



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE-UFAC  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA NATUREZA  
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA**

**JOSÉ WELITON BASSI DA SILVA**

**PRÁTICA EXPERIMENTAL PARA OBTENÇÃO DA CONSTANTE DE PLANCK  
COM DIODOS EMISSORES DE LUZ E ARDUINO PARA O 3º ANO DO ENSINO  
MÉDIO**

**Rio Branco - AC  
2020**

**JOSÉ WELITON BASSI DA SILVA**

**PRÁTICA EXPERIMENTAL PARA OBTENÇÃO DA CONSTANTE DE PLANCK  
COM DIODOS EMISSORES DE LUZ E ARDUINO PARA O 3º ANO DO ENSINO  
MÉDIO**

Dissertação apresentada ao Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática, da Universidade Federal do Acre, como parte dos requisitos para a obtenção do título de mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Linha de pesquisa: Recursos e Tecnologia no Ensino de Ciências e Matemática.

**Orientador: Prof. Dr. Marcelo Castanheira da Silva**

**Rio Branco - AC**

**2020**

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

---

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da UFAC

---

S586p Silva, José Weliton Bassi da, 1986 -

Prática experimental para obtenção da Constante de Planck com diodos emissores de luz e arduino para o 3º ano do Ensino Médio / José Weliton Bassi da Silva; orientador: Prof. Dr. Marcelo Castanheira da Silva. Rio Branco, 2020.

127 f.: il.; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Acre, Centro de Ciências Biológicas e da Natureza - CCBN. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática. Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática. Rio Branco, Acre, 2020.

Inclui referências e apêndice.

1. Física moderna - ensino 2. Determinação da Constante de Planck 3. Microcontrolador arduino I. Silva, Marcelo Castanheira da (orientador) II. Título

CDD: 530

---

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Kezia Santos CRB-11/508

**JOSÉ WELITON BASSI DA SILVA**

**PRÁTICA EXPERIMENTAL PARA OBTENÇÃO DA CONSTANTE DE PLANCK  
COM DIODOS EMISSORES DE LUZ E ARDUINO PARA O 3º ANO DO ENSINO  
MÉDIO**

Dissertação apresentada ao Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática, da Universidade Federal do Acre, como parte dos requisitos para a obtenção do título de mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Linha de pesquisa: Recursos e Tecnologia no Ensino de Ciências e Matemática.

Aprovado em: 24/08/2020

Banca Examinadora

Prof. Dr. Marcelo Castanheira da Silva

Universidade Federal do Acre

Orientador

Prof. Dr. Luís Eduardo Maggi

Universidade Federal do Acre

Membro Interno

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Luciene Batista da Silveira

Fundação Universidade Federal de Rondônia – Campus Porto Velho

Membro Externo

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Aline Andréia Nicolli

Universidade Federal do Acre

Membro Suplente

Rio Branco - AC

2020

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, ser supremo, por estar sempre comigo e me iluminar na longa caminhada da vida.

Aos meus pais José Vitor da Silva e Maria Izabel Bassi da Silva por todo amor e cuidado, por confiarem e investirem em minha formação, profissional e pessoal, pois sem a colaboração dos mesmos não chegaria a tal formação.

A minha esposa Eloir da Silva Lima Bassi por me ajudar nas horas que precisei.

Aos meus irmãos José Wallice Bassi da Silva e José Welison Bassi da Silva por me ajudarem quando precisei.

Ao meu orientador, professor Dr. Marcelo Castanheira da Silva pelo apoio, compreensão, tolerância, incentivo e cobranças durante a orientação.

Ao meu amigo e técnico do laboratório de Física Israel Herôncio Rodrigues de Oliveira Hadad pela ajudar e apoio no desenvolvimento de todas as etapas da pesquisa.

Ao meu amigo Katson Roger Teixeira da Luz por me ajudar quando precisei.

Aos professores e a coordenação do curso do Programa de Pós-graduação do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal do Acre, que foram tão importantes em minha vida acadêmica.

Aos professores André Ricardo Ghidini e Bianca Martins Santos do grupo de pesquisa GEPEC por me ajudar e tira dúvidas ao longo da pesquisa e aos colegas do grupo.

A banca de qualificação e defesa por suas contribuições.

A todos os colegas do Mestrado, pelo companheirismo e suas experiências, profissionais e de vida.

A todos os colegas de trabalho do IFAC e da SEE-AC.

*"Um homem a quem foi dada a oportunidade de abençoar o mundo com uma grande ideia criativa não precisa do louvor da posteridade. Sua própria façanha já lhe conferiu uma dádiva maior!"*

*Albert Einstein, sobre Max Planck*

## RESUMO

Este trabalho apresentou uma proposta de uma prática experimental de Física Moderna no terceiro ano do ensino médio. A ideia era estimular o ensino desse ramo a nível médio, além de mostrar a evolução dessa Ciência e suas contribuições para a sociedade. A proposta central foi mensurar a constante de Planck através de diodos emissores de luz (LEDs). O microcontrolador arduino foi utilizado na determinação das voltagens elétricas, caracterizando como um diferencial nesse trabalho. Foi usada a concepção histórica e cultural desenvolvida por Vygotsky, baseada na mediação, no planejamento, na metodologia e análise dos resultados. Utilizou-se uma metodologia de pesquisa bibliográfica, estudo de caso e qualitativa, com aplicação de um mesmo questionário: pré-teste e pós-teste. O público alvo foi de oito alunos, cuja aplicação ocorreu individualmente na casa deles ou do pesquisador, devido a pandemia do coronavírus e seguiu as recomendações sanitárias divulgadas pelas agências de saúde governamentais. Antes da execução da prática foi realizada uma exposição teórica dos conteúdos: ondas eletromagnéticas, difração, efeito fotoelétrico, resistores, semicondutores, corpo negro e noções básicas do microcontrolador arduino. Os alunos fizeram várias medidas e a principal, obtenção da constante de Planck, teve bons resultados, chegando bem próximas do valor real e todas atingiram a ordem de grandeza esperada. Houve uma evolução nos acertos do pós-teste, quando comparados ao pré-teste, sinalizando indícios de aprendizagem. Por meio do desenvolvimento desse estudo foi possível observar que os recursos que foram utilizados em sala de aula foram vantajosos, dado que são de baixo custo e que favorecem bastante o interesse dos alunos acerca do tema.

Palavras-chave: Ensino de Física Moderna. Determinação da Constante de Planck. Microcontrolador arduino.

## **ABSTRACT**

This work presented a proposal for an experimental practice of Modern Physics in the third grade of high school. The idea was to stimulate the teaching of such a branch of Physics at the secondary level, in addition to showing the evolution of this Science and its contributions to society. The central proposal was to measure the Planck constant using light emitting diodes (LEDs). The arduino microcontroller was used to determine the electrical voltages, characterizing it as a differential in this work. The historical and cultural conception developed by Vygotsky was used, based on mediation, planning, methodology and analysis of results. A bibliographic research methodology, case study and qualitative was used, with the application of the same questionnaire: pre-test and post-test. The target audience was eight students, whose application took place individually at their home or at the researcher's, due to the coronavirus pandemic and followed the health recommendations issued by government health agencies. Before carrying out the practice, a theoretical exposition of the contents was carried out: electromagnetic waves, diffraction, photoelectric effect, resistors, semiconductors, blackbody and basic notions of the arduino microcontroller. The students made several measures and the main one, obtaining the Planck constant, had good results, coming very close to the real value and all reached the expected order of magnitude. There was an evolution in the correctness of the post-test, when compared to the pre-test, indicating signs of learning. Through the development of this study it was possible to observe that the resources that were used in the classroom were advantageous, given that they are of low cost and that favor the students' interest on the theme.

**Keywords:** Teaching of Modern Physics. Determination of Planck's Constant. arduino Microcontroller.

## Lista de Figuras

<b>Figura 1:</b> Onda eletromagnética. ....	17
<b>Figura 2:</b> Comprimento de onda.....	17
<b>Figura 3:</b> Espectro eletromagnético.....	18
<b>Figura 4:</b> Difração.....	19
<b>Figura 5:</b> Interferência de fenda dupla.....	20
<b>Figura 6:</b> Representações de um resistor.....	21
<b>Figura 7:</b> Resistor cilíndrico. ....	22
<b>Figura 8:</b> Multímetro e a função ohmímetro.....	23
<b>Figura 9:</b> Código de cores para determinação do valor da resistência.....	23
<b>Figura 10:</b> Linha do tempo de 1900 até 2000.....	26
<b>Figura 11:</b> Gráfico da radiação de um corpo negro. ....	29
<b>Figura 12:</b> Espectro de emissão do oxigênio.....	30
<b>Figura 13:</b> Efeito fotoelétrico idealizado por Hallwachs em 1888. ....	30
<b>Figura 14:</b> Bandas de energia dos sólidos. ....	32
<b>Figura 15:</b> Representação bidimensional do átomo de silício.....	33
<b>Figura 16:</b> Representação bidimensional do silício dopado com arsênio.....	34
<b>Figura 17:</b> Diagrama de bandas de um semiconductor extrínseco tipo n a 0 K (a) e a temperatura bem acima de 0 K (b).....	34
<b>Figura 18:</b> Representação bidimensional do silício dopado com boro.....	35
<b>Figura 19:</b> Diagrama de bandas de um semiconductor extrínseco tipo p a 0 K (a) e a temperatura bem acima de 0 K (b).....	36
<b>Figura 20:</b> Representação de um LED. ....	37
<b>Figura 21:</b> Representação de um LED comum.....	37
<b>Figura 22:</b> Representação do símbolo de Led e diodos comum.....	38
<b>Figura 23:</b> Recombinação elétron-buraco após uma fonte externa de tensão ser aplicada sobre os terminais do LED.....	38
<b>Figura 24:</b> Identificação dos pinos e dos principais componentes da placa arduino UNO. ....	39
<b>Figura 25:</b> Protoboard.....	53
<b>Figura 26:</b> Cabos flexíveis (Jumper).....	53
<b>Figura 27:</b> Retirada de parte da película de um CD. ....	54

<b>Figura 28:</b> prendedores de papel (esquerda) e borda do CD fixa com o prendedor (direita). .....	54
<b>Figura 29:</b> Suporte e anteparo com o papel milimetrado.....	55
<b>Figura 30:</b> Montagem na protoboard. ....	55
<b>Figura 31:</b> Montagem na protoboard conectada na placa arduino. ....	56
<b>Figura 32:</b> Demonstração da montagem. ....	60
<b>Figura 33:</b> Ilustração da difração da luz do LED no anteparo juntamente com as grandezas envolvidas.....	61
<b>Figura 34:</b> Apresentação dos conceitos básicos da pesquisa. ....	66
<b>Figura 35:</b> Difrações encontradas pelos alunos.....	67
<b>Figura 36:</b> Atividades feitas pelos alunos ao longo da prática experimental. ....	68

## Lista de Quadros

<b>Quadro 1:</b> Código de cores resistores quatro faixas.....	24
<b>Quadro 2:</b> publicações e acontecimentos na Física que foram destaque, de 2001 a 2020, pela Sociedade Brasileira de Física – SBF .....	27
<b>Quadro 3:</b> principais componentes do arduino UNO. ....	40
<b>Quadro 4:</b> Temas, tipos de trabalho e quantidade selecionados durante a revisão bibliográfica no período de 2009 a 2019. ....	45
<b>Quadro 5:</b> Materiais empregados na execução do projeto. ....	52
<b>Quadro 6:</b> Percentuais de acertos das questões fechadas do pré-teste (Apêndice A). .....	62
<b>Quadro 7:</b> Respostas da questão 1 do pré-teste (Apêndice A). ....	63
<b>Quadro 8:</b> Respostas da questão 2 do pré-teste (Apêndice A). ....	64
<b>Quadro 9:</b> Respostas da questão 4 do pré-teste (Apêndice A). ....	64
<b>Quadro 10:</b> Respostas da questão 6 do pré-teste (Apêndice A). ....	65
<b>Quadro 11:</b> Respostas da questão 8 do pré-teste (Apêndice A). ....	66
<b>Quadro 12:</b> Grandezas medidas pelos alunos durante a prática experimental de acordo com o roteiro localizado no Apêndice D. ....	69
<b>Quadro 13:</b> Cálculo da média e desvio padrão das medidas do Quadro 12. ....	70
<b>Quadro 14:</b> Percentuais de acertos das questões fechadas do pré-teste e pós-teste (Apêndice A).....	70
<b>Quadro 15:</b> Respostas da questão 1 do pré-teste e do pós-teste (Apêndice A).....	71
<b>Quadro 16:</b> Respostas da questão 2 do pré-teste e do pós-teste (Apêndice A).....	74
<b>Quadro 17:</b> Respostas da questão 4 do pré-teste e do pós-teste (Apêndice A).....	75
<b>Quadro 18:</b> Respostas da questão 6 do pré-teste e do pós-teste (Apêndice A).....	76
<b>Quadro 19:</b> Respostas da questão 6 do pré-teste e do pós-teste (Apêndice A).....	77

## Sumário

Introdução .....	13
1. Fundamentação teórica.....	16
1.1. Conceitos Básicos de Física .....	16
1.1.1. Ondas eletromagnéticas e o espectro visível .....	16
1.1.2. Difração .....	18
1.1.3. Resistores e as leis de Ohm .....	21
1.2 Evolução da Mecânica Quântica e algumas de suas contribuições para a sociedade.....	24
1.3 Conceitos básicos sobre Mecânica Quântica .....	28
1.3.1 Radiação do Corpo Negro.....	28
1.3.2 Espectro atômico.....	29
1.3.3 Efeito fotoelétrico.....	30
1.3.4 Semicondutores .....	31
1.4 Diodos emissores de luz (LED).....	36
1.5. Microcontrolador Arduino .....	39
1.6 A teoria e o Ensino da Mediação de Vygotsky .....	41
1.6.1. Trabalhos de experimentos didáticos sobre a determinação da constante de Planck.....	46
1.6.2. Trabalhos de ensino que utilizaram o microcontrolador Arduino .....	48
1.6.3. Trabalhos de ensino que empregaram a teoria da mediação de Vygotsky na análise de resultados.....	49
2. Metodologia.....	50
2.1. Procedimentos metodológicos .....	51
3. Produto Educacional .....	52
3.1. Introdução .....	52
3.2. Materiais utilizados.....	52
3.3. Montagem e execução do experimento .....	54

4. Resultados e Discussões .....	62
5. Considerações Finais.....	80
6. Referências .....	81
Anexo - Quadro com link de vídeos .....	88
Apêndices.....	89
Apêndice A - Questionário do pré-teste e pós-teste.....	89
Apêndice B- Convite para os alunos e Ganhadores do sorteio .....	93
Apêndice C- Teoria para os alunos .....	94
Apêndice D- Roteiro da prática experimental .....	111
Apêndice E- Formulário de apresentação no local da Pesquisa .....	119
Apêndice F- Termo de autorização dos alunos .....	120

## Introdução

Este trabalho tem como enfoque uma observação que realizei quando era professor de Física no ano de 2008, sobre a importância de se trabalhar com o ensino de Física Moderna no ensino médio. Desde a época que era estudante do curso de Licenciatura em Física me questionava o motivo pelo qual esse conteúdo não era visto nas escolas de ensino médio, motivo pelo qual desenvolvi o Trabalho de Conclusão de Curso com o tema “Supercondutividade aplicada ao ensino médio” no primeiro semestre de 2009. Nesse trabalho fiz entrevistas com vários professores e observei que era possível fazer uma pesquisa para proporcionar um material de suporte que poderia ser usado em sala de aula, incentivando o ensino de Física Moderna e Contemporânea, especificamente a Mecânica Quântica. Tal fato se justifica pela intensa aplicação desse assunto, considerando que boa parte dos dispositivos tecnológicos atuais possuem circuitos eletrônicos miniaturizados, tais como computadores, brinquedos eletrônicos, sensores de automóveis e microcontroladores, dos quais um dos mais conhecidos é o microcontrolador Arduino.

Na pesquisa temos como problema de pesquisa como difundir o ensino de Física Moderna no ensino médio? E para tentar responder esse problema elencamos o objetivo geral: estimular o estudo de Física Moderna e Contemporânea no terceiro ano do ensino médio, através de uma prática experimental capaz de obter a constante de Planck, utilizando materiais de baixo custo e o microcontrolador Arduino. Para o desenvolvimento da pesquisa temos os seguintes objetivos específicos: descrever brevemente a evolução da Física Moderna e Contemporânea e algumas contribuições para a sociedade, bem como explicar conceitos básicos de Mecânica Quântica que serão necessários a realização e compreensão do experimento; mensurar a constante de Planck, o comprimento de onda e a energia de ativação por meio da realização de medidas da montagem experimental, associando os conceitos vistos com aplicações em dispositivos tecnológicos do cotidiano; analisar os resultados obtidos e comparar com pesquisas similares da literatura. Além disso, investigar sob o ponto de vista da teoria de mediação de Vygotsky, empregando a zona de desenvolvimento proximal, a interação do mediador com os aprendizes na realização da atividade experimental.

Na dissertação apresentamos de forma didática e conceitual a abordagem da Física Moderna, com enfoque na teoria histórico cultural de Vygotsky (2007a; 2007b), direcionado ao 3º ano do ensino médio. O objetivo é determinar a constante de Planck com base nos trabalhos de Abreu e Peralta (2016) e Morehouse (1998), a partir da utilização de diodos emissores de luz (LED) e os semicondutores, como foram discutido em Lima (2017), Biasi e Melo (1975), empregando o microcontrolador Arduino, de acordo com Kelly, Rocha e Germano (2017) e Mcroberts (2011), bem como enfatizar a importância do ensino experimental para as atividades em sala de aula, apoiando o trabalho dos professores e despertando o interesse dos alunos na compressão de fenômenos físicos relacionados.

Espera-se, com esse trabalho, aprofundar os conhecimentos sobre o tema de Física Moderna para buscar compreender o efeito da aplicação dessa metodologia didática no desenvolvimento da aprendizagem do aluno, contribuindo na formação da cidadania, interação entre os sujeitos participantes e o compartilhamento de saberes e cultura.

A escolha pela teoria histórica cultural de Vygotsky na aplicação de experimentos de Física Moderna e Contemporânea foi feita por acreditar que a interação entre o professor e os alunos é essencial para criar um ambiente favorável ao aprendizado. Também será analisada a condução das atividades por meio da mediação.

Nos últimos anos, as tecnologias, como *smartphones*, computadores, microcontroladores e impressoras 3D (tridimensionais), vêm sendo desenvolvendo e criando oportunidades para inovar o ambiente educacional. Muito se tem discutido a respeito de empregá-las como forma alternativa de trabalho em sala de aula pelos professores. Isso inclui a discussão da evolução da Física Moderna e Contemporânea e suas contribuições para a sociedade, no qual a clareza de conceitos básicos de Mecânica Quântica seria necessária para ajudar os professores, podendo popularizar esse tema no currículo escolar.

Segundo Mcroberts (2011), a maior vantagem do arduino, sobre outras plataformas de desenvolvimento de microcontroladores, é a facilidade de sua utilização e é possível criar seus próprios projetos. O microcontrolador arduino, para Kelly, Rocha e Germano (2017), é uma tecnologia de baixo custo e muito versátil, podendo ser utilizado para motivar a aplicação de práticas experimentais de Física

na educação básica. Vale lembrar que ele possui código aberto simples e de fácil elaboração, sendo uma ferramenta que permite determinar a constante de Planck, o comprimento de onda e a energia de ativação da luz emitida de diodos emissores de luz (LEDs), com base numa montagem experimental.

Este trabalho foi organizado contendo: introdução, fundamentação teórica, metodologia, produto educacional, resultados e discussões, considerações finais e referências.

No primeiro capítulo apresenta a Fundamentação Teórica sobre a pesquisa: conceitos básicos de Física, evolução da Mecânica Quântica e algumas de suas contribuições para a sociedade, conceitos básicos sobre Mecânica Quântica, semicondutores, diodos emissores de luz (LED), microcontrolador arduino, a teoria da mediação de Vygotsky, uma revisão bibliográfica dividida em três grupos: trabalhos de experimentos didáticos sobre a determinação da constante de Planck, trabalhos de ensino que utilizaram o microcontrolador arduino e trabalhos de ensino que empregaram a teoria da mediação de Vygotsky na análise de resultados. No segundo capítulo apresenta a metodologia, onde temos um detalhamento das etapas da pesquisa, no terceiro capítulo descrevemos detalhadamente em que consiste o produto educacional, no quarto capítulo os resultados e discussões, com uma análise da aplicação do material curricular proposto. No quinto capítulo as considerações finais. Por fim, serão apresentadas as referências bibliográficas.

# **1. Fundamentação teórica**

## **1.1. Conceitos Básicos de Física**

Para essa pesquisa temos alguns conceitos que serão importantes para o andamento do trabalho, como alguns de Física (ondas eletromagnéticas, espectro eletromagnético, resistências, lei de Ohm, difração e comprimentos de onda). São conceitos fundamentais e seria difícil imaginar como seria a sociedade atual sem eles, pois possibilitaram condições para criar dispositivos como o rádio, televisão, telefone, *smartphones*, aparelhos de raios X, instalações elétricas em residências (ligações em série, paralelo e mista), lâmpadas, forno micro-ondas etc.

Nessa parte temos a estrutura do que será fundamentado: a evolução da Mecânica Quântica e algumas de suas contribuições para a sociedade, conceitos básicos sobre Mecânica Quântica, Semicondutores, Diodos emissores de luz, Microcontrolador arduino e a teoria da mediação de Vygotsky.

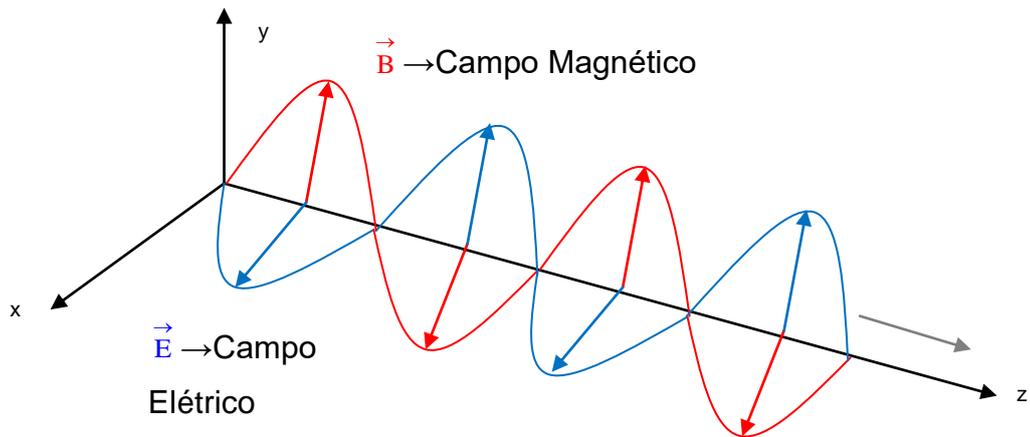
### **1.1.1. Ondas eletromagnéticas e o espectro visível**

As ondas eletromagnéticas são formadas por dois campos variáveis, sendo um o campo elétrico e o outro campo magnético, que se propagam no vácuo e em outros meios. São exemplos de ondas eletromagnéticas as ondas de rádio, onde temos AM (Amplitude Modulada) e FM (Frequência Modulada), ondas de telefonia celular, ondas luminosas (luz), micro-ondas, raios X e gama, entre outras.

As ondas eletromagnéticas se propagam no vácuo com a velocidade de 299.792.458 m/s. Essas ondas foram estudadas por Maxwell, através de quatro equações, descrevendo como cargas e corrente elétricas originam campos elétricos e magnéticos.

A representação de uma onda eletromagnética, dada pela Figura 1, mostra que o campo magnético e o campo elétrico são perpendiculares entre si e que são perpendiculares à direção de propagação.

**Figura 1:** Onda eletromagnética.



Fonte: os autores.

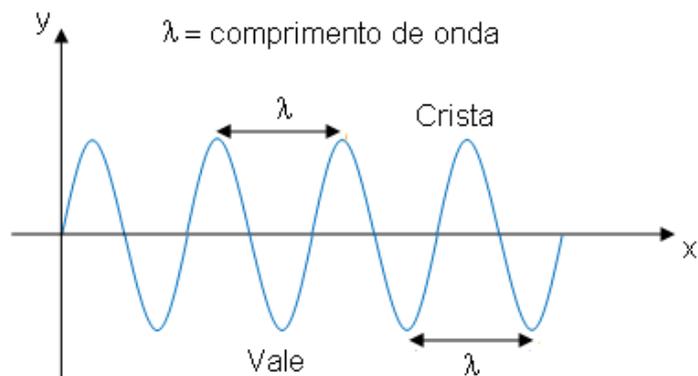
As ondas eletromagnéticas podem ser produzidas por cargas elétricas aceleradas. Há duas formas para que isso aconteça:

1ª) proporcionar a aceleração dos movimentos de elétrons, como acontece em antenas;

2ª) estimular a excitação de elétrons entre diferentes camadas orbitais de átomos, como acontece nos aparelhos dos raios X.

A Figura 2 mostra a distância entre duas cristas consecutivas, assim a de dois vales consecutivos, que é denominada comprimento de onda ( $\lambda$ ).

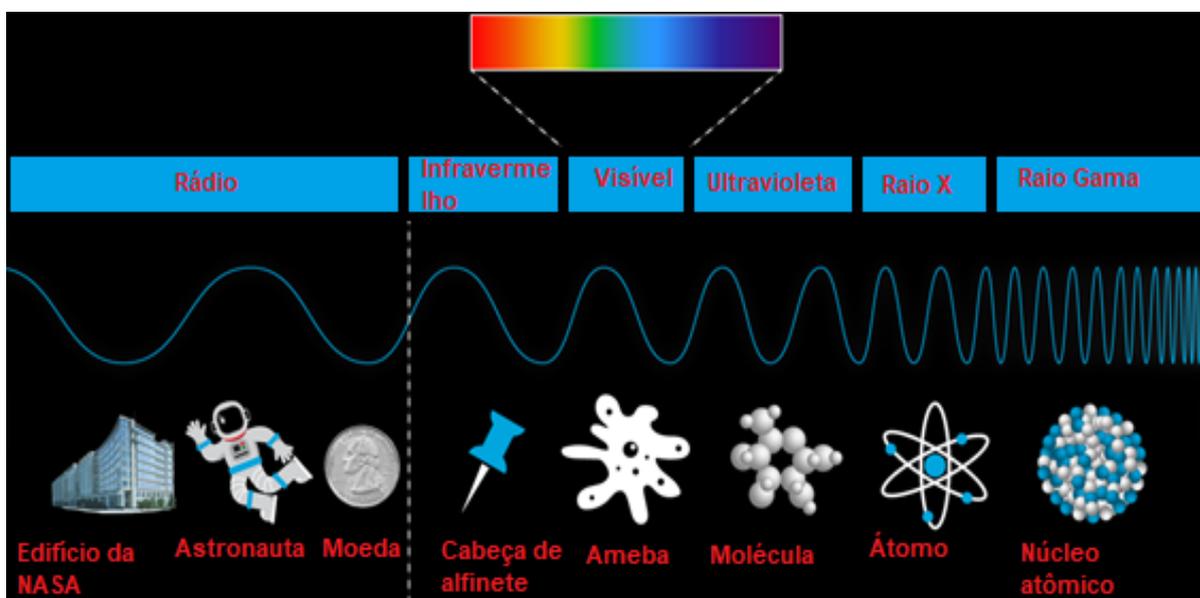
**Figura 2:** Comprimento de onda



Fonte: os autores.

A luz visível é de extrema importância para a humanidade e para todos os seres vivos. As ondas eletromagnéticas de luz visível ocupam uma estreita faixa do espectro eletromagnético, porém o espectro eletromagnético apresenta também os raios gama, os raios X, ultravioleta, infravermelho e ondas de rádio. A Figura 3 mostra a amplitude do espectro eletromagnético, onde é possível comparar o comprimento de alguns objetos com os diferentes tipos de comprimento de onda, por exemplo, ondas de rádio têm comprimentos de onda da ordem do tamanho do diâmetro de moedas até de edifícios (sede da Administração Nacional do Espaço e da Aeronáutica – NASA).

**Figura 3:** Espectro eletromagnético.



Fonte: adaptado de NASA (2018).

Na parte do espectro visível temos a divisão em várias cores perceptíveis ao olho humano, que corresponde a diferentes frequências e comprimentos de ondas. A luz branca proveniente do Sol é resultado da superposição das diversas frequências (cores) que constituíram o espectro visível.

### 1.1.2. Difração

A difração é um desvio sofrido pela propagação retilínea da luz ao atravessar fendas de dimensões próximas ao seu comprimento de onda. Trata-se de efeito característico de fenômenos ondulatórios. Para Costa e Fragnito (2010) os

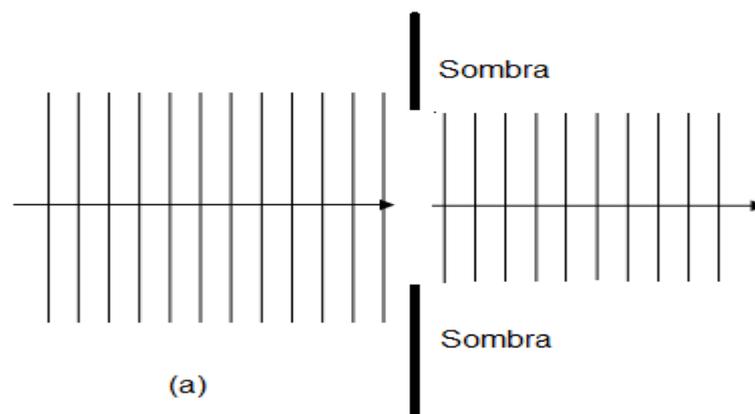
fenômenos de difração são observados para todos os tipos de ondas (mecânicas ou eletromagnéticas), mas a observação da difração da luz no cotidiano é rara.

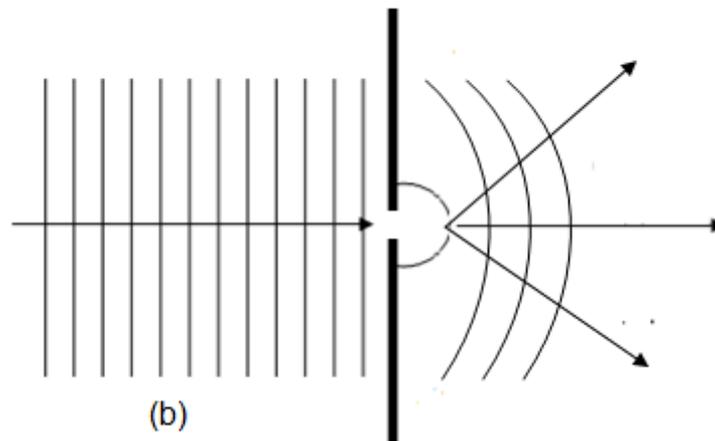
Quando uma onda sonora atinge um obstáculo, em geral ela o contorna. Assim esse efeito é denominado difração, que permite que uma pessoa converse com outra mesmo que estejam separadas por um muro. Além disso, quando a luz se difrata por um conjunto de aberturas periódicas, é possível observar interessantes fenômenos de interferência entre as ondas originadas em cada abertura.

A Figura 4 explica o motivo pelo qual a difração é mais acentuada quando o comprimento de onda é da ordem de grandeza dos obstáculos. As retas paralelas são as frentes de ondas luminosas.

Quando o comprimento de onda é pequeno em comparação com o tamanho do orifício, Figura 4 (a), não há praticamente ocorrência de difração, isto é, mantém a onda na mesma direção. Observe a Figura 4 (b), nessa situação o comprimento de onda tem a mesma ordem de grandeza do tamanho do orifício, gerando o espalhamento da onda após atravessá-lo. Assim, na difração, a energia não se distribui igualmente em todas as direções, e quanto menor for o comprimento de onda em relação ao tamanho da fenda ou o obstáculo atingido, menor será a capacidade de contorná-los.

**Figura 4:** Difração





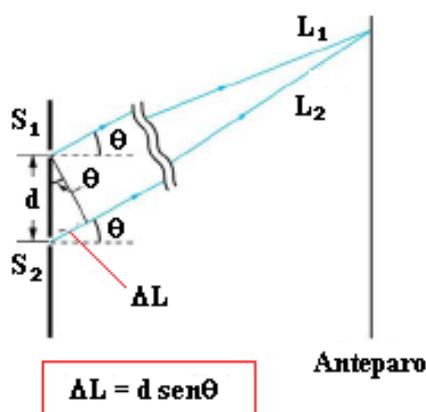
Fonte: adaptado de Costa e Fragnito (2010).

