



**UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA (UEPS) PARA  
O ENSINO DE CONCEITOS DA FÍSICA CLÁSSICA E MODERNA POR MEIO DA  
TINTA CONDUTORA A BASE DE CARBONO**

José Claudio Amorim da Silva

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES).

**Orientador:** Prof. Dr. Luizdarcy Matos Castro

**Coorientador:** Prof. Dr. Jorge Anderson Paiva Ramos

**Vitória da Conquista – BA  
Setembro de 2022**

S586u

Silva, José Claudio Amorim da.

Uma unidade de ensino potencialmente significativa (UEPS) para o ensino de conceitos da física clássica e moderna por meio da tinta condutora a base de carbono. / José Claudio Amorim da Silva, 2022.

169f. il.

Orientador (a): Dr. Luizdarcy de Matos Castro.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-graduação do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF, Vitória da Conquista, 2022.

Inclui referência F. 169.

1. Ensino de física. 2. Física clássica. 3. Física Moderna e Grafeno. I. Castro, Luizdarcy de Matos. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física- MNPEF. IV. T.

CDD 530.7

**Catálogo na fonte: Juliana Teixeira de Assunção – CRB 5/1890**

Bibliotecária UESB – Campus Vitória da Conquista -BA



## ATA DE BANCA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Aos vinte e um dias do mês de outubro de 2022, às 9h00, por meio da plataforma virtual Google Meet, de conta institucional da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, campus de Vitória da Conquista, instalou-se a Banca Examinadora para avaliação da dissertação intitulada “Uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para o ensino de conceitos da Física Clássica e Moderna por meio da tinta condutora a base de carbono”, de autoria de José Claudio Amorim da Silva, discente do Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. A banca examinadora foi presidida pelo professor Dr. Luizdarcy de Matos Castro, Orientador do mestrando e contou com a participação das professoras Dra. Roberta D’Angela Menduni Bortoloti e Dra. Sandra Cristina Ramos, na condição de examinadoras; tendo sido APROVADA. Entretanto, para que o respectivo título possa ser concedido, com as prerrogativas legais dele advindas, o exemplar definitivo da referida dissertação deverá ser entregue (enviada), na secretaria do mestrado, em um prazo máximo de 60 (sessenta) dias, com as alterações e/ou correções sugeridas pelos membros da banca, para que possa ser homologado pelas instâncias competentes da UESB.



Documento assinado eletronicamente por **Luizdarcy de Matos Castro, Professor Titular**, em 21/10/2022, às 16:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 13º, Incisos I e II, do [Decreto nº 15.805, de 30 de dezembro de 2014](#).



Documento assinado eletronicamente por **Roberta D’Angela Menduni Bortoloti, Professor Adjunto**, em 21/10/2022, às 16:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 13º, Incisos I e II, do [Decreto nº 15.805, de 30 de dezembro de 2014](#).



Documento assinado eletronicamente por **Sandra Cristina Ramos, Professor Titular**, em 21/10/2022, às 17:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 13º, Incisos I e II, do [Decreto nº 15.805, de 30 de dezembro de 2014](#).



Documento assinado eletronicamente por **Jose Claudio Amorim da Silva, Usuário Externo**, em 21/10/2022, às 18:06, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 13º, Incisos I e II, do [Decreto nº 15.805, de 30 de dezembro de 2014](#).



Documento assinado eletronicamente por **Cristina Porto Gonçalves, Coordenador(a) do Programa**, em 21/10/2022, às 18:38, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 13º, Incisos I e II, do [Decreto nº 15.805, de 30 de dezembro de 2014](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://seibahia.ba.gov.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://seibahia.ba.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **00056310249** e o código CRC **C5D817FE**.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO - PPG  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL  
EM ENSINO DE FÍSICA - MNPEF  
Área de concentração: Ensino de Física



**UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA (UEPS) PARA O ENSINO DE CONCEITOS DA FÍSICA CLÁSSICA E MODERNA POR MEIO DA TINTA CONDUTORA A BASE DE CARBONO**

AUTOR: JOSÉ CLAUDIO AMORIM DA SILVA

DATA DE APROVAÇÃO: 21 de outubro de 2022

Este exemplar corresponde à versão final da Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, em convênio com a Sociedade Brasileira de Física – SBF, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Área de concentração: Ensino de Física.

COMISSÃO JULGADORA

*Luizdarcy de Matos Castro*  
PROF. DR. LUIZDARCY DE MATOS CASTRO

PRESIDENTE DA BANCA EXAMINADORA/ORIENTADOR

*Roberta Menduni Bortoloti*  
PROFA. DRA. ROBERTA D'ANGELA MENDUNI BORTOLOTTI  
EXAMINADORA EXTERNA

*Sandra Cristina Ramos*  
PROFA. DRA. SANDRA CRISTINA RAMOS  
EXAMINADORA INTERNA

2022



Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Ensino de Física - MNPEF  
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB  
Estrada do Bem Querer Km, 04, Vitória da Conquista - BA  
CEP: 45031-300



Dedico esta dissertação ao meus pais biológicos Oscarino José da Silva e Tereza Amorim da Silva (*in memoriam*), e a minha irmã Dalva Amorim da Silva que me criou e com todo amor e carinho, a minha filha Joana Amorim da Silva Vitoria e aos meus irmãos

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, a Deus, por estar comigo em todas as jornadas da minha vida.

À minha família, por toda força que me deram ao longo da minha jornada.

Mariane Amorim Rocha, por toda ajuda e paciência nos momentos de finalização deste trabalho.

Aos nossos professores do MNPEF polo UESB: Cristina Porto Gonçalves, Silvanio Bezerra, Jornandes Correia, Valmir Araújo e Wagner Duarte José; em especial aos professores: Luizdarcy Matos Castro e Jorge Anderson Paiva Ramos, por terem me orientado neste trabalho.

Aos meus colegas de turma: Eliene Machado, Weudes, Messias, Jorge, Jefferson, Norma, Atila, Rogério que juntos compomos uma equipe divertida e inesquecível.

Ao Colégio Monteiro Lobato na cidade de Brumado, em nome da diretora Maria Pires, por ter disponibilizado todos os recursos a seu alcance para o desenvolvimento do meu trabalho.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, por abraçar esse projeto que é o Mestrado Profissional em Ensino de Física.

À Sociedade Brasileira de Física (SBF), pela idealização do programa MNPEF.

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

## RESUMO

Este trabalho introduz a Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio (EM) presencial e/ou EAD, através de uma sequência de ensino e aprendizagem que contextualiza o tema: UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA (UEPS) PARA O ENSINO DE CONCEITOS DA FÍSICA CLÁSSICA E MODERNA POR MEIO DA TINTA CONDUTORA A BASE DE CARBONO. Devido à pandemia de COVID – 19, essa sequência foi aplicada aos alunos do EM parte na modalidade remota e parte presencial, respeitou-se todas as medidas sanitárias recomendadas pelas autoridades de saúde. Foram apresentados aos alunos o uso de novos materiais e novas tecnologias, por meio de uma visão microscópica e macroscópica dos fenômenos Físicos que ocorrem em determinados materiais, como: Condutor, semicondutor, isolantes, grafeno e carbono grafite, utilizando-se dos conceitos da Física Clássica e Física Moderna. Para o aprendizado dos conteúdos explorados, os alunos foram incentivados por meio de atividades experimentais, criando, assim, novas estratégias educacionais para o processo de ensino-aprendizagem. A UEPS é uma ferramenta fundamental de ensino que pode ser utilizada na superação das dificuldades dos professores do EM ao abordar tais assuntos e realizar experimentos relacionados ao tema proposto. Optou-se por desenvolver este trabalho para que os professores possam trazer esses conceitos Físicos para realidade dos alunos, mostrando-lhes que toda tecnologia produzida advém de grandes pesquisas na área de Ciência e que muita coisa que é ensinada em sala de aula tem uma aplicação no cotidiano. O desenvolvimento desta sequência de ensino fundamenta-se na teoria da aprendizagem significativa crítica, seguindo os métodos das unidades de ensino de Marco Antônio Moreira. A aplicação desta sequência trouxe ao aluno uma proximidade com o século XXI, pois o ensino de física tradicional deixa lacunas no que diz respeito ao uso dos conhecimentos de Física no seu cotidiano. O professor deve mediar uma conexão entre o que aluno estuda cientificamente em sala de aula e a realidade de seu cotidiano (FREIRE, 1987). Assim, seguindo os oito passos da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa de Moreira, criou-se este trabalho, no qual cada passo foi desenvolvido individualmente. No primeiro momento, buscou-se definir o assunto a ser estudado por meio de uma explanação sobre o trabalho. No segundo momento, realizou-se uma pesquisa por meio de um questionário que foi aplicado online para os alunos. No terceiro momento, propôs-se uma situação-problema e realizamos alguns experimentos utilizando lápis, Led. Fios condutores, baterias de 9V e um multímetro. No quarto momento, apresentou-se para o aluno o uso do Grafeno no futuro e as expectativas para esse material; também se apresentou a tinta capacitiva e propriedades do Carbono Grafite, tais como: condução elétrica, Efeito Joule, maleabilidade e resistividade como sugerido no tema, para isso foram realizados vários experimentos. No quinto momento, os alunos viram como, do ponto de vista da Física quântica, o Grafeno conduz corrente elétrica e no final eles realizaram uma dinâmica para melhor entendimento do assunto. No sexto momento, em uma folha de papel A4, cada aluno projetou e realizou seus próprios experimentos, usando os conceitos estudados e a tinta condutora à base de carbono. No sétimo momento, foi feita uma enquete e aplicação de um novo questionário online para os alunos, para verificar sua aprendizagem. No oitavo momento, foi avaliado todo trabalho realizado, com a indicação dos resultados.

