrer para desenvolver funções que estão em processo de amadurecimento e que se tornaram funções consolidadas, estabelecidos no seu nível de desenvolvimento real a zona de desenvolvimento proximal. Ainda segundo (OLIVEIRA, 1993, p38) a ZDP, pode ser entendida como:

Um domínio psicológico em constante transformação; aquilo que uma criança é capaz de fazer com ajuda de alguém hoje, ela conseguirá fazer sozinha amanhã; o aprendizado desperta o processo de desenvolvimento que, gradualmente, vão tornar-se parte das funções psicológicas consolidadas do indivíduo. Interferindo constantemente na zona de desenvolvimento proximal das crianças, os adultos e as crianças mais experientes contribuem para movimentar os processos de desenvolvimento dos membros imaturos da cultura

A concepção da teoria de Vygotsky sobre a relação entre desenvolvimento e aprendizado, e o entendimento da zona de desenvolvimento proximal, afeta diretamente o papel da escola na sociedade, uma vez que, o aprendizado impulsiona o desenvolvimento, então a escola assume uma função essencial na construção do ser psicológico e racional dos indivíduos.

Entretanto, é imprescindível que no ambiente escolar seja reconhecido o nível de desenvolvimento dos alunos, e assim, direcionar o ensino para etapas intelectuais ainda não alcançadas, ou seja, para estágios de desenvolvimento ainda não incorporados pelos alunos, atuando então, como incentivador de novas conquistas psicológicas. Fica explícito que o processo de ensino e aprendizagem deve, necessariamente, passar pelo nível de desenvolvimento real do discente como ponto de partida, assim como os recursos metodológicos empregados também passam pelas possibilidades dos alunos, isto é, pelo seu nível de desenvolvimento potencial.

Sobre o papel do professor, na visão vygotskiana, é explícito que ele assume a função de interferir na zona de desenvolvimento proximal dos alunos, provocando avanços que não ocorreriam espontaneamente. Para Oliveira (1993, p61):

Os procedimentos regulares que ocorrem na escola - demonstração, assistência, fornecimento de pistas, instruções - são fundamentais na promoção do bom ensino. Isto

é, a criança não tem condição de percorrer, sozinha, o caminho do aprendizado. A intervenção de outras pessoas - que no caso específico da escola, são o professor e as demais crianças - é fundamental para promoção do desenvolvimento do indivíduo

A teoria de Lev Vygotsky, oferece elementos que subsidiam estudos e propostas na área de ensino, e, principalmente por se mostrar alinhada com a formação de um aluno crítico e participativo na sociedade, estando em conformidade com aquilo que destacam os documentos oficiais que norteiam a educação no Brasil. Pode-se enfatizar ainda que, a interação, a compreensão do nível real do discente e a relação aluno/professor, que são conceitos importantes e já destacado aqui, podem proporcionar e ampliar sentidos e significados das temáticas abordados em sala de aula, especialmente em Física por possui grande aplicabilidade nos eventos cotidianos dos alunos. Portanto, busca-se, na perspectiva sócio interacionista de Vygotsky referencial para o desenvolvimento de estratégias de ensino para o Efeito Fotoelétrico na educação básica, recorrendo ao uso do contexto histórico da concepção da luz, o uso simulação e jogos para a efetização do processo de ensino e aprendizagem.

## 2.4 CONCEPÇÕES HISTÓRICAS ACERCA DA NATUREZA DA LUZ

A luz é de extrema importância para a vida na Terra, compreender seu conceito e saber suas aplicações vão muito além de um conhecimento puramente científico. Se não fosse à luz do Sol, por exemplo, a temperatura terrestre seria inviável para a existência de qualquer manifestação de vida. Barthem (2005, p.1), conceitua que:

Quase toda nossa capacidade de nos orientarmos espacialmente e detectarmos perigos dependem da nossa visão e, portanto, da luz. Nosso cérebro dedica uma parte tão grande de seu funcionamento à interpretação das informações proporcionadas pela luz que, quando nos encontramos privados da luz, passamos a alimentar nossas mentes com imagens fabricadas a partir de nossos medos e anseios. Não é a toa que a luz tem um grande papel em todas as crenças religiosas.

Várias ações do nosso dia envolvem a presença da luz, a começar pelo ato de enxergar, sentido essencial ao ser humano. O conceito da luz possui diversos significados e conotações na nossa cultura, SALVETTI (2008, p.9) enfatiza que há muitas maneiras de conceituar a luz, uma delas como sendo "Radiação eletromagnética capaz de provocar sensação visual em um observador normal; claridade emitida pelos corpos celestes; brilho; aquilo ou aquele que esclarece; evidência; certeza; verdade." O autor ainda elabora em seu livro, vários questionamentos acerca da luz, como "Quais são as propriedades da luz? Como a luz é produzida? Qual sua velocidade de propagação? luz possui massa? Como a luz é absorvida pela matéria?"

Esses questionamentos foram provocações importantes para que o homem tentasse sistematizar um entendimento físico sobre a Luz, esse percurso histórico e filosófico sobre a natureza da luz história se inicia com os gregos, depois com as teorias de Newton e Huygens e, posteriormente com o surgimento da mecânica quântica. Vejamos então pontos importantes na evolução do conceito da luz.

Os filósofos gregos foram os primeiros no Ocidente a buscarem a compreensão do mundo e do ser humano, com o uso da razão e da própria inteligência. Fugindo dos conceitos mítico-religiosos da existência do mundo, os filósofos procuraram dar explicações físicas e naturais aos fenômenos que ocorrem na natureza.

Entre os filósofos da antiguidade havia a crença de que a luz tinha uma característica corpuscular. Para eles, a luz estava ligada a algo intrínseco a capacidade visual, Esse conceito, sobre luz e visão, era generalizado, porém, a interpretação de fenômenos ligados a luz divergiam de acordo com a época. (SALVETTI, 2008, p17) aponta algumas das principais interpretações dos gregos com respeito da natureza da luz:

Pitágoras (c582 - 500a.C.) considerava que cada objeto visível emitir um fluxo constante de partículas que bombardeiam o olho. Ele sugeriu que a luz consiste em raios que agem como tatuadores, viajando em linha reta do olho ao objeto e a sensação da forma é obtida quando esses raios tocam os objetos de modo similar ao que acontece na sensação do tato.

Demócrito (c460 - 370a.C.), um atomista, julgava que o aroma do pão era devido a partículas que saltavam do pão ao entrarem no nariz, considerava que a luz tinha origem semelhante. Objetos visíveis emitiam "véus de matéria" da espessura de um átomo, que retêm sua forma e voam em todas as direções sendo percebidas pelos nossos olhos.

Empédocles (490-430 a.C) desenvolveu uma teoria, pela qual o semelhante conhece o semelhante: "vemos à terra através da terra, a água através da água, o ar através do ar, e o fogo através do fogo". A base para a estruturação desta teoria encontra-se nos elementos fundamentais a partir dos quais todas as outras coisas seriam constituídas e na existência de poros com diferentes diâmetros conforme os objetos a que pertenciam.

Platão (428-348 a.C.), por sua vez, adotava uma teoria intermediária, na qual era admitida a existência de raios emanados dos olhos e raios emanados dos corpos luminosos e atribuía a sensação de visão ao encontro desses raios. Euclides (320 - 275a.C) seguiu os ensinamentos de Platão e teve grande influência no desenvolvimento da ótica, entendeu a lei da reflexão e a propriedade dos espelhos. Ele descreveu o comportamento da luz no livro sobre ótica com doze postulados, o primeiro postulado afirmava: "os raios emitidos pelo olho, viajam em linha reta". Acreditava ainda que a velocidade da luz era muito alta, pois ao fecharmos os olhos os objetos aos quais se está olhando desaparecem e então, ao abri-los, mesmo as estrelas distantes apareciam instantaneamente.

Para Aristóteles (384-322 a.C.), a luz decorria de uma atividade em determinado meio, e comparou o que ocorria com a voz humana, que põe em movimento o ar ambiente que agita algum elemento do ouvido, o objeto luminoso vibra, pondo em movimento um meio indefinido - a que ele chamou de diáfano - o qual, por sua vez, provocaria o movimento de humores que fariam parte da composição do olho. Estas ideias diferem, portanto, da concepção corpuscular, de alguma coisa emitida pelo olho, e seria natural considerá-las como predecessoras da concepção ondulatória da luz.