De acordo com Alvarenga e Máximo (2008) essa propriedade dos movimentos ondulatórios foi estudada em 1803 por Thomas Young, que conseguiu demonstrar o fenômeno de interferência da luz. Ele demonstrou que a luz é um movimento ondulatório e que também sofre difração ao passar por um pequeno orifício. Segundo Halliday, Resnick e Walker (2009):

A difração pode ser explicada facilmente pela Teoria Ondulatória da Luz. Esta teoria, desenvolvida inicialmente por Huygens e usada por Young para explicar a interferência numa fenda dupla, levou muito tempo para ser adotada, em grande parte porque ela entrava em choque com a Teoria de Newton.

A Figura 5 mostra dois raios atravessando uma fenda dupla, no qual há uma diferença de caminho ( $\Delta L$ ) entre eles. O anteparo é colocado a uma distância muito maior que a separação  $d$  das fendas ( $S_1$  e  $S_2$ ), isso faz com os dois raios ( $L_1$  e  $L_2$ ) sejam praticamente paralelos, mantendo o mesmo ângulo  $\theta$  com a horizontal.

**Figura 5:** Interferência de fenda dupla.



Fonte: Adaptado de Hinrichs e Urone (2017).

Do triângulo retângulo formado é possível obter a relação  $\Delta L = d \text{ sen}\theta$ . A interferência construtiva de uma fenda dupla ocorre quando há uma diferença de caminho múltipla do comprimento de onda  $\lambda$ .

$$d \text{ sen}\theta = m\lambda, \quad \text{para } m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (1)$$

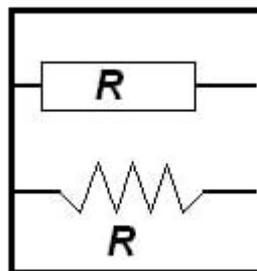
### 1.1.3. Resistores e as leis de Ohm

Quando um condutor elétrico sólido é percorrido por uma corrente elétrica, parte da energia dos elétrons que constituem a corrente elétrica é transformada em energia térmica (efeito Joule), devido a colisões internas com outros átomos ou íons presentes nesse condutor.

O resistor é um elemento em um circuito que tem a função de transformar energia elétrica em energia térmica, normalmente seus materiais constituintes são condutores de aço nos terminais e um material resistivo central como o tungstênio ou carvão. Resistores estão presentes em vários equipamentos como o chuveiro elétrico, o secador de cabelos e as lâmpadas incandescentes.

Todo resistor dificulta a passagem da corrente elétrica e sua intensidade é medida pela resistência elétrica  $R$  (Figura 6).

**Figura 6:** Representações de um resistor.



Fonte: os autores.

A 1ª lei de Ohm tem esse nome em homenagem o físico alemão George Simon Ohm, em suas experiências, descobriu que a intensidade da corrente elétrica (i) que atravessa um condutor é diretamente proporcional a diferença de potencial ddp (V) aplicada aos seus extremos.

$$i \propto V \quad \text{ou} \quad V \propto i. \quad (1)$$

Assim, a proporcionalidade 1 pode ser convertida numa equação denominada de 1ª Lei de Ohm:

$$V = Ri. \quad (2)$$

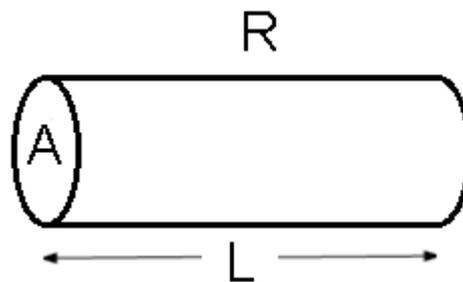
No Sistema Internacional de Unidades (SI), a ddp é medida em volts (V), a corrente  $i$  em ampere (A) e a resistência  $R$  em ohm ( $\Omega$ ).

A resistência de um condutor cilíndrico, segundo Alvarenga e Máximo (2008), depende do material de que é constituído e de sua geometria: comprimento  $L$  e da área de sua secção transversal  $A$ .

$$R = \rho \frac{L}{A}, \quad (3)$$

$\rho$  é a resistividade eléctrica medida em  $\Omega \cdot m$  no SI. A Figura 7 mostra um esquema de um resistor cilíndrico.

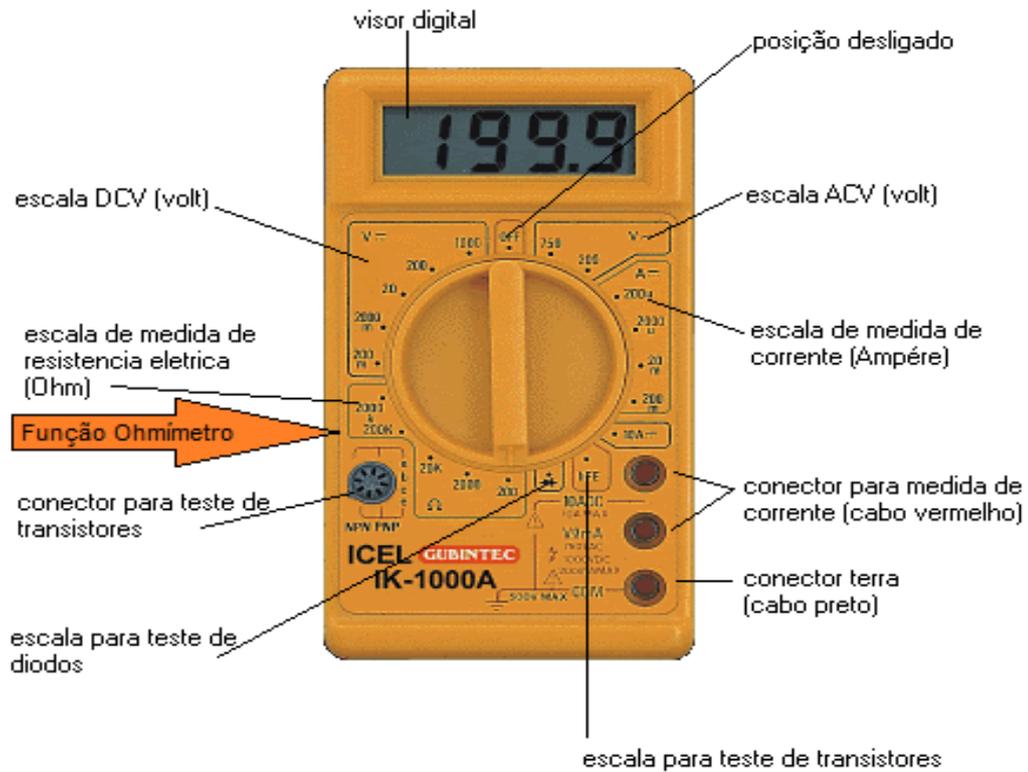
**Figura 7:** Resistor cilíndrico.



Fonte: os autores.

Uma maneira de obter a resistência eléctrica de um resistor através de equipamento chamado multímetro (Figura 8), que inclui a função ohmímetro (medição de resistências), e a outra é determinada pelo código de cores (Figura 9).

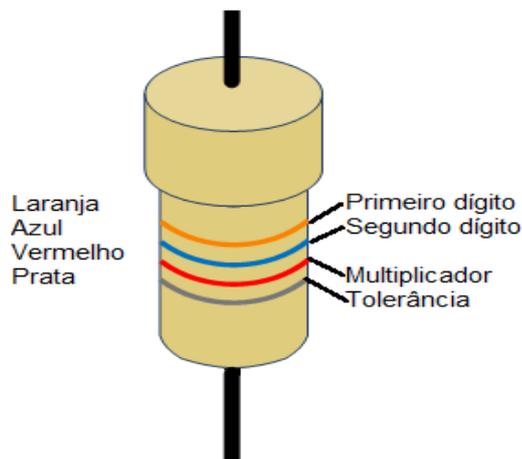
**Figura 8:** Multímetro e a função ohmímetro



Fonte: Solimar, 2020, adaptada pelos autores. Disponível:

<https://profsolimar.blogspot.com/2012/02/desvendando-os-multímetros.html>. Acesso em: 09 março 2020.

**Figura 9:** Código de cores para determinação do valor da resistência



Fonte: os autores.

O valor da resistência de um resistor pode vir escrito na própria peça ou estar impressa por um código de cores (Quadro 1). As duas primeiras cores indicam os dois primeiros dígitos no valor da resistência, a terceira cor a potência de 10 que o valor será multiplicado (multiplicador) e a quarta cor é a tolerância. Analisando a Figura 8, a resistência será  $36 \cdot 10^2 \Omega = 3.600 \Omega$  com uma tolerância de 10%.

**Quadro 1:** Código de cores resistores quatro faixas

Cor	1º dígito	2º dígito	Multiplicador	Tolerância
Preto	0	0	1	
Marrom	1	1	$10^1$	$\pm 1\%$
Vermelho	2	2	$10^2$	$\pm 2\%$
Laranja	3	3	$10^3$	
Amarelo	4	4	$10^4$	
Verde	5	5	$10^5$	
Azul	6	6	$10^6$	
Violeta	7	7	$10^7$	
Cinza	8	8	$10^8$	
Branco	9	9	$10^9$	
Ouro			$10^{-1}$	
Prata			$10^{-2}$	$\pm 10\%$

Fonte: Adaptado de Mundo da Elétrica (2020). Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/codigo-de-cores-de-resistores/>. Acesso em: 09 março 2020.

## 1.2 Evolução da Mecânica Quântica e algumas de suas contribuições para a sociedade

A Física Quântica teve seu início no final do século XIX e início do Século XX, quando alguns resultados experimentais não estavam de acordo com o que previam as leis da Física Clássica. Alguns historiadores consideram que iniciou no século XX, como Junior e Neto (1997), pois o século XX é a era do quanta, devido à influência dessa teoria científica no mundo e seu impacto na sociedade contemporânea, permitindo a construção de transistores e lasers, por exemplo. Essa teoria física, que foi elaborada entre os anos de 1900 a 1927, destacou-se na história da ciência, sendo mostrado na Figura 10.

Para Barbosa (2008), a Física teve uma grande revolução, no final do século XIX e no início do século XX, e começou a deixar algumas crenças da Mecânica Clássica, dado que alguns fenômenos como o efeito fotoelétrico, a radiação do corpo negro e a estrutura atômica estável permaneciam sem uma explicação

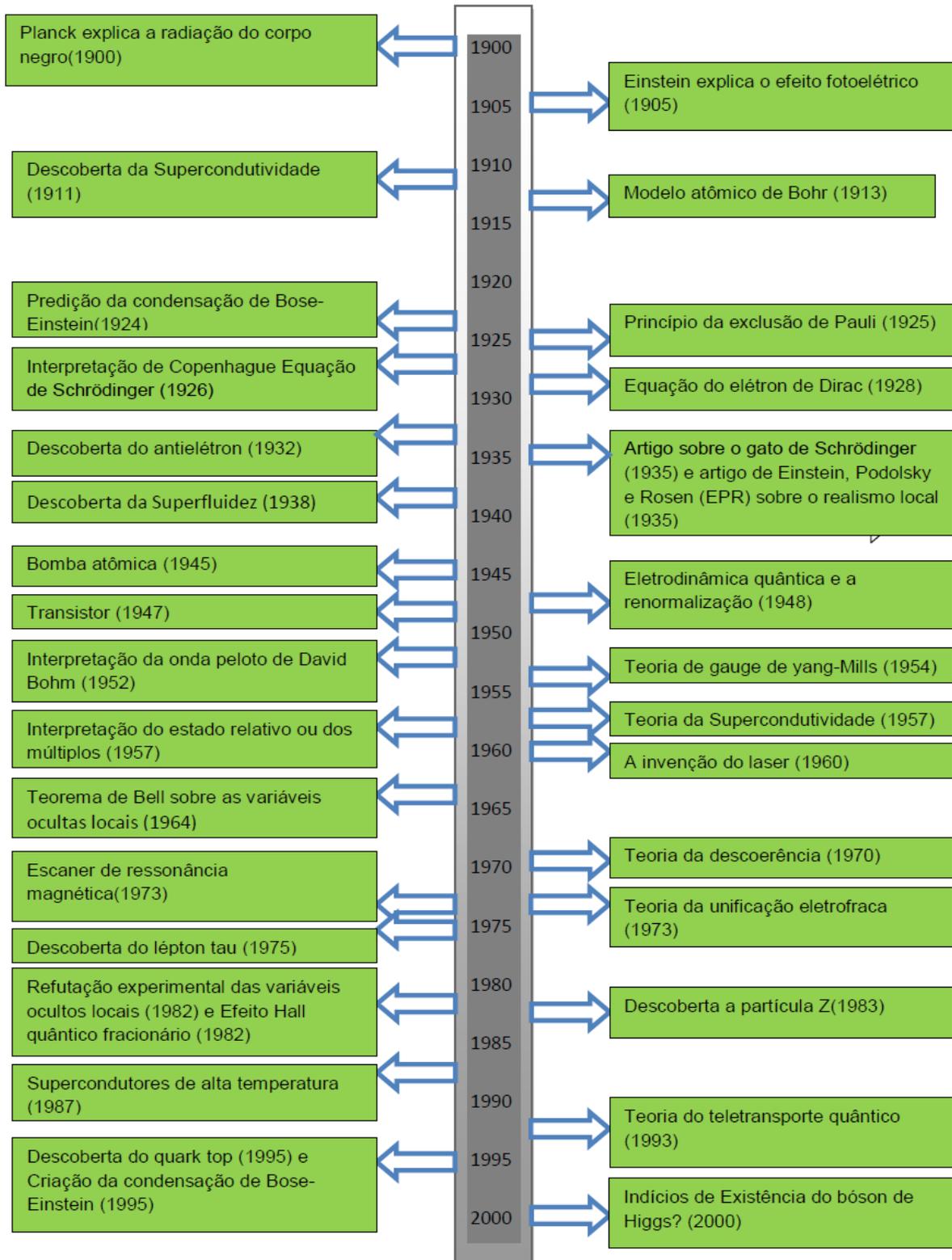
condizente. Nos anos seguintes a 1900 surgiram a descoberta dos raios X, da radioatividade e teorias foram propostas por Max Planck e Albert Einstein, levando ao início da Física Moderna.

Esse período teve vários cientistas que contribuíram para o desenvolvimento da Física Moderna. Junior e Neto (1997) comentam alguns nomes de destaque no século XX, entre eles temos Planck, Einstein, Bohr, De Broglie, Heisenberg, Schrödinger, Dirac, Pauli e Feynman, todos relacionados à Física Quântica.

O começo da Física Quântica é marcado pelo estudo de Planck sobre a radiação do corpo negro, com base na sua definição temos uma abordagem quântica do fenômeno, evitando a catástrofe do ultravioleta, que não era possível se explicada pela física clássica. Outro acontecimento, com várias aplicações nos dias atuais, foi o efeito fotoelétrico (favorecimento da emissão de raios catódicos, os elétrons, gerado pela incidência de luz sobre o cátodo), descoberto em 1887 por Hertz, mas explicado por Einstein em 1905 no qual estendeu a quantização para a energia eletromagnética livre, isto é, a luz é formada por quanta, posteriormente batizada de fótons, Chibeni (1992).

A Figura 10 mostra a linha do tempo de 1900 até 2000, onde é possível compreender de forma cronológica o avanço da e acontecimentos relacionado a física quântica em 100 ano de história e Tegwark e Wheeler (2003) explica de forma detalhada, sendo possível observar em 1900 a explicação da radiação do corpo negro, até a descoberta do quark top ( 1195) e em 2000 a descoberta de indícios de existência de bóson Higgs.

**Figura 10:** Linha do tempo de 1900 até 2000



Fonte: Adaptado de Tegmark e Wheeler (2003).

Vamos pontuar algumas publicações e acontecimentos na Física que foram destaque, de 2001 a 2020, pela Sociedade Brasileira de Física – SBF, mostradas no Quadro 2.

**Quadro 2:** publicações e acontecimentos na Física que foram destaque, de 2001 a 2020, pela Sociedade Brasileira de Física – SBF

<b>Ano</b>	<b>Destaque</b>
2002	A detecção dos neutrinos, provenientes do Sol, pelos cientistas Raymond Davis Jr., Masatoshi Koshiba e Riccardo Giacconi, rendeu o prêmio Nobel de Física de 2002.
2003	Grandes contribuições relacionadas a dois fenômenos da Física Quântica: supercondutividade e superfluidez, que também rendeu prêmio Nobel a Alexei Abrikosov, Vitaly Ginzburg e Anthony Leggett.
2004 até 2009	Pesquisas relacionadas ao núcleo atômico e mostraram que quanto mais próximos dois quarks estão um do outro, menor é a força de interação entre eles, quando estão muito pertos a força de interação é tão fraca que estes se comportam como partículas livres. Este fenômeno recebeu o nome de liberdade assintótica.
2010	Os físicos André Geim e Konstantin Nuvoselov receberam o prêmio Nobel pela pesquisa revolucionária sobre o grafeno, um tipo de carbono fino e duro que poderá substituir o silício na eletrônica.
2012	Pela primeira vez foi observada a partícula subatômica bóson de Higgs.
2014	Um experimento revelou efeitos quânticos na Termodinâmica e os efeitos de flutuações quânticas. Houve também avanços na área de Computação Quântica.
2017	Pesquisas voltadas ao desenvolvimento de baterias quânticas com a possibilidade de recarga super-rápida e ao controle fino dos spins de elétrons, favorecendo a computação quântica.
2018	Busca para saber os limites da computação quântica, como também para explicar melhor como acontece a transição de fase quântica.
2019	Pesquisadores brasileiros demonstraram como máquinas de tamanho

	igual ou menor ao de átomos, sujeitas às leis da Mecânica Quântica, podiam ultrapassar os limites exigidos pelas leis da Termodinâmica Clássica, explorando o conceito questionável de temperatura negativa.
2020	Uma equipe do laboratório de óptica quântica da Universidade Federal Fluminense (UFF) programou feixes de luz laser para criar padrões ressurgentes específicos no espaço. Os padrões desapareciam à medida que o feixe se afastava da fonte e ressurgiam depois de percorrerem determinadas distâncias. A luz estruturada ressurgente poderá ser empregada em pinças ópticas para manipular objetos microscópicos com a luz, em telecomunicações, na transmissão de informações pela luz a grandes distâncias.

Fonte: Disponível em <http://www1.fisica.org.br/mnpef/?q=apresentação>. Acesso em 02 jun 2020.

### 1.3 Conceitos básicos sobre Mecânica Quântica

Segundo Bauer et al. (2013), a teoria que teve um grande desenvolvimento foi a Física Quântica (também conhecida como Mecânica Quântica) que levou a compreensão de vários fenômenos e possibilitou a elaboração de inúmeras aplicações que são usadas pela sociedade: laser, ressonância magnética, entre outros. Assim, iremos falar de alguns fenômenos e conceitos que são relevantes para essa área.

#### 1.3.1 Radiação do Corpo Negro

A agitação das cargas elétricas que compõem a matéria seria responsável pela produção de ondas eletromagnéticas chamadas de radiação do corpo negro, onde esse é o nome dado a um objeto ideal que absorve a radiação que é incidente sem haver reflexão. E para Eisberg e Resnick (1985) os chamados de Corpos Negros e independentemente de sua composição química, todos eles sempre irão emitir o mesmo espectro da radiação se estiverem na mesma temperatura. A matéria emite radiação eletromagnética cuja energia  $E$  é proporcional à sua frequência de vibração  $f$ . De acordo com Hinrichs e Urone (2017 p. 1156), a radiação do negro:

foi descoberta pelo Físico Alemão Max Planck (1858-1947) que usou a ideia de que átomos e moléculas em um corpo agem como osciladores para absorver e emitem radiação. As energias dos átomos e moléculas

oscilantes tiveram que ser quantizadas para descrever corretamente a forma de o espectro do corpo negro.

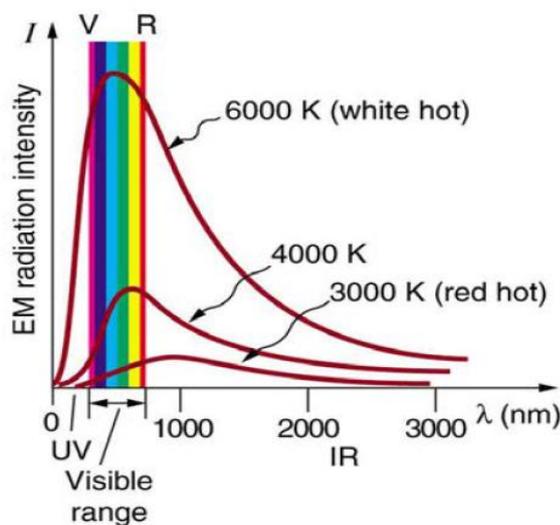
Sendo possível deduzir a energia do oscilador pela equação (1):

$$E = (n + \frac{1}{2}).h.f \quad 1$$

Assim temos  $n$  é qualquer número inteiro positivo, de forma discreta e quantizada a energia,  $h$  é a constante de Planck ( $h = 6,626 \times 10^{-34}$  J.s) e  $f$  a frequência.

A Figura 11 apresenta o espectro da radiação de corpo negro em três temperaturas diferentes (3000 K, 4000 K e 6000 K). A intensidade da radiação eletromagnética emitida aumenta fortemente com elevação da temperatura, cujo pico se concentra na região visível e ultravioleta do espectro. Esse fato ficou conhecido como “catástrofe do ultravioleta” e não podia ser explicado pela Física Clássica.

**Figura 11:** Gráfico da radiação de um corpo negro.



Fonte: Hinrichs e Urone (2017).

### 1.3.2 Espectro atômico

O espectro atômico de emissão é obtido pela passagem de uma descarga elétrica através de um material, onde apenas certos comprimentos de onda são emitidos (quantização), o espectro de linha, assim a quando um átomo emite um fóton da energia, ele perde esta energia. Como a energia que o átomo pode perder só certos valores discretos, e que as energias dos fótons emitidos representam as

diferencias entre estes valores. A Figura 12 mostra o espectro de emissão do oxigênio.

**Figura 12:** Espectro de emissão do oxigênio.

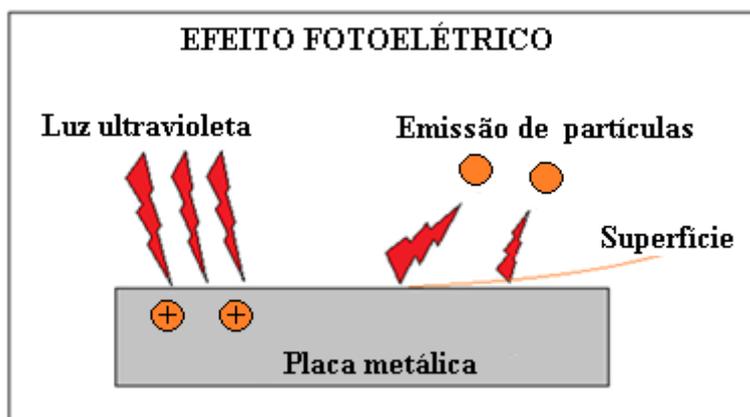


Fonte: Hinrichs e Urone (2017).

### 1.3.3 Efeito fotoelétrico

O efeito fotoelétrico foi revelado acidentalmente por Hertz em 1887, quando estudava a natureza eletromagnética da luz. No ano seguinte, Hallwachs mostrou que objetos metálicos irradiados com luz ultravioleta adquiriam carga positiva (Figura 13). Lenard e Wolf sugeriram que a luz ultravioleta forçaria a saída de partículas da superfície metálica. Essas partículas ainda eram desconhecidas, pois o elétron só foi descoberto em 1897. Santos (2002).

**Figura 13:** Efeito fotoelétrico idealizado por Hallwachs em 1888.



Fonte autores.

Em 1889, Thomson postulou que as partículas emitidas seriam os elétrons e provou experimentalmente a partir da relação carga/massa ( $e/m$ ), associando com elétrons de raios catódicos.

Junior e Neto (1997) relataram que Einstein retomava a expressão usada por Planck ( $E = h \cdot f$ ), afirmando que a luz era composta por "grãos" de energia eletromagnética cujo valor é igual a  $h \cdot f$ , os fótons.

Segundo Einstein cada elétron absorve um fóton e pode adquirir energia suficiente para escapar da superfície. A energia mínima necessária para que isso ocorra se chama trabalho ( $\tau$ ), cujo valor depende do tipo de metal.

$$E = hf - \tau \quad (4)$$

Segundo Hinrichs e Urone (2017), a Equação 4 nada mais é que a expressão do princípio de conservação da energia. É possível determinar o valor mínimo da frequência ( $f_{\min}$ ) da radiação eletromagnética a partir do qual os elétrons podem escapar da superfície, atribuindo zero a energia ( $E = 0$ ) na Equação 4.

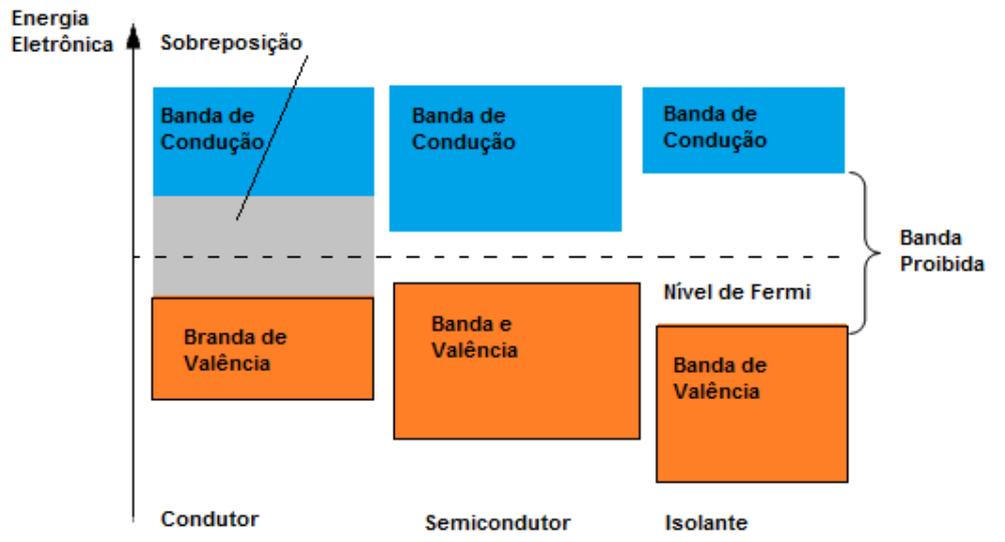
$$f_{\min} = \frac{\tau}{h} \quad (5)$$

O efeito fotoelétrico possui aplicações interessantes como as calculadoras movidas à luz solar e dispositivos que controlam a abertura da porta de elevadores ou de lojas.

#### 1.3.4 Semicondutores

De modo geral, quanto à natureza elétrica, os sólidos podem ser bons ou maus condutores de eletricidade (isolantes ou dielétricos). Entretanto, segundo Biasi e Melo (1975), também existem os semicondutores, cuja característica de condução é intermediária entre os condutores e isolantes elétricos. A Figura 14 apresenta a organização das bandas de energia para os sólidos. Nos materiais isolantes temos uma banda proibida (*gap*) bem larga, a temperaturas “normais” nenhum elétron consegue passar da banda de valência para a banda de condução. Já nos materiais semicondutores, o *gap* não é tão grande e uma fração de elétrons pode passar para a banda de condução por ativação térmica. Nos materiais condutores não há *gap*, ocorrendo uma sobreposição.

Figura 14: Bandas de energia dos sólidos.



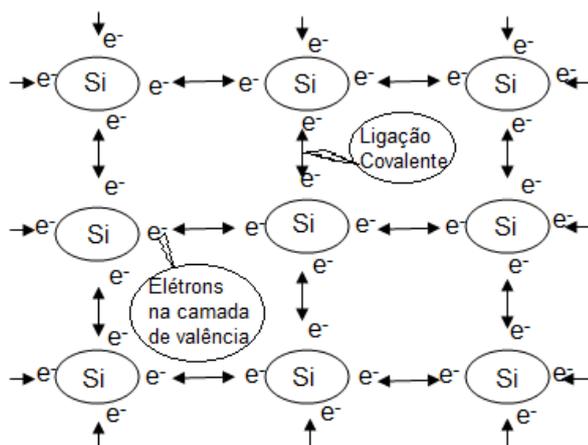
Fonte: adaptado de PUC (2020). Disponível: [https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/16334/16334\\_3.PDF](https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/16334/16334_3.PDF). Acesso em: 11 mar. 2020.

A Energia de Fermi é a energia do nível mais alto ocupado por um elétron em temperatura de 0 K. O nível de Fermi estará no centro da banda proibida, quando o número de estados disponíveis nas bandas de condução e de valência forem iguais. Num semicondutor tipo-n (negativo), o número de elétrons na faixa de condução é maior do que no caso intrínseco (material sem impureza, como na Figura 15), apesar da densidade de estados serem iguais. Conseqüentemente, o nível de Fermi e a função de distribuição serão deslocados para o alto, perto da banda de condução. Já em um semicondutor tipo-p, eles serão deslocados para baixo. Quando há a sobreposição do nível de Fermi com a banda de valência ou de condução, o material é chamado de semicondutor degenerado (PUC, 2020).

Os semicondutores são materiais que a condutividade não é mais alta do que os condutores, mas têm algumas características que diferenciam dos condutores e isolantes. Eles são bastante sensíveis à presença de impurezas, a zero kelvin ou 0 K (temperatura mínima do universo e vale  $-273^{\circ}\text{C}$ ) tem sua banda de valência (BV) preenchida e a sua banda de condução (BC) vazia. O intervalo de energia proibida, “energia de *gap*”, a temperatura de 300 K ou  $27^{\circ}\text{C}$ , é da ordem de 1,11 eV para o silício (Si) e 0,66 eV para o germânio (Ge) Bauer (2013). O elétron-volt é unidade de energia definida como o trabalho realizado ao se mover um elétron através de uma diferença de potencial de 1 volt, e equivale a  $1,60 \times 10^{-19}$  joules.

A Figura 15 mostra a representação bidimensional do átomo de silício, porém essa estrutura cristalina também vale para o germânio, ambos pertencem ao grupo 4A da Tabela Periódica, ou seja, são átomos tetravalentes.

**Figura 15:** Representação bidimensional do átomo de silício.



Fonte: adaptado de FOZ (2019), Disponível:

<http://www.foz.unioeste.br/~lamat/downmateriais/materiaiscap15.pdf>.

A diferença de um isolante para um semiconductor é determinada pela magnitude da banda proibida de energia (energia de *gap*  $E_g$ ), semiconductor se  $E_g \leq 3,0$  eV ou isolante se  $E_g > 3,0$  eV de acordo com Bauer (2013).

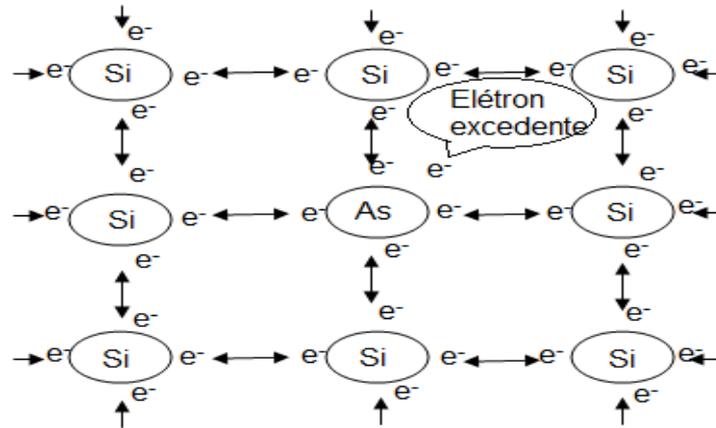
Na representação bidimensional do átomo de silício é um exemplo de semiconductor intrínseco, onde temos um material sem impureza e semiconductor. Assim, Biasi e Melo (1975) explica que no semiconductor intrínseco, o número de elétrons é ao número de buracos, pois cada vez que a ligação covalente é rompida ou formada, um par elétron-buraco gerado.

Nos semicondutores a resistividade pode ser controlada pela aplicação de uma tensão externa ou de corrente elétrica. Para Halliday, Resnick e Walker (2009), a maioria dos dispositivos semicondutores, como os diodos e transistores, faz uso de impurezas. A dopagem é uma técnica que permite a inserção controlada de certas impurezas como o silício dopado com arsênio (dopagem tipo N). A banda de condução do silício puro (quatro elétrons na camada de valência) é virtualmente vazia na temperatura ambiente, assim é um péssimo condutor de eletricidade.

Para Biasi e Melo (1975), a definição de semicondutores extrínsecos ou impuros, é a adição de pequenas quantidades de outras substâncias, assim, essas impurezas podem substituir o átomo da rede cristalina ou ocupar posições vagas entre os átomos. Na Figura 16, é possível observar essas características de

semicondutores extrínsecos, onde algum elemento externo deixa o elétron praticamente livres.