**Palavras-chave:** Ensino de Física; Física Clássica; Física Moderna e Grafeno.

## ABSTRACT

This work introduces Modern and Contemporary Physics (FMC) in High School (EM) and/or Distance Learning by means of a teaching and learning sequence that contextualizes the theme: A POTENTIALLY MEANINGFUL TEACHING UNIT (UEPS) FOR TEACHING CONCEPTS OF CLASSIC AND MODERN PHYSICS THROUGH CARBON-BASED CONDUCTIVE INK. Due to the COVID-19 pandemic, this sequence was applied to EM students partly in the remote modality and partly in-person, following all the sanitary measures recommended by the health authorities. Students were introduced to the use of new materials and new technologies, by means of a microscopic and macroscopic view of the physical phenomena that occur in certain materials, such as: Conductors, semiconductors, insulators, graphene and carbon graphite, using the concepts of Classical Physics and Modern Physics. In order to learn the explored contents, students were encouraged by experimental activities, thus creating new educational strategies for the teaching-learning process. UEPS is a fundamental teaching tool that can be used to overcome the difficulties of EM teachers when addressing such issues and performing experiments regarding the proposed theme. This work was proposed in order for teachers to bring the Physical concepts to the reality of the students, showing them that all technology produced comes from great scientific research and that much of what is taught in the classroom has an application in everyday life. The development of this teaching sequence is based on the Critical meaningful learning theory, following the methods of Teaching units proposed by Marco Antônio Moreira. The application of this sequence brought students closer to the 21st century, inasmuch as the teaching of traditional physics leaves gaps regarding the use of knowledge of Physics in their daily lives. Teachers must mediate the connection between what students scientifically study in the classroom and the reality of their daily life (FREIRE, 1987). Thus, this work was created following the eight steps of Moreira's Potentially Significant Teaching Unit; each of these steps was developed individually. In the first moment, we sought to define the subject to be studied by explaining the work. In the second moment, a survey was performed by using a questionnaire that was applied online to the students. In the third moment, a problem statement was proposed. and we performed some experiments using pencil, Led Lamps, Conductor wires, 9V batteries and a multimeter. In the fourth moment, the use of Graphene in the future and the expectations concerning this material were presented to the students. It was also presented to the students the capacitive ink and the properties of Carbon Graphite, such as electrical conduction, Joule Effect, malleability and resistivity, as suggested in the theme. For that purpose, several experiments were conducted. In the fifth moment, Students saw how, from the point of view of Quantum Physics, Graphene conducts electric current, and, at the end, they performed a team-building activity for a better understanding of the subject. In the sixth moment, on a sheet of A4 paper, each student designed and performed their own experiments, using the studied concepts and carbon-based conductive ink. In the seventh moment, a poll was executed and a new online questionnaire was applied to the students to verify how much they have learned. In the eighth moment, the whole work done was evaluated, with the presentation of the results

**Keywords:** Teaching Physics; Classical Physics; Modern Physics and Graphene



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fio condutor vermelho .....	27
Figura 2: Corpo delimitado por duas superfícies equipotenciais .....	28
Figura 3: Representação de uma secção de um Condutor Metálico.....	31
Figura 4: Representação de um Átomo .....	35
Figura 5: Molécula de Amônia.....	36
Figura 6: Molécula de Metano .....	36
Figura 7: Propriedades do Grafite e Diamante .....	37
Figura 8: Estrutura do Grafite.....	38
Figura 9: Estrutura do Grafeno .....	38
Figura 10: Estrutura atômica do Grafeno .....	38
Figura 11: Representação da condução de corrente elétrica no Grafeno .....	39
Figura 12: Modelo Atômico de Camadas.....	40
Figura 13: Representação da Distribuição eletrônica por bandas de energia .....	41
Figura 14: Representação da distribuição energética em orbitais moleculares .....	42
Figura 15: Representação da Distribuição eletrônica para N Camada em um sólido .....	42
Figura 16: Ocupação das Bandas de Energia .....	43
Figura 17: Representação das bandas de energia em metais, semicondutores e isolantes .....	44
Figura 18: Teoria das Bandas em não metais [Carbono Grafite] .....	47
Figura 19: Diagrama de comparação entre as teorias de bandas de energia para o carbono e o Diamante.....	48
Figura 20: Bate papo informal com os alunos.....	57
Figura 21: Explicação sobre o produto educacional.....	57
Figura 22: Questionamento aos alunos: O que eles esperam das aulas.....	57
Figura 23: Explicação sobre a diferença entre a Física Quântica e a Física Clássica .....	60
Figura 24: Explicação sobre a diferença entre a Física Quântica e a Física Clássica .....	60
Figura 25: 1º experimento. estágio 3 do Produto Educacional.....	61
Figura 26 - a: Relatório do 1º experimento do Produto Educacional .....	62
Figura 26 - b: Relatório do 1º experimento do Produto Educacional.....	63
Figura 27: Realização do 1º experimento do Produto Educacional .....	64
Figura 28: Exibição sobre o uso do grafeno do grafite no futuro, sua obtenção e suas propriedades.....	65

Figura 29: Explicação sobre os conceitos Clássicos de Resistencia Elétrica, Resistividade, Condutividade. Efeito Joule .....	66
Figura 30: Material usado para confeccionar a tinta capacitiva .....	67
Figura 31: Confeção do Material para a realização do experimento do estágio 8 do Produto Educacional .....	67
Figura 32: Exibição da folha com instruções .....	68
Figura 33: Realização do 1º teste pelos alunos com a tinta Capacitiva.....	69
Figura 34: Realização do 2º teste pelos alunos com a tinta Capacitiva.....	70
Figura 35: Realização do 3º teste pelos alunos com a tinta Capacitiva.....	71
Figura 36: Realização do 4º teste pelos alunos com a tinta Capacitiva.....	71
Figura 37: Aula de introdução a Física Moderna, distribuição energética.....	73
Figura 38: Apostilha explicativa sobre a formação das bandas de energia e condutividade elétrica no grafeno .....	73
Figura 39: Realização de uma dinâmica em sala de aula para entendimento da teoria das bandas .....	75
Figura 40: Experimento nº 2, desenvolvimento de um projeto pelos alunos usando a tinta capacitiva.....	76
Figura 41: Execução dos projetos usando a tinta capacitiva, realizados pelos alunos .....	77
Figura 42: Respostas dos alunos no Mentimeter .....	80
Figura 43: Respostas dos alunos as questões 2 e 3 do questionário de sondagem.....	81
Figura 44: Respostas dos alunos as questões 4 e 5 do questionário de sondagem.....	82
Figura 45: Respostas dos alunos a questões 6 do questionário de sondagem .....	82
Figura 46: Respostas dos alunos as questões 7 e 8 do questionário de sondagem.....	82
Figura 47: Respostas dos alunos a questão 9 do questionário de sondagem.....	83
Figura 48: Respostas dos alunos a questão 10 do questionário de sondagem.....	83
Figura 49: Respostas dos alunos as questões 11 e 12 do questionário de sondagem.....	84
Figura 50: Relatório do aluno A sobre o experimento de diferenciação entre condutor, semicondutor e isolantes.....	85
Figura 51: Relatório do aluno B sobre o experimento de diferenciação entre condutor, semicondutor e isolantes.....	86
Figura 52: Resultado do experimento sobre a condutividade elétrica na tinta capacitiva. Aluno A .....	88
Figura 53: Resultado do experimento sobre a resistividade da tinta capacitiva. Aluno A .....	89
Figura 54: Resultado do experimento sobre o efeito joule e Maleabilidade. Aluno A .....	90

Figura 55: Resultado do experimento sobre a condutividade elétrica na tinta capacitiva. Aluno B .....	91
Figura 56: Resultado do experimento sobre a resistividade da tinta capacitiva. Aluno B .....	92
Figura 57: Resultado do experimento sobre o efeito joule e Maleabilidade. Aluno B.....	93
Figura 58: Resposta do Aluno “A” à dinâmica sobre a teoria das bandas .....	95
Figura 59: Resposta do Aluno” B” à dinâmica sobre a teoria das bandas.....	96
Figura 60: Relatório do experimento 3, projeto do aluno A.....	97
Figura 61:Relatório do experimento 3, projeto do aluno B.....	98
Figura 62: Resultado da pesquisa realizada no estágio 07, avaliação do projeto.....	99
Figura 63:Respostas das questões 2 e 3 do questionário de avaliação final.....	99
Figura 64:Respostas das questões 4 e 5 do questionário de avaliação final.....	100
Figura 65:Respostas das questões 6 e 7 do questionário de avaliação final.....	100
Figura 66: Respostas das questões 8, 9 e 10 do questionário de avaliação final.....	101
Figura 67: Respostas da questão 11 do questionário de avaliação final.....	101