O caráter filosófico do conflito entre as ideias aristotélicas de um lado e as ideias pitagórico-platonistas, de outro, predominou até o século XVII, onde o interesse em saber a natureza e propriedades da luz passou do ramo filosófico, concepção grega, para o ramo propriamente dito

científico, principalmente com o grande embate de duas teorias sobre a natureza da luz: a teoria corpuscular do inglês Isaac Newton e a teoria ondulatória do holandês Christian Huygens.

Até esta época (século XVII), o progresso científico e tecnológico no ramo da Óptica envolvia, essencialmente, os fenômenos de reflexão e refração, descritos muito bem a partir do conceito de raio luminoso e dentro da concepção da luz como um feixe de partículas. A partir da segunda metade do século XVII, outros fenômenos básicos da Óptica foram descobertos, ampliando ainda mais o debate científico (difração, 1665; interferência, 1665; polarização, 1678) sem, contudo, poderem ser explicados, satisfatoriamente, a partir do conceito de raio luminoso e da luz como um feixe de partículas. Surgem com força, então, os defensores da teoria ondulatória dos fenômenos luminosos da qual Christiaan Huygens, Thomas Young e Augustin Fresnell são alguns de seus expoentes. Podemos dizer, então, que já no século XVII se tinha conhecimento de cinco fenômenos considerados básicos na Óptica; reflexão, refração, difração, interferência e polarização. (ROCHA, 2002, p239)

Para descrever esse conflito de ideias, teoria corpuscular e teoria ondulatória da luz, Rocha (2002, p.275) opõe as concepções: de um lado, o trabalho teórico de Descartes, de 1637, no qual, para demonstrar a lei da refração, ele utiliza a teoria corpuscular da luz e conclui que a velocidade da mesma é maior nos meios mais refringentes, isto é, mais densos. De outro, o trabalho, também teórico, de Fermat, de 1661, no qual, para demonstrar a lei da refração, ele se apoia no seu postulado do tempo mínimo, e usa uma hipótese que exigia ter a luz uma velocidade menor nos meios mais densos, a qual era frontalmente contrária ao resultado de Descartes. Diante das considerações teóricas de Descartes e Fermat, totalmente conflitantes, podemos dizer que estava posta, formalmente, a controvérsia entre as duas concepções sobre a natureza da luz.

Os trabalhos de Huygens e de Newton, baseados em concepções diferentes da natureza da luz, fizeram aumentar significativamente esta polêmica. De acordo com a teoria da refração de Huygens, por exemplo, baseada na concepção ondulatória da luz, a velocidade da luz deveria ser menor em meios mais densos, em concordância com Fermat. Para Newton, entretanto, dentro da concepção que tinha da luz, o inverso é que seria verdadeiro.

As descobertas dos fenômenos de difração (1665), de interferência (1665) e de polarização (1669) viriam enriquecer ainda mais as discussões sobre a natureza dos fenômenos ópticos até então conhecidos. Apesar das tentativas de Newton e de outros, não havia explicação satisfatória para o fenômeno descoberto pelo jesuíta italiano Grimaldi ou para aquele descoberto por R. Hooke (ou R. Boyle), por exemplo. Como não existiam, naquela época, aparelhos disponíveis capazes de medir, com precisão, a velocidade da luz no ar, na água ou em outro meio

qualquer, essa controvérsia não pôde ser resolvida, até meados do século XIX.

Rocha (2002, p.275), ainda afirma que a interpretação que os defensores da teoria corpuscular deram aos trabalhos de Newton, que já tinha um enorme prestígio frente a comunidade científica, foram determinantes para fazer prevalecer durante todo o século XVIII, onde a comunidade científica não se permitia imaginar que as partículas luminosas pudessem ter aspectos ondulatórios. Para ela, a experiência certamente decidiria pela concepção corpuscular, ou ondulatória

A oposição de ideias a respeito da natureza da luz, suscitou um série de experimentos, em um deles o inglês George Biddell Airy (1801-1892), considerou uma placa delgada sobre a qual fez incidir luz em um determinado ângulo. Pela teoria ondulatória, as cores em placas delgadas eram decorrentes da interferência entre a luz refletida pela primeira e segunda superfícies da placa. Pela teoria corpuscular, essas cores eram produzidas somente pela luz refletida pela segunda superfície da placa. Se, de algum modo, a reflexão na primeira superfície fosse impedida e se a teoria ondulatória fosse correta, não seria observada a formação de cores. Com a sua experiência, Airy confirmou as previsões da teoria ondulatória.

As experiências realizadas por Jean Bernard Léon Foucault (1819-1868) e Hippolyte Fizeau (1819-1896) foram as que causaram grande impacto. Nelas, a questão dizia respeito à velocidade da luz em um meio mais denso que o ar. Conforme já foi dito, a teoria corpuscular afirmava que a velocidade da luz seria tanto maior quanto mais denso fosse o meio que ela atravessasse, enquanto a teoria ondulatória indicava exatamente o contrário. Em 1850, Fizeau (junto com L. Breguet) e Foucault, em experiências distintas, mediram a velocidade da luz no ar e na água, e acharam que a velocidade da luz era, na água, menor do que no ar, confirmando, mais uma vez, as previsões da teoria ondulatória.

Rocha (2002, p.276), destaca ainda a importância da teoria ondulatória, onde no século XIX, serviria de base para os trabalhos de James C. Maxwell, que sintetizou em quatro equações, hoje chamadas equações de Maxwell, toda a teoria do eletromagnetismo e, com ela, provou que a luz poderia ser uma onda eletromagnética formada por dois campos: campo elétrico e campo magnético. Este trabalho de Maxwell é considerado, por muitos, como um dos mais belos de toda a Física.

Os trabalhos de Maxwell foram confirmados também pelo físico alemão Heinrich Hertz (1857-1894), seus experimentos validaram a ideia de que as ondas eletromagnéticas tinham todas as propriedades das ondas luminosas. Entretanto, nos mesmos experimentos que confir-

mavam a teoria ondulatória da luz, ele descobriu e registrou um fenômeno novo, pouco depois identificado como de natureza corpuscular, hoje conhecido como efeito fotoelétrico, que será abordado logo a seguir.

## 2.5 EFEITO FOTOELÉTRICO

O efeito fotoelétrico, consiste na retirada de elétrons da superfície de um metal atingido por radiações eletromagnéticas. Ao incidir feixe de luz formado por números inteiros de fótons (pacotes de energia), numa placa emissora, e os fótons ao colidirem com os elétrons da placa, transferem energia para estes. Os elétrons transformam a energia recebida em energia cinética para escapar da placa emissora, caracterizando assim a formação de uma corrente elétrica. O fato de arrancar os elétrons da placa demonstra a característica corpuscular da luz, já que as ondas transportam apenas energia e não matéria e, além disto, as ondas transmitem energia de forma espalhada e não de forma localizada.

O efeito descrito por Albert Einstein em 1905 apresentava uma particularidade, pois, de acordo com a teoria ondulatória de Maxwell a energia máxima dos elétrons emitidos deveria ser determinada pela intensidade da luz, entretanto, a energia máxima dos elétrons emitidos estava associado a frequência da onda incidente.

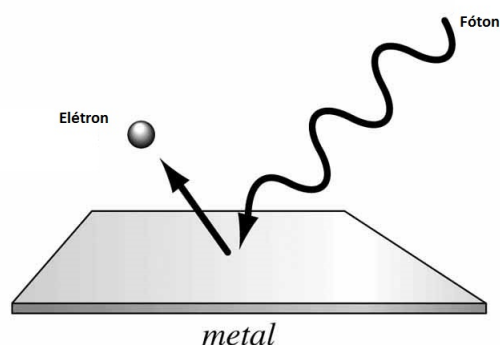


Figura 1. Representação do Efeito Fotoelétrico

Fonte: <https://conhecimentocientifico.r7.com/efeito-fotoeletrico/>. Acesso: fev. 2021

Einstein então, explica o efeito fotoelétrico, tal explicação lhe renderia o prêmio nobel em 1925, propondo uma nova teoria corpuscular, segundo a qual a luz seria constituída por glóbulos ou "partículas" de energia (ou quanta de energia).

A energia  $E$  de cada fóton que constitui um feixe de luz é dada pela relação:

$$E = hf \quad (1)$$

$$E = \frac{hc}{\lambda} \quad (2)$$

Onde  $h$  é a constante de Planck, associada aos fenômenos atômicos. Quanto mais intenso for um feixe de luz, maior é o número de fótons nele presente. Quando o feixe incide sobre a superfície, cada elétron preso tem uma certa probabilidade de interagir com um fóton. Se a energia  $hf$  do fóton for maior que a energia de ligação do elétron, denominada função trabalho ( $\phi$ ), este pode ser libertado absorvendo toda a energia do fóton incidente. O valor de função trabalho depende do material da superfície.