**Figura 16:** Representação bidimensional do silício dopado com arsênio.

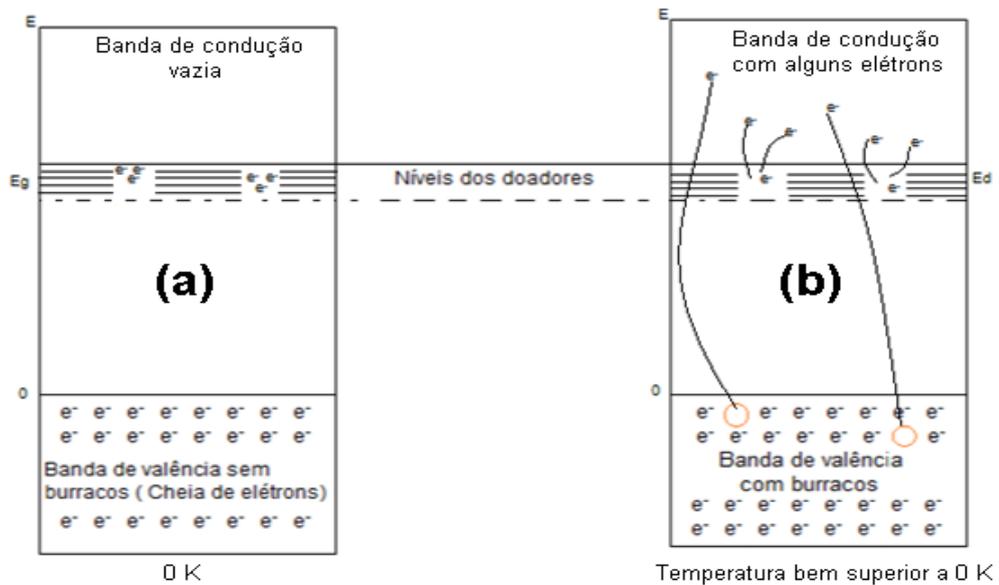


Fonte: adaptado de FOZ (2019), Disponível:

<http://www.foz.unioeste.br/~lamat/downmateriais/materiaiscap15.pdf>].

A Figura 17 apresenta um semiconductor extrínseco tipo n a 0 K (a) e a uma temperatura bem superior a 0 K (b).

**Figura 17:** Diagrama de bandas de um semiconductor extrínseco tipo n a 0 K (a) e a temperatura bem acima de 0 K (b).



Fonte: adaptado de FOZ (2019), Disponível:

<http://www.foz.unioeste.br/~lamat/downmateriais/materiaiscap15.pdf>].

Nos semicondutores extrínsecos do tipo p, os dopantes utilizados são os elementos químicos Boro (B), Alumínio (Al), Gálio (Ga) e Índio (In) do grupo 3A da tabela periódica, que tem três elétrons de valência. Quando adicionados ao silício resultam em buracos eletrônicos (Figura 18).

**Figura 18:** Representação bidimensional do silício dopado com boro.

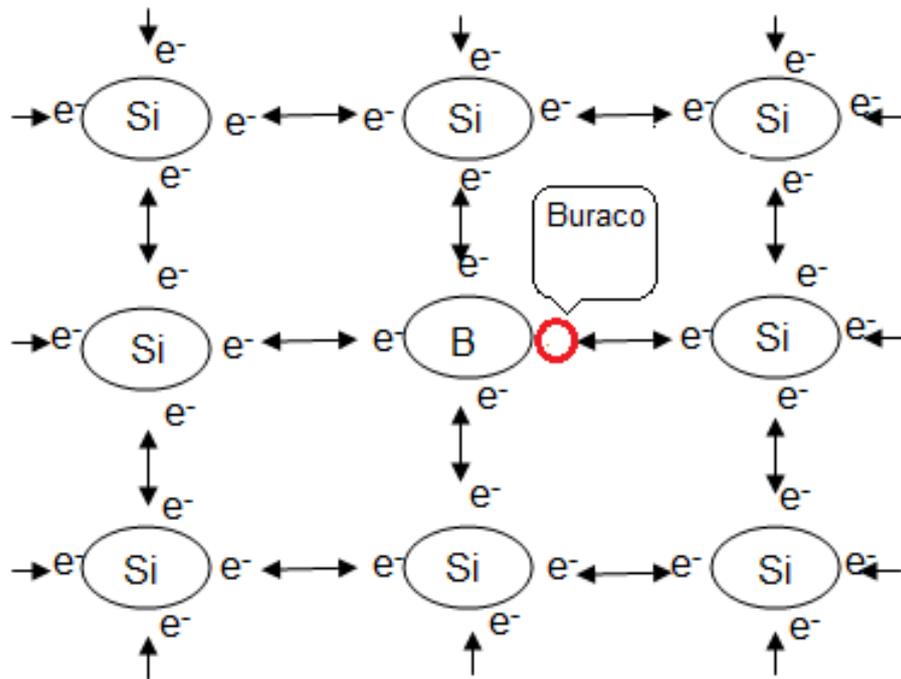
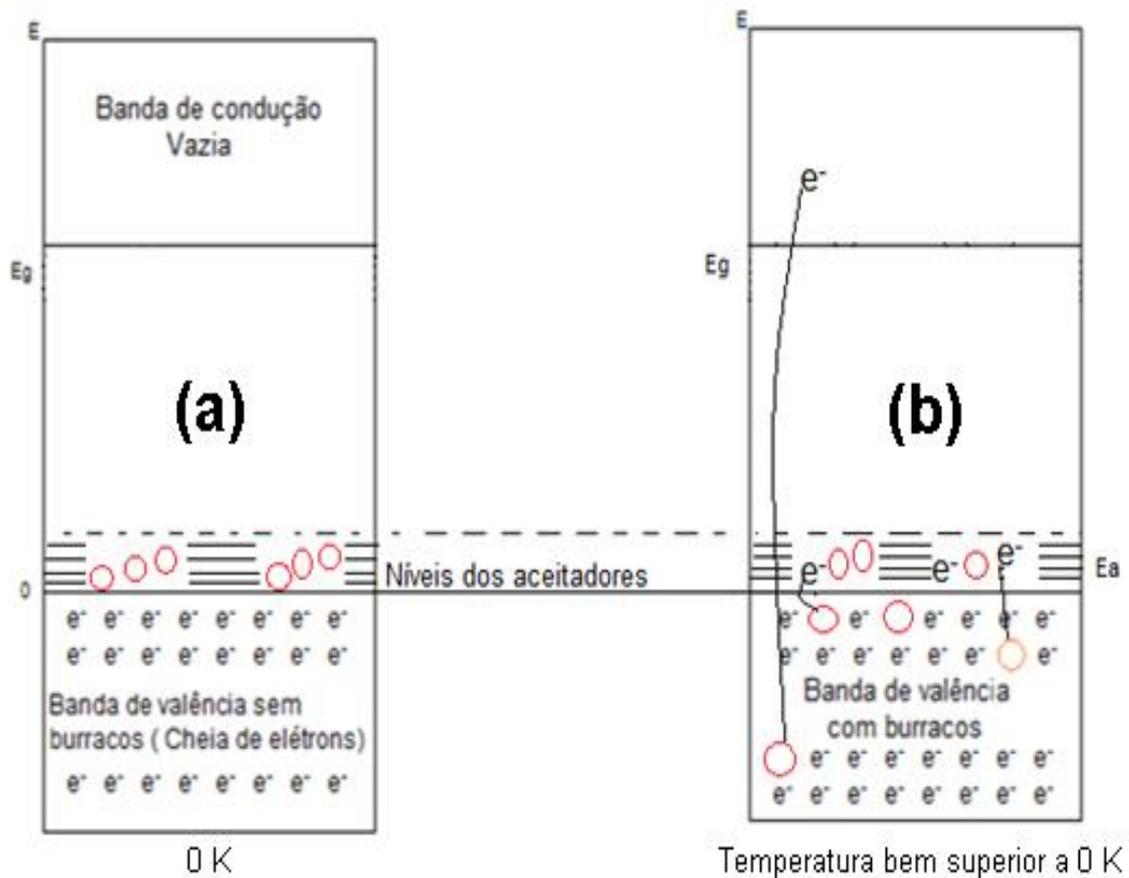


Figura 18: Representação bidimensional do silício dopado com boro. Fonte: adaptado de FOZ (2019). Disponível: <http://www.foz.unioeste.br/~lamat/downmateriais/materiaiscap15.pdf>.

A Figura 19 mostra um semicondutor extrínseco tipo p a 0 K (a) e a uma temperatura bem superior a 0 K (b). A falta de um elétron age como se fosse uma lacuna, um elétron necessita receber energia para ocupa-la, pois o átomo de boro repele em sua vizinhança um quarto elétron, Bauer (2013). Desse modo essa lacuna não poderá se localizar na banda de valência, portanto deverá estar num nível energético superior à banda de valência, o nível aceitador ( $E_a$ ) ou receptor ( $E_r$ ) na banda proibida (Figura 19a). Essa lacuna atrai elétrons, como uma carga positiva, completando sua ligação (Figura 19b).

**Figura 19:** Diagrama de bandas de um semiconductor extrínseco tipo p a 0 K (a) e a temperatura bem acima de 0 K (b).



Fonte: adaptado de FOZ (2019), Disponível:

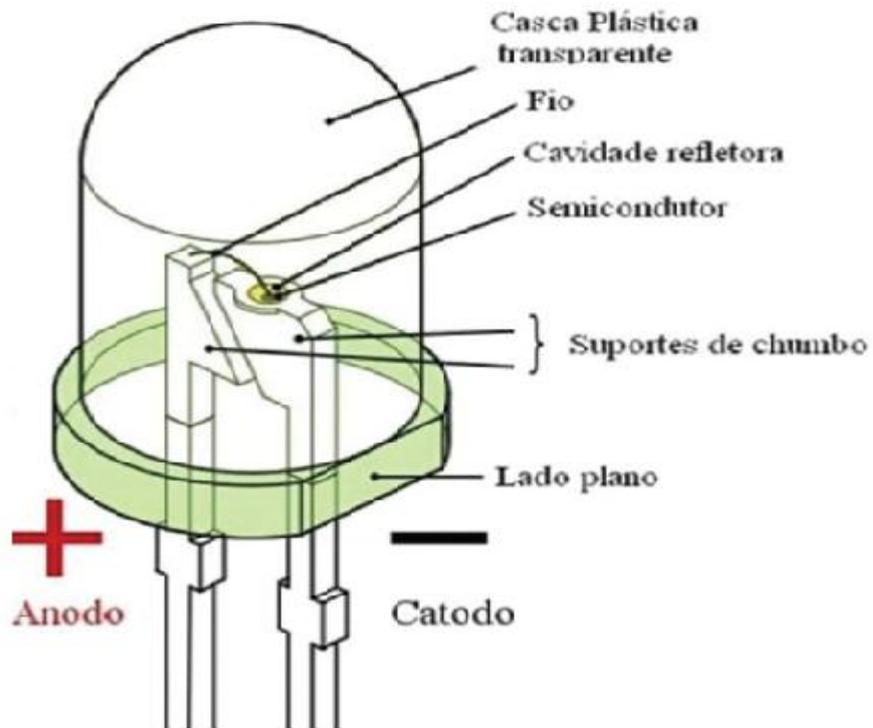
<http://www.foz.unioeste.br/~lamat/downmateriais/materiaiscap15.pdf>.

É possível verificar que a diferença de energia para os elétrons se movimentarem da banda de valência até o nível receptor é bem menor que a descontinuidade de energia total.

#### 1.4 Diodos emissores de luz (LED)

Os diodos emissores de luz (*Light Emitting Diode* – LED) são dispositivos que transformam energia elétrica em luz. A estrutura de um LED é descrita como a de um diodo semiconductor de junção p-n (Figura 23), sujeito a uma tensão direta, conduzindo corrente elétrica em um único sentido (polarização ou retificação) e emitindo luz. Sendo assim, é possível observar de acordo com, Elétrica (2020b), a polarização que permite a emissão de luz pelo LED é o terminal anodo no positivo e o catodo no negativo. No entanto, para identificar o ânodo e o catodo, basta observar o tamanho dos terminais na Figura 20.

**Figura 20:** Representação de um LED.



Fonte: (MOURA, SILVA, et al., 2011).

Os LEDs são largamente utilizados nos dias atuais em circuitos eletrônicos e luminosos: controle remoto, sensores de alarmes residenciais ou industriais. Além disso, tem baixo consumo de energia, dimensões pequenas e alta durabilidade.

A Figura 21 apresenta a foto de alguns diodos comerciais.

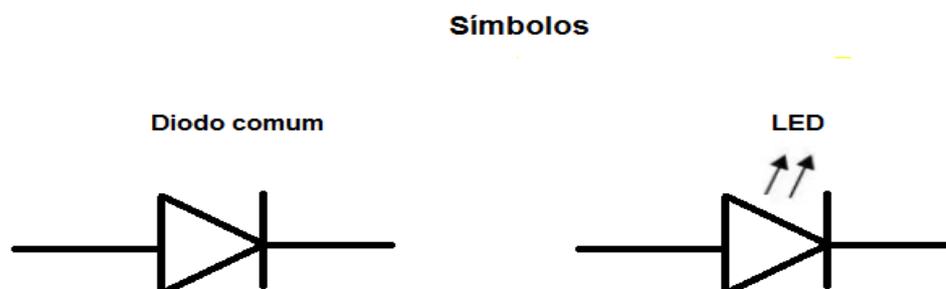
**Figura 21:** Representação de um LED comum.



Fonte: os autores

Em um circuito o LED ou um diodo comum pode ser representado pelos seguintes símbolos da Figura 22.

**Figura 22:** Representação do símbolo de Led e diodos comum.

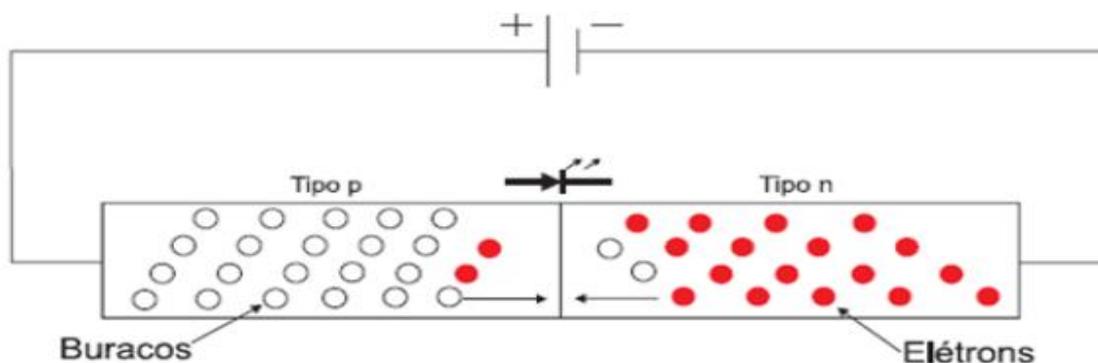


Fonte: adaptado pelos autores de HUB (2020). Disponível: <https://www.electronicshub.org/led-light-emitting-diode/>. Acesso em: 14 mar. 2020.

Temos vários modelos de LEDs, assim podemos mostrar alguns que são citados e explicados a função de cada em Elétrica (2020b), são eles: LEDs difusos comuns, LEDs de alto brilho, Fitas de LED, LEDs bicolores, LEDs RGB ou tricolores LEDs SMD, Matriz de LEDs.

Quando é aplicada uma tensão no LED (VÁLIO et al., 2016) haverá um aumento de energia de todos os elétrons da região n (negativa) e diminuição de energia da região p (positiva), ocasionando uma redução da barreira potencial entre as duas regiões. Assim, os elétrons da região n terão energia suficiente para atravessar a junção na direção da banda de condução da região p e, da mesma forma, os buracos na região p terão a energia aumentada, podendo atravessar a junção para a região n (recombinação elétron-buraco), veja a Figura 23.

**Figura 23:** Recombinação elétron-buraco após uma fonte externa de tensão ser aplicada sobre os terminais do LED.

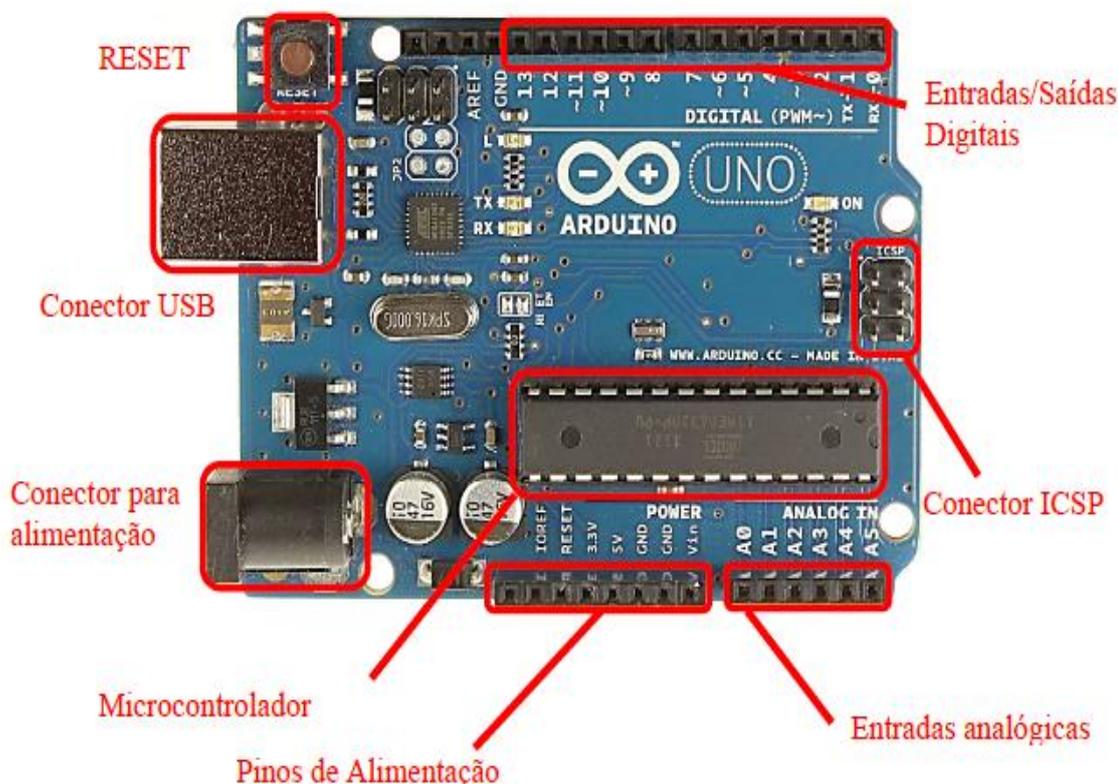


Fonte: (Moura, Silva, et al., 2011).

## 1.5. Microcontrolador Arduino

O arduino foi desenvolvido em 2005 por cinco pesquisadores: Massimo Banzi, David Cuatrecasas, Tom Igoe, Gianluca Martino e David Mellis. De acordo com Kelly, Rocha e Germano (2017), esses pesquisadores estavam na busca de elaborar um dispositivo que fosse acessível e com baixo custo, tendo uma linguagem simples baseado em C/C++ e que possibilitasse a programação por cabo USB (*Universal Serial Bus*). Também teria que ser acessível a estudantes e pessoas que desejassem montar um projeto de fácil aplicação e interação. Para Mcroberts (2011), o responsável por essa interação é o microcontrolador Atmel que é um circuito de entrada/saída de dados, sendo assim, o arduino é um pequeno computador que você pode programar para processar entradas e saídas entre o dispositivo e os componentes externos conectados.

**Figura 24:** Identificação dos pinos e dos principais componentes da placa arduino UNO.



Fonte: Castro (2016).

Veja no Quadro 3 os componentes da placa arduino e sua descrição.

**Quadro 3:** principais componentes do arduino UNO.

Componente	DESCRIÇÃO
<b>Microcontrolador</b>	Um computador inteiro dentro de um pequeno chip. Este é o dispositivo programável que roda o código que enviamos à placa.
<b>Conector USB</b>	Conecta o arduino ao computador. É por onde o computador e o arduino se comunicam com o auxílio de um cabo USB, além de ser uma opção de alimentação da placa.
<b>Reset</b>	Botão que reinicia a placa arduino.
<b>Pinos de Alimentação</b>	Fornecem diversos valores de tensão que podem ser utilizados para energizar os componentes do seu projeto. Devem ser usados com cuidado, para que não sejam forçados a fornecer valores de corrente superiores ao suportado pela placa.
<b>Pinos de Entrada e Saída</b>	Pinos que podem ser programados para agirem como entradas ou saídas fazendo com que o arduino interaja com o meio externo. O arduino UNO possui 14 portas digitais (I/O), 6 pinos de entrada analógica e 6 saídas analógicas (PWM).
<b>Conector de Alimentação</b>	Responsável por receber a energia de alimentação externa, que pode ter uma tensão de no mínimo 7 Volts e no máximo 20 Volts e uma corrente mínima de 300 mA. Recomendamos 9 V, com um pino redondo de 2,1 mm e centro positivo. Caso a placa também

	esteja sendo alimentada pelo cabo USB, ele dará preferência à fonte externa automaticamente
--	---

Fonte: Adaptado de SILÍCIO (2020).

O dispositivo arduino tem como diferencial o baixo custo e tem sido empregado em melhorar a relação entre teoria e prática em conteúdos da área de ensino. Isso é ratificado por Kelly, Rocha e Germano (2017) que afirmaram que o arduino é muito versátil, podendo ser usado para motivar a aplicação de práticas experimentais de Física na educação básica.

Nos últimos anos, as tecnologias estão se desenvolvendo e muito tem se discutido a respeito de empregá-las, como forma alternativa de ensino, em sala de aula pelos professores. Isso tem favorecido o aparecimento de temas relacionados a formações para os professores e equipes pedagógicas das escolas básicas, na busca de melhoria da qualidade do ensino.

## **1.6 A teoria e o Ensino da Mediação de Vygotsky**

A escolha pela teoria histórico cultural de Vygotsky se deu por permitir compreender a dinâmica das relações entre alunos e professores. Essa teoria tem, segundo Souza e Rousso (2011, p. 4 e 5), que:

a mediação, núcleo teórico central da teoria vygotskyana, viabiliza uma ação mais significativa do sujeito sobre o objeto e, desse modo, o indivíduo passa a transformar, dominar e internalizar conceitos, papéis e funções sociais presentes na sua realidade. Assim, os processos de mediação viabilizam os processos de aprendizagem.

Assim, Vygotsky (2007a) afirmava que a concepção histórica e cultural, desenvolvida pelo ser humano, permite compreender também esse processo do ponto de vista social. Assim temos que a relação entre professor e aluno pode ser bastante proveitosa para desenvolver um diálogo capaz de estabelecer uma relação mutua de conhecimento, discutindo de acordo com a realidade social de ambas as partes.

Nessa abordagem temos a zona de desenvolvimento proximal (ZDP) que é a distância entre o nível de desenvolvimento real, que se costuma determinar através da solução independente de problemas ou de repetir o procedimento experimental, e o nível de desenvolvimento potencial, é aquilo que uma criança pode fazer com assistência hoje, depois será capaz de fazer sozinha (Vygotsky, 1984a). Em sala

algumas atividades têm esse papel de potencializar esse desenvolvimento dos alunos, através da prática experimental e a solução de problemas através da mediação.

A mediação é o ponto essencial e permite que os alunos tenham um melhor desenvolvimento da compreensão da prática. De acordo com Vygotsky (1998), os processos de desenvolvimento e da aprendizagem são interdependentes, que se constituem em um processo unitário e que se influenciam mutuamente, sendo a aprendizagem a base histórico-cultural do desenvolvimento. O ensino na escola deveria ser um ambiente de obtenção de conhecimento e cultura, estabelecendo uma relação mútua de mediação e atividades em grupo. Souza e Rousso (2011, p. 4) afirmaram que:

o processo de mediação nos remete ao conceito de zona de desenvolvimento proximal (ZDP) postulado por Vygotsky, uma vez que os processos de mediação, determinantes nas situações de aprendizagem, desempenham papel crucial neste campo psicológico do desenvolvimento. A zona de desenvolvimento proximal é a distância entre o nível de desenvolvimento real, constituído por funções já consolidadas pelo sujeito, que lhe permitem realizar tarefas com autonomia.

Assim, as tarefas e práticas devem desenvolver saberes, autonomia e conhecimentos no contexto da disciplina Física, para desenvolver a base educacional necessária ao desenvolvimento desses nos alunos. A equipe escolar deve buscar forma e procedimentos a serem utilizados na prática do ensino para alcançar dimensões efetivas em relação à aprendizagem dos alunos, e com isso Webber (2006, p. 6) relata que:

a função do professor não é de simplesmente transmitir o conhecimento científico ao aluno, de repassar conteúdos prontos e acabados, mas sim, criar condições para que o aluno possa construir seu próprio conhecimento, sentindo-se desafiado e, ao mesmo tempo, incentivado a realizar descobertas por si mesmo.

O uso de atividades experimentais no ensino de Física, além de ajudar no processo de mediação do conhecimento, também diminui as dificuldades nos conceitos. Nesse sentido, Araújo e Abib (2003, p. 185) relataram que as atividades experimentais estão relacionadas a:

uma abordagem dos conceitos científicos, a partir da criação de situações capazes de gerar elementos concretos que servirão de base para um diálogo que favoreça a mudança conceitual desejada. Essas mudanças conceituais podem ser alcançadas por alunos submetidos a atividades com enfoque construtivista, realizadas através de experimentos qualitativos baseados em sequências de ensino que envolva uma problematização inicial, a montagem e execução do experimento, uma organização dos

conhecimentos adquiridos e, finalmente, a aplicação destes conhecimentos a outras situações diferentes das que foram propostas inicialmente.

A escola com essa visão da experimentação, em sala de aula ou nos laboratórios, que nem sempre obtêm recursos para fazer uma demonstração prática, utilizam equipamentos audiovisuais e de multimídias, ou mesmo aplicativos, nas práticas experimentais. Com isso podem mostrar como acontecem esses fenômenos e onde estes estão sendo empregados na sociedade atual, mostrando aos alunos que o conhecimento está em contínuo desenvolvimento e é por isso que a todo tempo temos inovações e descobertas na ciência e na tecnologia. Os alunos têm que ter uma visão e a responsabilidade de buscar novas informações. Segundo Silva (2013, p. 6) uma forma é:

por intermédio das atividades experimentais, o sujeito se vê desafiado a buscar soluções para questionamentos que lhe são lançados, tanto pelo professor e pelos colegas quanto por si mesmo ao construir suas hipóteses. Isso, em resumo, desenvolve o próprio pensamento científico, que é um pensamento de inovação, invenção e criação.

Com as novas tecnologias aconteceram uma mudança histórica que trouxeram vantagens para o ensino e aprendizagem, o uso de internet, computador, os modernos celulares e a televisão passaram a integrar o mundo e a ser parte da vida das pessoas e dos alunos. Nesse processo, a presente pesquisa busca auxiliar na compreensão desse fenômeno, onde a escola não pode desconsiderar que as tecnologias da informação e comunicação são uma realidade que não podem ser desprezadas pelo educador no âmbito escolar. Apesar da emergente necessidade da integração dessas tecnologias nas escolas, isso não ocorre de forma instantânea, pois existem paradigmas tradicionais que precisam ser superados que envolvem os diversos atores do processo de ensino e aprendizagem.

No mesmo sentido, o uso da tecnologia nos espaços educacionais requer que as instituições estejam engajadas em tal finalidade, dado que é necessário serem aceitas de forma inclusiva no contexto da sociedade. Além disso, o estudo da Física deve ser compreendido como um processo de construção humana, inserido num contexto histórico e social, abrangendo uma associação teórica de conhecimentos científicos e tecnológicos que têm contribuído para o desenvolvimento de pesquisas que podem melhorar a qualidade de vida das pessoas.

Na sala de aula o professor deve, segundo Nogueira e Leal (2015), partir do que os alunos conhecem e dominam (nível de desenvolvimento real - NDR), para

depois atuar no desenvolvimento a zona de desenvolvimento proximal (ZDP). Dessa forma se chega à nova aprendizagem, onde acontece a concretização do novo conhecimento.

A relação entre professor e alunos pode ser bastante proveitosa para desenvolver um diálogo capaz de estabelecer uma relação mútua de conhecimento, discutindo, de acordo com a realidade de cada um em particular, suas culturas e conhecimentos individuais. Com isso é possível que na escola um aluno receba ajuda de um colega ou mesmo dos líderes em uma atividade escolar e esses alunos, mais experientes, irão atuar como agentes na condução da zona de desenvolvimento proximal – ZDP. Assim, o professor analisará o nível de desenvolvimento real do aluno e o nível de desenvolvimento potencial, aquilo que ainda pode ser aprofundado no aluno (VYGOTSKY, 2007b).

A escola é uma instituição social que deve promover situações de aprendizagens. Para Vygotsky (1984b), a inter-relação entre os conceitos científicos e os conceitos espontâneos é um caso especial de um assunto muito mais vasto: a relação entre a instrução escolar e o desenvolvimento mental. Há uma visão predominante que o mais importante é trabalhar conteúdos escolares, esquecendo-se da formação humana, dos valores morais que um sujeito deve ter e das questões de cidadania. Hoje em dia, fala-se muito em interdisciplinaridade, a forma de se juntar diferentes conteúdos em um único projeto educativo. O importante é a escola se estruturar, não fazendo apenas mais um projeto, mas dando especificidade ao mesmo, através de uma proposta pedagógica que vise à integração do trabalho pedagógico à experiência concreta vivida.

Desse modo, o mais importante é lembrar que a educação é um processo de aprendizagem contínuo e permanente, necessário ao indivíduo, favorece as relações sociais e o meio pelo qual a sociedade se renova. Também se constitui num processo de transmissão cultural com um papel importante na construção e formação do caráter do indivíduo e coletivo, através da mediação o conhecimento dos conteúdos da ciência é compreendido de forma dinâmica em especial para o ensino de física na parte experimental, tornado o aprendizado mais objetivos e rápidos. Muitas vezes os professores utilizam, sem perceber, aspectos relacionados à teoria de Vygotsky sobre a mediação. corroborando sua validade no ensino contemporâneo.

## 1.7. Revisão bibliográfica

Esta revisão tem a finalidade de fazer um levantamento frente ao tema de pesquisa, no período de 2009-2019, e assim permitir fazer uma comparação do que está sendo estudado e como está sendo feita a abordagem metodológica. A seleção das dissertações foi baseada em alguns critérios: modalidade de mestrado profissional, relação de atividades relacionadas à Física Moderna sobre a determinação da constante de Planck, microcontrolador arduino em experimentos de Física Clássica ou Moderna e com temas relacionados ao ensino de Física Experimental.

A seleção dos artigos foi baseada numa pesquisa utilizando o Google Acadêmico por meio das palavras-chave: “experimentos de Física”; “Ensino de Física com recurso tecnológico”; “mediação em experimentos”. A escolha dos artigos foi fundamentada em algum tipo de aplicação em sala de aula e/ou relacionada com alguma parte da pesquisa a ser desenvolvida.

A revisão bibliográfica foi dividida em três partes: 1-Trabalhos de experimentos didáticos sobre a determinação da constante de Planck, 2- Trabalhos de ensino que utilizaram o microcontrolador arduino, 3- Trabalhos de ensino que empregaram a teoria da mediação de Vygotsky na análise de resultados (Quadro 4).

**Quadro 4:** Temas, tipos de trabalho e quantidade selecionados durante a revisão bibliográfica no período de 2009 a 2019.

<b>Temas</b>	<b>Tipos de trabalho</b>	<b>Quantidade</b>
Experimentos didáticos sobre a determinação da constante de Planck	Artigo	5
	Dissertação	4
Ensino que utilizaram o microcontrolador arduino	Artigo	5
	Dissertação	4
Ensino que empregaram a teoria da mediação de Vygotsky na análise de resultados	Artigo	2
	Dissertação	2
<b>TOTAL</b>		<b>22</b>

Fonte: Autores.

A partir de 2014 as pesquisas sobre o uso do arduino no ensino de Física foram intensificadas, seja para potencializar as aulas e/ou reduzir os custos das práticas experimentais, incluindo a área de Física Moderna e Contemporânea. Um fato importante que incrementou a pesquisa de aplicações do arduino nas aulas de Física no ensino médio foi à criação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) em 2013, responsável por popularizar a utilização desse dispositivo no Brasil. Atualmente esse programa conta com 63 polos, MNPEF (2020).