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Integral de Linha.....	26
Equação 2: Resultado da Integral de linha equação 1 .....	27
Equação 3: Caminho de Integração de (a) até (b) da Integral de linha .....	28
Equação 4: lei de Ohm na forma local .....	28
Equação 5: Lei de Ohm na forma local integrada ao caminho.....	29
Equação 6: Lei de Ohm na forma local em função da densidade de carga, elemento de linha escalar, densidade de corrente e um vetor unitário tangencial ao caminho de integração (a) até (b) .....	29
Equação 7: Corrente que passa pelo condutor do caminho (a) até (b) .....	29
Equação 8: Densidade de corrente pelo vetor unitário tangencial ao caminho de integração (a) até (b).....	30
Equação 9: Densidade de corrente pelo vetor unitário tangencial ao caminho de integração (a) até (b).....	30
Equação 10: Cálculo da voltagem do caminho (a) até (b) em função.....	30
Equação 11: Resolução da equação 10.....	30
Equação 12: Equação Geral da lei de Ohm .....	31
Equação 13: Segunda Lei de Ohm .....	32
Equação 14: Resistencia Elétrica.....	32
Equação 15: Resistividade em função da temperatura .....	32
Equação 16: Condutividade.....	33
Equação 17: Trabalho $\tau$ .....	34
Equação 18: Carga q em função da .....	34
Equação 19: Trabalho realizado pela energia potencial elétrica .....	34
Equação 20: Energia dissipada em função .....	34

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: RBEF - Busca por palavras chaves. ....	17
Quadro 2: CBEF - Busca somente por título.....	18
Quadro 3: RBPEC – Busca somente por título .....	19
Quadro 4: FnE - Busca por título, resumo e palavras chaves.....	21
Quadro 5: Resultados de busca no Catálogo de Teses e Dissertações da Capes.....	22
Quadro 6: Resultados de busca na Biblioteca Digital da EFNNE.....	23
Quadro 7: Cronograma dos 8 Passos de Marco Antônio Moreira.....	54

## **LISTA DE ABREVIACOES E SIGLAS**

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

CBEF – Caderno Brasileiro de Ensino de Física

FMC – Física Moderna e Contemporânea

MNPEF – Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

RBEF – Revista Brasileira de Ensino de Física

UESB – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

EM – Ensino Médio

FMC – Física Moderna e Contemporânea

RBPEC – Revista Brasileira de Pesquisa em Educao em Ciências

FnE – Física na Escola

EFNNE – Encontro de Físicos do Norte e Nordeste

SNEF – Simpósio Nacional de Ensino de Física

SBF – Sociedade Brasileira de Física

CONEDU – Congressos Nacionais de Educao

ABRAPEC – Associao Brasileira de Pesquisa em Educao em Ciências

ENEN – Exame Nacional do Ensino Médio

USP – Universidade de São Paulo

IFSC – Instituto de Física de São Carlos

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2 ESTADO DO CONHECIMENTO .....</b>	<b>15</b>
2.1 REVISTAS E PUBLICAÇÕES SELECIONADAS.....	15
2.2 EVENTOS CIENTÍFICOS SELECIONADOS.....	16
2.3 PESQUISA QUANTITATIVA DO ESTADO DO CONHECIMENTO ORGANIZADAS EM FORMA DE QUADROS E APRESENTADAS NA ORDEM DEFINIDA ACIMA.....	16
2.4 A EVOLUÇÃO DA FÍSICA .....	24
2.5 A FÍSICA CLÁSSICA VERSUS FÍSICA MODERNA.....	24
2.6 CONCEITOS DA FÍSICA CLÁSSICA .....	26
<b>2.6.1 Resistência .....</b>	<b>26</b>
<b>2.6.2 Resistência Elétrica .....</b>	<b>26</b>
<b>2.6.3 Fatores que influenciam na resistência Elétrica.....</b>	<b>31</b>
<b>2.6.4 Condutividade (<math>\sigma</math>).....</b>	<b>32</b>
<b>2.6.5 Resistividade (<math>\rho</math>) .....</b>	<b>32</b>
<b>2.6.6 Condutividade x Resistividade.....</b>	<b>32</b>
<b>2.6.7 Efeito Joule .....</b>	<b>33</b>
2.6.7.1 <i>Calculando a energia térmica produzida em um fio condutor.....</i>	<i>34</i>
<b>2.6.8 Maleabilidade.....</b>	<b>35</b>
2.7 CONCEITOS DA FÍSICA MODERNA.....	35
<b>2.7.1 Átomos .....</b>	<b>35</b>
2.7.1.1 <i>Composição básica de um átomo .....</i>	<i>35</i>
<b>2.7.2 Moléculas .....</b>	<b>36</b>
<b>2.7.3 Condução de corrente elétrica no Carbono Grafite.....</b>	<b>37</b>
2.7.3.1 <i>O Grafeno .....</i>	<i>38</i>
<b>2.7.4 Teoria de Bandas .....</b>	<b>39</b>
2.7.4.1 <i>Representação Gráfica Das Bandas De Energia em Materiais:.....</i>	<i>44</i>
2.7.4.2 <i>Teoria de Bandas (Carbono e Diamante) .....</i>	<i>46</i>
2.8 DIFERENÇA ENTRE FÍSICA CLASSICA E FÍSICA MODERNA .....	48
<b>3 REFERENCIAIS TEÓRICO-METODOLÓGICOS E METODOLOGIA .....</b>	<b>50</b>
3.1 REFERENCIAIS TEÓRICO-METODOLÓGICOS .....	50

3.1.1 Aprendizagem Significativa, segundo Marco Antônio Moreira .....	50
3.1.1.1 Subsídios Epistemológico .....	52
3.2 METODOLOGIA .....	52
3.2.1 Caracterização da Pesquisa .....	53
3.2.2 Público-alvo.....	53
3.2.3 Descrição da Proposta.....	54
3.2.4 Estágio 1 (Definir o assunto a ser abordado) .....	56
3.2.5 Estágio 2 (verificar os conhecimentos prévios dos alunos – subsunçores) .....	58
3.2.6 Estágio 3 (Propor situações-problema) .....	58
3.2.7 Estágio 4 (Apresentar o conhecimento a partir da diferenciação progressiva)..	64
3.2.8 Estágio 5 (Propor uma nova situação-problema em nível mais elevado de complexidade) .....	72
3.2.9 Estágio 6 (concluir a UEPS) .....	76
3.2.10 Estágio 7 (Avaliação da aprendizagem por meio da UEPS) .....	78
3.2.11 Estágio 8 (Avaliação da UEPS).....	78
<b>4 RESULTADOS, DISCUSSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>80</b>
4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	80
4.1.1 Estágio 1 .....	80
4.1.2 Estágio 2 .....	81
4.1.3 Estágio 3 .....	84
4.1.4 Estágio 4 .....	87
4.1.5 Estágio 5 .....	94
4.1.6 Estágio 6 .....	97
4.1.7 Estágio 7 .....	99
4.1.8 Estágio 8 .....	102
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>103</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>104</b>
<b>APÊNDICE A- APRESENTAÇÃO DO TRABALHO – PRODUTO EDUCACIONAL</b>	<b>106</b>
<b>APÊNDICE B.....</b>	<b>109</b>
<b>APÊNDICE C - PRODUTO EDUCACIONAL.....</b>	<b>111</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Um grande problema encontrado no ensino de física no Ensino Médio (EM) é a motivação para aprender. Muitos alunos encaram a física como um “Bicho-papão”, que serve apenas para os vestibulares e/ou ENEM. Entretanto, os fundamentos da física servem de base para o desenvolvimento de diversas atividades do cotidiano.

A capacidade de entender certos fenômenos e suas propriedades, leva a uma solução do problema de maneira mais fácil, pensando assim, vejam o que diz Moreira (2014, p.4):

A educação dialógica, “estudar requer apropriação da significação dos conteúdos, buscando as relações entre os conteúdos e entre eles e aspectos históricos, sociais e culturais do conhecimento. Requer também que o educando se assume como sujeito do ato de estudar e adote uma postura crítica e sistemática”. Além disso, “ensinar não é transferir conhecimento, mas criar possibilidades para sua própria produção ou a sua construção” (FREIRE, 2018).

O Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) nos permite propor soluções para alguns problemas encontrados dentro e fora da sala de aula, pois os conteúdos estudados durante o mestrado nos fornecem subsídios para que possamos contornar tais problemas, com o envolvimento dos alunos nos trabalhos através da experimentação, essas ações são importantes para o crescimento pessoal e profissional do aluno do Ensino Médio.

Além disso, a Base Nacional Comum Curricular – BNCC (BRASIL, 2016, p. 584-585), cita alguns objetivos para os estudantes, na área de ciências da natureza no Ensino Médio, como:

Mobilizar conhecimentos científicos para emitir julgamentos e tomar posições a respeito de situações e problemas de interesse pessoal e social, relativos as interações da ciência na sociedade.  
Interpretar e discutir relações entre a ciência, a tecnologia, o ambiente e a sociedade no contexto local e global.