Assim, para cada material, o efeito fotoelétrico ocorrerá apenas a partir de um valor mínimo da frequência  $f$ . De nada adiantará aumentar a intensidade do feixe de luz se a frequência do fóton for menor que este valor mínimo.

A compreensão do efeito fotoelétrico influenciou o desenvolvimento de diversas tecnologias, entre elas: O LDR (Light Dependent Resistor), por consequência as células fotovoltaicas utilizada nos painéis solares.

Outra aplicação do efeito fotoelétrico é a abertura automática de portas. As células fotoelétricas também funcionam como sensor capaz de medir a intensidade da luz. Por exemplo, a abertura automática de portas de shoppings ou elevadores, ocorre quando o feixe de luz é interrompido pelo corpo de uma pessoa ao passar de frente ao feixe, ou seja, quando há diminuição da intensidade de luz que chega ao sensor, com isso, os elétrons deixam de serem ejetados, anulando a corrente elétrica, consequentemente acionando um sistema automático, que faz com que abra automaticamente a porta.

O Acendimento automático da iluminação pública, também é uma implicação desse princípio, permitindo o acendimento e apagar das luzes em momentos específicos do dia.



### 3 METODOLOGIA

A sequência didática aqui proposta para o ensino do efeito fotoelétrico no ensino médio, tem como base principal a teoria de ensino de Lev Vygotsky tão difundida no ramo da educação tratando do ensino e aprendizagem do aluno. O papel da sequência didática é trazer uma abordagem para que o professor utilize de mediações para o melhor desenvolvimento do aluno. Para a construção da sequência didática, conceitos importantes na teoria sociointeracionista de Vygotsky, foram utilizados como: nível real e potencial dos alunos, mediação, a ZDP, a interação e a utilização do jogo.

A escolha do tema, efeito fotoelétrico, está explícita na fundamentação teórica desse trabalho, no que diz respeito a importância na aplicação tecnológica do cotidiano. Além do mais o efeito fotoelétrico está no centro das discussões no início do século XX, e constitui um dos marcos importantes para o surgimento da Física Moderna. O fato de estar associado a imagem de Einstein, uma das figuras mais reconhecidas no meio científico, e ser causa do prêmio Nobel em 1925, também foram pontos importantes para a escolha do tema. A abordagem do tema passa, necessariamente, pela introdução a história da evolução das concepções da luz.

Na tabela a seguir, é apresentado um resumo simplificado das atividades propostas para a sequência didática em cada momento. Nos tópicos seguintes, será explanado detalhadamente cada um dos quatro momentos.

Tabela 1: Sequência Didática - Resumida

| MOMENTO    | ATIVIDADE                           | RECURSO                                     | TEMPO |
|------------|-------------------------------------|---------------------------------------------|-------|
| 1º momento | Avaliação prévia                    | Questionário                                | 50min |
| 2º momento | Aula - Concepções históricas da luz | Aula expositiva e dialogada                 | 50min |
| 3º momento | Aula - Efeito fotoelétrico          | Aula dialogada com uso de simulação virtual | 50min |
| 4º momento | Jogo LudoLuz                        | Material didático                           | 50min |

Fonte: Autoria própria

**1º MOMENTO:** A primeira etapa da sequência didática foi desenvolvida por meio da problematização inicial. Consiste na aplicação de um questionário direcionado aos alunos, (APÊNDICE A), que deve ser utilizado para constatar o nível real dos alunos a respeito dos temas. O questionário, também, tem a função de estimular a curiosidade, e posteriormente, para realizar uma discussão com eles. O questionário é composto por 5 questões, conceituais

e filosóficas a respeito da Luz, e problemas envolvendo aplicações relacionadas aos fenômenos físicos do efeito fotoelétrico, os quais estão presentes no dia a dia. É esperado que alunos construam respostas de acordo com o conhecimento que possuem, mesmo que as respostas estejam incorretas, pois o objetivo é levá-los a refletir sobre a temática proposta. Após o recolhimento dos questionários, os alunos precisam ser instigados a discutir sobre o tema, pois muitos devem desejar saber a explicação para tais situações. Nesse momento, é essencial o professor ouvir, e discutir as diversas respostas dadas por seus alunos, mas deixando sempre em “aberto”, ou seja, não respondendo completamente, pois é importante que o professor seja apenas mediador das discussões das problematizações aqui sugeridas ou até mesmo de outras novas problematizações que possam surgir naturalmente ao longo das aulas.

**2º MOMENTO:** O segundo momento é caracterizado pela aula expositiva e dialogada sobre as concepções históricas da natureza da luz. A estratégia utilizada nessa abordagem histórica, é justificada, pelo fato de oferecer “sentido” ao desenvolvimento da teoria, mostrando quais problemas motivaram as proposições de novos conceitos e evidenciando a necessidade de construir uma teoria quântica. Há pesquisadores, inclusive, que defendem que não há como ensinar física quântica sem ensinar, pelo menos um pouco, de história da física quântica. (KRAGH, 1992, p.352). Ainda sobre o uso da história da ciência no ensino, Matthews (2014, p.12), enfatiza que, de maneira geral, o uso adequado da história da ciência contribui para promover o ensino porque, entre outras razões, motiva e atrai os alunos, humanizando o conteúdo ensinado e favorecendo uma melhor compreensão dos conceitos científicos.

Como o objetivo é a discussão sobre o efeito fotoelétrico, é necessário, portanto, que o aluno esteja ciente dos processos históricos que levaram a construção do conceito da luz e as oposições de ideias entre modelo corpuscular e modelo ondulatório. A aula tem o propósito de apresentar um material historicamente consistente, baseado em marcos teóricos, epistemológicos e apresentado de forma a levar os alunos a refletir sobre a evolução conceitual da dualidade onda-partícula, buscando não se exceder em uma discussão técnica e muito aprofundada, porém, mantendo um compromisso entre rigor historiográfico e aplicabilidade no contexto pedagógico.

Portanto, o segundo momento deve ser concretizado através da apresentação e discussão desses marcos históricos, o recorte que foi feito tem como ponto de partida a concepção dos gregos. A proposta é que essa linha do tempo seja feita através de uma apresentação de slides, utilizando um projetor multimídia e um computador como recursos para a prática, para facilitar o uso de imagens que ilustrem as ideias. A seção 2.4, deste trabalho, foi organizada e

estruturada de forma a servir como aporte teórico para a apresentação dessa aula, além disso, no APÊNDICE B há uma estrutura resumida dos marcos históricos. Durante a aula é importante o professor levantar discussões sobre as diferentes concepções abordadas, e deixar o espaço aberto para eventuais dúvidas que possam surgir.

**3º MOMENTO:** O terceiro momento refere-se a aula dialogada sobre o efeito fotoelétrico e a utilização do simulador. Em que pese o fato de alguns assuntos da Física Moderna e Contemporânea serem de difícil manipulação experimental por conta dos conceitos envolvidos, foi então escolhido para essa proposta o uso da simulação computacional, aliada à teoria de Vygotsky.

Os símbolos e as imagens produzidos pela informática podem proporcionar, em diferentes níveis, um ganho cognitivo. Paralelamente, a simulação irá fornecer, de maneira dinâmica, imagens sobre o fenômeno, variáveis que podem modificar o resultado apresentado pela simulação e também realçar os principais aspectos e as propriedades sobre o seu acontecimento. Cada imagem fornecida pela simulação pode potencializar um significado para o indivíduo.(CARDOSO; DICKMAN, 2012, p.899).

O uso do computador aliado a simulação computacional serve como apoio pedagógico para a diversificação do ensino dessa disciplina. O que esse conjunto de tecnologias faz é proporcionar ao estudante uma visualização dinâmica dos fenômenos representados, além das várias possibilidades dentre as quais, maior concentração nos conceitos abordados; coleta de grande quantidade de dados em pouco tempo; espaço para geração e teste de hipóteses; engajamento em tarefas interativas; visualização de conceitos abstratos; contribuição para resolução de problemas; interação com modelos científicos e formação de conceitos.