Silva e Martins (2003, p. 57) defendem que as pesquisas em ensino visam diminuir os custos e tornar as aulas mais dinâmicas, para isso o experimento deverá ser planejado e “falar por si só na sua execução”. O experimento pode ser levado para a sala de aula e apresenta uma elevada possibilidade de utilização nas aulas de Física, complementando o aprendizado dos estudantes.

Nesse contexto, Freire (1992, p. 24) segue dizendo que: “aprender precede ensinar ou, em outras palavras, ensinar se diluía na experiência realmente fantástica de aprender”. Diante do apresentado pelo autor, compreende-se que o ensinar é um processo de troca de experiência onde ao ensinar, o educador aprende junto com o aluno, uma vez que este detém o conhecimento de seu cotidiano sobre tecnologia.

Nesse processo é essencial escolher a atividade pedagógica adequada e o material didático pertinente para cada situação, avaliando-se as repercussões de suas intervenções e quais as dificuldades na aprendizagem. Nesse sentido, verificou-se com a pesquisa, a importância do material didático como um instrumento específico de trabalho na sala de aula, posto que informe, crie conflitos, induz à reflexão, desperte outros interesses, motive, sistematize conhecimentos já dominados, introduza problemática, propicie vivências culturais, literárias e científicas, sintetize ou organize informações e conceitos.

#### **1.6.1. Trabalhos de experimentos didáticos sobre a determinação da constante de Planck**

O departamento de Física da Universidade de Porto, em Portugal, montou um curso de formação continuada para os professores do terceiro ciclo da educação e ensino secundário em 2009, cujo título era: “Determinação da constante de Planck usando um LED”. Segundo Carvalho, Meireles e Torres

(2009), o tema deve ser bem fundamentado e utilizar os conhecimentos prévios dos aprendizes, desenvolvendo a autonomia.

O estudo realizado por Moura et al. (2011) enfatizou uma forma de trabalhar o experimento no ensino médio com materiais de baixo custo. Para o autor, os livros didáticos não esclarecem eficientemente o significado do que é a constante de Planck e como ela foi determinada. É proposta a execução de uma prática simples envolvendo medidas de tensão e corrente de LEDs por multímetros. A obtenção do comprimento de onda de cada LED foi feita por uma rede de difração obtida através de um disco compactado (CD).

O artigo de Moura et al (2011) propôs o uso de um disco compacto (CD), como rede de difração, e um LED comercial numa prática experimental para determinar a constante de Planck, obtendo valores bem próximos da referida constante.

Na pesquisa de Maciel (2015) é proposta uma sequência didática para determinar aproximadamente a constante de Planck com o uso de LEDs comerciais, usando multímetros para verificar a corrente e tensão elétricas sobre o LED. No questionário aplicado os alunos acertaram mais de 50% das perguntas.

Morais (2015) comenta que o ensino de Física deve incluir fenômenos que ocorrem no cotidiano do estudante, cabendo ao professor gerenciar a explicação de tais fenômenos mediante um modelo mais adaptado a realidade. Em sua dissertação elaborou um material de apoio para introdução de conceitos de Física Quântica, estimulando os alunos com práticas experimentais de materiais de baixo custo. Nas aulas trabalhou com a constante de Planck e suas aplicações.

No artigo Menezes et al. (2015), ele usou um capacitor ligado em paralelo e série para medir a corrente de descarga e, assim, poder medir experimentalmente a constante de Planck por meio de um LED comercial comum.

Nos artigos selecionados temos o de Abreu e Peralta (2016). No Ano Internacional da Luz, 2015, eles propuseram medir a constante de Planck com LED comercial, buscando explicar de forma prática e resumida a teoria da Física. Esse artigo foi vital para nossa pesquisa.

O experimento aplicado e desenvolvido por Leite (2018) teve como pesquisa a produção de um equipamento com custo muito reduzido, usando à eletrônica e a

computação para aquisição dos dados obtidos através da interface de prototipagem arduino e enviados ao computador para serem tratados.

Botelho et al. (2018) usou LEDs para determinar a constante de Planck, montando um circuito para medir a tensão e corrente elétricas através de multímetro. O erro obtido na determinação da constante foi em torno de 15% para o LED azul e 23% para os LEDs vermelho e amarelo.

### **1.6.2. Trabalhos de ensino que utilizaram o microcontrolador Arduino**

O trabalho de pesquisa de Júnior (2014) consistiu numa situação de aprendizagem sobre o tema luz e cores aplicada em aulas de Física de uma escola pública, usando tecnologias da informação e comunicação. Para ele, o professor deve ser o mediador de todo o processo, orientando e estimulando o desenvolvimento de novos talentos e buscando sempre algo que possa somar e ajudar o aprendizado.

Rocha et al. (2014) apresentou um acelerômetro eletrônico e uma placa arduino para ensino de física em tempo real, onde era possível ter um laboratório usando materiais de baixo custo e de manutenção mínima. Eles usaram metodologia ativa para aplicar e desenvolver o experimento aos alunos. Já no artigo de Viscovini et al (2015) é defendido também a precisão, a montagem consistia num sistema trifásico usando o arduino e LEDs.

O arduino foi utilizado por Silveira (2016, p. 33) com o objetivo de desenvolver um experimento voltado para o ensino de Física Moderna a nível médio:

A inserção do efeito fotoelétrico e do plasma neste ponto é justificada pelo fato dos livros-texto, em geral, darem muita ênfase à corrente elétrica em condutores sólidos em que os portadores de carga elétrica são, exclusivamente, elétrons livres. Com o uso do kit experimental FOTODUINO é possível ampliar o conceito de corrente elétrica incorporando, também a este, a corrente em gases, formada por íons e elétrons livres - caso do plasma - ou elétrons em gases não ionizados - caso do efeito fotoelétrico. Isto pode facilitar a compreensão de alguns conceitos em eletromagnetismo.

Assim, a proposta de pesquisa ele explicar o motivo de usar o arduino UNO, o primeiro motivo é o baixo custo e por ser uma placa de fácil programação, sendo possível obter valores em tempo real.

Na pesquisa de título: o Uso do Arduino do Processing no Ensino de Física, Castro (2016 p. 17) afirmar que o uso *Arduino* e do *Processing* propicia um aumento de qualidade e de confiabilidade nos resultados alcançados nos experimentos.

Nessa dissertação ele explica a existência de várias placas, e mostra os códigos a serem usados nas práticas, chegando a um produto educacional de um oscilador harmônico amortecido com o uso do arduino e do processing.

Silveira e Girardi (2017) publicaram o artigo “Desenvolvimento de um kit experimental com arduino para o ensino de Física Moderna no Ensino Médio”, no qual foi estudado o efeito fotoelétrico.

Na dissertação do Leite (2018) foi proposto o desenvolvimento de experimentos para calcular a constante de Planck, utilizando o arduino e o Visual Basic.

Alencar et al (2018) escreveu um artigo sobre o uso do arduino em experimentos de Física. Ele apresentou para os alunos o arduino de forma conceitual e através de vídeos, fazendo em seguida sua utilização.

O Arduíno também foi empregado no artigo de Moura et al (2018). Ele fez uma revisão das contribuições desse dispositivo na Física e como poderia ser utilizado em sala de aula. Eles disseram que se tratava de uma plataforma eletrônica de código aberto de fácil uso e de custo relativamente baixo.

### **1.6.3. Trabalhos de ensino que empregaram a teoria da mediação de Vygotsky na análise de resultados**

No artigo de Souza e Rouso (2011) foi feita uma reflexão a respeito do papel e da função da escola no desenvolvimento dos alunos.

Na dissertação de Silveira (2016) foi elaborado um experimento com arduino para o ensino de Física Moderna para o ensino médio. O guia do professor foi baseado na teoria histórico cultural de Vygostsky. Em seu trabalho foi analisado a mediação na realização das atividades ao longo de sua aplicação, não só do professor com os alunos, mas também entre os alunos.

Souza (2017), em sua dissertação, propôs que os experimentos fossem usados para dar suporte a mediação entre aluno e professor e entre alunos. As aulas práticas faziam os alunos analisarem o cotidiano, desenvolvendo o conhecimento científico. Já Striquer (2017) comentou que a mediação seria o conceito central da teoria de Vygotsky, mas também tem papel essencial no sistema educacional e na interação e desenvolvimento de habilidades, estando fundamentada na relação sujeito-conhecimento-sujeito.

## 2. Metodologia

Uma aplicação prévia foi realizada numa turma de Educação de Jovens e Adultos (EJA) numa escola pública estadual de Bujari-AC, no mês de junho de 2019, com 30 alunos divididos em 6 grupos, cuja faixa etária era de 18 a 35 anos e durou três horas. A ação foi orientada através de um roteiro contendo instruções sobre as atividades a serem desenvolvidas ao longo da realização do experimento.

O próximo passo seria refinar o material e reaplicar essa atividade, em 2020, numa turma de terceiro ano do ensino médio, no entanto, devido a pandemia do coronavírus a aplicação do produto educacional teve que ser adaptada as novas condições de segurança sanitárias estabelecidas pelo Ministério da Saúde.

O convite foi feito ao grupo *WhatsApp* de duas turmas de 3ª série do ensino médio, com 70 alunos, de uma escola pública estadual de Bujari-AC, dado que as aulas foram suspensas. A faixa etária era de 17 a 19 anos. Apenas 12 aceitaram participar, mas devido a morte de um parente de uns dos alunos na cidade, o número se reduziu para oito. Metade dos estudantes realizaram a prática nas próprias casas e os demais na casa do pesquisador. A aplicação ocorreu nos últimos dias de maio de 2020. O modelo de autorização dos pais para a aplicação do produto educacional se encontra no Apêndice E.

A atividade prática foi efetuada em seis etapas:

I. Envio de um convite ao grupo (Apêndice B) para participar da prática com o respectivo agendamento do horário e local que os alunos e pais acharem mais seguros para a realização, observando que seria realizada individualmente.

II. Encaminhamento de um arquivo com textos e sugestão de vídeos sobre Ondas Eletromagnéticas e o Espectro Visível, Difração, Resistores e as Leis de Ohm, Física Quântica, Semicondutores, LED, arduino, Protoboard e Jumpers para os participantes. Esse material enviado é idêntico ao que foi escrito na Fundamentação Teórica.

III. Aplicação de um questionário (pré-teste) com cinco questões abertas e cinco questões fechadas sobre o conteúdo estudado (Apêndice A).

- IV. Apresentação, conduzida pelo pesquisador, sobre a teoria e aplicações dos conceitos estudados previamente e esclarecimento de dúvidas que viessem a surgir.
- V. Realização da prática com a mediação do pesquisador.
- VI. Reaplicação do questionário (pós-teste).

## **2.1. Procedimentos metodológicos**

A pesquisa teve caráter um estudo de qualitativo e exploratório. Foi baseada na concepção de Gil (2008), isto é, a pesquisa qualitativa é aquela que não se preocupa com aplicações estatísticas ou aprofundamento numérico, focando na compreensão na interpretação. Sendo uma pesquisa de estudo de caso que permite o amplo detalhamento dos fenômenos estudados e que podem ser aplicadas a um grupo. Na abordagem qualitativa é possível observar algo além do certo e errado, como relacionar o que já havia estudado como que o está sendo estudado. Segundo ele, a pesquisa será exploratória quando é possível ter uma maior aproximação do objeto pesquisado, permitindo entender o problema de pesquisa.

Alves (1991) destacou que não se pode deixar de valorizar a imersão do pesquisador no contexto, fazendo os devidos ajustes ao longo da pesquisa. O presente trabalho teve a presença do pesquisador como mediador em toda a execução.

### 3. Produto Educacional

#### 3.1. Introdução

O uso de tecnologia na sociedade atual é cada vez mais comum, admitindo que as tecnologias da informação e comunicação estejam presentes em diversos ambientes de interação do ser humano. Na Escola não poderia ser diferente, haja vista que as tecnologias com suas ferramentas acabam por interferir e influenciar no processo de ensino e aprendizagem. O ambiente escolar não está “imune” aos efeitos dos avanços tecnológicos, como o uso do computador, do celular e as diversas mídias existentes.

O produto educacional consiste numa proposta: um material educacional para aula prática de física para determinar a constante de Planck, a energia de ativação e o comprimento de onda, partir do uso de LEDs, em sala de aula da 3ª série do ensino médio. Para isso, está sendo desenvolvida uma sequência didática potencializando o diálogo e a mediação entre o professor e os alunos e entre alunos.

#### 3.2. Materiais utilizados

Listamos, no Quadro 5, os materiais necessários a execução desse projeto.

**Quadro 5:** Materiais empregados na execução do projeto.

Sequência	Materiais	Sequência	Materiais
1	CD (disco compacto) velho ou novo.	8	Um anteparo (pode ser uma caixa).
2	Fita.	9	Placa Arduino.
3	Álcool.	10	Potenciômetro de 10 k $\Omega$ .
4	Régua.	11	Resistor de 330 $\Omega$ .
5	Papel milimetrado.	12	LED vermelho de alto brilho.
6	Calculadora.	13	<i>Protoboard.</i>
7	Prendedor de papel.	14	<i>Jumpers (cabos flexíveis).</i>

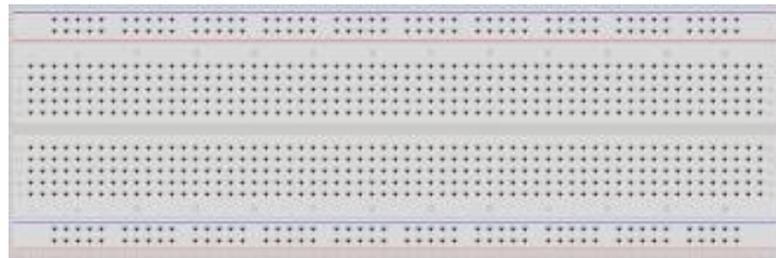
Fonte: autores.

Na sequência iremos detalhar os dois últimos citados.

### **a) Protoboard**

Também conhecido como placa de ensaio, ou matriz de contato, proporciona de maneira rápida e sem a necessidade de solda conectar os componentes existentes em um circuito elétrico (Figura 25).

**Figura 25:** Protoboard.



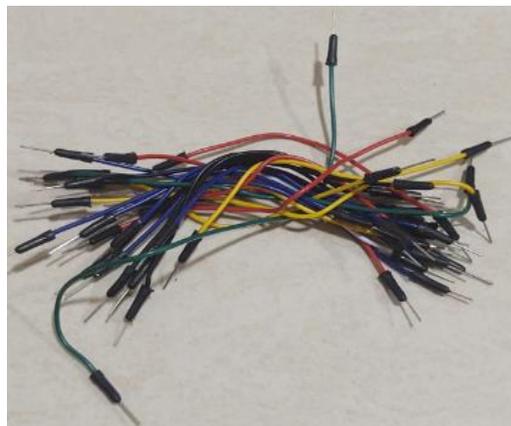
Fonte: autores.

A *protoboard* tem linhas e colunas de orifícios conectados onde devem ser introduzidos os componentes. O vídeo “Aprenda a usar a *protoboard*” explica sua utilização (Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=R2VY10ZUBqA>; acesso em: 20 fev. 2020).

### **b) Jumpers**

São cabos flexíveis que tem em suas extremidades uma ponta rígida para fácil introdução nos furos presentes na *protoboard*, facilitando a ligação entre componentes e sua alimentação (Figura 26).

**Figura 26:** Cabos flexíveis (Jumper).



Fonte: autores.

### 3.3. Montagem e execução do experimento

Será explicada a montagem do experimento passo a passo.

I) Pegue um CD e retire a película protetora usando uma fita. Em seguida limpe-o com álcool para remover a parte remanescente da cola (Figura 27).

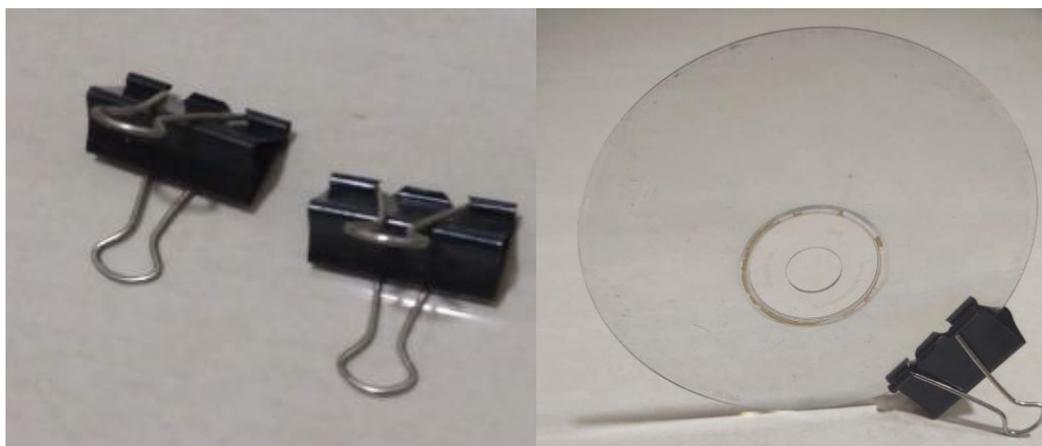
**Figura 27:** Retirada de parte da película de um CD.



Fonte: autores.

II) Coloque o prendedor de papel na borda do CD (Figura 28).

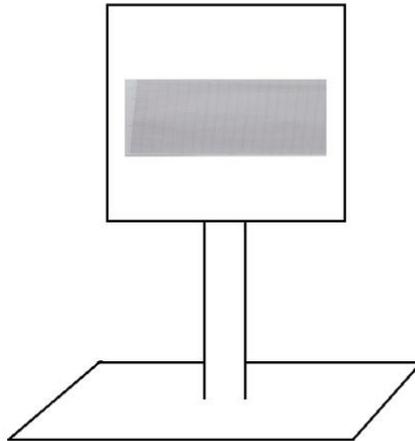
**Figura 28:** prendedores de papel (esquerda) e borda do CD fixa com o prendedor (direita).



Fonte: autores.

III) Cole um pedaço de papel milimetrado no anteparo exemplo na Figura 29.

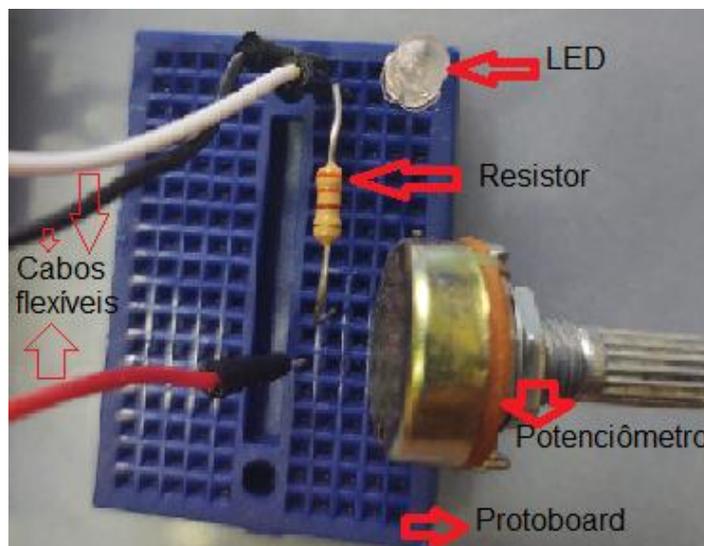
**Figura 29:** Suporte e anteparo com o papel milimetrado



Fonte: autores.

IV) Conecte o LED, o potenciômetro, o resistor e os cabos flexíveis na *protoboard* (Figura 30).

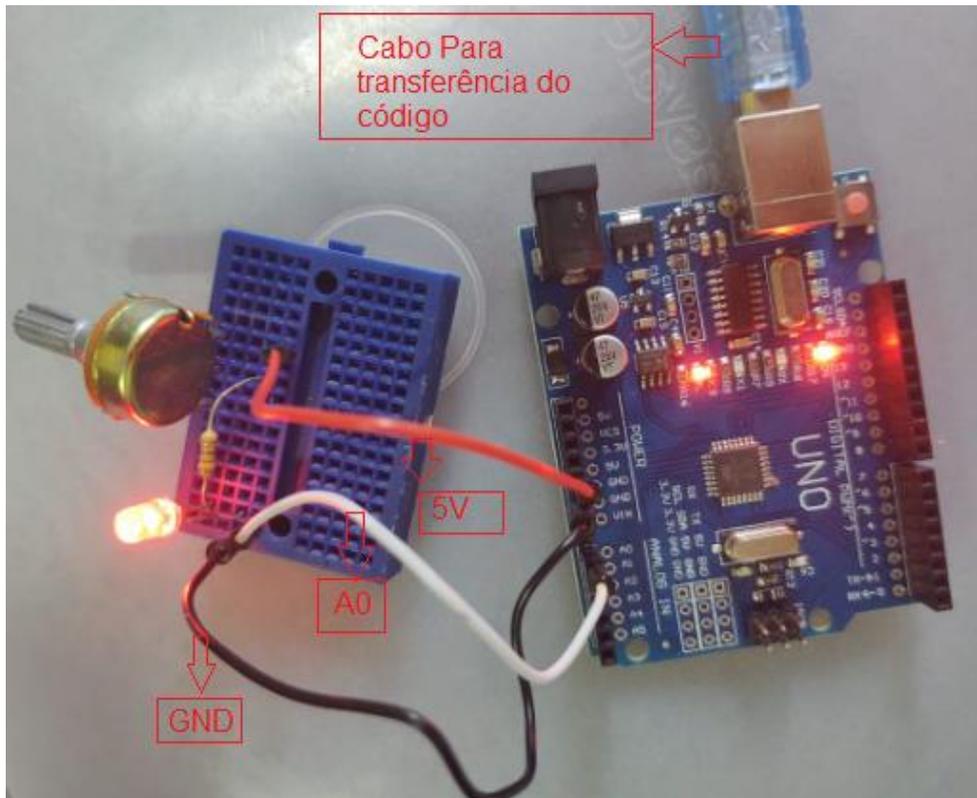
**Figura 30:** Montagem na protoboard.



Fonte: autores.

V) Ligue a montagem feita na *protoboard* no arduino (Figura 31).

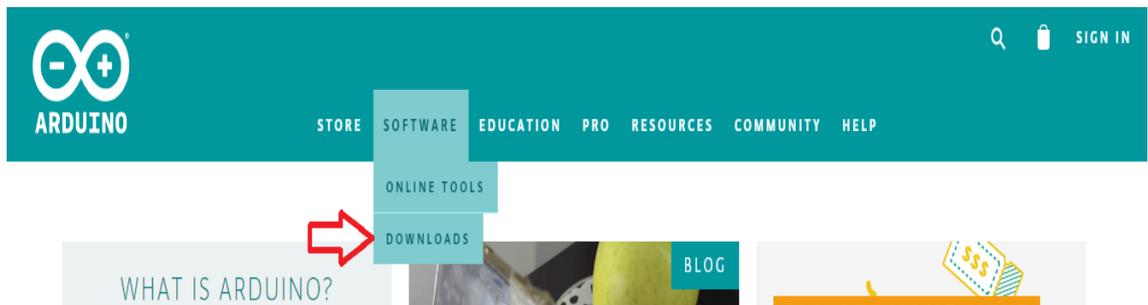
Figura 31: Montagem na protoboard conectada na placa arduino.



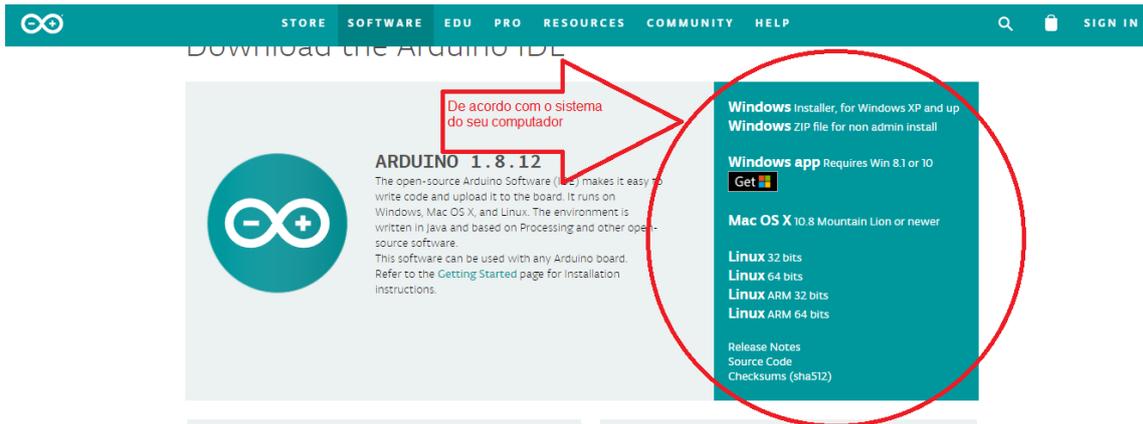
Fonte: autores.

VI) Faça o *download* do aplicativo arduino no endereço: <https://www.arduino.cc/>. Depois siga os passos abaixo:

Primeiro passo: clique em *Downloads*.



Segundo passo: escolha o sistema operacional.



Terceiro passo: abra o programa na área de trabalho clicando duas vezes no



Quarto passo: selecione a placa que será usada.



Quinto passo: copie o código abaixo.

```
// projeto voltagem no LED para medir constante de Planck (Placa UNO)
int vled = A0 ;
float escala = 100 ; // 100 para volts, 0.1 para milivolts
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(vled, INPUT);
}
void loop() {
  float tensao = analogRead(vled);
  tensao = map(tensao, 0, 1023, 0, 505);
  float voltage = (tensao/escala);
```

```
// Exibe o valor lido
Serial.print(voltage); Serial.println(" V");
delay(100);
}
```

Sexto passo: cole o código na área de trabalho do programa, indicada a seguir.



Sétimo passo: clique em **verificar** para saber se há algum erro.



Oitavo passo: transfira o código após conectar o cabo USB (*Universal Serial Bus* ou “Porta Universal”).

```
sketch_feb18a | Arduino 1.8.10 Hourly Build 2019/05/07 05:33
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

sketch_feb18a$
// projeto voltagem no LED para medir constante de Planck

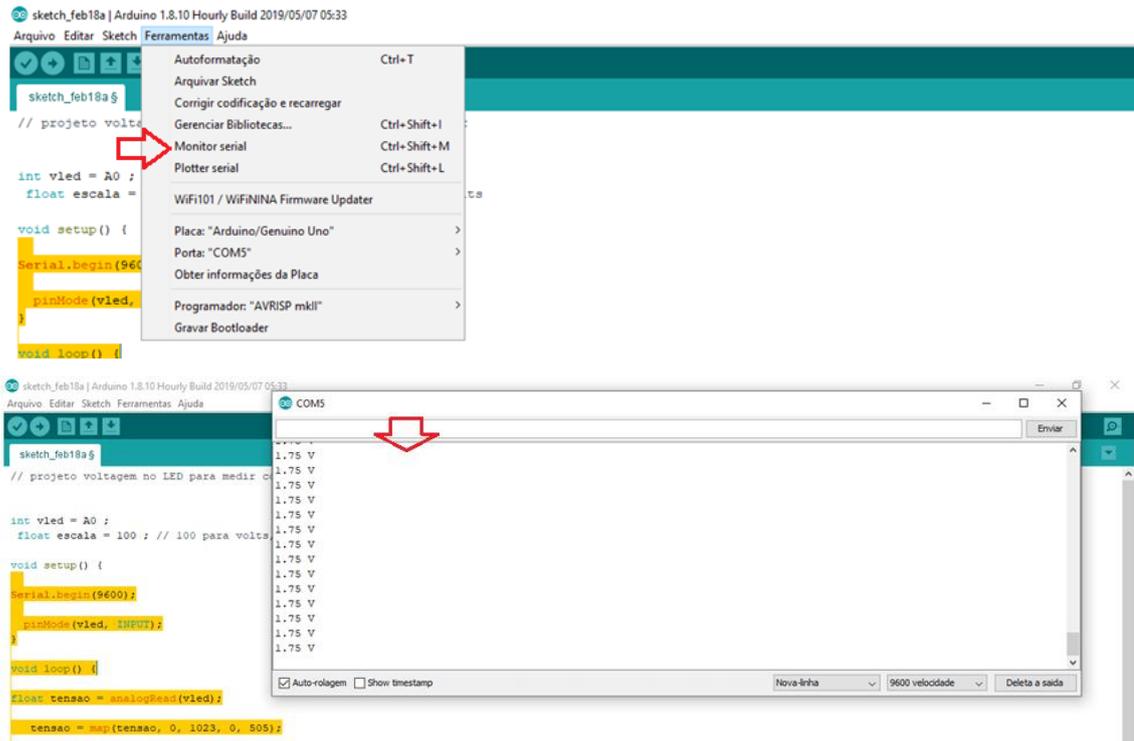
int vled = A0 ;
float escala = 100 ; // 100 para volts, 0.1 para milivolts

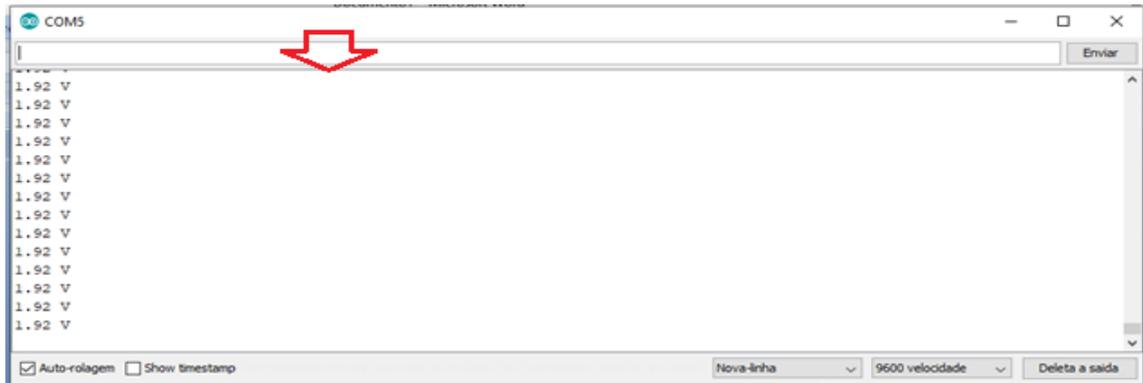
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(vled, INPUT);
}

void loop() {
  float tensao = analogRead(vled);
  tensao = map(tensao, 0, 1023, 0, 505);
  float voltage = (tensao/escala);
  // Exibe o valor lido
  Serial.print(voltage); Serial.println(" V");
  delay(100);
}

Compilação terminada
O sketch usa 3600 bytes (11%) de espaço de armazenamento para programas. O máximo são 32256 bytes.
Variáveis globais usam 202 bytes (9%) de memória dinâmica, deixando 1846 bytes para variáveis locais. O máximo são 2048 bytes.
Arduino/Genuino Uno em COM5
```

Nono passo: verifique a tensão elétrica que será controlada pelo potenciômetro e mostrada no **Monitor serial**.





Décimo passo: ligue o arduino computado como o código e o circuito montado na protoboard e com o LED aceso. Aproxime do CD para obter a difração no anteparo (Figura 32). Os alunos deverão ficar mudando de lugar a *protoboard* e o CD até que apareça a difração no anteparo.

**Figura 32:** Demonstração da montagem.

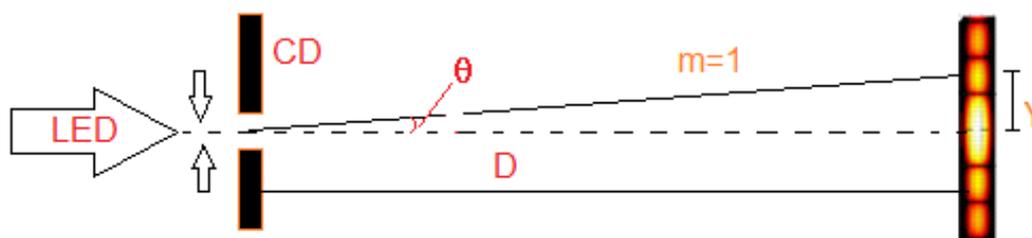


Fonte: autores.

Décimo primeiro passo: meça a distância entre o máximo central e o primeiro máximo da difração ( $Y$ ) e a distância entre o CD e o anteparo ( $D$ ). A Figura 33 ilustra o fenômeno.

A Figura 33 mostra como será a disposição que utilizaremos na prática experimental empregando o princípio da difração.

**Figura 33:** Ilustração da difração da luz do LED no anteparo juntamente com as grandezas envolvidas.



Fonte: autores.

Décimo segundo passo: determine o ângulo  $\theta$ , a partir da relação  $\text{tg } \theta = Y/D$ .

Décimo terceiro passo: use a equação 1 ( $d \text{ sen} \theta = m\lambda$ ), com  $m = 1$ , o valor de  $\theta$  e o valor da distância entre fendas, fornecida pelo fabricante do CD ou medida previamente com um laser de comprimento de onda conhecido, para determinar o comprimento de onda emitido pelo LED.