Diante desse contexto, este trabalho têm como objetivo levar o estudante a se interessar mais pelo conhecimento científico voltado para o estudo da Física, olhando para o futuro por meios do estudo de novos materiais, demonstrando que a ciência está em constante evolução e, para isso, escolhemos o tema Condução elétrica, efeito Joule, maleabilidade e resistividade, que é tópico da Física Moderna no Ensino Médio (EM), através de uma contextualização explorando os potenciais dos conteúdos, usando para tal a tinta condutora a base de carbono, preparada com grafite em pó, sem lançar mão dos conceitos de átomos, elétrons e rede cristalina

abordados para uma melhor compreensão do assunto, utilizando a Sequência de Ensino e Aprendizagem, tendo em vista a superação das dificuldades que o professor do EM possui em incluir a Física Moderna e Contemporânea (FMC) na sua prática.

Com a orientação da aprendizagem significativa crítica de Moreira (2010) propomos:

- Demonstrar para o aluno a importância do conhecimento científico e tecnológico;
- Levar o estudante a pensar por si só, para que sejam capazes de entender e propor soluções para determinados problemas do dia a dia;
- Motivar o estudante, levando-o a se interessar mais pelas aulas de Física;
- Desmistificar a ideia de que a Física é apenas fórmulas e gráficos, usados somente nos vestibulares e ENEM;
- Fazer com que os alunos saibam diferenciar um condutor, um isolante e um semicondutor, não do ponto de vista do senso comum, mas do ponto de vista científico;
- Por meio da experimentação mostrar aos alunos os conceitos de condutividade, resistividade, efeito Joule e maleabilidade;
- Mostrar para os alunos as diferenças entre Mecânica Clássica e Física Moderna.

## 2 ESTADO DO CONHECIMENTO

A realização da revisão bibliográfica foi feita com o intuito de encontrar as publicações relativas ao ensino de Física Moderna e Contemporânea (FMC), especificamente aos assuntos propostos no estudo desta dissertação, em revistas de ensino de Física e de Ciências, entre os anos de 2001 e 2021, buscando encontrar trabalhos em afinidade com o tema proposto, a fim de não comprometer a originalidade deste trabalho.

Por meio do motor de busca Google Acadêmico priorizou-se a busca por publicações em sites de Revistas ou Eventos científicos relacionadas ao ensino de Física e/ou Ciências por trabalhos que possuem relação com o tema desta dissertação, utilizou-se palavras-chave como: Física Moderna, Física Clássica, Física Quântica, Grafeno, Condução Elétrica, Teoria de Bandas, Tinta Capacitiva. Além de sítios de revistas específicas e da Scielo, bem como eventos científicos, Encontro de Físicos do Norte e Nordeste, Simpósio Nacional de Ensino de Física, Congressos Nacionais de Educação, buscamos por trabalhos que façam um paralelo entre a física clássica e a física quântica que contemplem os assuntos: condução elétrica, efeito Joule, maleabilidade, resistividade. Damos prioridade aos trabalhos publicados a partir do século XXI, pois foi o século no qual o tema do nosso trabalho passou a ter a maior notoriedade.

### 2.1 REVISTAS E PUBLICAÇÕES SELECIONADAS

1<sup>a</sup> “Revista Brasileira de Ensino de Física – RBEF – A Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF) é um periódico científico editado pela Sociedade Brasileira de Física. Publicada desde 1979, é indexada pelo Scielo e pelo Web of Science” (Wikipédia, site).

2<sup>a</sup> “O Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF) é uma publicação do Departamento de Física da UFSC, desde dezembro de 1984. É um periódico quadrimestral, arbitrado, indexado, direcionado prioritariamente para os cursos de Licenciatura em Física e amplamente utilizado em pós-graduações em Ensino de Ciências/Física e em cursos de aperfeiçoamento para professores do Nível Médio” (CBEF, site).

3<sup>a</sup> “A Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC) é uma publicação da Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (ABRAPEC) e tem como objetivo disseminar resultados e reflexões advindos de investigações conduzidas na área de Educação em Ciências, com ética e eficiência, de forma a contribuir para a consolidação da área, para a formação de pesquisadores, e para a produção de conhecimentos em Educação em

Ciências, que fundamentem o desenvolvimento de ações educativas responsáveis e comprometidas com a melhoria da educação científica e com o bem estar social” (RBPEC, site).

4ª “A Física na Escola (FnE) é uma revista de formação e divulgação de informação sobre a Física e o seu ensino, com ênfase na sala de aula. Tem como foco o diálogo com os professores do Ensino Médio e de todos aqueles que se interessam em contribuir para a melhoria do Ensino de Física” (FnE, site)

## 2.2 EVENTOS CIENTÍFICOS SELECIONADOS

5ª Encontro de Físicos do Norte e Nordeste (EFNNE) – Evento Organizado pela SBF na região Norte e Nordeste e conta com profissionais e estudantes de Física de todos os níveis de várias instituições com objetivos universais relacionadas com a pesquisa, o ensino e a extensão.

6ª Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF) – Um evento bienal promovido pela Sociedade Brasileira de Física (SBF).

## 2.3 PESQUISA QUANTITATIVA DO ESTADO DO CONHECIMENTO ORGANIZADAS EM FORMA DE QUADROS E APRESENTADAS NA ORDEM DEFINIDA ACIMA

Foi analisado os temas de busca em cada revista, sendo apresentados nos quadros abaixo, vejamos:

Quadro 1: RBEF - Busca por palavras chaves

Revista Brasileira de Ensino de Física – RBEF Acervo de 2001 a 2021		
Termo de busca	Nº de artigos Encontrados	Observações
Condução elétrica	1	Foram encontrados um resultado ligado a dissipação de calor no capacitor e rede cristalina.
Efeito Joule	2	Foram encontrados dois resultados. Um ligado a calorimetria e outro ligado a dissipação de calor no capacitor e rede cristalina.
Efeito Joule + Condução elétrica	0	
Maleabilidade + Condução elétrica	0	
Física Quântica	15	Foram encontrados 15 resultados, sendo 03 relacionados ao ensino de Física.
Grafeno	2	Os dois resultados encontrados não possuem nenhuma relação com a UEPS.
Tinta Capacitiva	0	
Teoria das Bandas de Energia	0	
Sequência didática	15	Foram encontrados 15 resultados, sendo apenas 4 relacionados à condução elétrica.
Teoria das Bandas de Energia + Ensino Médio	0	
Física Quântica + Ensino Médio	1	Foram encontrados apenas 01 resultado, este trata do ensino de Física de Partículas no ensino médio.

Fonte: O próprio autor.

Quadro 2: CBEF – Busca somente por título

Caderno Brasileiro de Ensino de Física – CBEF Acervo de 2001 a 2021		
Termo	Nº de resultados	Observações
Condução elétrica	0	
Efeito Joule	2	Dos dois resultados encontrados, apenas 01 está relacionado à aprendizagem significativa. O outro está relacionado à formação de professores de Física.
Efeito Joule + Condução elétrica	0	
Maleabilidade + Condução elétrica	0	
Física Quântica	0	
Grafeno	1	Foi encontrado apenas um resultado, este trata do resultado do Prêmio Nobel de Física de 2010, pela descoberta do grafeno.
Tinta Capacitiva	0	
Teoria das Bandas de Energia	0	
Sequência didática	16	Dos resultados encontrados, apenas 07 estão relacionados à condução elétrica ou eletrônica, 01 ligada a interdisciplinaridade da Química e a Física e 01 ligado ao modelo atômico.
Teoria das Bandas de Energia + Ensino Médio	0	
Física Quântica + Ensino Médio	16	Dos resultados encontrados apenas 7 estão ligados ao Ensino Médio, 01 relacionado à sequência didática e 01 ligado à literatura de cordel.

Fonte: O próprio autor.

Quadro 3: RBPEC – Busca somente por título

Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências – RBPEC Acervo de 2011 a 2021		
Termo	Nº de resultados	Observações
Condução elétrica	0	
Efeito Joule	0	
Efeito Joule + Condução elétrica	0	
Maleabilidade + Condução elétrica	0	
Física Quântica	7	4 resultados se referem à mecânica quântica, 01 resultado em ensino de ciência referente à pesquisa sobre conceitos em Mecânica Quântica, 01 resultado referente a uma pesquisa de doutorado na qual estão sendo investigadas as estratégias discursivas adotadas por professores em formação na compreensão de alguns conceitos fundamentais de Física Quântica em atividades didáticas e 01 resultado sobre a pesquisa que buscou investigar a construção de lideranças na dinâmica discursiva de um debate sobre Mecânica Quântica entre estudantes de um curso de graduação em Física e possíveis relações com as questões de gênero.
Grafeno	0	
Tinta Capacitiva	0	
Teoria das Bandas de Energia	0	
Sequência didática	9	Dos resultados, 2 referem-se à formação de professores das séries iniciais, 01 com o objeto de investigação de uma proposta de formação inicial de professores pedagogos para atuarem em disciplinas e com conteúdo de Ciências em séries iniciais do ensino fundamental e outro trata-se da Elaboração de Hipóteses e Estruturação de Perguntas Realizadas por Alunos do Ensino Fundamental I. 3 referentes ao

		ensino da Química, 1 referente à análise e 1 referente ao ensino de ciências por investigação.
Teoria das Bandas de Energia + Ensino Médio	0	
Física Quântica + ensino médio	2	1 resultado sobre o ensino de ciências e o outro sobre ensino de Física. O Primeiro sobre conceitos em Mecânica Quântica utilizando uma Técnica denominada de Análise Multidimensional (AMD). O segundo apresenta uma revisão de literatura sobre representações sociais relacionadas ao ensino de ciências, especialmente da Física

Fonte: O próprio autor.