Veit e Teodoro (2002, p.88) também destaca que:

Na prática, a Física representa para o estudante, na maior parte das vezes, uma disciplina muito difícil, em que é preciso decorar fórmulas cuja origem e finalidade são desconhecidas. A introdução de modelagem no processo ensino/aprendizagem tende a desmitificar esta imagem da Física, possibilitando uma melhor compreensão do seu conteúdo e contribuindo para o desenvolvimento cognitivo em geral, pois modelagem facilita a construção de relações e significados

Como as simulações oferecem aos estudantes opções para testar hipóteses e situações inusitadas, pressupõe-se que isso leve o aprendiz a formular perguntas, participando ativamente do processo. As respostas aos seus questionamentos podem ser visualizadas em forma de imagens dinâmicas e interativas através da representação gráfica contida nas simulações computa-

cionais. Dessa forma, o aprendiz torna-se parte integrante do problema e da situação simulada, podendo, assim, relacionar conceitos prévios com um novo material. O *feedback* sobre os questionamentos do estudante e a sistematização do conteúdo estudado favorecem a interatividade entre professor e aluno, conceito importante na visão de Vygotsky.

A simulação do efeito fotoelétrico que foi escolhida para a prática <sup>1</sup>, foi elaborada pelo projeto PhET da Universidade do Colorado (EUA), que oferece gratuitamente simulações computacionais interativas de fenômenos da Física e de outras áreas do conhecimento. A figura abaixo indica o ambiente virtual da simulação:

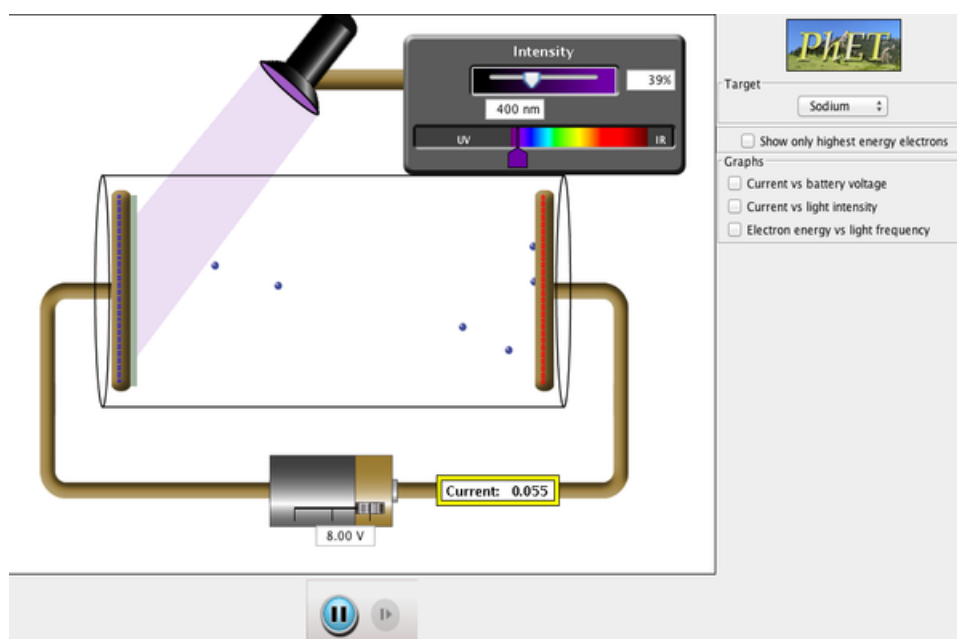


Figura 2. Ambiente da simulação virtual do Efeito Fotoelétrico  
Fonte: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/photoelectric](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/photoelectric) Acesso: fev. 2021

Na ilustração, a montagem consiste em um circuito elétrico acoplado a um tubo de vácuo contendo as placas de metal. A luz proveniente de uma fonte, representada por uma lanterna, incide sobre o material. O esquema permite que o usuário veja e manipule a intensidade e o comprimento de onda da luz emitida. O espectro eletromagnético mostrado junto ao cursor de ajuste do comprimento de onda contextualiza o significado dessa grandeza. No circuito, é possível ver a intensidade da corrente elétrica gerada, bem como manipular o valor da diferença de potencial entre as placas. No quadro ao lado, há a possibilidade de traçar gráficos entre as variáveis que descrevem o fenômeno.

Juntamente com a simulação, o aluno recebe um roteiro de atividades (APÊNDICE C),

<sup>1</sup>(link para acessar a simulação computacional do efeito fotoelétrico: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/photoelectric](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/photoelectric))

cuja função é orientar os discentes levando-os à interpretação e estruturação do fenômeno. O roteiro foi elaborado para auxiliar o aluno a perceber gradualmente a importância e o funcionamento da simulação, a influência que cada variável tem no fenômeno e quais são as suas restrições.

A proposta para esse momento, é que os alunos em duplas, a depender da quantidade de computadores disponíveis para o professor usar na atividade, possam interagir com a simulação e responder ao questionário proposto no roteiro.

**4º MOMENTO:** O quarto momento da sequência didática é definido em torno da aplicação do Jogo FotoLudo. Para Modesto e Rubio (2014, p.2) o termo jogo compreende uma atividade de ordem física e mental, que mobiliza ações motrizes, pensamentos e sentimentos, no alcance de um objetivo, com regras previamente determinadas, e pode servir como um passatempo, uma atividade de lazer, ter finalidade pedagógica ou ser uma atividade profissional. Segundo, Campos et al. (2020, p.11):

O jogo tem elevada repercussão na aprendizagem, pois durante a prática seja individual ou em grupo, é incentivado o senso de orientação, organização e a necessidade de planejamento para o alcance dos objetivos. Fica claro que através do jogo há o desenvolvimento das competências de aprender a ser, aprender a conviver, aprender a conhecer e aprender a fazer, diretamente relacionado ao seu propósito.

O jogo, ainda, facilita a formação de vínculo entre o professor e o aprendiz, diminuindo as possíveis resistências com relação à aprendizagem. Pode-se dizer que o ensino se dá de forma natural através do jogo, um meio que motiva e estimula a criatividade num processo de aquisição do conhecimento mediante ao prazer.

No sentido da valorização do brincar, Rego (2013, p.80) destaca:

É interessante observar que, para Vygotsky, o ensino sistemático não é o único fator responsável por alargar horizontes na zona de desenvolvimento proximal. Ele considera o brinquedo uma importante fonte de promoção de desenvolvimento. Afirma que, apesar do brinquedo não ser o aspecto predominante da infância, ele exerce uma enorme influência no desenvolvimento infantil.

Entendida a importante função dos jogos e atividades lúdicas no processo de ensino e aprendizagem, foi desenvolvido um produto educacional baseado em um jogo de tabuleiro já conhecido, para finalizar a proposta da sequência didática sobre o efeito fotoelétrico. O ludo, apresenta-se na versão ocidental do jogo indiano Pachisi, constituído por um tabuleiro quadrado com um percurso em forma de cruz que pode ser jogado por dois, três ou quatro pessoas; ou,

ainda por um número maior de pessoas, desde que sejam formadas grupos. O objetivo do jogo é dar uma volta no tabuleiro com os peões.

O jogo é composto basicamente por 1 tabuleiro (28 cm x 28 cm de dimensão); podendo ser até 16 peões que representam os jogadores das cores respectivas aos grupos; 1 dado numerado de um a seis; um baralho de cartas, composto por: 50 cartas (carta quem sou eu?, carta história, carta pseudociência). As regras, modo de montagem estão presentes no APÊNDICE D