Décimo quarto passo: meça a tensão de corte ( $V_c$ ) do LED. Esta é medida quando o LED tiver o maior brilho, controlado pelo potenciômetro.

Décimo quinto passo: calcule a energia de ativação ( $E_{at}$ ). Para isso basta usar a relação  $E_{at} = eV_c$ , onde  $e$  é o módulo da carga do elétron ( $|e| = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ). A fórmula anterior foi derivada da relação  $\Delta U = q \cdot \Delta V$  (a variação da energia potencial elétrica é igual à carga vezes a diferença de potencial).

Décimo sexto passo: determine a frequência de corte ( $f_c$ ). Esta é feita pela relação  $c = \lambda f$ , lembrando que  $c$  é a velocidade da luz no vácuo ( $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m/s}$ ).

Décimo sétimo passo: obtenção da constante de Planck  $h$ . Basta usar a relação  $E = hf$ , onde  $E$  corresponde a energia de ativação e  $f$  é a frequência de corte.

Esse esquema apresentou um planejamento de sequência didática que será refinado.

#### 4. Resultados e Discussões

Conforme foi dito na Metodologia, a aplicação do trabalho em seis etapas foi realizada com o objetivo de tentar assegurar um bom aprendizado e segurança a saúde aos alunos, devido à pandemia do coronavírus.

O pré-teste (Apêndice A) foi aplicado antes da apresentação e buscava avaliar a compreensão dos participantes, a respeito dos textos e vídeos enviados sobre a Física e aspectos do arduino acerca do experimento.

O Quadro 6 apresenta as respostas obtidas nas questões fechadas do pré-teste.

**Quadro 6:** Percentuais de acertos das questões fechadas do pré-teste (Apêndice A).

<b>Pré-teste – questões fechadas</b>	
<b>Questão</b>	<b>Acertos (%)</b>
3	50,0
5	12,5
7	100
9	50,0
10	33,3

Fonte: Autores.

As questões 3 e 5 do pré-teste abordavam, respectivamente, o que levava a emissão de elétrons e o comportamento da radiação eletromagnética incidente sobre o efeito fotoelétrico. Nessas questões houve um baixo percentual de acertos. Ao longo da apresentação foi notado que apenas um, do total de 8 participantes, demonstrava um bom domínio do assunto tratado. A questão 7 buscava saber se lembravam do conceito de difração, todos acertaram, o que demonstra que esse conceito foi bem compreendido por eles. A questão 9 explorava o fenômeno responsável pela conversão de energia elétrica em energia térmica, na qual houve metade dos acertos. A questão 10 verificava alguns princípios básicos sobre semicondutores e apenas um terço dos participantes acertaram.

As questões 5 e 10 (Quadro 6) tiveram os rendimentos mais baixos justamente por tratarem de assuntos não vistos em sala de aula, apesar de terem sido enviados textos e vídeos acerca de tais assuntos previamente pelo pesquisador (etapa II da Metodologia).

Nesse momento serão analisadas as respostas atribuídas as cinco questões abertas do pré-teste (1, 2, 4, 6 e 8). O Quadro 7 apresenta as respostas atribuídas a questão 1.

**Quadro 7:** Respostas da questão 1 do pré-teste (Apêndice A).

<b>Questão 1 - Entre as inovações da Física que surgiram no início do século XX, descreva sobre o que sabe sobre a Física Moderna.</b>	
<b>Aluno</b>	<b>Resposta</b>
I, IV e VII.	Não sei.
II	A Física Moderna foi desenvolvida nas três primeiras décadas do século XX, onde surgiu as teorias de Albert Einstein e Max Planck.
III	Surgiu para explicar o que a teoria clássica da Física não era capaz.
V	Nunca ouvi falar em Física Moderna e nem no seu surgimento
VI	O efeito fotoelétrico é estudado na Física Moderna, fenômenos de escalas pequena como radiação de um objeto sendo aquecido e supercondutividades dos materiais.
VIII	As teorias de Einstein e exemplos da luz do poste é Física Moderna.

Fonte: autores.

Todos participantes afirmaram que o que foi cobrado na 1ª questão havia sido discutido na evolução da Física ao longo dos anos. Seis alunos comentaram que haviam estudado parte da teoria na disciplina de Ciências do 9º ano do ensino fundamental. Isso pode ser associado a mediação do conhecimento e informações pelo professor. Oliveira (1997, p. 26) afirma que:

A mediação é central na compreensão das concepções de Vygotsky sobre o desenvolvimento humano como processo sócio-histórico. Enquanto sujeito de conhecimento o homem não tem acesso direto aos objetos, mas um acesso mediado, isto é feito através dos recortes do real operados pelos sistemas simbólicos de que dispõe.

A mediação do professor tem um papel de destaque no aprendizado dos alunos e essa intervenção faz com cheguem à Zona de Desenvolvimento Proximal – ZDP, conduzindo ao um desenvolvimento de conceitos científicos.

O Quadro 8 mostra as respostas dadas a questão 2. Somente um aluno respondeu corretamente e os demais não o conheciam. Daqui se pode observar que o arduino ainda é pouco explorado no ensino médio.

**Quadro 8:** Respostas da questão 2 do pré-teste (Apêndice A).

<b>Questão 2 - Já ouviu falar no Microcontrolador Arduino? Comente o que sabe a respeito dele.</b>	
<b>Aluno</b>	<b>Resposta</b>
I, III, IV, V, VI, VII e VIII.	Não.
II	Um pequeno computador que pode ser programado.

Fonte: autores.

O Quadro 9 mostra as respostas dadas a questão 4. De forma análoga a questão 2 (Quadro 8), somente o aluno II a respondeu. Embora tivessem já estudado algo relacionado a essa pergunta, com base nas respostas da questão 1 (Quadro 6), eles não conseguiram associar o que sabiam de Física Moderna com o que foi arguido. Como foi comentado nas respostas das questões fechadas 5 e 10, materiais de estudo (textos e vídeos) haviam sido enviados antes para que estudassem (etapa II da Metodologia), o que leva a crer que provavelmente não leram ou se leram não compreenderam, daí surge a importância do papel mediador do professor no ensino.

**Quadro 9:** Respostas da questão 4 do pré-teste (Apêndice A).

<b>Questão 4 - O que representa a Constante de Planck?</b>	
<b>Aluno</b>	<b>Resposta</b>
I, III, IV, V, VI, VII e VIII.	Não sei.

II	Representa o <i>quantum</i> .
----	-------------------------------

Fonte: autores.

As respostas da questão 6 estão expostas no Quadro 10. Essa questão foi bem respondida, basicamente sabiam das vantagens e aplicações dos LEDs, novamente o aluno II se destacou dos demais apresentando uma ótima resposta, dado que já tinha visto um LED. O uso de lâmpadas LEDs tem sido muito incentivado pela mídia e isso acabou por contribuir positivamente nas respostas.

**Quadro 10:** Respostas da questão 6 do pré-teste (Apêndice A).

<b>Questão 6 - Os diodos emissores de luz (Light Emitting Diode – LED) são dispositivos que transformam energia elétrica em luz. Cite algumas vantagens e algumas aplicações de se usar LEDs.</b>	
<b>Aluno</b>	<b>Resposta</b>
I	Serve para iluminar.
II	O LED é difícil de queimar, é econômico, sustentável, tem baixa emissão de calor e funciona em baixa voltagem.
III	São em conta, econômicos e duráveis.
IV	Econômico e valor baixo de compra.
V	Preços das lâmpadas e economia no final do mês na conta de energia.
VI	São duráveis e ilumina melhor que as outras lâmpadas.
VII	Econômico e é de material que não aquece fácil e dura muito tempo.
VIII	São de melhor qualidade para iluminar, de baixo custo e cada dia vem sendo mais usado.

Fonte: autores.

O Quadro 11 mostra os dados obtidos da questão 8. A maioria soube citar exemplos certos nessa questão.

**Quadro 11:** Respostas da questão 8 do pré-teste (Apêndice A).

<b>Questão 8 - Ondas eletromagnéticas se propagam no vácuo na velocidade da luz. Cite algumas ondas eletromagnéticas que conheça.</b>	
<b>Aluno</b>	<b>Resposta</b>
I	São ondas eletromagnéticas as ondas de Rádio.
II	Luz e Ultravioleta.
III, V e VI	No momento não me lembro.
IV	Rádio e Micro-ondas.
VII	Micro-ondas e Infravermelho.

Fonte: autores.

A Figura 34 mostra a apresentação do pesquisador a três participantes acerca dos conceitos básicos necessários ao entendimento do trabalho. Houve interesse dos alunos para saber mais sobre a placa arduino e suas aplicações, assim como teve várias perguntas e dúvidas sobre difração e a diferença entre materiais semicondutores, isolantes e condutores. Os três alunos fizeram a mesma pergunta: “E os materiais supercondutores, quais suas características?”. Isso foi um ponto positivo da prática experimental e do papel do professor para mediar os conhecimentos.

**Figura 34:** Apresentação dos conceitos básicos da pesquisa.



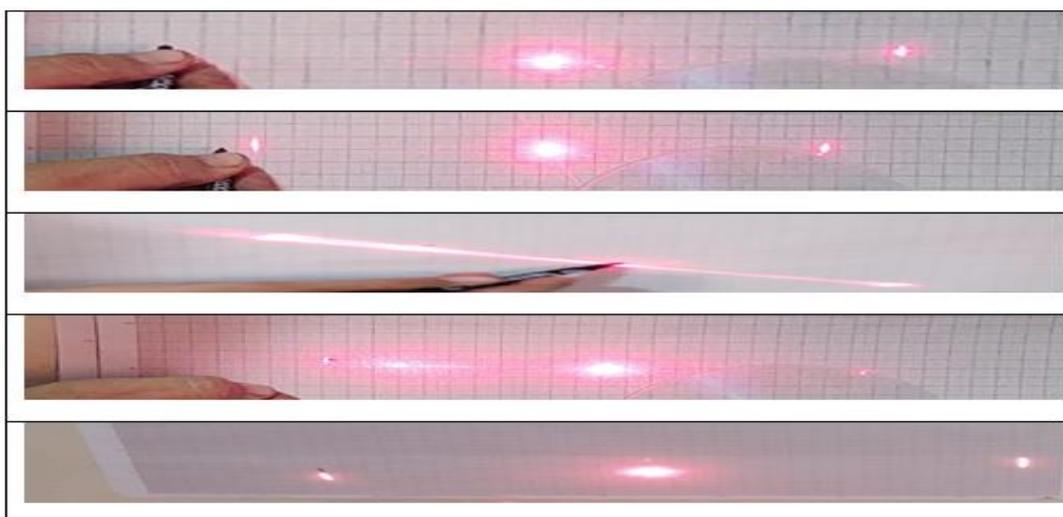
Fonte: Autores.

Na discussão sobre LED, durante a apresentação, foi explicado as características dos materiais semicondutores, as bandas de condução e de valência e a energia de *gap*, parte que despertou o interesse dos alunos. No detalhamento sobre a utilização da protoboard foi possível eles observarem, na prática, as ligações em série e em paralelo, reforçando conceitos de Eletrodinâmica já estudados em sala de aula. Foi explicado que as ligações do circuito seriam em paralelo e a necessidade de inserir um resistor para evitar a queima do LED. O LED usado era vermelho de alto brilho, com as seguintes características: polaridade, corrente de operação de 20 mA, tensão de 1,90 V a 2,10 V e comprimento de onda de 600 a 635 nm.

Ao terminar a apresentação iniciamos a primeira parte da prática para encontrar o comprimento de onda do LED, algo que não foi muito fácil, pois o LED não é colimado. Então, um aluno perguntou: “Professor, o senhor não tem uma folha preta para fazemos funil e colocar o LED dentro para o feixe sair bem fino”. A sugestão deu certo, os demais fizeram todos dessa maneira facilitando as medidas e poder determinar a difração com o CD. Mesmo usando papel milimetrado, os valores das medidas foram arredondados para facilitar os cálculos.

Os alunos realizaram a medida de difração com CD de mesma marca ( EMTEC e lote de Janeiro de 2012, cuja distância entre as ranhuras foi determinada no laboratório de Física Moderna da UFAC. A Figura 35 mostra imagens obtidas pelos alunos na hora da realização da prática.

**Figura 35:** Difrações encontradas pelos alunos.



Fonte: autores.

Na Figura 36 temos imagens de alguns alunos realizando a prática experimental e fazendo cálculos para determinar a constante de Planck e poder comparar o valor obtido com o valor real da constante. Nesse momento o pesquisador ajudar a sanar dúvidas e revisou alguns conceitos sobre notação científica e operações com potência de dez.

**Figura 36:** Atividades feitas pelos alunos ao longo da prática experimental.



Fonte: autores.

No Quadro 12 apresentamos as principais medidas efetuadas por cada aluno, segundo o roteiro disposto no Apêndice D. O aluno I foi que apresentou o maior erro percentual para a constante de Planck  $h$ , pois o CD utilizado não estava bem limpo. Esse fato foi corrigido a partir do aluno II, os CDs foram bem limpos depois de tirarem a parte metalizada, melhorando o procedimento para encontrar a difração e conduzindo a melhores resultados. Ainda assim, apesar do aluno II apresentar uma melhora em relação ao aluno I, o resultado foi bem menos preciso que os demais alunos, o motivo possível é a maior precisão nas medidas. O aluno V obteve um excelente resultado e o aluno VII teve o resultado menos preciso entre os alunos III e VIII, por ter paciência e maior precisão nas medidas, além de um cuidado com a limpeza do CD e alinhamento do LED.

O ponto positivo da prática é que todos alunos conseguiram encontrar a mesma ordem de grandeza da constante de Planck ( $10^{-34}$  J.s). A média dos erros percentuais foi em torno de 6,72%, resultado bem melhor quando comparado ao trabalho de Botelho et al. (2018), que foi por volta de 23,0%. Botelho et al. (2018) também usou LED para determinar a constante de Planck e montou um circuito para medir a tensão e corrente elétricas, através de multímetro e a prática foi realizada em laboratório.

**Quadro 12:** Grandezas medidas pelos alunos durante a prática experimental de acordo com o roteiro localizado no Apêndice D.

Grandeza	Aluno							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
$\lambda$ (nm)	460	690	645	630	615	675	615	630
$V_c$ (V)	2,08	2,07	1,94	2,04	2,00	1,90	2,08	2,08
$E_{at}$ (eV)	2,08	2,07	1,94	2,04	2,00	1,90	2,08	2,08
$f_c$ ( $\times 10^{14}$ Hz)	6,50	4,40	4,70	4,80	4,90	4,40	5,40	4,80
$h$ ( $\times 10^{-34}$ J.s)	5,12	7,50	6,50	6,80	6,60	6,80	6,20	6,90
Erro percentual de $h$ (%)	22,7	13,1	1,90	2,60	0,400	2,60	6,40	4,10

Fonte: Autores.

O Quadro 13 apresenta os cálculos da média, do desvio padrão e do percentual do desvio do padrão em relação a média das medidas do Quadro 12. As melhores medidas foram as que menos se desviaram em relação a média, ou seja, aquelas que tiveram os menores valores do percentual do desvio padrão em relação a média, neste caso o comprimento de onda  $\lambda$  e a constante de Planck  $h$ . Como havíamos dito, o comprimento de onda do LED utilizado variava de 600 a 635 nm, segundo o fabricante, as medidas efetuadas comprovaram estar dentro desse intervalo pela média e houve uma dispersão maior em relação ao desvio padrão, cujo valor mínimo foi de 554 nm ( $620 \text{ nm} - 65,6 \text{ nm}$ ) e o valor máximo foi de 687 nm ( $620 \text{ nm} + 65,6 \text{ nm}$ ).

**Quadro 13:** Cálculo da média e desvio padrão das medidas do Quadro 12.

Grandeza	Média (M)	Desvio padrão (DP)	Percentual (%) do desvio padrão em relação a média (100 x DP/M)
$\lambda$ (nm)	620	65,6	10,6
$V_c$ (V)	2,02	0,0659	32,6
$E_{at}$ (eV)	2,02	0,0659	32,6
$f_c$ ( $\times 10^{14}$ Hz)	4,99	0,643	12,9
$h$ ( $\times 10^{-34}$ J.s)	6,55	0,644	9,83

O pós-teste foi aplicado assim que os alunos terminaram os cálculos. O quadro 14 mostra os percentuais de acertos das questões fechadas do pós-teste ao lado do pré-teste, facilitando assim a comparação. É possível verificar a melhoria do desempenho após a execução da prática. Os maiores destaques ocorreram na questão 5 e 10 com um aumento significativo no percentual de acertos.

**Quadro 14:** Percentuais de acertos das questões fechadas do pré-teste e pós-teste (Apêndice A).

<b>Questões fechadas – acertos (%)</b>		
<b>Questão</b>	<b>Pré-teste</b>	<b>Pós-teste</b>
3	50,0	87,5
5	12,5	75,0
7	100	100
9	50,0	75,0
10	33,3	83,3

Fonte: autores.

O papel do mediador contribuiu de forma significativa, revelando indícios de aprendizagem, pois segundo Vygotsky (2003, p. 283):

A educação nunca se inicia em um terreno vazio, nunca começa a forjar reações totalmente novas, nunca realiza o primeiro impulso. Ao contrário, sempre parte de formas de comportamento já dados e preparados e se refere apenas às suas modificações, sempre tende a modificar, porém, nunca a criar algo totalmente novo.

Os alunos tinham conhecimento de séries anteriores e da vivência de cada uma de suas particularidades, o professor, ao mediar, conduziu a modificação de conceitos e a alfabetização científica. A escola, segundo Vygotsky (2003, p. 82), que define a educação escolar como a intervenção planejada, adequada ao objetivo, premeditada, consciente e nos processos de crescimento do aluno.

Iniciaremos, agora, a análise das questões abertas. O Quadro 15 mostra as respostas obtidas da questão 1 no pré-teste e no pós-teste. Interessante notar a melhoria das respostas de um “Não sei” para um conceito bem definido, explicando datas e pesquisadores da Física Moderna.

**Quadro 15:** Respostas da questão 1 do pré-teste e do pós-teste (Apêndice A).

<b>Questão 1 - Entre as inovações da Física que surgiram no início do século XX, descreva sobre o que sabe sobre a Física Moderna.</b>		
<b>Aluno</b>	<b>Pré-teste</b>	<b>Pós-teste</b>
	<b>Resposta</b>	<b>Resposta</b>
I	Não sei.	A Física Moderna foi um conjunto de teorias formuladas por físicos e matemáticos no século XX. Dando ênfase a Física Quântica, Teoria da Relatividade, outro o estudo da radiação do corpo negro, facilitando o entendimento sobre radiação térmica.
II	A Física Moderna foi desenvolvida nas três primeiras décadas do século XX, onde surgiu as teorias de Albert Einstein e Max Planck.	A Física Moderna designa as novas concepções da Física desenvolvidas durante as três primeiras décadas do século XX, as quais resultaram das proposições teóricas dos físicos Albert Einstein e Max Planck.
III	Surgiu para explicar o que a teoria clássica da Física não era capaz.	É o nome da teoria que surgiu no início do século XX, para explicar o que a mecânica clássica de Newton não estava conseguindo, como a radiação do corpo

		negro e efeito fotoelétrico e que são aplicados em equipamentos com fotocélulas iluminações urbanas nos postes e entre outras.
IV	Não sei.	É a teoria que explicar os fenômenos que teorias clássicas da Física não era capaz de explicar, como exemplo o efeito fotoelétrico estudado na Física Moderna, fenômenos de escalas pequena como radiação de um objeto sendo aquecido e supercondutividades dos materiais.
V	Nunca ouvi falar em Física Moderna e nem no seu surgimento.	Conjunto de teorias que surgiu no início do século XX com aplicações em televisões modernas e explicação da radiação térmica. A Física Moderna se divide em outras teorias, como a quântica e relatividade, explicando vários conceitos que não estavam definidos: radiação do corpo negro, efeito fotoelétrico, dilatação do espaço...
VI	O efeito fotoelétrico é estudado na Física Moderna, fenômenos de escalas pequena como radiação de um objeto sendo aquecido e supercondutividades dos materiais.	Surgiu antes das proposições teóricas dos físicos Albert Einstein e Max Planck, designa as novas concepções físicas desenvolvida nas três primeiras décadas do século XX.
VII	Não sei.	É o nome da teoria que surgiu no início do século XX, para explicar o que a mecânica clássica de Newton não estava

		conseguindo.
VIII	As teorias de Einstein e exemplos da luz do poste é Física Moderna.	A Física Moderna ampliou os horizontes da Física no final do século XX. Suas teorias sobre a matéria e sobre o mundo quântico permitiram o surgimento de novas tecnologias.

Fonte: autores.

Foi possível observar o papel da teoria na evolução dos conceitos de teoria e prática. Segundo Duhem (2014), o professor ao realizar um experimento, ou uma aplicação de leis experimentais, favorece a coordenação lógica do experimento e, com isso, os alunos conseguem fazer uma reflexão verdadeira sobre a prática realizada. No entanto é necessário analisar os objetivos de uma aula prática, ou teórica, com base em experimentos nas aulas de Física e no uso de novas tecnologias para ajudar no aprendizado dos alunos. Para Moraes (2010, p .14) a escolar que tem:

a incorporação das tecnologias da informação no espaço escolar é demandada pela cibercultura, traduzida como um movimento sociocultural, que nasce da relação entre uma comunidade ou grupo social, a cultura e as tecnologias digitais com a interconexão mundial de computadores em intensa disseminação a partir do século XXI. Considerados ambientes virtuais, esses espaços de interação social, de organização, de informação, de conhecimento, resultam em aprendizagem colaborativa.

A tecnologia associada ao ensino de Física Moderna nas escolas pode ajudar, a compreender melhor os conceitos e suas aplicações, tornando as aulas mais agradáveis para os alunos.

O Quadro 16 apresenta as respostas obtidas da questão 2 no pré-teste e no pós-teste. O progresso na comparação das respostas dos alunos foi notável, principalmente dos sete alunos que haviam respondido “Não” no pré-teste e, no pós-teste, escreveram de forma bem consistente o que sabiam sobre o arduino. O aluno VI se destacou, pois falou inclusive sobre a linguagem Wiring, empregada pelo microcontrolador e discutida na apresentação.

**Quadro 16:** Respostas da questão 2 do pré-teste e do pós-teste (Apêndice A).

<b>Questão 2 - Já ouviu falar no Microcontrolador Arduino? Comente o que sabe a respeito dele.</b>		
<b>Aluno</b>	<b>Pré-teste</b>	<b>Pós-teste</b>
	<b>Resposta</b>	<b>Resposta</b>
I	Não	Sim, é um pequeno computador.
II	Um pequeno computador que pode ser programado	Sim, é uma placa que tem preço baixo e com uma linguagem que facilita a programação, ou seja, de entrada e saída de informação e o professor falou de vantagem da placa Uno e a diferença da placa Mega.
III	Não	Sim, ele é uma placa de programação.
IV	Não	Sim, na apresentação do professor e na teoria que estudei, sendo uma plataforma que é possível programar para o que você deseja, sabendo a informação de entrada e saída.
V	Não	Sim, hoje, e é uma plataforma que pode ser programada para entrada e saída de informações, sendo de baixo custo e fácil de usar.
VI	Não	Sim. O arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica de hardware e software flexíveis e fáceis de usar. O microcontrolador na placa é programado com uma linguagem de programação arduino, baseado no Wiring.
VII	Não	Sim. O arduino é um pequeno computador que você pode programar para processar

		entradas e saídas entre o dispositivo e os componentes externos conectados a ele
VIII	Não	O arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica de hardware disponível para todos e de baixo custo e fácil de usar.

Fonte: autores.

Os dados obtidos da questão 4 do pré-teste e pós-teste estão expostos no Quadro 17. Analogamente ao que foi evidenciado nos dados da questão 2, houve uma boa evolução de sete alunos que tinham respondido “Não sei”. Os argumentos para explicar a representação da constante de Planck foram bons e consistente para todos alunos.

**Quadro 17:** Respostas da questão 4 do pré-teste e do pós-teste (Apêndice A).

<b>Questão 4 – O que representa a constante de Planck?</b>		
<b>Aluno</b>	<b>Pré-teste</b>	<b>Pós-teste</b>
	<b>Resposta</b>	<b>Resposta</b>
I	Não sei.	É a constante que tem muitas aplicações na Física Moderna e uma dela é determinar a energia do fóton.
II	Representa o quantum.	É a constante que termina o quantum de energia e muito usada na Física Moderna.
III	Não sei.	Constante de Planck (h) é a constante que determina a energia de um fóton.
IV	Não sei.	É representado pelo símbolo h, é um número pequeno.
V	Não sei.	Constante de Planck (h) é a constante usada para indicar a energia e a frequência das radiações eletromagnéticas.

VI	Não sei.	É a constante que determina na prática experimental $h$ e encontrei " $6,8 \times 10^{-34}$ ", sendo usado na Física Moderna para determinar a energia do fóton.
VII	Não sei.	Representa a frequência das radiações eletromagnéticas, a quantidade de energia emitida por um pequeno fóton, usa $h$ que é a constante de Planck.
VIII	Não sei.	É uma constante muito usada na Física Moderna.

Fonte: autores.

O Quadro 18 mostra o que foi respondido pelos alunos, no pré-teste e pós-teste, na questão 6. As respostas no pós-teste apresentaram um embasamento científico, melhor que as dos pré-teste. O aluno II demonstrou um bom domínio do assunto, definindo bem o LED, as vantagens e aplicações dele no cotidiano.

**Quadro 18:** Respostas da questão 6 do pré-teste e do pós-teste (Apêndice A).

<b>Questão 6 - Os diodos emissores de luz (Light Emitting Diode – LED) são dispositivos que transformam energia elétrica em luz. Cite algumas vantagens e algumas aplicações de se usar LEDs.</b>		
<b>Aluno</b>	<b>Pré-teste</b>	<b>Pós-teste</b>
	<b>Resposta</b>	<b>Resposta</b>
I	Serve para iluminar	Possui alta durabilidade e eficiência.
II	O LED é difícil de queimar, é econômico sustentável, tem baixa emissão de calor e funciona em baixa voltagem.	Os LEDs são aplicados em circuitos eletrônicos, luminosos, tais como lâmpadas e controles. São vantajosos em termos de economia de energia e por extensiva qualidade.
III	São em conta, é econômico e durável	Baixo consumo de energia e na minha casa as lâmpadas são de LED.

IV	Econômico e valor baixo para compra	São usados em iluminação publicas das ruas e nas casas. Com vantagem de melhor brilho e com uma grande durabilidade.
V	Preços das lâmpadas e economia no final do mês na conta de energia.	São usados em lâmpadas, reduz o consumo nas casas e diminui o valor da energia, pode ser usado em experimentos.
VI	São duráveis e iluminar melhor que as outras lâmpadas	A lâmpada LED necessita de reator para não queimar, pois ligando direto queima, é econômico no consumo.
VII	Econômico e é de material que não aquecer fácil e dura muito tempo.	São duráveis, de boa qualidade e são aplicados em circuitos eletrônicos em experimentos e outros.
VIII	São de melhor qualidade para iluminar e de baixo custo e cada dia sendo mais usado.	Baixo consumo de energia e alta durabilidade. Sendo aplicado em vários equipamentos eletrônicos.

Fonte: autores.

O Quadro 19 mostra as respostas escritas pelos alunos, no pré-teste e pós-teste, a questão 8. Os quatro alunos que não conseguiram responder anteriormente no pré-teste, citaram corretamente alguns tipos de ondas eletromagnéticas. Os demais alunos aumentaram a quantidade de citações no pós-teste ao se comparar com as do pré-teste.

**Quadro 19:** Respostas da questão 6 do pré-teste e do pós-teste (Apêndice A).

<b>Questão 8 - Ondas eletromagnéticas se propagam no vácuo na velocidade da luz. Cite algumas ondas eletromagnéticas que conheça.</b>		
<b>Aluno</b>	<b>Pré-teste</b>	<b>Pós-teste</b>

	<b>Resposta</b>	<b>Resposta</b>
I	São ondas eletromagnéticas as ondas de Rádio	Ondas de rádio, luz visível e micro-ondas.
II	Luz e Ultravioleta	Infravermelho, luz visível e ondas de rádio.
III	No momento não me lembro	Ondas de rádio e luz visível.
IV	Rádio e Micro-ondas	Rádio, Micro-ondas, TV, luz visível.
V	No momento não me lembro	Luz visível, ondas de rádio, raio X.
VI	No momento não me lembro	Raio gama, ultravioleta, luz, rádio.
VII	Micro-ondas e infravermelho	Ondas de rádio, micro-ondas, ultravioleta, raio x e raios gama.
VIII	No momento não me lembro	Ultravioleta, luz visível, micro-ondas, infravermelho e raio x.

Fonte: autores.

A comparação dos dados obtidos do pré-teste com os do pós-teste, tanto das questões fechadas quanto das abertas, permitiu a verificação de indícios de aprendizagem. A mediação do professor foi essencial nesse processo. De acordo com Nogueira e Leal (2015, p. 165) "A partir do que os alunos conhecem e dominam que é o nível de desenvolvimento real (NDR), para depois atuar para poder desenvolver na Zona de desenvolvimento proximal (ZDP)", chegasse a nova aprendizagem, onde acontece a concretização do novo conhecimento. O uso do arduino, em conjunto com a abordagem do conteúdo de Física Moderna nas aulas de Física, oportunizou uma experiência diferenciada aos estudantes, isto é, tiveram que elaborar estratégias de resolução. É essencial que o professor investigue o que os alunos sabem sobre o tema de estudo, ajudando no planejamento e no desenvolvimento da sua aula.

Nesse processo é essencial que se dê valor a busca de materiais alternativos para as aulas experimentais, para poder diminuir as dificuldades na aprendizagem. Nesse sentido, verificou-se com a pesquisa, a importância do material didático para trabalhar em sala de aula, posto que informe, crie conflitos, induza à reflexão, desperte outros interesses, motive, sistematize conhecimentos já dominados, introduza uma situação problema, propicie vivências culturais, literárias e científicas, sintetize ou organize informações e conceitos.

Nesse trabalho foi verificado que a mediação é fundamental para que os alunos conheçam e consigam relacionar o que já sabem com o novo conhecimento que será ensinado. A evolução das respostas dos testes aponta que a prática experimental, bem planejada, desperta a curiosidade dos alunos e vai além do que é normalmente ensinado em sala de aula, estimulando a autonomia deles.

Os alunos que participaram da aplicação, realizei um sorteio de três kits da prática experimental, um sorteio online veja as imagens dos alunos ganhadores no apêndice B.

## 5. Considerações Finais

O principal objetivo deste trabalho de pesquisa foi a elaboração, para estimular o estudo de Física Moderna e Contemporânea no terceiro ano do ensino médio, através de uma prática experimental que fosse capaz de medir a constante de Planck, proporcionando ao professor um material didático, que possibilite ser mais uma alternativa para o ensino de Física Moderna, envolvendo tecnologia em uma prática experimental de baixo custo em sala de aula e a revisão de conceitos estudados pelos alunos ao longo dos anos. Os alunos participaram ativamente de todas as etapas e puderam relacionar, e comparar, com os conhecimentos que já sabiam com os novos proporcionados no desenvolvimento da prática, contudo a mediação do professor foi essencial no processo de aprendizado deles.

A metodologia consistiu em seis etapas e proporcionou o alcance dos objetivos propostos. O tempo ideal para a realização da prática é de duas aulas de 50 minutos juntas no mesmo dia. A interação do professor e alunos possibilitou passar os conteúdos de forma progressiva e participativa, onde houveram várias intervenções dos alunos querendo saber de outras aplicações sobre os assuntos vistos: ondas eletromagnéticas, difração, efeito Joule, dualidade onda partícula, efeito fotoelétrico, radiação do corpo negro, semicondutores, isolantes, condutores, supercondutores e resistores.

Na execução do experimento, o arduino teve um papel fundamental, substituindo o multímetro que seria empregado na medição das voltagens elétricas no LED. Os resultados obtidos levaram a valores próximos da constante de Planck, ponto culminante do experimento, na qual obtiveram com sucesso na obtenção da mesma ordem de grandeza da referida constante. Os alunos conseguiram compreender os fenômenos e, ao mesmo tempo, revisaram conceitos de Matemática e de Física. Os alunos demonstraram uma melhora significativa nas questões do pós-teste, quando comparados as respostas do pré-teste.

O produto educacional elaborado buscou inovar o ensino de Física no ensino médio e melhorar os conteúdos da Física Moderna disponibilizados nos livros didáticos, de forma acessível a professores e alunos. Assim, esperamos ajudar e encorajar professores a ensinar e discutir com mais frequência a Física Moderna em sala de aula.