Quadro 4: FnE – Busca por título, resumo e palavras chaves

A Física na Escola – FnE		
Acervo de 2001 a 2021		
Termo	Nº de resultados	Observações
Condução elétrica	0	
Efeito Joule	0	
Efeito Joule + Condução elétrica	0	
Maleabilidade + Condução elétrica	0	
Física Quântica	3	Temos 01 resultado referente ao diálogo entre professores de Física do Ensino Médio, no qual debatiam as dificuldades da introdução da física moderna em suas aulas. O Diálogo retrata o desenvolvimento da Física clássica até a Mecânica Quântica. 01 resultado que trata do desenvolvimento de um software sobre tópicos de física moderna e contemporânea na formação de professores e 01 trabalho versando sobre Prêmio Nobel de Física 2005: Roy J. Glauber, O Fundador da Óptica Quântica Teórica
Grafeno	0	
Tinta Capacitiva	0	
Teoria das Bandas de Energia	0	
Sequência didática	0	
Teoria das Bandas de Energia + Ensino Médio	0	
Física Quântica + Ensino Médio	0	

Fonte: O próprio autor.

Resultado de busca no site<sup>1</sup> de Catálogo de Teses e Dissertações da Capes.

Quadro 5: Resultados de busca no Catálogo de Teses e Dissertações da Capes

Catálogo de Teses e Dissertações da Capes		
Termo	Nº de resultados	Observações
Condução elétrica	127	Por se tratar de um assunto bastante comum na Física, Engenharia e na ciência foram encontrados um resultado expressivo de dissertações.
Efeito Joule	115	Por se tratar de um assunto bastante comum na Física, Engenharias e na Ciências foram encontrados um resultado expressivo de dissertações.
Efeito Joule + Condução elétrica	0	
Maleabilidade + Condução elétrica	0	
Física Quântica	397	
Grafeno	1494	
Tinta Capacitiva	0	
Teoria das Bandas de Energia	0	
Sequência didática	5572	
UEPS	309	
Teoria das Bandas de Energia + Ensino Médio	0	
Física Quântica + Ensino Médio	1	O trabalho encontrado não faz referência ao uso da UEPS para o desenvolvimento do mesmo

Fonte: O próprio autor.

<sup>1</sup> Disponível em: <http://catalogodeteses.capes.gov.br/catalogo-teses/#/>

Resultados de busca no site repositório eventos científicos selecionados.

Quadro 6: Resultados de busca na Biblioteca Digital da EFNNE

Encontro de Físicos do Norte e Nordeste – EFNNE		
Acervo de 2001 a 2021		
Termo	Nº de resultados	Observações
Condução elétrica	2	Os dois resultados não fazem menção ao uso da UEPS para Ensino de Física.
Efeito Joule	1	O trabalho encontrado traz uma descoberta no campo da termodinâmica.
Efeito Joule + Condução elétrica	0	
Maleabilidade + Condução elétrica	0	
Física Quântica	50	
Grafeno	37	Dos resultados encontrados, apenas 3 deles mencionam a condução de corrente elétrica. Temos 1 mostra como interações elétron-fônon afetam propriedades do grafeno, 1 Interações de elétrons e fônons em heteroestruturas contendo grafeno, Campos elétricos podem encontrar e manipular férmions de Majorana, mas nenhum dos trabalhos faz menção a Teoria das Bandas de Energia.
Tinta Capacitiva	0	
Teoria das Bandas de Energia	0	
Sequência didática	1	
UEPS	0	
Teoria das Bandas de Energia + Ensino Médio	0	
Física Quântica + Ensino Médio	0	

Fonte: O próprio autor.

## 2.4 A EVOLUÇÃO DA FÍSICA

A Física teve início desde os tempos primórdios com a curiosidade da humanidade em tentar entender os fenômenos científicos que os cercaram. Inicia-se com os atomistas gregos, passando pelos mecanicistas Galileu, Newton e outros, avançando na história da termodinâmica, eletromagnetismo e culmina na ciência do século XX com a Física Moderna (LEAL, *et al.*, 2019).

Diante disso, é de suma importância abordar os conteúdos de Física, numa perspectiva histórica, pois poderá favorecer uma aprendizagem mais significativa da disciplina pela possibilidade de compreensão do conteúdo que está sendo estudado, como também uma metodologia que promova um melhor entendimento dos conceitos científicos por traçar seu desenvolvimento e aperfeiçoamento (LEAL, *et al.*, 2019). Nesse sentido, a pesquisa tem como questão norteadora: Essa metodologia de ensino pode acarretar mudanças no ensino e aprendizagem na disciplina de Física?

A ciência, de modo geral, é uma atividade humana que vem sendo construída por muito tempo e que possui uma série de características bastante específicas, comparativamente às outras atividades humanas como a arte, a prática religiosa, a meditação e o esporte, tais como: a observação sistemática da natureza, de seus fenômenos, seus sujeitos e objetos; a análise e o estudo dessas observações; a construção e a reconstrução da história; a previsão de fenômenos, processos e comportamentos naturais (humanos ou não) e culturais, entre outros.

Segundo Alan Isaacs e Valerie Pitt, ‘no momento em que o ser humano começou a perceber que certos efeitos se seguiam sempre a uma determinada causa, nasceu o estudo sistemático da natureza, ao qual chamamos ciência’. (ISAACS, 1976, p. 6).

## 2.5 A FÍSICA CLÁSSICA VERSUS FÍSICA MODERNA

A física clássica teve início com as primeiras observações da natureza de Issac Newton, tendo a sua formulação em meados de 1680, é tomada como principal ponto de partida tanto para a investigação de novos problemas quanto para o início de ensino e estudo de física. Sua posterior generalização derivada por Lagrange em 1780, juntamente com os métodos hamiltonianos de resolução, trouxeram uma formulação mais rigorosa, do ponto de vista matemático, e mais abrangente, do ponto de vista físico. A generalização dos princípios de mecânica clássica permite, de forma quase direta, verificar sua correlação com as demais áreas

da física outrora desenvolvidas por caminhos alternativos como termodinâmica, ondulatória e eletromagnetismo (REINER, *et al.*, 2017).

Na segunda metade do século XIX, com as formulações de Lagrange e Hamilton, o desenvolvimento da mecânica parecia conceitualmente completa. Com uma melhor formulação por Laplace, e o seu triunfo, a mecânica estabeleceu uma filosofia determinista.

As equações do movimento de Newton pareciam reger o mundo e, com base nestas equações, poderiam prever os movimentos futuros. Além disso, as leis da eletricidade e do magnetismo também eram conhecidas, esses fenômenos foram unificados por Faraday e Maxwell no eletromagnetismo, tudo isso levou a descoberta das ondas eletromagnéticas.

Os cientistas tinham descoberto como funcionava o mundo na Terra e nos céus. Este corpo de ideias é o que hoje chamamos de Física Clássica.

Em 1861, Bunsen e Kirchhoff, utilizando uma técnica de espectroscopia que tinha sido descoberto anos antes, analisaram o espectro de absorção do Sol e descobriram linhas de ferro, sódio, cálcio e magnésio. Descobriram também que o Sol era composto pelos mesmos elementos terrestres, assim a teoria do éter de Aristóteles uma vez mais entrava em conflito com a realidade e as pesquisas. No entanto, todas essas questões relacionadas com espectros de absorção e emissão não podiam ser explicadas por nenhum método ou lei da física clássica.

Em 1900, Max Planck, na tentativa de responder ao questionamento que os resultados dos experimentos de Kirchhoff os levou a fazer: “pode existir alguma relação entre termodinâmica, a ciência da temperatura, e o eletromagnetismo, a ciência da radiação eletromagnética?” Apresentou os resultados de sua pesquisa na Academia de Física de Berlim, ele se viu forçado a aceitar uma ideia muito audaz: a emissão de energia de forma descontínua ou quantizada. Os resultados apresentados por Planck foi uma forma matemática de ajustar as curvas experimentais, mas não uma realidade física. Usando a física clássica procurou justificar seus resultados, mas sem nenhum sucesso.

Todos os resultados experimentais apresentados por Kirchhoff e Planck, demonstraram que o mundo atômico tem leis que não são nada parecidas com as leis da física clássica. A emissão de energia não é contínua, mas é múltipla de uma quantidade fundamental chamada de quantum ou pacotes de energia. Como nossas escalas são muito grandes em comparação com as escalas atômicas, esses fatos não são observados por nossos sentidos, nos levando a pensar que a energia é emitida de forma contínua.

Em 1887, Hertz descobre o efeito fotoelétrico, que consiste na emissão de cargas elétricas na superfície de metal quando uma luz de frequência alta incide sobre o mesmo, mas este efeito não podia ser explicado com os conceitos da Física Clássica. Albert Einstein, em

1905, utilizando a hipótese de Planck, explicou esse efeito. Einstein percebeu que a luz era composta por pacotes de energia. Além disso, percebeu que a emissão e a transmissão da energia eram feitas em pacotes.

Einstein sugeriu que a luz de uma determinada frequência acontecia em múltiplos dos pacotes de energia, o que o físico Gilbert Lewis chamou em 1926 de fótons (TORIBIO, 2015).