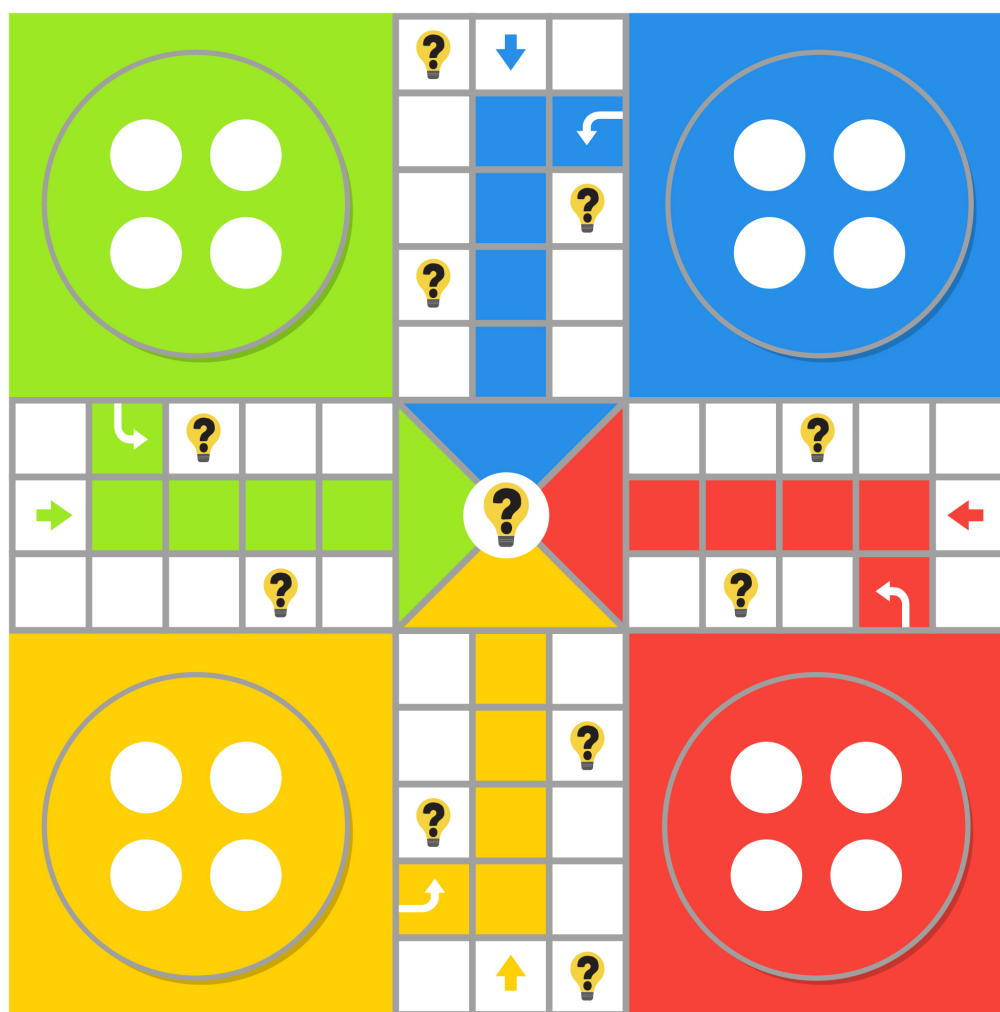


Figura 3. Representação do tabuleiro do FotoLudo

Fonte: Autoria própria

Seguindo as instruções descritas no APÊNDICE D, o professor será capaz de imprimir, fazer a montagem do tabuleiro, e das cartas. Visando simplificar a aquisição de materiais para a prática, os peões, podem ser representados por botões de roupa, ou, tampas de garrafa PET, basta que seja possível identificar a cor do grupo que cada peão representa.

Durante o percurso no tabuleiro, há casas marcadas e específicas para tal, o aluno irá

se deparar com momentos em que vai precisar retirar uma carta do baralho. As cartas são divididas em três grupos: carta quem sou eu?, que apresenta questionamentos sobre fenômenos, experimentos ou cientistas, carta história apresenta fatos discutidos nas aulas anteriores sobre o a concepção da luz, carta pseudociência que representa uma carta de "azar", típicas em jogos de tabuleiro, que força o aluno a movimentar o peão para trás, o afastando o objetivo final do jogo.

A inserção desta carta no jogo é uma oportunidade, também, para o professor discutir brevemente sobre o assunto, retomando uma ideia já abordada aqui neste trabalho, Torre (1998, p.71), sobre o ensino de FMC, apresenta justificativas para inserção na educação básica, como: protegê-la do obscurantismo, das pseudociências e das charlatanias pós-modernas; que o aluno possa localizar corretamente o ser humano na escala temporal e espacial da natureza e por FMC possui múltiplas e evidentes consequências tecnológicas.

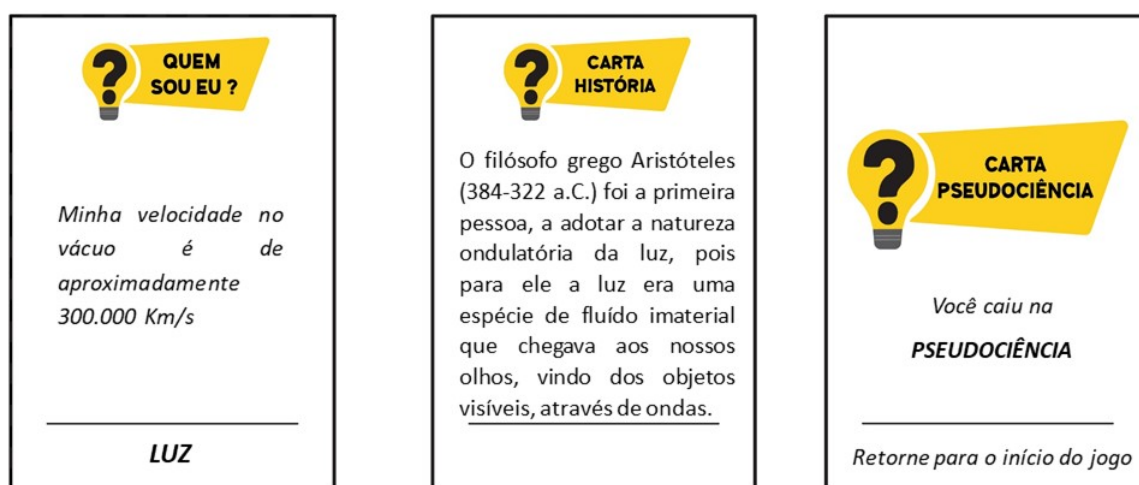


Figura 4. Representação das cartas utilizadas no jogo  
Fonte: Autoria própria

A aplicação do jogo FotoLudo, oportuniza também a interação na relação aluno-aluno e aluno-professor, conceito importante na visão de Vigotsky para o processo de ensino e aprendizagem. Cabe ao professor, já que depende da quantidade de alunos envolvidos na atividade, escolher sobre a formação dos grupos que pode ser uma dupla, ou, até dezesseis jogadores formando equipes com quatro componentes.

## 4 CONCLUSÃO

A sequência didática proposta neste trabalho tem por objetivo enriquecer as aulas, deixando-as mais dinâmicas e participativas e contribuir com a aprendizagem dos conteúdos de física, fazendo com que os alunos estabelecessem relação das situações vivenciadas no seu dia-a-dia com os conceitos físicos ensinados. Além disso, possibilitando a participação mais ativa do aluno, tornando as aulas mais dialógicas, tendo o professor como mediador. Portanto, com base neste estudo, observa-se que é viável e proveitoso ensinar FMC.

A proposta didática apresentada para os conceitos relacionados ao efeito fotoelétrico, demonstra um potencial enorme e torna-se uma alternativa para proporcionar um processo de ensino mais comunicativo. Ao planejar toda a sequência de aulas, houve-se um cuidado em desenvolver estratégias de ensino, de modo a envolver o tema em estudo, dando importância as ideias iniciais retratadas pelos alunos, segundo as ideias de Vygotsky.

A proposta sugerida no presente trabalho mostrou-se ser uma estratégia viável para abordar o efeito fotoelétrico. Mas, muitos pontos podem ser repensados, buscando melhorar cada vez mais, pois cabe a cada professor realizar o direcionamento adequado em cada momento, adaptando-o a realidade e necessidade de seus alunos. Por fim, espera-se que este material didático possa servir de subsídio para auxiliar professores de Física do Ensino Médio na prática de ensino de FMC, em especial na abordagem do efeito fotoelétrico em suas aulas e na aprendizagem dos estudantes, e que a sequência didática proposta sirva de alicerce para a elaboração de novas propostas a serem implementadas em escolas do Ensino Médio.