## 6. Referências

- ABREU, M. C & PERALTA, L., **No ano da luz- Medir a constante de Planck com díodos LED**, Faculdade de Ciência, Universidade de Lisboa, Sala de Professores. Vol. 39, Fasciculos 1 e2, junho, 2016. Disponível: <https://www.spf.pt/magazines/gfis>. Acessado em: 20/05/2019.
- ALENCAR, W. J., ARÚJO, F.V.F., SENA, S.S. & VELOSO, M. S., **O uso da tecnologia arduino em experimentos de Física**. V Congresso Nacional de Educação (CONEDU). 2018. Disponível: [http://www.editorarealize.com.br/revistas/conedu/trabalhos/TRABALHO\\_EV117\\_MD\\_4\\_SA16\\_ID6854\\_06092018231541.pdf](http://www.editorarealize.com.br/revistas/conedu/trabalhos/TRABALHO_EV117_MD_4_SA16_ID6854_06092018231541.pdf). Acesso em: 17 jan. 2020.
- ALVARENGA, B., MÁXIMO, A. **Curso de Física**, V.3, São Paulo: Scipione, 2008.
- ALVES, A. J. **O planejamento de pesquisas qualitativas em educação**. *Cadernos de Pesquisas*. Fundação Carlos Chagas. São Paulo: Cortez, n. 77, 1991.
- ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S., **Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades**. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, SciELO Brasil, v. 25, n. 2, p. 176–194, 2003.
- BARBOSA, Rausson Alessandro, **Da física Antiga à Física Moderna**, UFU, 2008. Disponível em: [http://www.infis.ufu.br/infis\\_sys/pdf/RAUSSON%20ALESSANDRO%20BARBOSA.pdf](http://www.infis.ufu.br/infis_sys/pdf/RAUSSON%20ALESSANDRO%20BARBOSA.pdf). Acesso em: 30/12/ 2019.
- BAUER, Wolfgang; WESTFALL, Gary D.; DIAS, Helio, **Física para Universitários: óptica e Física Moderna**, Porto Alegre: AMGH, 2013.
- BIASI, Ronaldo Sérgio; MELLO, Hilton Andrade, **Introdução à física dos semicondutores**, São Paulo, Edgard Blücher; Brasília, INL, 1975.
- BIZZO, Nélio. **Ciências: fácil ou difícil**. São Paulo: Ática, 2002.
- BOTELHO, W. Costa, [et al.], **Determinação da Constante de Planck Utilizando LEDs**, 2018. Disponível: [https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/constante\\_de\\_plank\\_utilizando\\_leds\\_-05-06-18\\_final.pdf](https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/constante_de_plank_utilizando_leds_-05-06-18_final.pdf). Acesso 20 dez 2019.
- CARVALHAL, M. J.; MEIRELES, M. S.; TORRES, C. M., **Determinação da constante de Planck usando LED**, formação continuada, Universidade do Porto, 2009.

- CASTILLS, M. **A Revolução da Tecnologia da Informação**. In: \_\_\_\_\_. A Sociedade em Rede. 9. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2009.
- CASTRO, Luiz Henrique Monteiro, **O uso do Arduino e do processing no ensino de Física**, MNPEF- UNIRIO, 2016.
- COSTA, A. C & FRAGNITO, H. L., **Difração da luz por fendas**, UNICAMP-IFGW, março de 2010.
- CHIBENI, SILVIO SENO. **O Surgimento Da Física Quântica** (Notas de aula), Departamento de Filosofia - IFCH – UNICAMP, 1992. Disponível: <https://www.unicamp.br/~chibeni/textosdidaticos/fisquantica.pdf>. Acesso: 13 mar 2020.
- CHIZZOTTI, A. **Pesquisa Qualitativa em Ciências Humanas e Sociais**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2006.
- DUHEM, Pierre Maurice Marie. **A teoria física: seu objeto e sua estrutura**, editora UERJ, Rio de Janeiro, 2014.
- EISBERG, R.& RESNICK, R., **Física Quântica: Átomos, Moléculas, Sólidos, Partículas**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 9ª ed., 1994.
- EISBERG, R.; RESNICK, R. **Quantum physics of atoms, molecules, solids, nuclei and particles**. 2.ed. New York: John Wiley & Sons, 1985.
- ELÉTRICA, M. **Código de cores de resistores**. 2020a. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/codigo-de-cores-de-resistores/>. Acesso em: 28 jan. 2020.
- ELÉTRICA, M. **O que é um LED**. 2020b. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-um-led>. Acesso em: 28 jan. 2020.
- FÍSICA, Sociedade Brasileira. **Destaque em Física**. 2020. Disponível: <http://www.sbfisica.org.br/v1/home/index.php/pt/>. Acesso em: 15 fev 2020.
- FOZ, Unioeste. **Materiais Semicondutores**. 2019. Disponível: <http://www.foz.unioeste.br/~lamat/downmateriais/materiaiscap15.pdf>. Acesso em: 10 dez 2019.
- FREIRE, P. **A importância do ato de ler**. 39. ed. São Paulo: Cortez, 1992.
- GASPAR, A. **Experiências de Ciências para o Ensino Fundamental**. São Paulo: Ática, 2009.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GUIMARÃES, F. F. **Proposta de sequência didática para o estudo da radiação do corpo negro no ensino médio**. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2018.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física**. 8. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, Vol. 4, 2009.

HINRICHS, Roger & URONE, Paul Peter, **College physics**, 2017. Disponível: <https://openstax.org/details/books/College-Physics>. Acesso em: 07/02/2020.

HUB, Electronics, **LED**. 2020. Disponível em <https://www.electronicshub.org/led-light-emitting-diode/> Acesso em: 28 jan. 2020.

JÚNIOR, Jackson Roberto Rubim, **Microcontrolador Arduino no ensino de Física: Proposta e aplicação de uma situação de aprendizagem sobre o tema Luz e Cor**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Exatas como requisito para à obtenção do título de mestre em Ensino de Ciências Exatas. Universidade Federal de São Carlos-SP, 2014.

JÚNIOR, Olival Freire; NETO, Rodolfo Alves de Carvalho. **O universo dos quanta: uma breve história da Física Moderna**, São Paulo: FTD, 1997.

KELLY, G.; ROCHA, D.; GERMANO, R. **Espectroscopia para o ensino médio utilizando a placa Arduino**. Revista Brasileira de ensino de ciência e tecnologia, v. 10, n. 2, p. 1-17, maio-agosto 2017.

KULLOK, Maisa Gomes Brandão (Org.), **Relação professor – aluno**, Maceió: EDUFAL, 2002.

LIMA, R.T.Z **Proposta de viabilidade econômica no retrofit de lâmpadas fluorescentes por led no condomínio praça Uberaba shopping**. Revista Científica Semana Acadêmica. Fortaleza, ano MMXVI, Nº. 000098, 03/01/2017. Disponível em: <https://semanaacademica.org.br/artigo/proposta-de-viabilidade-economica-no-retrofit-de-lampadas-fluorescentes-por-led-no-condominio>; Acesso em: 02/12/2019.

LOPES, J. M. B. **Cor e Luz**. Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 2013.

MACIEL, G. S. **Proposta de uma sequência didática sobre tópicos de Física Quântica através do uso de simulações computacionais e da determinação da Constante de Planck e da Determinação da Constante de Planck com LEDs aplicado ao ensino médio**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) –

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2015.

MORAIS, L. C. S. **O ensino de conceitos de Física Quântica no ensino médio utilizando experimentos de baixo custo**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

MCROBERTS, Michael. **Arduino Básico**. [tradução Rafael Zanolli]. – São Paulo: Novatec Editora, 2011.

MANACORDA, M. A. **A educação em Roma**. In: \_\_\_\_\_. História da Educação: da antiguidade aos nossos dias. Tradução de Gaetano lo Monaco. 11. ed. São Paulo: Cortez, 2004.

MENEZES Jr, Roberto; SANTOS, Erick Santana & SANTANA, Victor Mancir da Silva. **Determinação experimental da constante de Planck pela observação da corrente de descarga de capacitor**, 2015. Disponível: <http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2015v32n3p824>. Acesso. 10 fev 2020.

MOREHOUSE, R. **Measuring Planck's constant by means of an LED**. American Journal of Physics, vol. 66, 1998. Disponível: <https://doi.org/10.1119/1.19034>. Acesso: 20/12/2019.

MOURA, S. L.; SILVA, F. I.; SILVA, F. C. M.; SANTOS, J. A.V., **Constante de Planck: uma nova visão para o ensino médio**. Química nova escola, Vol. 33, nº 4, Novembro 2011.

MOREIRA, Marco Antonio. **Grandes desafios para o ensino da Física na educação contemporânea**. in: **XI Conferencia Interamericana sobre Enseñanza de la Física**, 11., 2013, Guayaquil. Conferência. Guayaquil: Conferencia Interamericana Sobre Enseñanza de La Física, 2013. p. 1 - 12. Disponível em: [http://www.if.ufrj.br/~pef/aulas\\_seminarios/seminarios/2014\\_Moreira\\_DesafiosEnsinoFisica.pdf](http://www.if.ufrj.br/~pef/aulas_seminarios/seminarios/2014_Moreira_DesafiosEnsinoFisica.pdf). Acesso em: 01 mar. 2019.

MNPEF. **Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física**. 2020. Disponível em <http://www1.fisica.org.br/mnpef/?q=apresentação>. Acesso em 02 jun 2020.

NASA. **Introduction to Eletromagnetic Spectrum**. 2018. Disponível em: <https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/spectrum/overview/index.html>. Acesso em: 17 jan. 2020.

OLIVEIRA, M. K. **Aprendizado e desenvolvimento- um processo histórico**. São Paulo. Scipione, 1997.

OSTERMANN, F. e MOREIRA, M.A. **Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa física moderna e contemporânea no ensino médio.** *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 5, n. 1, mar. 2001.

PUC. **Capítulo 2. Fundamentação Teórica.** Disponível: [https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/16334/16334\\_3.PDF](https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/16334/16334_3.PDF). Acesso em: 13/02/2020.

QUEIROZ, T. D. **Dicionário Prática de Pedagogia.** 1. ed. São Paulo: Rideel, 2003.

REGO, T. C. **Vygotsky: uma perspectiva histórico-cultural da educação/** Petrópolis, RJ: Vozes 1995-ISBN, 2001.

ROCHA, F.; MARRANGHELLO, G.; LUCCHESI, M. **Acelerômetro eletrônico e a placa Arduino para o ensino de Física em tempo real.** *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 31, n. 1, p. 98-123, abr. 2014. Disponível: <http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2014v31n1p98>. Acesso em: 28 jan. 2020.

SANTOS, C.A., **A descoberta do Efeito Fotoelétrico.** 2002. Disponível: <http://www.if.ufrgs.br/einstein/efeitofotoeletricodescoberta.html>. Acesso. 28 jan.2020.

SILVA, C. C.; MARTINS, R. D. A. **Teoria das cores de Newton: um exemplo do uso da história da ciência em sala de aula.** *Ciência e Educação*, v. 9, p. 53-65, 2003.

SILVA, J. R. SimQuest: **Ferramenta de Modelagem Computacional para o Ensino de Física.** *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 33, n. 1, mar. 2011.

SILVA, G. R.; **História da Ciência e experimentação: perspectivas de uma abordagem para os anos iniciais do ensino fundamental.** *Revista Brasileira de História da Ciência*, v. 6, p. 121-132, 2013.

SILVEIRA, S.; GIRARDI, M. **Desenvolvimento de um kit experimental com arduino para o ensino de física moderna no ensino médio.** *Revista Brasileira de Ensino de Física*, SciELO Brasil, v. 39, n. 4, 2017.

SILÍCIO, Visa. **Robótica e Sistemas Digitais: apostila arduino básico.** 2020. Disponível: <https://commitlinux.com.br/wp-content/uploads/2016/06/Apostila-Arduino-Vol-1.pdf>. Acesso em: 10/02/2020.

SOLIMAR, Prof. **Multímetro.** 2020. <https://profsolimar.blogspot.com/2012/02/desvendando-os-multimetros.html>. Acesso em :12/02/2020.

SOUZA, Audrey Pietrolli; ROUSSO, Ademir José, **Mediação e zona de desenvolvimento proximal (ZDP): entre pensamentos e práticas docentes,**

UFGP, Apresentado no X Congresso Nacional de Educação-EDUCERE na PUCPR, 2011.

SOUZA, Fernando Antônio Arújo, **Vídeoaulas com abordagem experimental: uma prosta didática para o ensino de física nos cursos integrados de nível médio e superior do IFPE Caruaru**, Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal de Pernambuco, Campus Caruaru, 2017.

STRIUER, Marilúca dos Santos Domingos. **O processo de Mediação: das definições teóricas às propostas pedagógicas**, EUTOMIA Revista de literatura e linguística, UENP, 2017.

SFORNI, M. S. F. **Aprendizagem e Desenvolvimento: o papel da mediação**. In: Vera Lúcia Fialho Capellini; Rosa Maria Manzoni. (Org.). **Políticas públicas, práticas pedagógicas e ensino-aprendizagem: diferentes olhares sobre o processo educacional**. Bauru-UNESP/FC/SP: Cultura Acadêmica, 2008.

VASCONCELLOS, M. J. E. **Pensamento sistêmico: novo paradigma da ciência**. Campinas: Papyrus, 2002.

VÁLIO, Adriana Benetti et al. **Ser protagonista: Física, 3º ano: ensino médio**, 3 ed. São Paulo, SN, 2016.

VISCOVINI, R. [et.al]. **Maquete didática de um sistema trifásico de corrente alternada com Arduino: ensinando sobre a rede elétrica**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 33, n. 3, p. 856-869, dez. 2015. Disponível: <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2015v32n3p856>. Acesso em: 28 jan. 2020.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. 7. ed. São Paulo: Martins fontes. 2007a.

VYGOTSKY, L. S. **A formação Social da Mente: O desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. 6º edição, São Paulo: Martins Fontes, 2002.

VYGOTSKI, L. S. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1984a.

VYGOTSKI, L. S. **Pensamento e Linguagem**. Rio de Janeiro: Martins Fontes, 1984b.

VYGOTSKY, Lev. S. **Pensamento e Linguagem** 7. ed. São Paulo: Martins fontes. 2007b.

VYGOTSKY, Liev S. **Psicologia Pedagógica**. Edição comentada por Guilherme Blanck. Tradução de Cláudia Schilling. Porto Alegre: Artes Médicas, 2003.

WEBBER, M.C.M. **Inserção de Mecânica Quântica no Ensino Médio: uma proposta para professores**. Dissertação. UFRGS. 2006.

TEGMARK, Max; WHEELER, John Archibald, **100 anos de mistérios quânticos**, Revista Scientific American Brasil, 15 set de 2003.

## Anexo - Quadro com link de vídeos

O Quadro 2 indica alguns vídeos que poderão ser úteis na compreensão da utilização e do funcionamento de LEDs.

<b>Sequência</b>	<b>Título</b>	<b>Endereço eletrônico e acesso</b>
1	LED o que é como utilizar?	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=quLK2nVWvPM">https://www.youtube.com/watch?v=quLK2nVWvPM</a> . Acesso em: 20 fev. 2020.
2	LED - Como funciona, tipos e ligações!	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=CEqm_SvMZ6I">https://www.youtube.com/watch?v=CEqm_SvMZ6I</a> . Acesso em: 20 fev. 2020.
3	O que é o diodo?	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=rR8WdjZ5tHQ">https://www.youtube.com/watch?v=rR8WdjZ5tHQ</a> . Acesso em: 20 fev. 2020.
4	Diodo e Junção PN.	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=NeoNq7vc_4k">https://www.youtube.com/watch?v=NeoNq7vc_4k</a> . Acesso em: 20 fev. 2020.

Quadro 2: Vídeos esclarecedores sobre o funcionamento e uso de LEDs.

Fonte: autores

## Apêndices

### Apêndice A - Questionário do pré-teste e pós-teste

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA NATUREZA

MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

**Título da Pesquisa: Determinação da constante de Planck com diodos emissores de luz e microcontrolador Arduino para a terceira série do ensino médio.**

**Mestrando:** José Weliton Bassi da Silva

**Orientador:** Professor Dr. Marcelo Castanheira da Silva

Sou aluno do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática - MPECIM da Universidade Federal do Acre. Venho pedir apoio para minha pesquisa e que respondam o questionário a seguir com dedicação. A agradeço a colaboração. Seu anonimato será garantido.

1) Entre as inovações que surgiram no início do século XX, descreva o que sabe sobre a Física Moderna.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

2) Já ouviu falar no Microcontrolador Arduino? Comente o que sabe a respeito dele.

.....  
.....  
.....  
.....

3) Incide-se luz num material fotoelétrico e não se observa a emissão de elétrons. Para que ocorra a emissão de elétrons do mesmo material basta que aumente(m):

- a) ( ) a intensidade de luz
- b) ( ) a frequência da luz
- c) ( ) o comprimento de onda da luz
- d) ( ) a intensidade e a frequência da luz
- e) ( ) a intensidade e o comprimento de onda da luz

4) O que representa a Constante de Planck?

-----  
-----

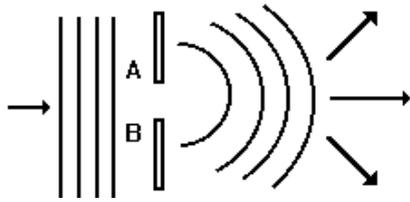
5) Quando há incidência de radiação eletromagnética sobre uma superfície metálica, elétrons podem ser arrancados dessa superfície e eventualmente produzir uma corrente elétrica. Esse fenômeno pode ser aplicado na construção de dispositivos eletrônicos, tais como os que servem para abrir e fechar portas automáticas. Ao interagir com a superfície metálica, a radiação eletromagnética incidente se comporta como:

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

6) Os diodos emissores de luz (*Light Emitting Diode* – LED) são dispositivos que transformam energia elétrica em luz. Cite algumas vantagens e algumas aplicações de se usar LEDs.

-----  
-----

-----7) Um movimento ondulatório se propaga para a direita e encontra o obstáculo AB, onde ocorre o fenômeno representado na figura. Assim, o fenômeno que temos na figura é o de:



- a) ( ) difração      b) ( ) refração      c) ( ) polarização      d) ( ) interferência

8) Ondas eletromagnéticas se propagam no vácuo na velocidade da luz. Cite algumas ondas eletromagnéticas que conheça.

-----  
-----

9) Os resistores são elementos de circuito que consomem energia elétrica, convertendo-a integralmente em energia térmica. A conversão de energia elétrica em energia térmica é chamada de:

- a) ( ) Efeito Joule    b) ( ) Efeito Térmico    c) ( ) Condutores    d) ( ) Resistores

10) Os materiais semicondutores são muito utilizados na produção de detectores e em sistema eletrônicos, se situam na faixa entre os isolantes e condutores. O LED é um semicondutor, largamente utilizado em circuitos eletrônicos e luminosos, como em controle remotos, sensores de alarmes residenciais ou industriais. Ele tem várias características que fazem com que seja bastante utilizado, como o baixo consumo de energia, dimensões pequenas e alta durabilidade, Assim, de acordo com os semicondutores, assinale a alternativa em V para verdade e F para falsa.

- a) ( ) Os diodos são componentes semicondutores.
- b) ( ) Os semicondutores podem ser do tipo n, tipo p ou junções como a p-n.
- c) ( ) Os semicondutores do tipo p são chamados de materiais doadores de elétrons.
- d) ( ) Semicondutores de junção p-n permitem a condução de corrente elétrica em ambos sentidos.

## Respostas do questionário

1) A Física Moderna designa o conjunto de teorias físicas que surgiram no início do século XX, com contribuições importantes de Albert Einstein e Max Planck. Planck explicou a radiação do corpo negro, dando uma abordagem quântica a esse fenômeno que evitava a catástrofe do ultravioleta, que não era possível de ser explicada pela Física Clássica. Outro acontecimento, com várias aplicações nos dias atuais, foi o efeito fotoelétrico, descoberto em 1887 por Hertz, mas explicado por Einstein em 1905 no qual estendeu a quantização para a energia eletromagnética livre, isto é, a luz é formada por quanta, posteriormente batizada de fótons.

2) o Arduino é um pequeno computador que você pode programar para processar entradas e saídas entre o dispositivo e os componentes externos conectados a ele.

3) (b)

4) A Constante de Planck ( $h$ ) é a constante usada para indicar a energia ( $E$ ) e a frequência ( $f$ ) das radiações eletromagnéticas, sendo que para determinar a energia de um fóton usar a seguinte equação:  $E = h \cdot f$ .

5) (b)

6) Baixo consumo de energia e alta durabilidade, sendo aplicado em vários equipamentos eletrônicos como televisores, computadores, rádios etc.

7) (a)

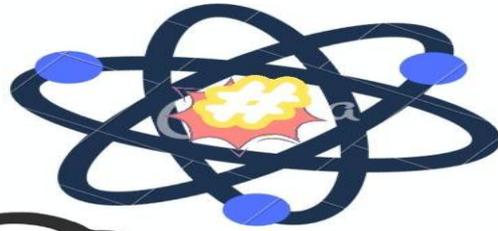
8) Exemplos de onda eletromagnética: Ultravioleta, luz visível, micro-ondas, infravermelho, raios x, ondas de rádio, raio gama etc.

9) (a)

10) a) (V)      b) (V)      c) ( V)      e      d) (F)

**Apêndice B- Convite para os alunos e Ganhadores do sorteio**

**VEM PARTICIPAR  
DE UMA PRÁTICA  
EXPERIMENTAL  
PESQUISA:  
CONHECENDO O  
ARDUINO E  
APLICAÇÕES DE  
LED'S**



**#ÂNIMO**



**AGENDE SEU  
HORÁRIO  
999859620  
28 E 29 DE MAIO  
OBEDECENDO AS  
RECOMENDAÇÕES  
DO MINISTÉRIO DA  
SAÚDE**

Alunos que ganharam o sorteio dos Kits com um microcontrolador arduino.



## **Apêndice C- Teoria para os alunos**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE**

**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**

**CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA NATUREZA**

**MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA**

**Título da Pesquisa: Determinação da constante de Planck com diodos emissores de luz e microcontrolador arduino para a terceira série do ensino médio.**

**Mestrando:** José Weliton Bassi da Silva

**Orientador:** Professor Dr. Marcelo Castanheira da Silva

Sou aluno do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática- MPECIM, na Universidade Federal do Acre. Venho pedir apoio para minha pesquisa e desde já agradeço a colaboração de todos.

### **Fundamentação Teórica**

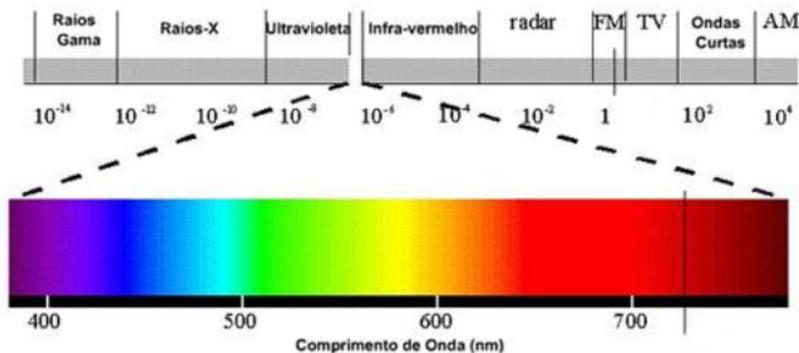
#### **1 Ondas eletromagnéticas e o espectro visível**

As ondas eletromagnéticas são formadas por dois campos variáveis, sendo um o campo elétrico e o outro campo magnético que se propagam, podendo ocorrer no vácuo e em outros meios. São exemplos de ondas eletromagnéticas as ondas de rádio, como as ondas de rádio AM (Amplitude Modulada) e FM (Frequências Modulada), ondas de telefonia celular, ondas luminosas (luz), micro-ondas, raios X e gama, entre outras.

As ondas eletromagnéticas se propagam no vácuo com a velocidade de 299.792.458 m/s. Essas ondas foram estudadas por Maxwell, através de quatro equações, descrevendo como cargas e corrente elétricas originam campos elétricos e magnéticos.

A luz branca proveniente do Sol é resultado da superposição das diversas frequências (cores) que constituíram o espectro visível, veja a Figura 1 onde mostra o detalhe do espectro visível.

**Figura 1:** A banda do espectro eletromagnético, priorizando a parte do espectro visível



Fonte: Adaptado de Lopes (2013).

## 2 Difração

A difração é igual ao desvio da propagação retilínea da luz, trata-se de efeito característico de fenômenos ondulatórios, que ocorre sempre que parte de uma frente de onda (sonora, de matéria, ou eletromagnética) é obstruída e para Costa e Fragnito (2010) os fenômenos de difração são observados para todos os tipos de ondas e sendo raramente observada a difração da luz no cotidiano.

Quando uma onda sonora atinge um obstáculo, em geral ela o contorna. Assim esse efeito é denominado difração, que permite que uma pessoa converse com outro sendo que elas estão separadas por um muro.

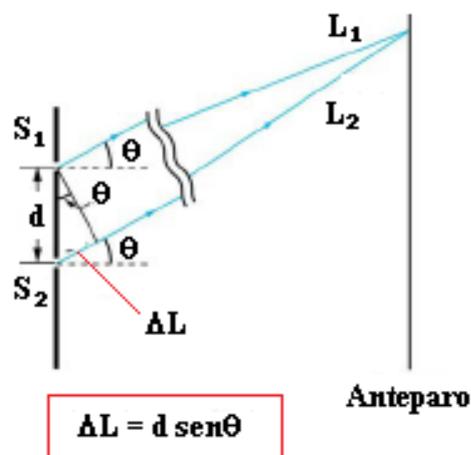
De acordo com Alvarenga e Máximo (2008) essa propriedade dos movimentos ondulatórios foi estudada em 1803 por Thomas Young, que conseguiu demonstrar o fenômeno de interferência da luz. Ele demonstrou que a luz é um movimento ondulatório e que também sofre difração ao passar por um pequeno orifício. Segundo Halliday, Resnick e Walker (2009):

A difração pode ser explicada facilmente pela Teoria Ondulatória da Luz. Esta teoria, desenvolvida inicialmente por Huygens e usada por Young para explicar a interferência numa fenda dupla, levou muito tempo para ser

adotada, em grande parte porque ela entrava em choque com a Teoria de Newton.

A Figura 2 mostra dois raios atravessando uma fenda dupla, no qual há uma diferença de caminho ( $\Delta L$ ) entre eles. O anteparo é colocado a uma distância muito maior que a separação  $d$  das fendas ( $S_1$  e  $S_2$ ), isso faz com os dois raios ( $L_1$  e  $L_2$ ) sejam praticamente paralelos, mantendo o mesmo ângulo  $\theta$  com a horizontal.

Figura 2: Interferência de fenda dupla



Fonte: Adaptado de Hinrichs e Urone (2017).

Do triângulo retângulo formado é possível obter a relação  $\Delta L = d \text{ sen } \theta$ . A **interferência construtiva de uma fenda dupla** ocorre quando há uma diferença de caminho múltipla do comprimento de onda  $\lambda$ .

$$d \text{ sen } \theta = m\lambda, \quad \text{para } m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (1)$$

### 3 Resistores e as leis de Ohm

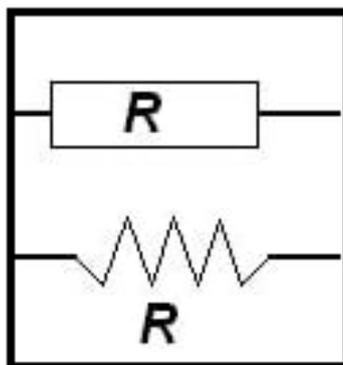
Quando um condutor elétrico sólido é percorrido por uma corrente elétrica, parte da energia dos elétrons que constituem a corrente elétrica é transformada em energia térmica (efeito Joule), devido a colisões internas com outros átomos ou íons presentes nesse condutor.

O resistor é um elemento em um circuito que tem a função de transformar energia elétrica em energia térmica, normalmente seus materiais constituintes são condutores de aço nos terminais e um material resistivo central como o tungstênio

ou carvão. Resistores estão presentes em vários equipamentos como o chuveiro elétrico, o secador de cabelos e as lâmpadas incandescentes.

Todo resistor dificulta a passagem da corrente elétrica e sua intensidade é medida pela resistência elétrica  $R$  (Figura 3).

**Figura 3:** Representações de um resistor.



Fonte: os autores.

A 1ª lei de Ohm tem esse nome em homenagem o físico alemão George Simon Ohm, em suas experiências, descobriu que a intensidade da corrente elétrica ( $i$ ) que atravessa um condutor é diretamente proporcional a diferença de potencial ddp ( $V$ ) aplicada aos seus extremos.

$$i \propto V \quad \text{ou} \quad V \propto i. \quad (1)$$

Assim, a proporcionalidade 1 pode ser convertida numa equação denominada de 1ª Lei de Ohm:

$$V = Ri. \quad (2)$$

No Sistema Internacional de Unidades (SI), a ddp é medida em volts (V), a corrente  $i$  em ampere (A) e a resistência  $R$  em ohm ( $\Omega$ ).

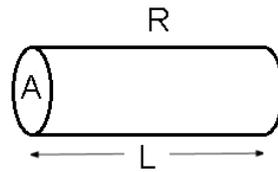
A resistência de um condutor cilíndrico, segundo Alvarenga e Máximo (2008), depende do material de que é constituído e de sua geometria: comprimento  $L$  e da área de sua secção transversal  $A$ .

$$R = \rho \frac{L}{A}, \quad (3)$$

$\rho$  é a resistividade elétrica medida em  $\Omega \cdot m$  no SI.

A Figura 4 mostra um esquema de um resistor cilíndrico.

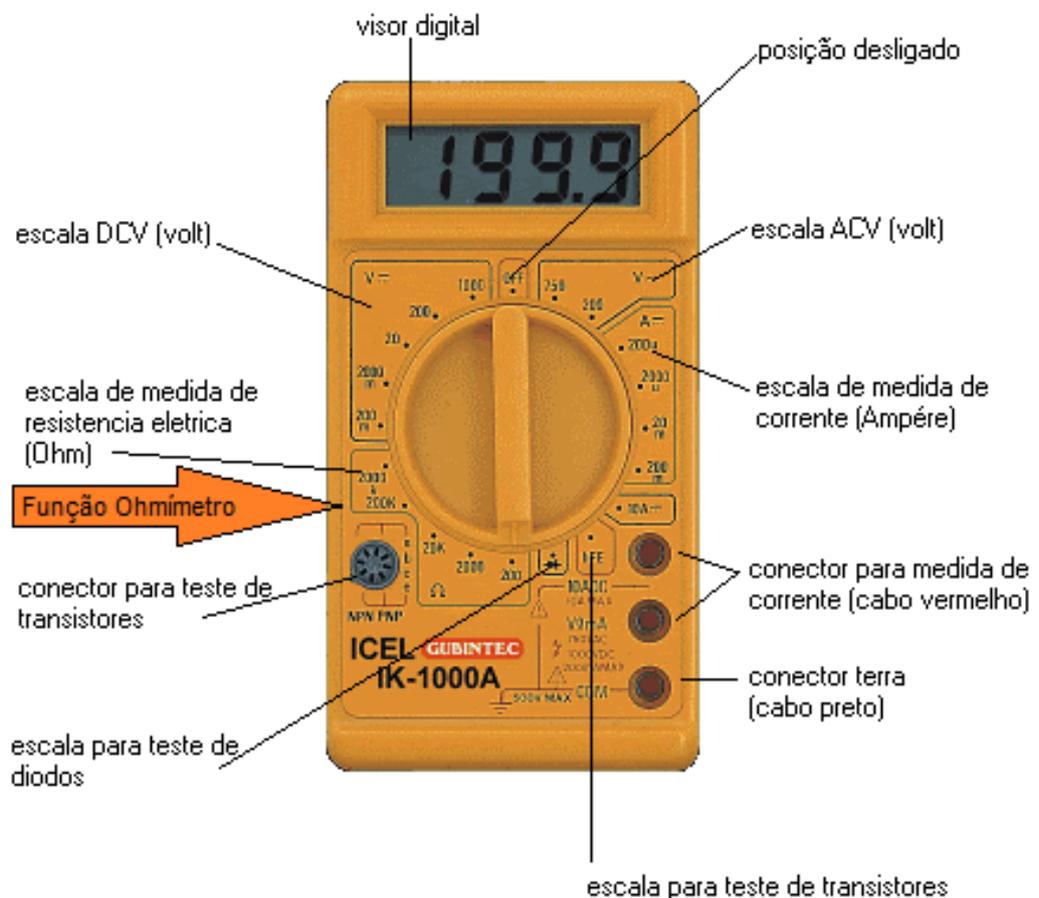
**Figura 4:** Resistor cilíndrico.