Um átomo não pode absorver meio fóton ou um fóton e meio, ele pode absorver unidades inteiras de fótons. Com esta hipótese, facilmente se pode entender o efeito fotoelétrico. Grosso modo, podemos imaginar que a luz atinge a superfície do metal composta por elétrons. Os fótons se comportam como se fossem pequenas bolas, e ao colidirem com os elétrons, podem fazer com que alguns deles saiam da superfície metálica. Estes resultados foram comprovados de forma experimental pelo físico estadunidense Robert Millikan em 1915, com o qual, Einstein, depois de seis anos, recebeu o prêmio Nobel em 1921 (TORIBIO, 2015).

## 2.6 CONCEITOS DA FÍSICA CLÁSSICA

### 2.6.1 Resistência

Resistência no sentido literal, é ato ou efeito de resistir a algo ou alguma coisa, ou seja, o ato de se opor a algo ou alguma coisa.

### 2.6.2 Resistência Elétrica

Resistência elétrica é a capacidade de um corpo qualquer se opor à passagem de corrente elétrica mesmo quando existe uma diferença de potencial aplicada. Seu cálculo é dado pela Primeira Lei de Ohm.

A lei de Ohm afirma que a corrente ( $I$ ) que se estabelece num corpo condutor é proporcional à voltagem ( $V$ ) aplicada neste corpo (Equação 1)

A voltagem aplicada no condutor é dada pela integral de linha:

$$\int_{\epsilon} \vec{E} \cdot d\vec{\ell}$$

Equação 1: Integral de  
Linha

Então vejamos, se tomarmos um fio condutor vermelho, e em seu interior mostra um caminho de integração na cor preta que vai de (a) até (b), temos que a integração Equação 1 é tomada sobre esse caminho, como mostrado na figura abaixo:



Figura 1: Fio condutor vermelho

Fonte: O próprio autor.

Para o caso de um condutor metálico, não teria como medir o campo elétrico ( $E$ ) dentro do condutor, neste caso, como resolveremos a Equação 1? Teríamos que contar com a validade da lei da existência do potencial. Caso essa lei valesse, bastaria substituir a integral da Equação 1 por uma integral do campo elétrico calculado com qualquer outro caminho que leva do ponto (a) até o ponto (b). Assim o valor da integral seria simplesmente a diferença de potencial  $V(a) - V(b)$ .

Agora, para responder à pergunta, bastaria medir o campo elétrico fora do condutor e efetuar a determinação da integral com estes dados, assim teríamos inúmeros pontos fora dos condutores e com os dados poderíamos comprovar que é válida a afirmação.

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{\ell} = 0$$

Equação 2: Resultado da Integral de linha equação

Fonte: O próprio autor.

Se considerarmos um corpo condutor de um material uniforme com geometria qualquer como exemplificado na figura 2.

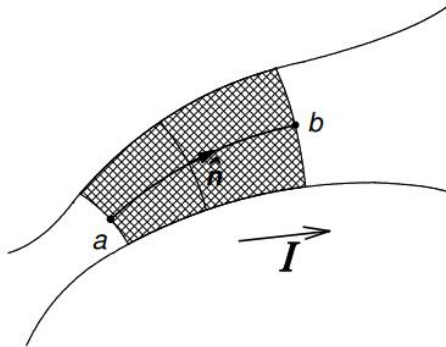


Figura 2: Corpo delimitado por duas superfícies equipotenciais

Fonte: Desenho retirada das notas de aula do Prof. Benhard J. Lesche, departamento de Física da UFJF.

Supomos que exista uma corrente estacionária  $I$  dentro deste condutor, indo de (a) até (b). Ao falarmos da Lei de Ohm para um determinado corpo condutor, devemos delimitar este corpo de alguma forma, a Figura 2 mostra o corpo delimitado por duas superfícies equipotenciais contendo os pontos (a) e (b), podemos ver ainda um caminho de integração que leva de (a) até (b) e um vetor unitário  $\hat{n}$  tangente ao caminho de integração, além do sentido da corrente  $I$ , como as cargas não podem escapar da superfície

lateral do condutor, a densidade de corrente  $j$  deve ficar tangencial à superfície externa. Assim como o campo elétrico  $E$ , segundo a lei de Ohm local. Desse modo, a voltagem aplicada no corpo condutor é:

$$V(a) - V(b) = \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{\ell}$$

Equação 3: Caminho de Integração de (a) até (b) da Integral de linha

Sendo o caminho de integração de (a) até (b), usaremos a lei de Ohm na forma local para eliminar o campo elétrico da equação 4.

$$\vec{j} = \sigma \vec{E}$$

Equação 4: lei de Ohm na forma local

Temos,  $\vec{E} = \sigma^{-1} \vec{j}$   $\left\{ \begin{array}{l} \vec{E} = \text{Campo elétrico} \\ \sigma = \text{Condutividade do Material} \\ \vec{j} = \text{Densidade de Corrente} \end{array} \right.$



Assim,

$$V(a) - V(b) = \int_{\ell} \sigma^{-1} \vec{j} \cdot d\vec{\ell}$$

Equação 5: Lei de Ohm na forma local integrada ao caminho

Podemos escrever o elemento de linha  $d\vec{\ell}$  como produto de um elemento de linha escalar  $d\ell$  por um vetor unitário  $\hat{n}$  tangencial ao caminho de integração, temos:  $d\vec{\ell} = \hat{n} d\ell$ , assim:

$$V(a) - V(b) = \int_{\ell} \frac{\vec{j} \cdot \hat{n}}{\sigma} d\ell$$

Equação 6: Lei de Ohm na forma local em função da densidade de carga, elemento de linha escalar, densidade de corrente e um vetor unitário tangencial ao caminho de integração (a) até (b)

Agora, como o escoamento de carga é estacionário, por conservação de carga, deve valer. Se a condutividade do material for uniforme, temos também *elétrico* obedece às mesmas equações diferenciais ( $Div \vec{E} = 0$  e  $rot \vec{E} = 0$ ) isso dentro de um capacitor. Usaremos os mesmos argumentos de unicidade das soluções: se  $\vec{E}_1$  é solução para uma voltagem  $V_1 = V_1(a) - V_1(b)$  então por analogia  $\lambda \vec{E}_1$  é solução para a voltagem  $V = V(a) - V(b)$  para qualquer número real  $\lambda$ . Usando a lei de Ohm local podemos incluir as densidades de correntes neste argumento. Sendo que as possíveis densidades de corrente têm a forma  $\vec{j} = \lambda \vec{j}_1$  com  $\vec{j}_1 = \sigma \vec{E}_1$ .

Se consideramos uma superfície equipotencial num ponto genérico entre os extremos (a) e (b), figura 2 pag. 29. Temos que a corrente que passa pelo condutor é a integral de superfície da densidade de corrente integrada sobre a superfície equipotencial:

$$I = \iint_{equipot} \vec{j} \cdot d\vec{S} = \lambda \iint_{equipot} \vec{j}_1 \cdot d\vec{S} = \lambda I_1$$

Equação 7: Corrente que passa pelo condutor do caminho (a) até (b)

A expressão  $\vec{j} \cdot \hat{n}$  da Equação 6 pode ser escrita como:  $\vec{j} \cdot \hat{n} = \lambda \vec{j}_1 \cdot \hat{n}$ , podemos isolando  $\lambda$  na Equação 7 e aplicando nessa equação, temos a seguinte expressão:

$$\vec{j} \cdot \hat{n} = \left[ \frac{\vec{j}_1 \cdot \hat{n}}{I_1} \right] \times I$$

Equação 8: Densidade de corrente pelo vetor unitário tangencial ao caminho de integração (a) até (b)

Podemos notar que o termo entre os colchetes depende apenas da geometria e não da voltagem (V), pois as grandezas dentro dele são tomadas na voltagem  $V_1$  e não na voltagem V. Dimensionalmente esta expressão é um inverso de uma área  $1/\mathcal{A}$ . assim podemos reescrevê-la como:

$$\frac{1}{\mathcal{A}} \stackrel{def.}{=} \frac{\vec{j}_1 \cdot \hat{n}}{I_1}$$

Equação 9: Densidade de corrente pelo vetor unitário tangencial ao caminho de integração (a) até (b)

Em diferentes pontos do caminho de integração a área  $\mathcal{A}$  pode ser diferente, estas áreas seriam difíceis calcular para um corpo condutor com geometrias complicadas. O mais importante agora é que não depende da voltagem aplicada, com tudo obtemos a voltagem.

$$V(a) - V(b) = \int_c \frac{I}{\sigma \mathcal{A}} d\ell$$

Equação 10: Cálculo da voltagem do caminho (a) até (b) em função

Como a conservação da carga garante que  $I$  tem o mesmo valor em todos os pontos do caminho de integração, podemos tirar  $I$  para fora da Integral.

$$V(a) - V(b) = I \int_c \frac{d\ell}{\sigma \mathcal{A}}$$

Equação 11: Resolução da equação 10

A integral na equação acima, depende apenas de propriedades do corpo condutor, então podemos escrever esta integral em função de  $R$  e  $I$ , onde  $R$  é a resistência do corpo e  $I$  é a corrente que passa pelo fio condutor, assim temos:

$$V(a) - V(b) = RI$$

Equação 12: Equação Geral da lei de Ohm

### 2.6.3 Fatores que influenciam na resistência Elétrica

Condutores cuja geometria seja simples, a sua *resistência* pode ser calculada a partir da *condutividade* desse material e de sua *geometria*. Vejamos:

Se tomarmos um condutor de forma cilíndrica e comprimento ( $\ell$ ) com secção transversal ( $\mathcal{A}$ ) (Figura 3), no caso dos fios elétricos temos superfícies equipotenciais simplesmente com as secções planas através do cilindro com a normal coincidindo com o eixo de simetria do cilindro (Figura 3).