## REFERÊNCIAS

- AUBRECHT, G. J. Report on the conference on the teaching of modern physics. *The Physics Teacher*, American Association of Physics Teachers, v. 24, n. 9, p. 540–547, 1986.
- BARTHEM, R. B. *A luz*. [S.l.]: Editora Livraria da Física, 2005.
- BLAZUS, M. d. O. et al. Tópicos de física moderna e contemporânea no ensino médio: interfaces de uma proposta didática para mecânica quântica. Universidade de Passo Fundo, 2015.
- BOLLMANN, M. G. N.; AGUIAR, L. C. Ldb-projetos em disputa: Da tramitação à aprovação em 1996. *Retratos da Escola*, v. 10, n. 19, p. 407–428, 2017.
- BRASIL. orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais. *Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*, v. 32, 2002.
- BRASIL. Lei nº 13.415, de 16 de fevereiro de 2017. *Diário Oficial da União*, 2017.
- BRASIL; EDUCAÇÃO, M. da. *Base nacional comum curricular*. [S.l.]: MEC/Secretaria de Educação Básica Brasília, 2017.
- BRASIL, M. Ldb-lei de diretrizes e bases da educação nacional. *Lei Federal*, n. 9394/96, 2017.
- CAMPOS, A. S. et al. O jogo como auxílio no processo ensino-aprendizagem: as contribuições de piaget, wallon e vygotsky. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 5, p. 27127–27144, 2020.
- CARDOSO, S. O. de O.; DICKMAN, A. G. Simulação computacional aliada à teoria da aprendizagem significativa: uma ferramenta para ensino e aprendizagem do efeito fotoelétrico. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 29, p. 891–934, 2012.
- CARUSO, F.; OGURI, V. *Física Moderna: origens clássicas e fundamentos quânticos*. [S.l.]: Elsevier, 2006.
- FILHO, G. F. *A educação brasileira no contexto histórico*. [S.l.]: Alínea, Campinas, SP, 2001.
- KRAGH, H. A sense of history: history of science and the teaching of introductory quantum theory. *Science & Education*, Springer, v. 1, n. 4, p. 349–363, 1992.
- MATTHEWS, M. R. *Science teaching: The contribution of history and philosophy of science*. [S.l.]: Routledge, 2014.
- MODESTO, M. C.; RUBIO, J. d. A. S. A importância da ludicidade na construção do conhecimento. *Revista Eletrônica Saberes da Educação*, v. 5, n. 1, p. 1–16, 2014.
- MOREIRA, M. A. Comportamentalismo, construtivismo e humanismo. *Subsídios teóricos para o Professor Pesquisador em ensino de ciências*. Porto Alegre: IF-UFRGS, 2009.
- OLIVEIRA, M. K. d. Vygotsky: aprendizado e desenvolvimento-um processo sócio-histórico. In: *Vygotsky: aprendizado e desenvolvimento-um processo sócio-histórico*. [S.l.: s.n.], 1993. p. 111–111.

- OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. d. H. Um pôster para ensinar física de partículas na escola. *Física na escola. São Paulo. Vol. 2, n. 1 (maio 2001), p. 13-18*, 2001.
- PÉREZ, H.; SOLBES, J. Algunos problemas en la enseñanza de la relatividad. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, v. 21, n. 1, p. 135–146, 2003.
- REGO, T. C. *Vygotsky: uma perspectiva histórico-cultural da educação*. [S.l.]: Editora Vozes Limitada, 2013.
- RICARDO, E. C. et al. Competências, interdisciplinaridade e contextualização: dos parâmetros curriculares a uma compreensão para o ensino das ciências. Florianópolis, 2005.
- ROCHA, J. F. *Origens e evolução das idéias da física*. [S.l.]: SciELO-EDUFBA, 2002.
- SALVETTI, A. R. *A história da luz*. [S.l.]: Editora Livraria da Física, 2008.
- SEGRÈ, E.; RAIOS, X. D. aos quarks-físicos modernos e suas descobertas. *Brasília: Ed. UnB*, p. 20–21, 1980.
- SHABAJEE, P.; POSTLETHWAITE, K. What happened to modern physics? *arXiv preprint physics/0401016*, 2004.
- TERRAZZAN, E. A. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), v. 9, n. 3, p. 209–214, 1992.
- TORRE, A. D. L. Reflexiones sobre la enseñanza de la física moderna. *Educación en Ciencias*, v. 11, n. 4, p. 70–71, 1998.
- VEIT, E. A.; TEODORO, V. D. Modelagem no ensino: aprendizagem de física e os novos parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio. *Revista brasileira de ensino de Física*, SciELO Brasil, v. 24, n. 2, p. 87–96, 2002.

## APÊNDICES

APÊNDICE – A  
QUESTIONÁRIO PRÉVIO

Aluno (a): \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_

**Questionário Prévio**

1. O que é necessário para enxergar?

---

---

2. O que é a luz? E qual sua importância para a vida na terra?

---

---

3. Ao entardecer as lâmpadas de iluminação das ruas acendem automaticamente, e ao clarear do dia, apagam-se. Explique como ocorre esse processo.

---

---

4. Com a discussão sobre a produção de energia limpa no mundo, alguns lugares têm usado a energia, especificamente a elétrica, gerada a partir da luz solar. Nesse caso, são usados painéis solares. Explique, da sua maneira, como é produzida a energia elétrica nesse caso.

---

---

5. Você já percebeu que em alguns lugares, principalmente lojas e shoppings, possuem portas que abrem quando alguém se aproxima, e depois fecham automaticamente? Explique como ocorre esse processo.

---

---

6. Qual o fenômeno físico envolvido nas aplicações tecnológicas citadas anteriormente?

---

---

**SUGESTÃO DE TÓPICOS PARA ABORDAR  
CONCEPÇÕES HISTÓRICAS DA NATUREZA DA LUZ**

1. Empédocles (492-432) considerava que a luz era parte de um dos quatro elementos, o fogo. Ele acreditava que os corpos luminosos emitiam algo que encontrava os raios emanados dos olhos.
2. Pitágoras (582-500), pensava ser a visão causada exclusivamente por algo emitido pelo olho, ou seja, a origem da luz a qual é emitida pelo órgão visual, vai ao objeto e regressa ao olho dando então a visão.
3. O filósofo grego Aristóteles (384-322 a.C.) foi a primeira pessoa, a adotar a natureza ondulatória da luz, pois para ele a luz era uma espécie de fluído imaterial que chegava aos nossos olhos, vindo dos objetos visíveis, através de ondas.
4. Para René Descartes (1596-1650) a luz era uma emissão de caráter corpuscular ligada a uma emissão vibratória. Para ele a luz não possuía caráter material, mas sim o meio através do qual a luz se propagava - o éter.
5. Christiaan Huygens publicou um trabalho em 1690, uma explicação para o fenômeno da reflexão e refração baseado no conceito de frente de ondas, atualmente conhecido como Princípio de Huygens.
6. Newton, em 1672, estudou a dispersão da luz com prismas. Tais experimentos motivaram controvérsias no meio científico, pois naquela época a experimentação deveria ser utilizada para confirmar ou negar algum tipo de teoria. Impulsionado por esta controvérsia, pela ausência de explicação plausível para existência da sombra geométrica e também pelo fato de ser um atomista, propôs um modelo corpuscular para explicar a natureza da luz.
7. Thomas Young (1773-1829), motivado pelo estudo da visão, questionou várias afirmações da teoria corpuscular de Newton. Young considerou que se a luz fosse ondas, elas poderiam, assim como as ondas do mar, anularem-se umas às outras ou intensificarem-se (fenômeno da interferência), estudado por ele através do experimento da dupla fenda.
8. Augustin Fresnel (1788-1827) foi defensor da teoria ondulatória da luz e utilizando raciocínios matemáticos, explicou a propagação retilínea da luz, as leis de Descartes (refração) e a difração.

9. Em 1862 Léon Foucault realizou um experimento para verificar a velocidade da luz na água. O resultado mostrou que, na água, a velocidade da luz era menor do que no ar, veredito totalmente contrário às previsões de Isaac Newton.
10. Michael Faraday (1791-1862) demonstrou que um campo magnético podia inverter os planos de polarização da luz (Efeito Faraday) e alertou James Clerk Maxwell (1831-1879) sobre a relação entre a luz e os fenômenos eletromagnéticos.
11. O apogeu da teoria ondulatória da luz coincidiu com a publicação, por James Clerk Maxwell, de uma série de artigos (1855 a 1865). Maxwell obteve de sua teoria a velocidade  $V$  de propagação da luz (onda eletromagnéticas).
12. Henrich Hertz (1857-1894) montou um oscilador onde conseguiu produzir ondas eletromagnéticas e provar que estas possuíam a mesma velocidade da luz. Hertz notou que faíscas no transmissor aumentavam a sensibilidade do detector. Com a morte de Hertz, seu auxiliar Philip Lenard (1862-1947) identificou a incidência de radiação ultravioleta juntamente com as faíscas. Ele percebeu que a luz arrancava cargas elétricas (ainda não fora descoberto o elétron) de uma placa emissora.
13. Em 1905 Albert Einstein publicou uma explicação sobre a natureza da luz. Neste artigo ele se apossa do conceito de quanta, proposto por Max Planck em 1900, e diz: "...na propagação de um raio de luz emitido por uma fonte puntiforme, a energia não é continuamente distribuída sobre volumes cada vez maiores de espaço, mas consiste em um número finito de quanta (fóton) de energia, localizados em pontos do espaço que se movem sem se dividir e que podem ser absorvidos ou gerados somente como unidades integrais". Por causa deste trabalho ele ganhou o prêmio Nobel de 1921.