Fonte: os autores.

Uma maneira é medir a resistência elétrica de um resistor através de equipamento chamado multímetro (Figura 5), que inclui a função ohmímetro (verificar a resistências), e a outra é determinada pelo código de cores (Figura 6).

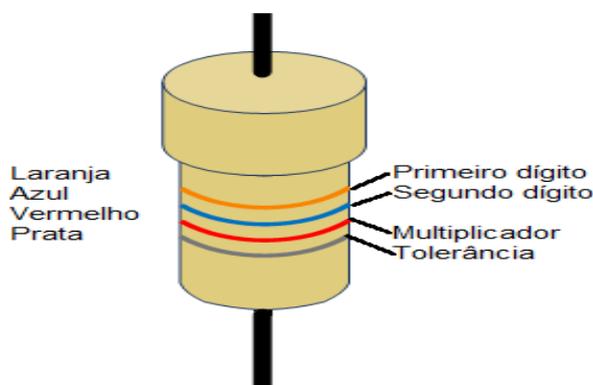
**Figura 5:** Multímetro e a função ohmímetro.



Fonte: Solimar, 2020, adaptada pelos autores. Disponível:

<https://profsolimar.blogspot.com/2012/02/desvendando-os-multímetros.html>. Acesso em: 09 março 2020.

**Figura 6:** Código de cores para determinação do valor da resistência



. Fonte: os autores.

O valor da resistência de um resistor pode vir escrito na própria peça ou estar impressa por um código de cores (Quadro 1). As duas primeiras cores indicam os dois primeiros dígitos no valor da resistência, a terceira cor a potência de 10 que o valor será multiplicado (multiplicador) e a quarta cor é a tolerância. Analisando a Figura 6, a resistência será  $36 \cdot 10^2 \Omega = 3.600 \Omega$  com uma tolerância de 10%.

**Quadro 1:** Código de cores resistores quatro faixas.

Cor	1º dígito	2º dígito	Multiplicador	Tolerância
Preto	0	0	1	
Marrom	1	1	$10^1$	$\pm 1\%$
Vermelho	2	2	$10^2$	$\pm 2\%$
Laranja	3	3	$10^3$	
Amarelo	4	4	$10^4$	
Verde	5	5	$10^5$	
Azul	6	6	$10^6$	
Violeta	7	7	$10^7$	
Cinza	8	8	$10^8$	
Branco	9	9	$10^9$	
Ouro			$10^{-1}$	
Prata			$10^{-2}$	$\pm 10\%$

Fonte: Adaptado de Mundo da Elétrica (2020). Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/codigo-de-cores-de-resistores/>. Acesso em: 09 março 2020.

## **4 Física Quântica**

A Física Quântica teve seu início no final do século XIX e início do Século XX, quando alguns resultados experimentais não estavam de acordo com o que previam as leis da Física Clássica. É possível que alguns historiadores da ciência que se referiram a século XX, como Junior e Neto (1997) explica que o século XX é o século da quanta, pelo grau de influencia dessa teoria científica em nosso mundo e o impacto da Física Quântica na sociedade contemporânea, como as aplicações tecnológico que são utilizadas no cotidiano das pessoas, como exemplos transistores e laser. Essa teoria física que foi elaborado entre os anos de 1900 a 1927, sendo ocupado na história da ciência como um período de destaque.

Para Barbosa (2008) a física teve uma grande revolução no final do século XIX e no inicio do século XX, que começa a deixa algumas crenças da mecânica clássica e que ele não conseguia explicar até o momento que poderia ser o fim da mecânica clássica, pois, existia vários fenômenos que permaneciam sem explicação, com exemplos como efeito fotoelétrico, a radiação do corpo negro e a estrutura atômica estável e permanecendo até 1900, e logo no anos seguintes com a descoberta dos raios X, da radioatividade, com as teorias de Max Planck e Albert Einstein dando inicio a Física Moderna.

Nesse período teve vários cientistas que desenvolveram essa teoria, e Junior e Neto (1997) comenta alguns nomes de destaque no século XX, entre eles temos Planck, Einstein, Bohr, De Broglie, Heisenberg, Schrödinger, Dirac, Born, Pauli e Feynman, têm o seu nome relacionado à Física Quântica.

## **5 Conceitos básicos sobre Mecânica Quântica**

Segundo Bauer et al. (2013), a teoria que teve um grande desenvolvimento foi a Física Quântica (também conhecida como Mecânica Quântica) que levou a compreensão de vários fenômenos e possibilitou a elaboração de inúmeras aplicações que são usadas pela sociedade: laser, ressonância magnética, entre outros. Assim, iremos falar de alguns fenômenos e conceitos que são relevantes para essa área.

## 5.1 Radiação do corpo negro

A agitação das cargas elétricas que compõem a matéria seria responsável pela produção de ondas eletromagnéticas chamadas de radiação do corpo negro, onde esse é o nome dado a um objeto ideal que absorve a radiação que é incidente sem haver reflexão. Sendo chamados de Corpos Negros e independentemente de sua composição química, todos eles sempre irão emitir o mesmo espectro da radiação se estiverem na mesma temperatura Eisberg e Resnick (1985). A matéria emite radiação eletromagnética cuja energia  $E$  é proporcional à sua frequência de vibração  $f$ . De acordo com Hinrichs e Urone (2017), a radiação do negro:

foi descoberta pelo Físico alemão Max Planck (1858-1947) que usou a ideia de que átomos e moléculas em um corpo agem como osciladores para absorver e emitem radiação. As energias dos átomos e moléculas oscilantes tiveram que ser quantizadas para descrever corretamente a forma de o espectro do corpo negro.

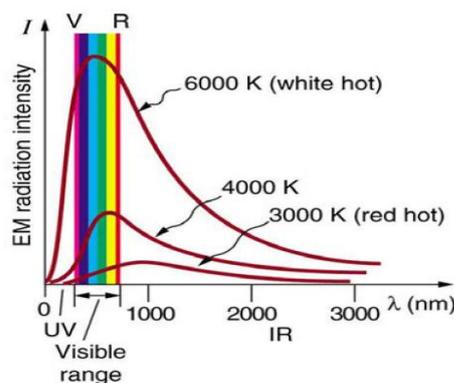
Sendo possível deduzir a energia do oscilador pela Equação:

$$E = \left(n + \frac{1}{2}\right).h.f \quad 1$$

onde  $n$  é qualquer número inteiro positivo, de forma discreta e quantizada a energia,  $h$  é a constante de Planck ( $h = 6,626 \times 10^{-34}$  Js) e  $f$  a frequência.

A Figura 7 apresenta o espectro da radiação de corpo negro em temperaturas diferentes (3000 K, 4000 K e 6000 K). A intensidade da radiação eletromagnética emitida aumenta fortemente com elevação da temperatura, cujo pico se concentra na região visível e ultravioleta do espectro. Esse fato ficou conhecido como “catástrofe do ultravioleta” e não podia ser explicado pela Física Clássica.

**Figura 7:** Gráfico da radiação de um corpo negro.



Fonte: Hinrichs e Urone (2017).

## 5.2 Espectro atômico

O espectro atômico de emissão é obtido pela passagem de uma descarga elétrica através de um material, onde apenas certos comprimentos de onda são emitidos (quantização), o espectro de linha, assim a quando um átomo emite um fóton da energia, ele perde esta energia. Como a energia que o átomo pode perder só certos valores discretos, e que as energias dos fótons emitidos representam as diferenças entre estes valores. A Figura 8 mostra o espectro de emissão do oxigênio.

**Figura 8:** Espectro de emissão do oxigênio.

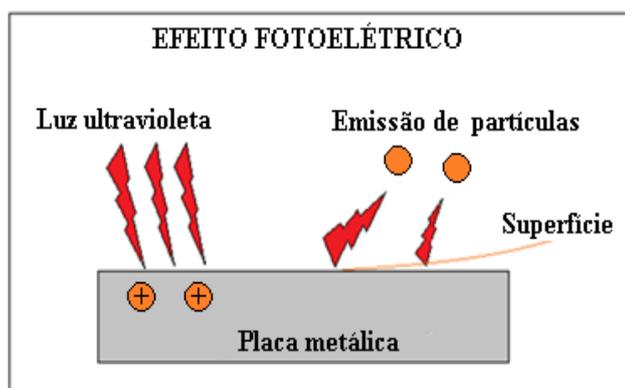


Fonte: Hinrichs e Urone (2017).

## 5.3 Efeito fotoelétrico

O efeito fotoelétrico foi revelado acidentalmente por Hertz em 1887, quando estudava a natureza eletromagnética da luz. No ano seguinte, Hallwachs mostrou que objetos metálicos irradiados com luz ultravioleta adquiriam carga positiva (Figura 9). Lenard e Wolf sugeriram que a luz ultravioleta forçaria a saída de partículas da superfície metálica. Essas partículas ainda eram desconhecidas, pois o elétron só foi descoberto em 1897. Santos (2002).

**Figura 9:** Efeito fotoelétrico idealizado por Hallwachs em 1888.



Fonte autores.

Em 1889, Thomson postulou que as partículas emitidas seriam os elétrons e provou experimentalmente a partir da relação carga/massa ( $e/m$ ), associando com elétrons de raios catódicos.

Junior e Neto (1997) relatou que Einstein retomava a expressão usada por Planck ( $E = hf$ ), afirmando que a luz era composta por “grãos” de energia eletromagnética cujo valor é igual a  $hf$ , os fótons.

Segundo Einstein cada elétron absorve um fóton e pode adquirir energia suficiente para escapar da superfície. A energia mínima necessária para que isso ocorra se chama trabalho ( $\tau$ ), cujo valor depende do tipo de metal.

$$E = hf - \tau \quad (4)$$

Segundo Hinrichs e Urone (2017), a equação 4 nada mais é que a expressão do princípio de conservação da energia. É possível determinar o valor mínimo da frequência ( $f_{\min}$ ) da radiação eletromagnética a partir do qual os elétrons podem escapar da superfície, atribuindo zero a energia ( $E = 0$ ) na Equação 4.

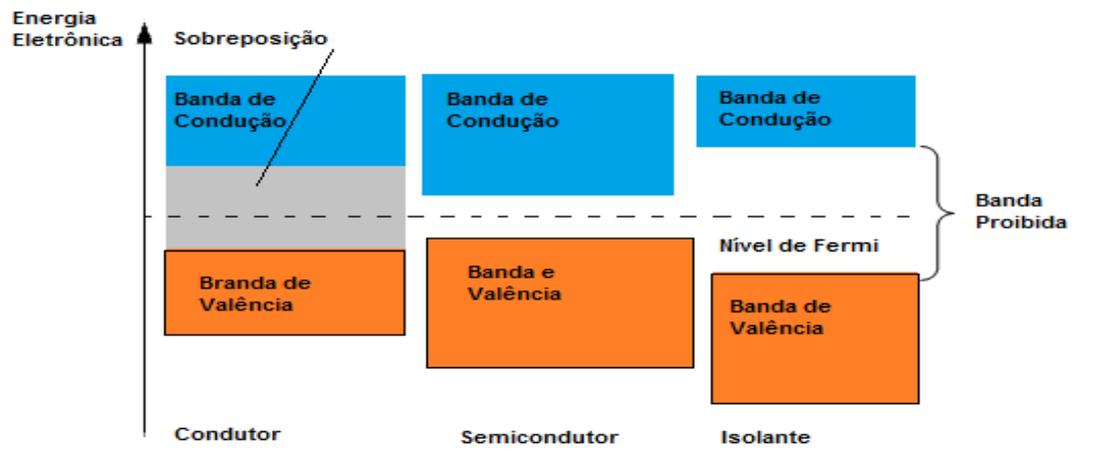
$$f_{\min} = \frac{\tau}{h} \quad (5)$$

O efeito fotoelétrico possui aplicações interessantes como as calculadoras movidas à luz solar e dispositivos que controlam a abertura da porta de elevadores ou de lojas.

## 6 Semicondutores

De modo geral, quanto à natureza elétrica, os sólidos podem ser bons ou maus condutores de eletricidade (isolantes ou dielétricos). Entretanto, segundo Biasi e Melo (1975), também existem os semicondutores, cuja característica de condução é intermediária entre os condutores e isolantes elétricos. A Figura 10 apresenta a organização das bandas de energia para os sólidos. Nos materiais isolantes temos uma banda proibida (*gap*) bem larga, a temperaturas “normais” nenhum elétron consegue passar da banda de valência para a banda de condução. Já nos materiais semicondutores, o *gap* não é tão grande e uma fração de elétrons pode passar para a banda de condução por ativação térmica. Nos materiais condutores não há *gap*, ocorrendo uma sobreposição.

Figura 10: Bandas de energia dos sólidos. Fonte



Fonte: adaptado de PUC (2020). Disponível: [https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/16334/16334\\_3.PDF](https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/16334/16334_3.PDF). Acesso em: 11 mar. 2020.

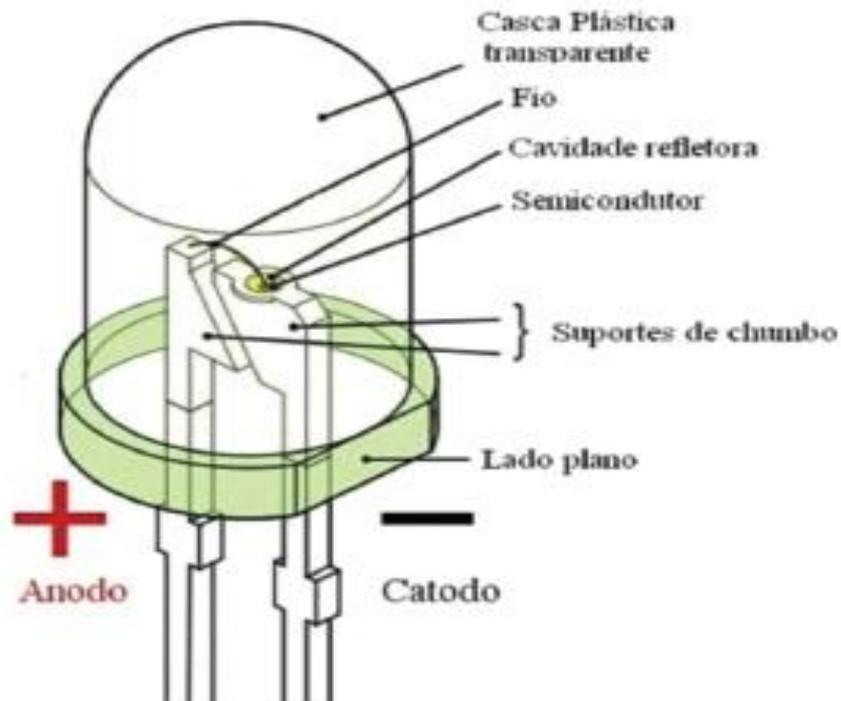
A Energia de Fermi é a energia do nível mais alto ocupado por um elétron em temperatura de 0 K. O nível de Fermi estará no centro da banda proibida, quando o número de estados disponíveis nas bandas de condução e de valência forem iguais. Num semicondutor tipo-n (negativo), o número de elétrons na faixa de condução é maior do que no caso intrínseco (material sem impureza), apesar da densidade de estados serem iguais. Consequentemente, o nível de Fermi e a função de distribuição serão deslocados para o alto, perto da banda de condução. Já em um semicondutor tipo-p, eles serão deslocados para baixo. Quando há a sobreposição do nível de Fermi com a banda de valência ou de condução, o material é chamado de semicondutor degenerado (PUC, 2020).

Os semicondutores são materiais que a condutividade não é mais alta do que os condutores, mas têm algumas características que diferenciam dos condutores e isolantes. Eles são bastante sensíveis à presença de impurezas, a zero kelvin ou 0 K (temperatura mínima do universo e vale  $-273^{\circ}\text{C}$ ) tem sua banda de valência (BV) preenchida e a sua banda de condução (BC) vazia. O intervalo de energia proibida, “energia de *gap*”, a temperatura de 300 K ou  $27^{\circ}\text{C}$ , é da ordem de 1,11 eV para o silício (Si) e 0,66 eV para o germânio (Ge) Bauer (2013). O elétron-volt é unidade de energia definida como o trabalho realizado ao se mover um elétron através de uma diferença de potencial de 1 volt, e equivale a  $1,60 \times 10^{-19}$  joules.

## 7 LED

Os diodos emissores de luz, para Biasi (1975) são dispositivos que transformam energia elétrica em luz que diretamente polarizado, o LED tem a sigla é a abreviação do termo inglês Light Emitting Diode, ou Diodo Emissor de Luz, na língua portuguesa, a estrutura de um LED é descrita como a de um diodo comum, veja na Figura 11 um LED, tem uma junção p-n, sujeita a um tensão direta e conduzir corrente elétrica em um único sentido e emite luz no espectro visível.

**Figura 11:** Representação de um LED.



Fonte: (Moura, Silva, et al., 2011).

Os LEDs são largamente utilizados nos dias atuais em circuitos eletrônicos e luminosos: controle remoto, sensores de alarmes residenciais ou industriais. Além disso, tem baixo consumo de energia, dimensões pequenas e alta durabilidade.

A Figura 12 apresenta a foto de alguns diodos comerciais.

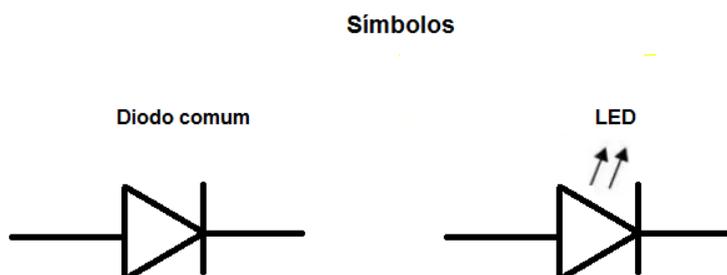
**Figura 12:** Representação de um LED.



Fonte: os autores.

Em um circuito o LED ou um diodo comum pode ser representado pelos seguintes símbolos da figura 13.

**Figura 13:** Representação do símbolo de Led e diodos comum.



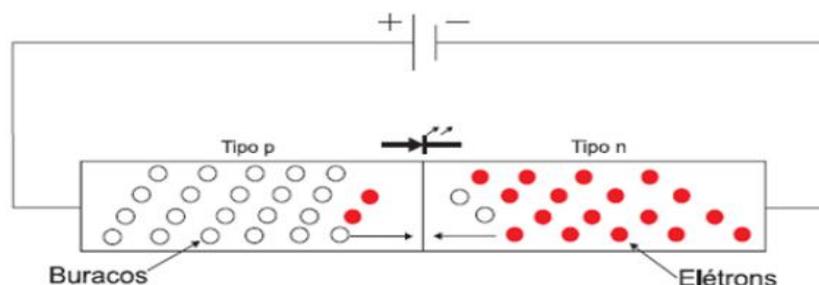
Fonte: adaptado pelos autores de HUB, 2020. Disponível: <https://www.electronicshub.org/led-light-emitting-diode/>. Acesso em: 14 mar. 2020.

Os LEDs são largamente utilizados nos dias atuais utilizados em circuitos eletrônicos e luminosos, como exemplo desses dispositivos que usa LED como controle remoto, em sensores de alarmes, residenciais, ou indústrias, ele tem várias características que fazem com que eles sejam cada dia mais utilizados, como o baixo consumo de energia, dimensões pequenas e alta durabilidade.

Quando é aplicada uma tensão no LED, segundo Válio et al (2016) que o LED tem o seu lado negativo na região n e o lado positivo na região p, com aplicação da tensão aumentará a energia de todos os elétrons da região n e diminuindo da região p, tendo uma redução da barreira potencial entre as duas regiões, fazendo com que os elétrons da região n tenha energia suficiente para atravessar a junção na direção da banda de condução da região p da mesma forma, os buracos na região p terão a

energia aumentada e podendo atravessar a junção para a região n e é possível compreender melhor na Figura 14 a recombinação elétron-buraco após a aplicação da tensão. Assim, a distância em energia entre essas duas bandas, damos o nome de GAP.

**Figura 14:** Recombinação elétron-buraco após uma fonte externa de tensão ser aplicada sobre os terminais do diodo.



Fonte: (Moura, Silva, et al., 2011).

O LED é, na verdade, um diodo que tem um direcionamento específico para conduzir corrente e só acenderá quando a energia fornecida aos elétrons de sua banda de valência for pelo menos igual à diferença entre sua banda de condução e de valência. E quando fornecemos essa energia, sofre uma transição até a banda de condução e, ao retornar ao seu estado inicial, emite radiação que deve ter uma energia pelo menos igual à recebida.

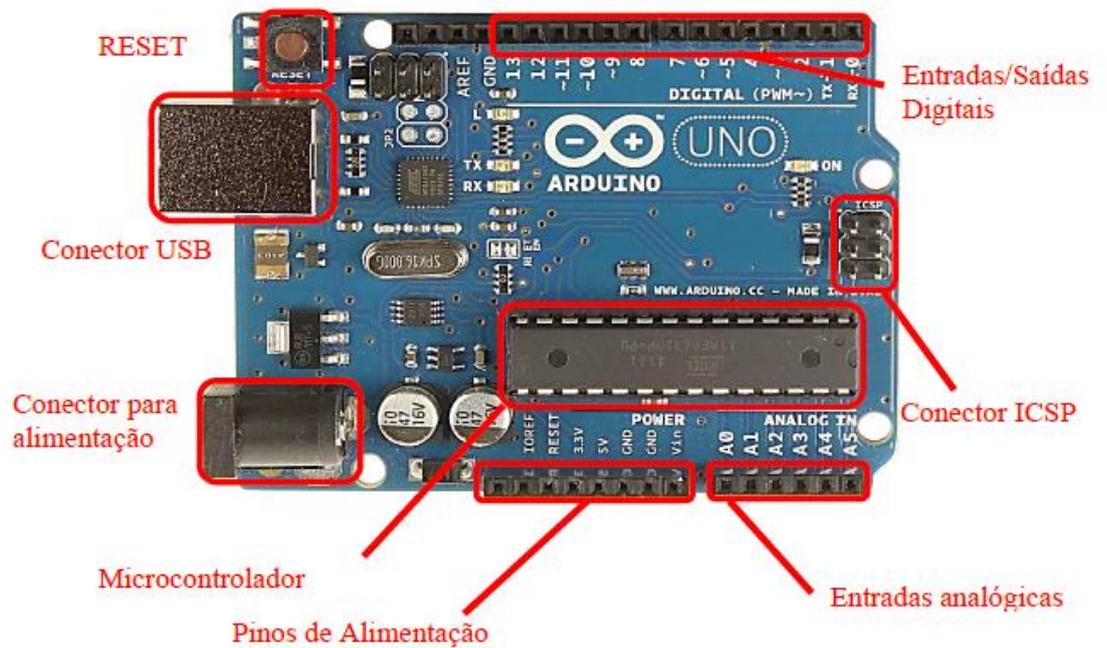
Sugestões de vídeos:

- |   |             |
|---|-------------|
| 1- LED o que é como utilizar?   | Disponível: |
| <a href="https://www.youtube.com/watch?v=quLK2nVWvPM">https://www.youtube.com/watch?v=quLK2nVWvPM</a> |             |
| 2- LED- Como Funciona, tipos e ligações!  | Disponível: |
| <a href="https://www.youtube.com/watch?v=CEgm_SvMZ6I">https://www.youtube.com/watch?v=CEgm_SvMZ6I</a> |             |
| 3- O que é o diodo?   | Disponível: |
| <a href="https://www.youtube.com/watch?v=rR8WdjZ5tHQ">https://www.youtube.com/watch?v=rR8WdjZ5tHQ</a> |             |
| 4- Diodo e Junção PN.   | Disponível: |
| <a href="https://www.youtube.com/watch?v=NeoNq7vc_4k">https://www.youtube.com/watch?v=NeoNq7vc_4k</a> |             |

## 8 O Arduino

O arduino é um pequeno computador que você pode programar para processar entradas e saídas entre o dispositivo e os componentes externos conectados a ele, veja na Figura 15 a placa arduino Uno e a identificação dos pinos.

**Figura 15:** Identificação dos pinos e dos principais componentes do Arduino UNO.



Fonte: Castro (2016).

**Quadro 2:** Componentes e descrição.

Componente	DESCRIÇÃO
<b>Microcontrolador</b>	Um computador inteiro dentro de um pequeno chip. Este é o dispositivo programável que roda o código que enviamos à placa.
<b>Conector USB</b>	Conecta o arduino ao computador. É por onde o computador e o arduino se comunicam com o auxílio de um cabo USB, além de ser uma opção de alimentação da placa.
<b>Reset</b>	Botão que reinicia a placa arduino
<b>Pinos de Alimentação</b>	Fornecem diversos valores de tensão que podem ser utilizados para energizar os componentes do seu projeto. Devem ser usados com cuidado, para que não sejam

	forçados a fornecer valores de corrente superiores ao suportado pela placa.
<b>Pinos de Entrada e Saída</b>	Pinos que podem ser programados para agirem como entradas ou saídas fazendo com que o arduino interaja com o meio externo. O arduino UNO possui 14 portas digitais (I/O), 6 pinos de entrada analógica e 6 saídas analógicas (PWM).
<b>Conector de Alimentação</b>	Responsável por receber a energia de alimentação externa, que pode ter uma tensão de no mínimo 7 Volts e no máximo 20 Volts e uma corrente mínima de 300mA. Recomendamos 9 V, com um pino redondo de 2,1 mm e centro positivo. Caso a placa também esteja sendo alimentada pelo cabo USB, ele dará preferência à fonte externa automaticamente

Fonte: Adaptado de SILÍCIO (2020).

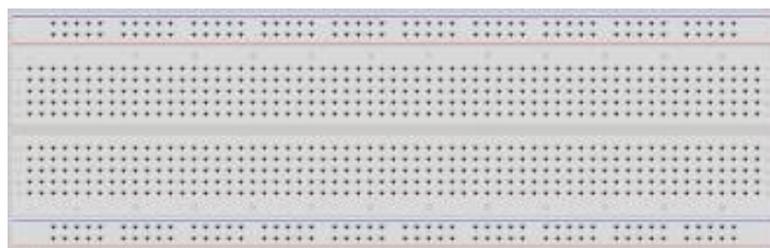
Sugestões de vídeos:

1- O que é arduino, afinal de contas? Disponível:  
<https://www.youtube.com/watch?v=sv9dDtYnE1g&t=184s>

## 9 Protoboard

Também conhecido como placa de ensaio ou matriz de contato irá auxiliar em muito em seus projetos, pois proporciona de maneira rápida e sem a necessidade de solda alguma a conexão entre os componentes existentes em um projeto. Veja a imagem de uma protoboard na Figura 16.

**Figura 16:** uma protoboard



Fonte: autores.

É possível observar que o Protoboard tem linhas e colunas de orifícios onde devem ser introduzidos os componentes, mas, deve ser observado como estas linhas e colunas se encontram conectadas, ligadas entre si.

Sugestão de Vídeo:

1- Aprenda a usar a protoboard. Disponível:  
<https://www.youtube.com/watch?v=R2VY10ZUBqA>

## 10 Jumpers

São cabos flexíveis e que tem em suas extremidades uma ponta rígida para fácil introdução nos furos presentes no Protoboard facilitando assim a ligação entre componentes e sua alimentação. Veja na Figura 17.

**Figura 17:** cabos flexíveis.



Fonte: autores.

Sugestão de Vídeo:

1-Usar a protoboard e Jumper. Disponível:  
<https://www.youtube.com/watch?v=C0cX7wBSsLI>

## Apêndice D- Roteiro da prática experimental

### Prática sobre a determinação do comprimento de onda do LED, a energia de *gap* e a constante Planck

**Autores:** Mestrando: José Weliton Bassi da Silva | Professor: Dr. Marcelo Castanheira da Silva | MPECIM - UFAC

**Objetivos:** determinar comprimento de onda do LED vermelho, a energia de Gap e a constante de Planck.

**Materiais:** CD (disco compacto) velho ou novo, fita, álcool, régua, papel milimetrado, calculadora ou celular, prendedor de papel, um anteparo (pode ser uma caixa), placa arduino, potenciômetro de  $10k\Omega$ , resistor de  $330\ \Omega$ , LED vermelho de alto brilho, *protoboard* e cabos flexíveis (*jumper*s).

### Montagem e execução do experimento

I) Pegue um CD e retire a película protetora usando uma fita. Em seguida limpe-o com álcool para remover a parte remanescente da cola (Figura R1).

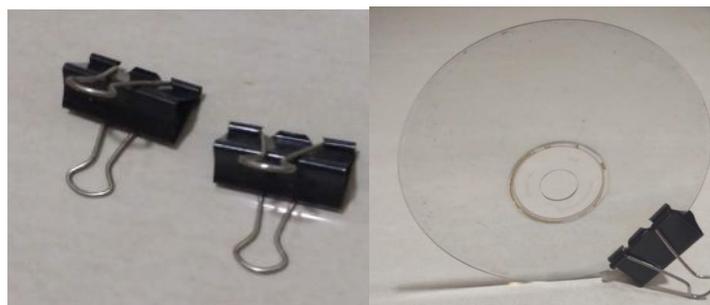
**Figura R1:** Retirada de parte da película de um CD.



Fonte: autores.

II) Coloque o prendedor de papel na borda do CD (Figura R2).

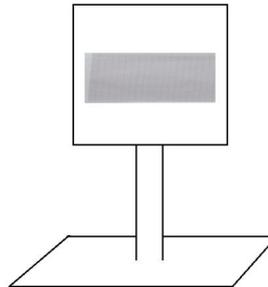
**Figura R2:** prendedores de papel (esquerda) e borda do CD fixa com o prendedor (direita).



Fonte: autores.

III) Cole um pedaço de papel milimetrado no anteparo conforme o exemplo da Figura R3.

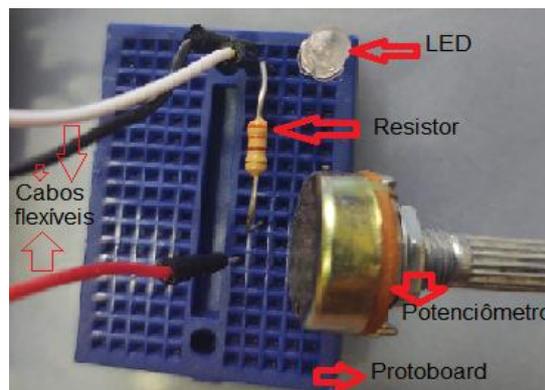
**Figura R3:** Suporte e anteparo com o papel milimetrado



Fonte: autores.

IV) Conecte o LED, o potenciômetro, o resistor e os cabos flexíveis na *protoboard* (Figura R4).

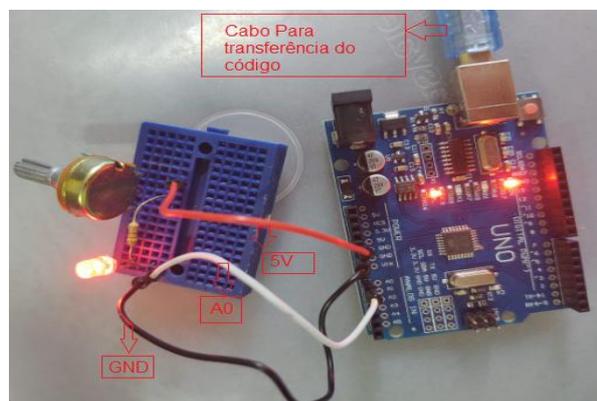
**Figura R4:** Montagem na *protoboard*



Fonte: autores.

V) Ligue a montagem feita na *protoboard* no arduino (Figura R5).

**Figura R5:** Montagem na protoboard conectada na placa arduino.



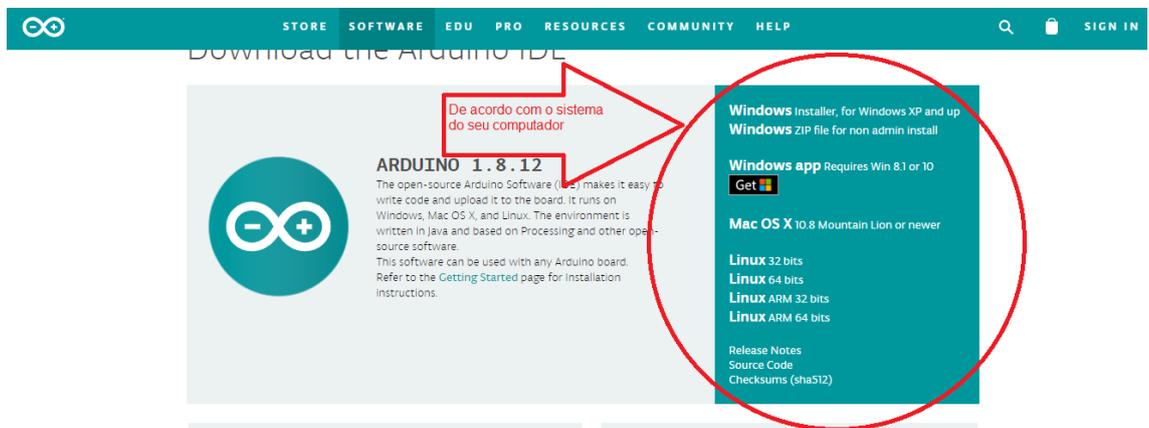
Fonte: autores.