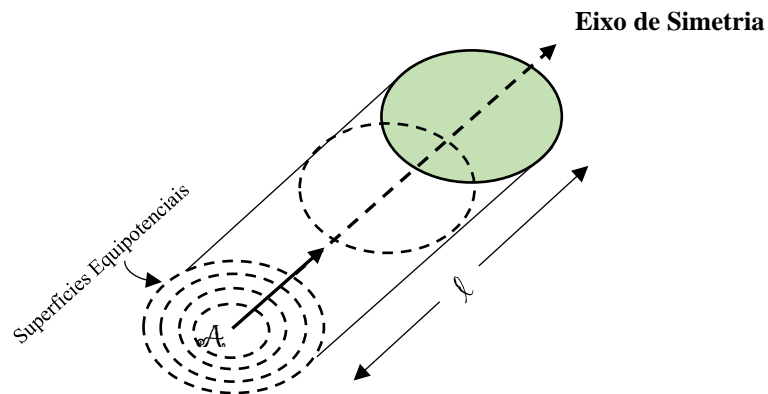


Figura 3: Representação de uma secção de um Condutor Metálico

Fonte: O próprio autor

Neste caso, temos a densidade de corrente uniforme com módulo igual a  $I/A$ . Conseqüentemente a Área  $\mathcal{A}$  é simplesmente a área da seção transversal. Assim, podemos definir a resistência como:

$$R = \frac{1}{\sigma} \frac{l}{A}$$

Equação 13: Segunda Lei de Ohm

Onde

$$\rho = \frac{1}{\sigma} \longrightarrow$$

$$R = \frac{\rho \cdot L}{A}$$

Equação 14: Resistência Elétrica

#### 2.6.4 Condutividade ( $\sigma$ )

A condutividade elétrica é um parâmetro que depende da composição física do material, sendo representado pela letra grega sigma ( $\sigma$ ) que aparece na Equação 13 é medido em unidades de  $(\Omega \cdot m)^{-1}$ .

#### 2.6.5 Resistividade ( $\rho$ )

Podemos definir a resistividade de um material como sendo o inverso da sua resistência. Esta resistividade depende da temperatura do material, pois com o aumento da temperatura as chances de o elétron sofrer uma colisão aumentam (*mas em metais a densidade de portadores não depende fortemente da temperatura*), então, experimentalmente, observamos que a resistividade aumenta com a temperatura. Sua fórmula é (Equação 15):

$$\rho = \rho_0 [1 + \alpha (T - T_0)]$$

Equação 15: Resistividade em função da temperatura

Onde:

$\rho$  é a resistividade à temperatura T,

$\rho_0$  é a resistividade à temperatura  $T_0$  e

$\alpha$  é o coeficiente de temperatura da resistividade e é positivo para os metais.

#### 2.6.6 Condutividade x Resistividade

Como dito anteriormente, a condutividade ( $\sigma$ ) é o inverso da resistividade ( $\rho$ ):

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

Equação 16: Condutividade

Assim, pela Equação 16, podemos ver que quanto menor for a *resistividade* do material, maior será a sua *resistência*.

### 2.6.7 Efeito Joule

O *Efeito Joule* é a produção da energia térmica, por transformação da energia elétrica em energia térmica. O efeito leva esse nome, em homenagem ao seu descobridor James Prescott Joule.

Quando aplicamos uma diferença de potencial (ddp) nas extremidades de um fio condutor, usando uma fonte de energia qualquer, criamos dentro deste condutor um campo elétrico, onde os elétrons ficam sujeitos a ação de uma força que tendem a deslocá-los no sentido do polo positivo.

Mas, por que a resistência elétrica de um metal aumenta a temperaturas altas? Uma resposta simples a essa pergunta seria: porque a eletricidade passa pela resistência elétrica desse metal, mas vejamos o que realmente acontece.

Em um fio condutor os elétrons livres colidem com um átomo desse material, perdendo energia e deslocando o átomo ligeiramente da sua posição de equilíbrio, isso faz com que as vibrações desse átomo na rede cristalina aumente, pois os átomos de metal sempre tem um vibratório entorno de sua posição de equilíbrio, no entanto os átomos vizinhos exercem sobre esse átomo, forças que o fazem voltar a sua posição inicial de equilíbrio, desse modo, o átomo atingindo passa a oscilar em torno de sua posição de equilíbrio. Situação análoga a de um peso pendurado ligado a uma mola. No caso dos átomos do metal, em temperaturas baixas, o movimento vibratório possui pequenas amplitudes, mas em temperaturas altas a amplitude aumenta e a energia cinética média de vibrações dos átomos também aumenta, fazendo com que a temperatura do fio condutor aumente na mesma proporção.

### 2.6.7.1 Calculando a energia térmica produzida em um fio condutor

Quando uma carga é deslocada de um ponto a outro, na região de um campo elétrico, uma força elétrica realiza trabalho, se for uma corrente em um condutor, a *energia térmica* liberada é igual a variação da energia potencial da carga no campo.

Se chamarmos o trabalho de  $\tau$ . Temos

$$\tau = \Delta E_p = q \cdot V$$

Equação 17: Trabalho  $\tau$

No fio condutor linear de resistência  $R$ , submetido a uma diferença de potencial constante  $V$ , temos

$$i = \frac{q}{t} \Rightarrow q = i \cdot t$$

Equação 18: Carga  $q$  em função da corrente e tempo

Sendo o trabalho representado pela energia potencial elétrica consumida no transporte da carga  $q$ , entre as extremidades do fio condutor, chamaremos esse trabalho de  $\varepsilon$ , temos  $\Delta E_p = \varepsilon$ . Assim da combinação das equações 17 e 18, temos:

$$\varepsilon = V \cdot i \cdot t$$

Equação 19: Trabalho realizado pela energia potencial elétrica

Agora, se combinarmos a lei de Ohm com a equação 19, teremos

$$\varepsilon = R \cdot i^2 \cdot t$$

Equação 20: Energia dissipada em função somente de  $R$ ,  $i$  e  $t$

Essa é a expressão da energia dissipada em função somente de  $R$ ,  $i$  e  $t$ ., ou seja, a energia térmica ou calor liberado.

## 2.6.8 Maleabilidade

É uma propriedade que certas matérias possuem, eles podem ser moldados por deformação sem perderem suas propriedades, permitindo a formação de lâminas delgadas do material sem que este se rompa.

Em muitos casos, processos como o aumento das temperaturas faz com que certos materiais como as substâncias metálicas, os fios de cobre utilizados em instalações elétricas e alumínio se tornem mais maleáveis.

## 2.7 CONCEITOS DA FÍSICA MODERNA

### 2.7.1 Átomos

Toda matéria (tudo aquilo que ocupa espaço e possui massa) é formada por átomos, mas o átomo não é a menor parte da matéria, sendo formado por partículas (prótons, nêutrons e elétrons), seu nome foi proposto pelos filósofos gregos Demócrito e Leucipo.

#### 2.7.1.1 Composição básica de um átomo

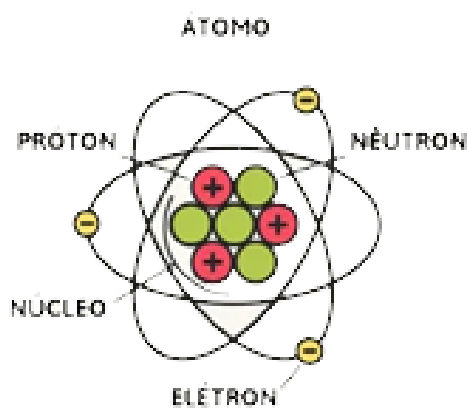


Figura 4: Representação de um Átomo

Fonte: Figura retirada da Internet do site <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/atomistica.htm>.

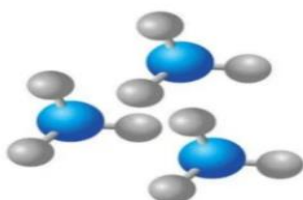
- **Núcleo:** região mais densa do átomo e comporta prótons e nêutrons;
- **Níveis de energia:** regiões que envolvem o núcleo e que abrigam subníveis, orbitais e elétrons. Há sete níveis de energia, que são representados pelas letras K, L, M, N, O, P e Q;
- **Subníveis de energia:** são regiões que abrigam os orbitais. Estão presentes em todos os níveis e são representados por letras (s, p, d f). Sua quantidade depende de cada nível: K (possui subnível s), L (possui subníveis s e p), M (possui subníveis s, p e d), N (possui subníveis s, p, d e f), O (possui subníveis s, p, d e f), P (possui subníveis s, p e d) e Q (possui subníveis s e p);
- **Orbitais atômicos:** regiões de maior probabilidade de se encontrar um elétron. Cada subnível apresenta uma

quantidade diferente de orbitais: s (um orbital), p (três orbitais), d (cinco orbitais) e f (sete orbitais);

- Prótons: partículas positivas (representadas por p);
- Elétrons: partículas negativas que apresentam também comportamento de onda (representadas por e);
- Nêutrons: partículas sem carga que diminuem a repulsão entre os prótons no núcleo (representadas por n).