APÊNDICE – C  
ROTEIRO SIMULAÇÃO

Aluno (a): \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_

**ROTEIRO DE ATIVIDADE: EFEITO FOTOELÉTRICO  
UTILIZANDO SIMULAÇÃO VIRTUAL**

Este roteiro tem o objetivo de orienta-lo no desenvolvimento das atividades sobre o efeito fotoelétrico.

Vamos identificar as variáveis que a simulação nos oferece:

- a. Identifique na simulação como alterar a intensidade da luz;
- b. Encontre no simulador onde podemos alterar o comprimento de onda;
- c. Identifique na simulação o amperímetro, onde está escrito “corrente: 0,000”;
- d. Encontre a pilha e a maneira de alterar sua tensão;
- e. Do lado direito da simulação, podemos mudar a placa de metal que está dentro da ampola de vidro, as opções são: sódio, zinco, cobre, platina, cálcio e magnésio.

Agora, utilize o simulador virtual para responder as questões abaixo.

- 1) Procure na barra superior “opções” e escolha a opção “mostrar fótons” (fótons). O que você pôde notar sobre o número de fótons que são emitidos pela fonte de luz, quando alteramos de 50 % para 100 %. Este aumentou, diminuiu ou permaneceu igual?
- 2) Quando alteramos a intensidade da luz, a quantidade de energia de cada fóton aumenta, diminui ou permanece igual?
- 3) Escolha um comprimento de onda, no qual tenhamos elétrons passando de uma placa para outra, e em seguida escolha diferentes valores de intensidade de luz. O que podemos observar?
- 4) A energia de cada fóton será diretamente ou inversamente proporcional a frequência de cada fóton?
- 5) Altere o material da placa, de sódio para platina. Observe o movimento dos elétrons “arrancados”. Para os mesmos valores de intensidade de luz e comprimento de onda, a energia cinética dos elétrons “arrancados” do sódio e da platina é diferente ou permanece igual? E o valor da corrente elétrica aumentou, diminuiu ou permaneceu igual?

## APÊNDICE – D

### JOGO FOTOLUDO

#### JOGO FOTOLUDO

##### Conhecendo o FotoLudo:

O FotoLudo é um jogo de tabuleiro e corrida, utilizado para o ensino de conceitos importantes a respeito da luz e o efeito fotoelétrico. O nome FotoLudo, deriva da junção de duas palavras com significados foto + ludo; foto faz menção a Fóton que é definido como uma partícula de energia na forma de radiação eletromagnética. É emitido ou absorvido pela matéria, a luz, por exemplo, é formada por partículas elementares denominadas fótons; ludo é um jogo de tabuleiro já conhecido, que foi adaptado com o objetivo pedagógico

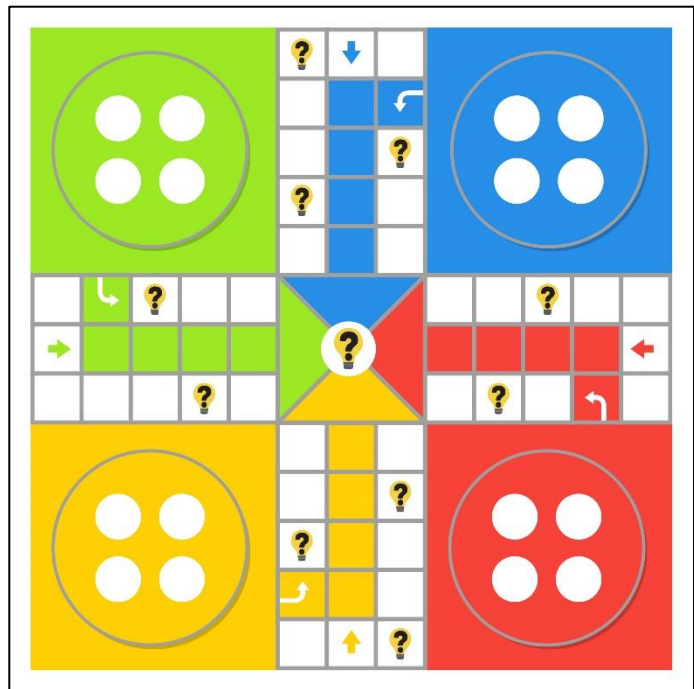


Figura: Jogo FotoLudo  
Fonte: Autoria própria

##### Objetivo do jogo:

Percorrer o trajeto do tabuleiro com todas as peças e ser o primeiro jogador a chegar a casa central. A imagem abaixo representa o caminho que um peão deve percorrer, desde a base inicial até a chegada. Um total de 48 casas no total.

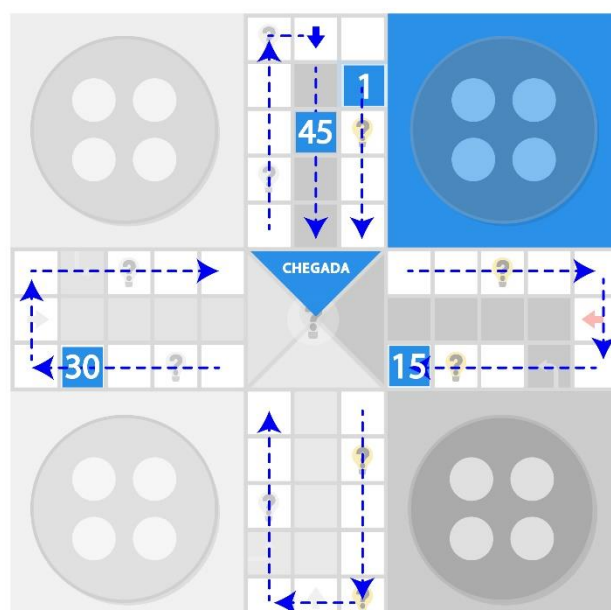


Figura: Trajetória total  
Fonte: Autoria própria



## **Regras:**

### **Antes de jogar**

- ✓ Para se iniciar a partida, joga-se o dado e o participante que fizer o maior número de pontos inicia o jogo, continuando as jogadas em sentido horário.
- ✓ Joga-se com um dado e os avanços são feitos de acordo com os pontos obtidos com o lançamento dos dados.
- ✓ Cada jogador lança o dado e se tirar “1” ou “6” poderá sair da casa de partida, sendo que, ao tirar “6” você tem o direito de jogar o dado novamente.
- ✓ Pode ser jogado por 2, 3 ou 4 jogadores, ou por equipes sendo cada um responsável por um peão. Exemplo: 8 pessoas podem jogar o FotoLudo, basta fazer 4 duplas, cada dupla uma equipe (cor), cada integrante da dupla fica com um peão. O tabuleiro quadrado tem um percurso em forma de cruz e um dado define os movimentos.

### **Jogando**

- ✓ Os peões de cada jogador começam na base de mesma cor.
- ✓ Joga-se com um dado e os avanços são feitos de acordo com os pontos obtidos com o lançamento dos dados.
- ✓ Se um jogador chegar a uma casa já ocupada por um peão adversário, o peão adversário deve voltar para sua base. Mas se 2 peões da mesma cor ocuparem uma mesma casa, eles não podem ser capturados e nenhum adversário pode passar por essa casa, tendo seus peões.
- ✓ Após dar a volta no tabuleiro o peão avança pela reta final, de sua própria cor. A chegada ao ponto final só pode ser obtida por um número exato nos dados. Se o jogador tirar mais do que o necessário, ele vai até o fim e volta, tendo que aguardar sua próxima jogada. O vencedor é o primeiro a levar todos os seus peões ao ponto de chegada da sua cor.

### **Sobre o 6**

Quando um jogador obtém um 6 com o dado ele deverá :

- ✓ Avançar seis casas com um de seus peões no tabuleiro, ou caso ele tenha peões em sua casa inicial retirar os peões da casa inicial.
- ✓ O jogador que obtenha um 6 poderá jogar o dado outra vez. Se obter novamente 6 poderá repetir. Se obter novamente um 6, pela terceira vez, o último de seus peões que foi movimentado voltará até a casa inicial. Só no caso de que este peão tenha chegado até as casas coloridas da reta final não voltará para a casa inicial e permanecerá em sua posição.