VI) Faça o *download* do aplicativo arduino no endereço: <https://www.arduino.cc/>. Depois siga os passos abaixo:

1º passo: clique em *Downloads*.



2º passo: escolha o sistema operacional.



3º passo: abra o programa na área de trabalho clicando duas vezes no ícone:



4º passo: selecione a placa que será usada.



5º passo: copie o código abaixo.

```

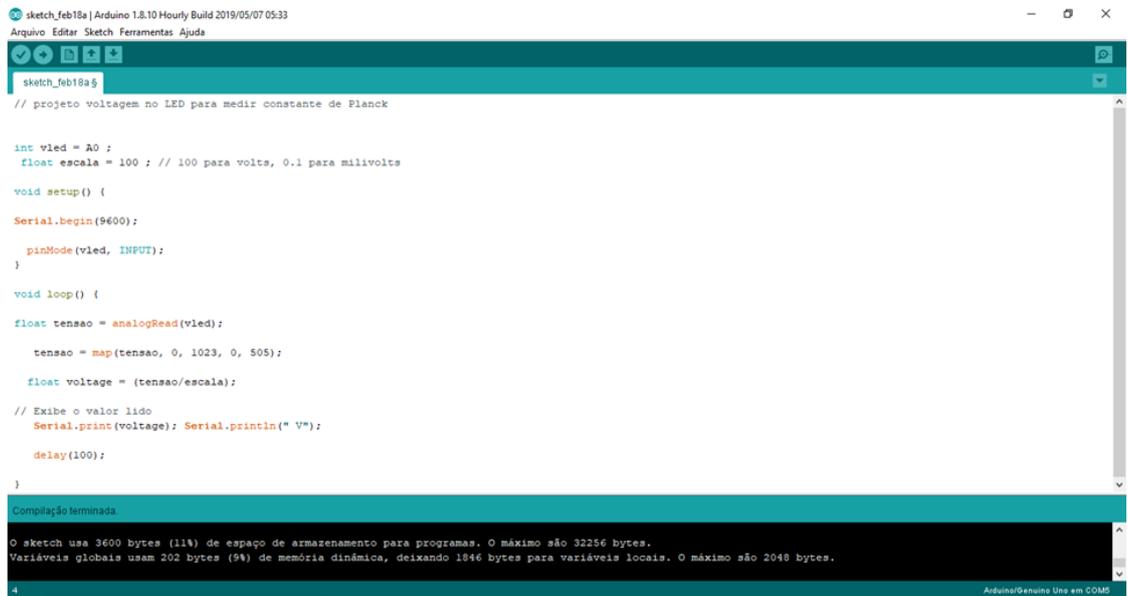
// projeto voltagem no LED para medir constante de Planck (Placa UNO)
int vled = A0 ;
float escala = 100 ; // 100 para volts, 0.1 para milivolts
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(vled, INPUT);
}
void loop() {
float tensao = analogRead(vled);
  tensao = map(tensao, 0, 1023, 0, 505);
  float voltage = (tensao/escala);
// Exibe o valor lido
  Serial.print(voltage); Serial.println(" V");
  delay(100);
}

```

6º passo: cole o código na área de trabalho do programa, indicada a seguir.

7º passo: clique em **verificar** para saber se há algum erro.

8º passo: transfira o código após conectar o cabo USB (*Universal Serial Bus* ou “Porta Universal”).



```
sketch_feb18a$
// projeto voltagem no LED para medir constante de Planck

int vled = A0 ;
float escala = 100 ; // 100 para volts, 0.1 para milivolts

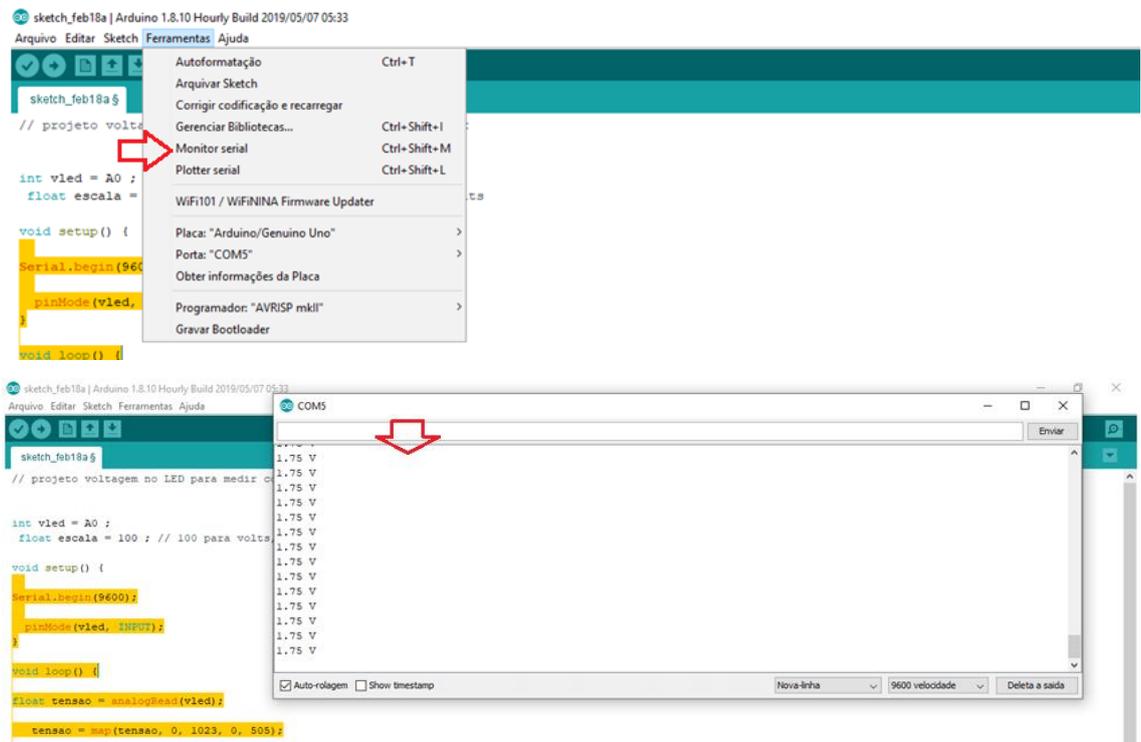
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(vled, INPUT);
}

void loop() {
  float tensao = analogRead(vled);
  tensao = map(tensao, 0, 1023, 0, 505);
  float voltage = (tensao/escala);

  // Exibe o valor lido
  Serial.print(voltage); Serial.println(" V");
  delay(100);
}

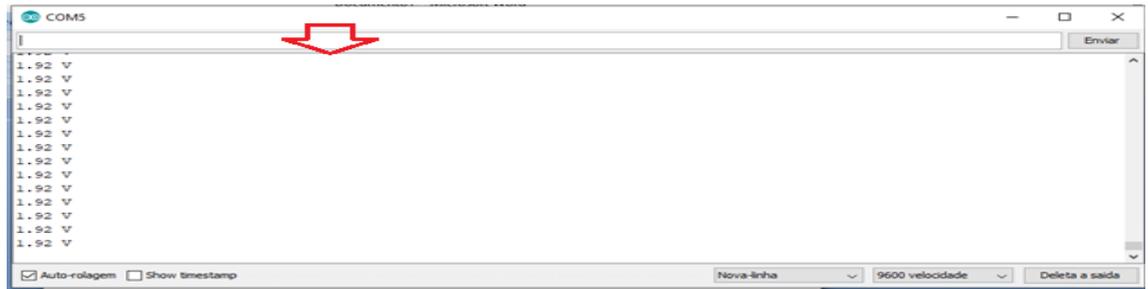
Compilação terminada
O sketch usa 3600 bytes (11%) de espaço de armazenamento para programas. O máximo são 32256 bytes.
Variáveis globais usam 202 bytes (9%) de memória dinâmica, deixando 1846 bytes para variáveis locais. O máximo são 2048 bytes.
```

9º passo: verifique a tensão elétrica que será controlada pelo potenciômetro e mostrada no **Monitor serial**.



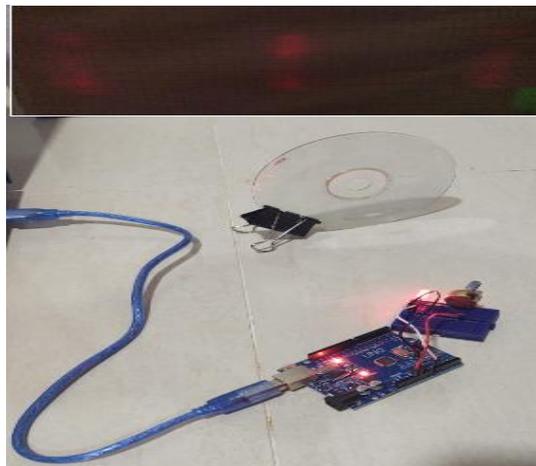
The top screenshot shows the Arduino IDE with the 'Tools' menu open. A red arrow points to the 'Monitor serial' option. The menu items include: Autoformatação (Ctrl+T), Arquivar Sketch, Corrigir codificação e recarregar, Gerenciar Bibliotecas... (Ctrl+Shift+I), Monitor serial (Ctrl+Shift+M), Plotter serial (Ctrl+Shift+L), WiFi101 / WIFININA Firmware Updater, Placa: "Arduino/Genuino Uno", Porta: "COM5", Obter informações da Placa, Programador: "AVRISP mkII", and Gravar Bootloader.

The bottom screenshot shows the 'Serial Monitor' window. A red arrow points to the text area, which displays a continuous stream of '1.75 V' readings. The window also shows 'Auto-rolagem' checked, 'Show timestamp' unchecked, and a baud rate of 9600.



10º passo: ligue o arduino computado como o código e o circuito montado na *protoboard* e com o LED aceso. Aproxime do CD para obter a difração no anteparo (Figura R6). Os alunos deverão ficar mudando de lugar a *protoboard* e o CD até que apareça a difração no anteparo.

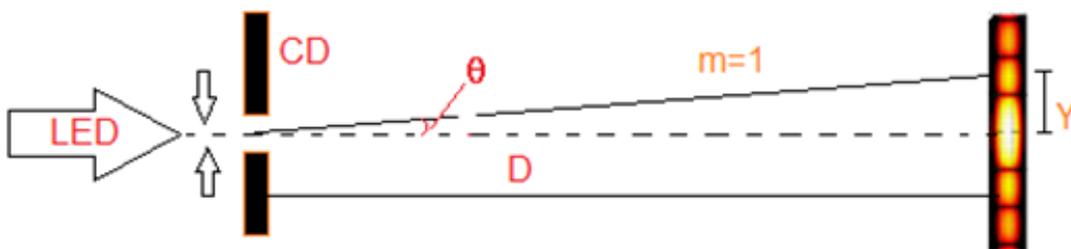
**Figura R6:** Demonstração da montagem.



Fonte: autores.

11º passo: meça a distância entre o máximo central e o primeiro máximo da difração ( $Y$ ) no anteparo e a distância entre o CD e o anteparo ( $D$ ), segundo a Figura 15.

**Figura R7:** Ilustração da difração da luz do LED no anteparo juntamente com as grandezas envolvidas.



Fonte: autores.

Distância entre o máximo central e o primeiro máximo da difração no anteparo.	$Y =$
Distância entre o CD e o anteparo.	$D =$

12º passo: determine a tangente do ângulo  $\theta$  e em sequência o valor desse ângulo pela função arco tangente.

Tangente do ângulo $\theta$	$\text{tg } \theta = Y/D =$
Ângulo $\theta$	$\theta = \text{tg}^{-1} (Y/D) =$

13º passo: use a equação T1 da Teoria da Prática ( $d \text{ sen } \theta = m\lambda$ ), com  $m = 1$  (primeiro máximo de difração), o valor de  $\theta$  e  $d = 1,5 \mu\text{m}$  (distância entre fendas do CD obtido previamente no laboratório de Óptica da UFAC), para determinar o comprimento de onda emitido pelo LED em  $\mu\text{m}$  ( $10^{-6} \text{ m}$ ), em  $\text{nm}$  ( $10^{-9} \text{ m}$ ) e em  $\text{m}$ .

Comprimento de onda ( $\mu\text{m}$ )	$\lambda =$
Comprimento de onda ( $\text{nm}$ )	$\lambda =$
Comprimento de onda ( $\text{m}$ )	$\lambda =$

14º passo: meça a tensão de corte ( $V_c$ ) do LED. Esta é medida quando o LED tiver o maior brilho, controlado pelo potenciômetro.

Valor da tensão de corte ( $V_c$ ) do LED	$V_c =$
---	---------

15º passo: calcule a energia de ativação ( $E_{at}$ ) em joules (J) e em elétron-volts (eV). Para isso basta usar a relação  $E_{at} = qV_c$ , onde  $q$  é a carga elétrica, que nesse caso é igual ao módulo da carga do elétron ( $q = |e| = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$ ). A fórmula anterior foi derivada da relação  $\Delta U = q \cdot \Delta V$  (a variação da energia potencial elétrica é igual à carga vezes a diferença de potencial). Outra unidade de energia bastante usada, quando se trabalha a nível atômico ou molecular, é a unidade elétron-volt, onde  $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$ .

Valor da energia de ativação em J ( $E_{at}$ )	$E_{at} = qV_c =$
--	-------------------

Valor da energia de ativação em eV ( $E_{at}$ )	$E_{at} = qV_c =$
---	-------------------

16º passo: determine a frequência de corte ( $f_c$ ). Esta é feita pela relação  $c = \lambda f$ , lembrando que  $c$  é a velocidade da luz no vácuo ( $c = 3,00 \times 10^8$  m/s).

Valor da frequência de corte em Hz ( $f_c$ )	$f_c =$
--	---------

17º passo: obtenção da constante de Planck  $h$  em J.s em em eV.s. Basta usar a relação  $E = hf$ , onde  $E$  corresponde a energia de ativação e  $f$  é a frequência de corte.

Valor da constante de Planck em J.s	$h =$
Valor da constante de Planck em eV.s	$h =$

Calcule o erro percentual entre o valor que obteve para  $h$  em J com valor real da constante que é  $6,626 \times 10^{-34}$  J.s, dado por  $E_p = 100 \times |h_{obtido} - h_{real}| / h_{real}$ .

## Apêndice E- Formulário de apresentação no local da Pesquisa



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS E  
MATEMÁTICA

### Formulário para apresentação de mestrandos no local de pesquisa

**DE: Prof.ª Dr.ª Salete Maria Chalub Bandeira**  
Coordenadora do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática

**PARA: Diretor da Escola Estadual São João Batista**

**ASSUNTO: Apresentação do mestrando (a) José Weliton Bassi da Silva - Turma 2019 para desenvolver sua pesquisa.**

Senhor Diretor,

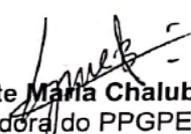
Vimos por meio deste apresentar o Mestrando José Weliton Bassi da Silva - Turma 2019, portador do CPF: 528.686.642-53; RG: 375039 com o tema - **Determinação da Constante De Planck Com Diodos Emissores De Luz e Microcontrolador Arduino Para a Terceira Série do Ensino Médio**, sob orientação do Prof. Dr. Marcelo Castanheira da Silva.

Na oportunidade, solicitamos a colaboração da Escola para que o referido mestrando desenvolva sua pesquisa no ano de 2020.

Justificamos a escolha desta escola com base nos argumentos: local de trabalho do mestrando.

Por fim, caso a Direção deseje outras informações, nos colocamos à disposição pelo e-mail: mar\_castanheira@yahoo.com.br.

Atenciosamente,

  
**Prof.ª Dr.ª Salete Maria Chalub Bandeira**  
Coordenadora do PPGPECIM  
Portaria N.º 4.001, de 30 de dezembro de 2019

*Recebi em 26/05/20*  
  
Antonio Matias da C. Filho  
DIRETOR / ESJB  
Port / Gab / SEE Nº 67 / 2020



**Universidade Federal do Acre**  
Pró- Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
Centro de Ciências Biológicas e da Natureza-CCBN  
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática

### TERMO DE ASSENTIMENTO DO MENOR

Você está sendo convidado para participar da pesquisa intitulada: **Determinação da Constante De Planck Com Diodos Emissores De Luz e Microcontrolador Arduino Para a Terceira Série do Ensino Médio**, sob a responsabilidade de **José Weliton Bassi da Silva**, do curso de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática / MPECIM – UFAC. O objetivo de estimular o estudo de Física Moderna e Contemporânea na terceira série do ensino médio, através de uma prática experimental capaz de determinar a constante de Planck, utilizando materiais de baixo custo e o microcontrolador Arduino.

A sua participação é importante no sentido de participar; ajudar a testar/utilizar (em sala de aula/na escola) ou em local que tenha a interação professor na prática para mensurar a constante de Planck, o comprimento de onda e a energia de ativação por meio da realização de medidas da montagem experimental, associando os conceitos vistos com aplicações em dispositivos tecnológicos do cotidiano. A pesquisa será divulgada, no máximo, até o mês de maio de 2021. Os resultados vão ser publicados, mas sem sua identificação, pois não falaremos, explicitamente, a outras pessoas das informações pessoais que nos fornecer; nem daremos a estranhos tais informações. **Contudo, com sua autorização e a de seus pais, poderemos fazer o uso de algumas imagens.** Se você ainda tiver alguma dúvida, você pode nos perguntar ou esclarecer através do número de celular que foi indicado no cartão.

Eu Samyelly dos Santos Rodrigues aceito participar desta pesquisa. Entendi os riscos, os benefícios e as coisas boas que podem acontecer. Entendi que posso dizer "sim" e participar, mas que, a qualquer momento, posso dizer "não" e desistir que não irá impactar nos estudos do pesquisador. O pesquisador tirou minhas dúvidas e conversou com os meus responsáveis. Recebi uma cópia deste termo de assentimento e li e concordo em participar da pesquisa.

Bujari-Ac, 28 de maio de 2020.

Samyelly dos Santos Rodrigues

Assinatura do menor



**Universidade Federal do Acre**  
Pró- Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
Centro de Ciências Biológicas e da Natureza-CCBN  
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática

#### TERMO DE ASSENTIMENTO DO MENOR

Você está sendo convidado para participar da pesquisa intitulada: **Determinação da Constante De Planck Com Diodos Emissores De Luz e Microcontrolador Arduino Para a Terceira Série do Ensino Médio**, sob a responsabilidade de **José Weliton Bassi da Silva**, do curso de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática / MPECIM – UFAC. O objetivo de estimular o estudo de Física Moderna e Contemporânea na terceira série do ensino médio, através de uma prática experimental capaz de determinar a constante de Planck, utilizando materiais de baixo custo e o microcontrolador Arduino.

A sua participação é importante no sentido de participar; ajudar a testar/utilizar (em sala de aula/na escola) ou em local que tenha a interação professor na prática para mensurar a constante de Planck, o comprimento de onda e a energia de ativação por meio da realização de medidas da montagem experimental, associando os conceitos vistos com aplicações em dispositivos tecnológicos do cotidiano. A pesquisa será divulgada, no máximo, até o mês de maio de 2021. Os resultados vão ser publicados, mas sem sua identificação, pois não falaremos, explicitamente, a outras pessoas das informações pessoais que nos fornecer; nem daremos a estranhos tais informações. **Contudo, com sua autorização e a de seus pais, poderemos fazer o uso de algumas imagens.** Se você ainda tiver alguma dúvida, você pode nos perguntar ou esclarecer através do número de celular que foi indicado no cartão.

Eu Kaylane de Abreu Melo aceito participar desta pesquisa. Entendi os riscos, os benefícios e as coisas boas que podem acontecer. Entendi que posso dizer "sim" e participar, mas que, a qualquer momento, posso dizer "não" e desistir que não irá impactar nos estudos do pesquisador. O pesquisador tirou minhas dúvidas e conversou com os meus responsáveis. Recebi uma cópia deste termo de assentimento e li e concordo em participar da pesquisa.

Bujari-Ac, 28 de maio de 2020.

Kaylane de Abreu Melo

Assinatura do menor



**Universidade Federal do Acre**  
Pró- Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
Centro de Ciências Biológicas e da Natureza-CCBN  
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática

**TERMO DE ASSENTIMENTO DO MENOR**

Você está sendo convidado para participar da pesquisa intitulada: **Determinação da Constante De Planck Com Diodos Emissores De Luz e Microcontrolador Arduino Para a Terceira Série do Ensino Médio**, sob a responsabilidade de **José Weliton Bassi da Silva**, do curso de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática / MPECIM – UFAC. O objetivo de estimular o estudo de Física Moderna e Contemporânea na terceira série do ensino médio, através de uma prática experimental capaz de determinar a constante de Planck, utilizando materiais de baixo custo e o microcontrolador Arduino.

A sua participação é importante no sentido de participar; ajudar a testar/utilizar (em sala de aula/na escola) ou em local que tenha a interação professor na prática para mensurar a constante de Planck, o comprimento de onda e a energia de ativação por meio da realização de medidas da montagem experimental, associando os conceitos vistos com aplicações em dispositivos tecnológicos do cotidiano. A pesquisa será divulgada, no máximo, até o mês de maio de 2021. Os resultados vão ser publicados, mas sem sua identificação, pois não falaremos, explicitamente, a outras pessoas das informações pessoais que nos fornecer; nem daremos a estranhos tais informações. **Contudo, com sua autorização e a de seus pais, poderemos fazer o uso de algumas imagens.** Se você ainda tiver alguma dúvida, você pode nos perguntar ou esclarecer através do número de celular que foi indicado no cartão.

Eu Carlos Keren de Moraes Maia aceito participar desta pesquisa. Entendi os riscos, os benefícios e as coisas boas que podem acontecer. Entendi que posso dizer "sim" e participar, mas que, a qualquer momento, posso dizer "não" e desistir que não irá impactar nos estudos do pesquisador. O pesquisador tirou minhas dúvidas e conversou com os meus responsáveis. Recebi uma cópia deste termo de assentimento e li e concordo em participar da pesquisa.

Bujari-Ac, 28 de maio de 2020.

Carlos Keren

Assinatura do menor



Universidade Federal do Acre  
Pró- Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
Centro de Ciências Biológicas e da Natureza-CCBN  
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática

#### TERMO DE ASSENTIMENTO DO MENOR

Você está sendo convidado para participar da pesquisa intitulada: **Determinação da Constante De Planck Com Diodos Emissores De Luz e Microcontrolador Arduino Para a Terceira Série do Ensino Médio**, sob a responsabilidade de **José Weliton Bassi da Silva**, do curso de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática / MPECIM – UFAC. O objetivo de estimular o estudo de Física Moderna e Contemporânea na terceira série do ensino médio, através de uma prática experimental capaz de determinar a constante de Planck, utilizando materiais de baixo custo e o microcontrolador Arduino.

A sua participação é importante no sentido de participar; ajudar a testar/utilizar (em sala de aula/na escola) ou em local que tenha a interação professor na prática para mensurar a constante de Planck, o comprimento de onda e a energia de ativação por meio da realização de medidas da montagem experimental, associando os conceitos vistos com aplicações em dispositivos tecnológicos do cotidiano. A pesquisa será divulgada, no máximo, até o mês de maio de 2021. Os resultados vão ser publicados, mas sem sua identificação, pois não falaremos, explicitamente, a outras pessoas das informações pessoais que nos fornecer; nem daremos a estranhos tais informações. **Contudo, com sua autorização e a de seus pais, poderemos fazer o uso de algumas imagens.** Se você ainda tiver alguma dúvida, você pode nos perguntar ou esclarecer através do número de celular que foi indicado no cartão.

Eu Valéria Aparecida B. dos Santos aceito participar desta pesquisa. Entendi os riscos, os benefícios e as coisas boas que podem acontecer. Entendi que posso dizer "sim" e participar, mas que, a qualquer momento, posso dizer "não" e desistir que não irá impactar nos estudos do pesquisador. O pesquisador tirou minhas dúvidas e conversou com os meus responsáveis. Recebi uma cópia deste termo de assentimento e li e concordo em participar da pesquisa.

Bujari-Ac, 28 de maio de 2020.

Valéria Aparecida B. dos Santos

Assinatura do menor



**Universidade Federal do Acre**  
Pró- Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
Centro de Ciências Biológicas e da Natureza-CCBN  
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática

#### TERMO DE ASSENTIMENTO DO MENOR

Você está sendo convidado para participar da pesquisa intitulada: **Determinação da Constante De Planck Com Diodos Emissores De Luz e Microcontrolador Arduino Para a Terceira Série do Ensino Médio**, sob a responsabilidade de **José Weliton Bassi da Silva**, do curso de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática / MPECIM – UFAC. O objetivo de estimular o estudo de Física Moderna e Contemporânea na terceira série do ensino médio, através de uma prática experimental capaz de determinar a constante de Planck, utilizando materiais de baixo custo e o microcontrolador Arduino.

A sua participação é importante no sentido de participar; ajudar a testar/utilizar (em sala de aula/na escola) ou em local que tenha a interação professor na prática para mensurar a constante de Planck, o comprimento de onda e a energia de ativação por meio da realização de medidas da montagem experimental, associando os conceitos vistos com aplicações em dispositivos tecnológicos do cotidiano. A pesquisa será divulgada, no máximo, até o mês de maio de 2021. Os resultados vão ser publicados, mas sem sua identificação, pois não falaremos, explicitamente, a outras pessoas das informações pessoais que nos fornecer; nem daremos a estranhos tais informações. **Contudo, com sua autorização e a de seus pais, poderemos fazer o uso de algumas imagens.** Se você ainda tiver alguma dúvida, você pode nos perguntar ou esclarecer através do número de celular que foi indicado no cartão.

Eu Geziellem Silveira dos Santos aceito participar desta pesquisa. Entendi os riscos, os benefícios e as coisas boas que podem acontecer. Entendi que posso dizer "sim" e participar, mas que, a qualquer momento, posso dizer "não" e desistir que não irá impactar nos estudos do pesquisador. O pesquisador tirou minhas dúvidas e conversou com os meus responsáveis. Recebi uma cópia deste termo de assentimento e li e concordo em participar da pesquisa.

Bujari-Ac, 28 de maio de 2020.

Geziellem Silveira dos Santos

Assinatura do menor



**Universidade Federal do Acre**  
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
Centro de Ciências Biológicas e da Natureza-CCBN  
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática

**TERMO DE ASSENTIMENTO DO MENOR**

Você está sendo convidado para participar da pesquisa intitulada: **Determinação da Constante De Planck Com Diodos Emissores De Luz e Microcontrolador Arduino Para a Terceira Série do Ensino Médio**, sob a responsabilidade de **José Weliton Bassi da Silva**, do curso de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática / MPECIM – UFAC. O objetivo de estimular o estudo de Física Moderna e Contemporânea na terceira série do ensino médio, através de uma prática experimental capaz de determinar a constante de Planck, utilizando materiais de baixo custo e o microcontrolador Arduino.

A sua participação é importante no sentido de participar; ajudar a testar/utilizar (em sala de aula/na escola) ou em local que tenha a interação professor na prática para mensurar a constante de Planck, o comprimento de onda e a energia de ativação por meio da realização de medidas da montagem experimental, associando os conceitos vistos com aplicações em dispositivos tecnológicos do cotidiano. A pesquisa será divulgada, no máximo, até o mês de maio de 2021. Os resultados vão ser publicados, mas sem sua identificação, pois não falaremos, explicitamente, a outras pessoas das informações pessoais que nos fornecer; nem daremos a estranhos tais informações. **Contudo, com sua autorização e a de seus pais, poderemos fazer o uso de algumas imagens.** Se você ainda tiver alguma dúvida, você pode nos perguntar ou esclarecer através do número de celular que foi indicado no cartão.

Eu Lucas Mendes Barros aceito participar desta pesquisa. Entendi os riscos, os benefícios e as coisas boas que podem acontecer. Entendi que posso dizer "sim" e participar, mas que, a qualquer momento, posso dizer "não" e desistir que não irá impactar nos estudos do pesquisador. O pesquisador tirou minhas dúvidas e conversou com os meus responsáveis. Recebi uma cópia deste termo de assentimento e li e concordo em participar da pesquisa.

Bujari-Ac, 28 de maio de 2020.

Lucas Mendes Barros

Assinatura do menor



Universidade Federal do Acre  
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
Centro de Ciências Biológicas e da Natureza-CCBN  
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática

#### TERMO DE ASSENTIMENTO DO MENOR

Você está sendo convidado para participar da pesquisa intitulada: **Determinação da Constante De Planck Com Diodos Emissores De Luz e Microcontrolador Arduino Para a Terceira Série do Ensino Médio**, sob a responsabilidade de **José Weliton Bassi da Silva**, do curso de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática / MPECIM – UFAC. O objetivo de estimular o estudo de Física Moderna e Contemporânea na terceira série do ensino médio, através de uma prática experimental capaz de determinar a constante de Planck, utilizando materiais de baixo custo e o microcontrolador Arduino.

A sua participação é importante no sentido de participar; ajudar a testar/utilizar (em sala de aula/na escola) ou em local que tenha a interação professor na prática para mensurar a constante de Planck, o comprimento de onda e a energia de ativação por meio da realização de medidas da montagem experimental, associando os conceitos vistos com aplicações em dispositivos tecnológicos do cotidiano. A pesquisa será divulgada, no máximo, até o mês de maio de 2021. Os resultados vão ser publicados, mas sem sua identificação, pois não falaremos, explicitamente, a outras pessoas das informações pessoais que nos fornecer; nem daremos a estranhos tais informações. **Contudo, com sua autorização e a de seus pais, poderemos fazer o uso de algumas imagens.** Se você ainda tiver alguma dúvida, você pode nos perguntar ou esclarecer através do número de celular que foi indicado no cartão.

Eu Ana Paula da Silva de Melo aceito participar desta pesquisa. Entendi os riscos, os benefícios e as coisas boas que podem acontecer. Entendi que posso dizer "sim" e participar, mas que, a qualquer momento, posso dizer "não" e desistir que não irá impactar nos estudos do pesquisador. O pesquisador tirou minhas dúvidas e conversou com os meus responsáveis. Recebi uma cópia deste termo de assentimento e li e concordo em participar da pesquisa.

Bujari-Ac, 28 de maio de 2020.

Ana Paula da Silva de Melo

Assinatura do menor

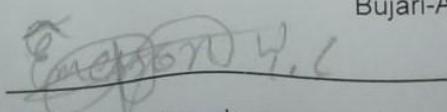
## TERMO DE ASSENTIMENTO DO MENOR

Você está sendo convidado para participar da pesquisa intitulada: **Determinação da Constante De Planck Com Diodos Emissores De Luz e Microcontrolador Arduino Para a Terceira Série do Ensino Médio**, sob a responsabilidade de **José Weliton Bassi da Silva**, do curso de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática / MPECIM – UFAC. O objetivo de estimular o estudo de Física Moderna e Contemporânea na terceira série do ensino médio, através de uma prática experimental capaz de determinar a constante de Planck, utilizando materiais de baixo custo e o microcontrolador Arduino.

A sua participação é importante no sentido de participar; ajudar a testar/utilizar (em sala de aula/na escola) ou em local que tenha a interação professor na prática para mensurar a constante de Planck, o comprimento de onda e a energia de ativação por meio da realização de medidas da montagem experimental, associando os conceitos vistos com aplicações em dispositivos tecnológicos do cotidiano. A pesquisa será divulgada, no máximo, até o mês de maio de 2021. Os resultados vão ser publicados, mas sem sua identificação, pois não falaremos, explicitamente, a outras pessoas das informações pessoais que nos fornecer; nem daremos a estranhos tais informações. **Contudo, com sua autorização e a de seus pais, poderemos fazer o uso de algumas imagens.** Se você ainda tiver alguma dúvida, você pode nos perguntar ou esclarecer através do número de celular que foi indicado no cartão.

Eu Emerson Teixeira Cardique aceito participar desta pesquisa. Entendi os riscos, os benefícios e as coisas boas que podem acontecer. Entendi que posso dizer "sim" e participar, mas que, a qualquer momento, posso dizer "não" e desistir que não irá impactar nos estudos do pesquisador. O pesquisador tirou minhas dúvidas e conversou com os meus responsáveis. Recebi uma cópia deste termo de assentimento e li e concordo em participar da pesquisa.

Bujari-Ac, 28 de maio de 2020.

  
Assinatura do menor