### Sobre as casas especiais:

Durante o trajeto haverá algumas casas especiais, marcadas com uma lâmpada de um sinal de interrogação, conforme destacado na figura abaixo. Caso o peão pare em cima da casa especial, somente se parar em cima após lançar o dado, o próximo jogador da vez vai retirar uma carta do baralho, e seguir as instruções descritas nas cartas. Sobre as cartas segue o próximo tópico. A última casa chegada, é uma casa especial, ou seja a vitória está condicionada ao acerto da carta que for retirada para o peão.

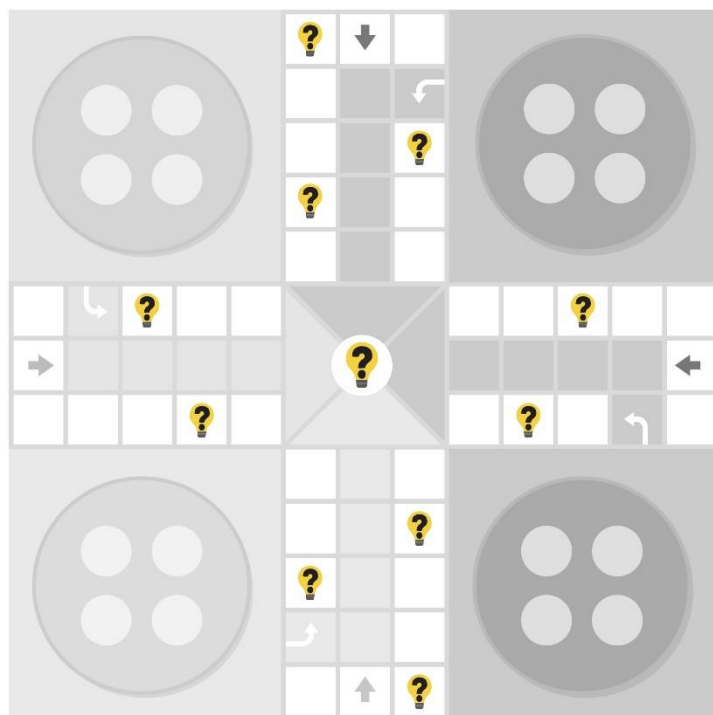


Figura: Representação das casas especiais

Fonte: Autoria própria

### Sobre as cartas:

As cartas que são reveladas quando o peão para em cima de uma casa especial, podem ser de três tipos: *Carta quem sou eu?*, que apresenta questionamentos sobre fenômenos, experimentos ou cientistas, *Carta história* apresenta fatos discutidos nas aulas anteriores sobre a concepção da luz, *Carta pseudociência* que representa uma carta de "azar", típicas em jogos de tabuleiro, que força o aluno a movimentar o peão para trás, o afastando o objetivo final do jogo.

A *Carta quem sou eu?*, é um questionamento sobre assuntos que foram ministrados durante a sequência, ou, que tem relação com a temática. Todas as cartas apresentam respostas, por isso deve ser retirada do baralho, por outro jogador. Em caso de acerto o jogador lança o dado novamente e avança o número de casa indicado, em caso de erro, o jogador também lança o dado, porém, dessa vez ele retrocede o número indicado no dado.

A *cartas histórias*, quando retirada deve ser lida em voz alta pelo jogador da vez, caso efetue a leitura, joga novamente o dado e avança o que foi indicado.

*Carta pseudociência* é uma carta de azar, quando retirada, faz o peão voltar para sua base inicial, mesmo que esteja na parte colorida, próxima a chegada.

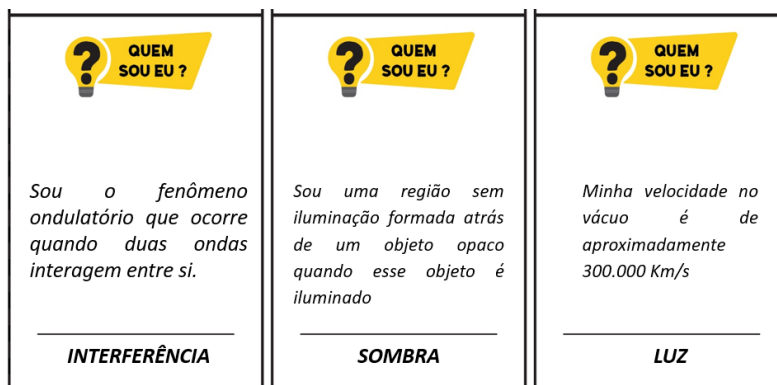


Figura: Representação das cartas

Fonte: Autoria própria

A Impressão do tabuleiro pode ser feita em duas folhas formato A4 (210mmx297 mm), conforme indicada na figura, o tracejado representa os limites de uma folha A4. O tabuleiro também pode ser impresso em uma folha maior, para isso o serviço profissional como o de gráfica. O material para impressão (cartas e tabuleiro) está disponível no link: (<https://bit.ly/3b6sa8h>), a pasta contém os arquivos prontos para a impressão, e, editáveis no formato .eps.

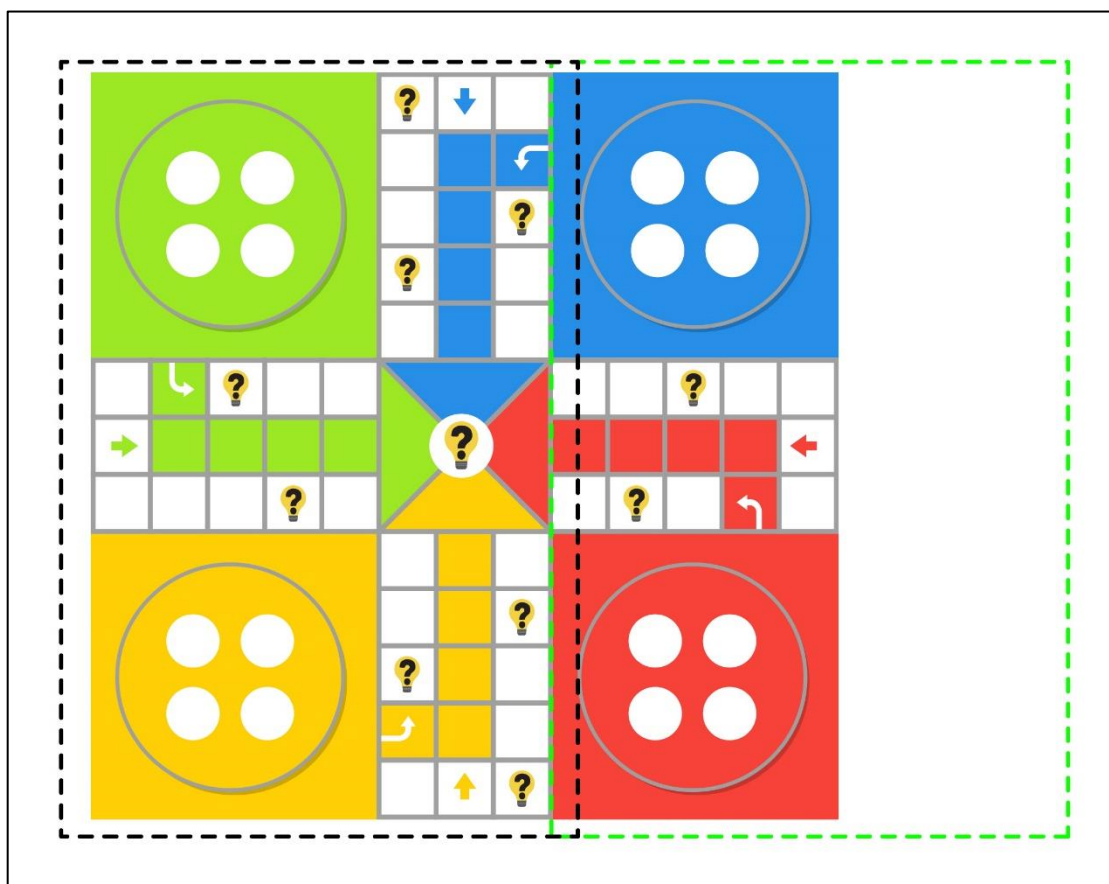


Figura: Representação da impressão do tabuleiro

Fonte: Autoria própria