## 2.7.2 Moléculas

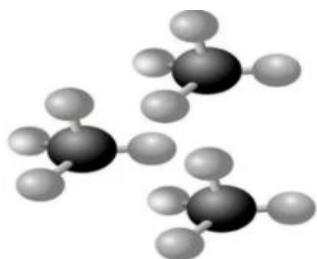
Sendo formada por meio da ligação covalente dos átomos, as moléculas apresentam algumas propriedades, vejamos:



Amônia (NH<sub>3</sub>)

Figura 5: Molécula de Amônia

Fonte: Figura retirada da Internet no site <https://www.manualdaquimica.com/quimica-geral/moleculas.htm>.



Metano (CH<sub>4</sub>)

Figura 6: Molécula de

**Fonte:** Figura retirada da Internet site <https://www.manualdaquimica.com/quimica-geral/moleculas.htm>.

- Uma molécula pode ser formada por átomos do mesmo elemento químico (homonuclear) ou de elementos químicos diferentes (heteronuclear)

A ligação covalente é uma modalidade de ligação química em que os átomos compartilham elétrons.

- A ligação química é formada por ametais, pois são espécies químicas que não possuem tendência a perder elétrons e que têm maior tendência a receber elétrons.

- Uma molécula pode ser classificada quanto ao número de átomos presentes, quanto à geometria e quanto à polaridade.

- Uma molécula pode ser representada graficamente por uma fórmula molecular, a qual contém o número de átomos presentes na molécula.

- Moléculas e átomos são entidades diferentes, uma vez que os átomos são as unidades que deverão se ligar para que, então, formem-se as moléculas.



### 2.7.3 Condução de corrente elétrica no Carbono Grafite

Embora *diamante* e *grafite* sejam variedades alotrópicas naturais do carbono. Eles possuem características e propriedades distintas, vejamos o destaque na tabela da Figura 7:

	Grafite	Diamante
<b>Cor</b>	Cinza-escuro	Incolor
<b>Dureza</b>	Baixa dureza, sólido mole	Elevada dureza (sólido mais duro)
<b>Densidade (g/cm<sup>3</sup>)</b>	2,26	3,51
<b>Ponto de Fusão (°C)</b>	3550	Indeterminado
<b>Ponto de Ebulição (°C)</b>	4200	Indeterminado
<b>Estabilidade</b>	Mais estável	Menos estável
<b>Ângulo das ligações</b>	120°	≈ 109°
<b>Condução térmica</b>	Não	Sim
<b>Condução de corrente elétrica</b>	Sim	Não

Figura 7: Propriedades do Grafite e Diamante

**Fonte:** Figura retirada da Internet site <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/por-que-grafite-conduz-corrente-eletrica-diamante-nao.htm>.

Como vimos no destaque da Figura 7, a condução de corrente elétrica ocorre no grafite, mas no diamante não, já no que diz respeito à condução térmica, ocorre o contrário. Mas isso não é objeto de nosso estudo, por tanto não será abordado nesse trabalho. **Mas se eles são feitos somente de carbono, como eles podem ser tão diferentes? O que explica o fato do grafite conduzir corrente elétrica e o diamante não?**

A resposta para estas perguntas está no tipo de ligação existente entre os carbonos e no arranjo cristalino dos átomos no espaço. Este assunto será abordado com detalhes no tópico Teorias de Bandas e não metais (diamante).

A Grafite é formada por átomos de carbono, ligados em forma de anéis hexagonais contidos num mesmo espaço plano, formando lâminas que sobrepõem umas às outras, unidas por forças de atração mútua (Figura 8), esse tipo de formato permite uma espécie de deslizamento ou deslocamento dos planos um sobre o outro, essa característica explica a baixa dureza do grafite e porque ele é usado como lubrificante sólido.

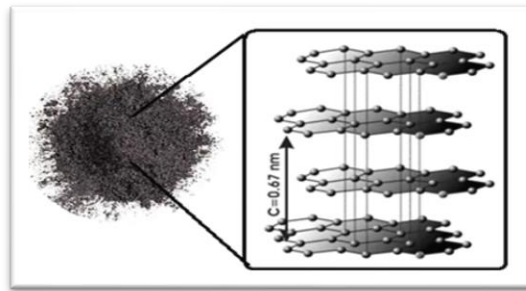


Figura 8: Estrutura do Grafite

**Fonte:** Figura retirada da Internet do site <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/por-que-grafite-conduz-corrente-eletrica-diamante-nao.htm>.

### 2.7.3.1 O Grafeno

O grafeno é formado por vários átomos de carbono e possui estrutura hexagonal plana. Como se fosse uma folha de papel (Figura 9)

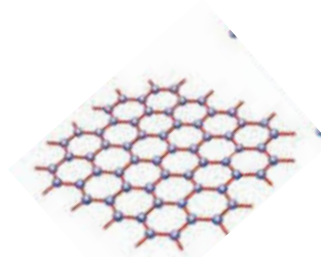


Figura 9: Estrutura do

**Fonte:** Figura retirada da Internet do site

<https://www.infoescola.com/compostos-quimicos/grafeno/>.

Mas como ocorre a passagem de corrente elétrica? Para respondermos a essa pergunta temos que entender a Figura 10.

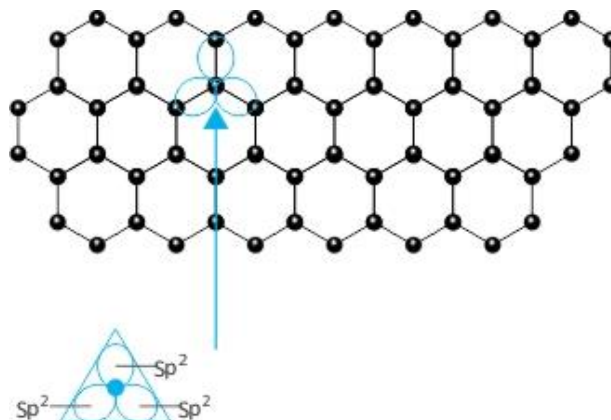


Figura 10: Estrutura atômica do Grafeno

**Fonte:** Figura retirada da Internet do site

<http://angloresolve.plurall.net/press/question/3295973>.

Na figura acima, temos o átomo de Carbono situado no centro de um triângulo, ligando-se a outros três (Orbitais Híbrido  $sp^2$ ), formando plano hexagonal fracamente superposto. O quarto elétron de cada carbono se desloca numa diferença de potencial elétrico, por isso o grafeno conduz corrente elétrica no estado sólido.

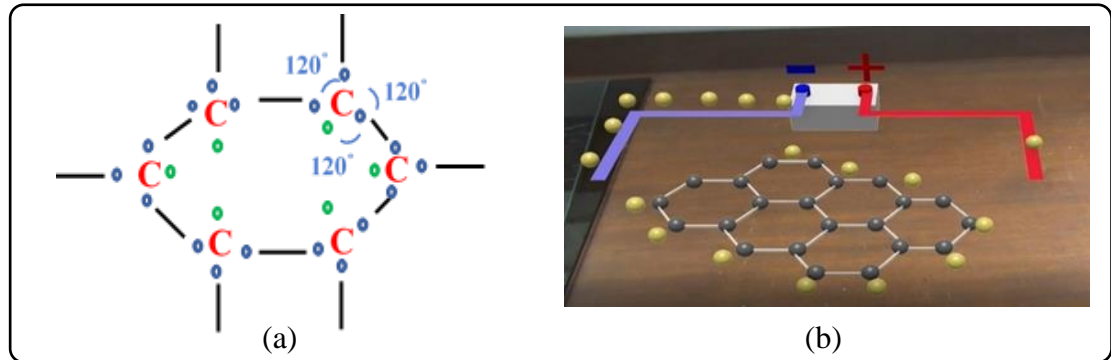


Figura 11: Representação da condução de corrente elétrica no Grafeno

Fonte: Figura (a) O próprio autor

Figura (b) Capturada do videos do youtube no site  
<https://www.youtube.com/watch?v=lsESiTuvoes>

Na figura 11 (a) temos um átomo ligado a outros 3 átomos por meio da ligação covalente, onde apenas 3 elétrons dos 4 elétrons da camada de valência participam da ligação, assim o quarto elétron de cada átomo fica livre formando assim uma nuvem de elétron. Na figura 11 (b) quando o grafeno e submetido a uma diferença de potencial os elétrons vindos da fonte vão impulsionar os elétrons livres da nuvem para as cargas positivas dessa fonte, fazendo assim que haja um fluxo de elétron (Transmissão de corrente elétrica).

#### 2.7.4 Teoria de Bandas

A teoria de bandas é aquela que define a estrutura eletrônica do sólido como um todo. Pode ser aplicado a qualquer tipo de sólido, essa teoria define o comportamento dos materiais, como sendo condutores, isolantes e semicondutores. Vejamos nos tópicos abaixo, como essa teoria e formada, a partir da composição do átomo até a formação da teoria propriamente dita.

- Modelo atômico de camadas:

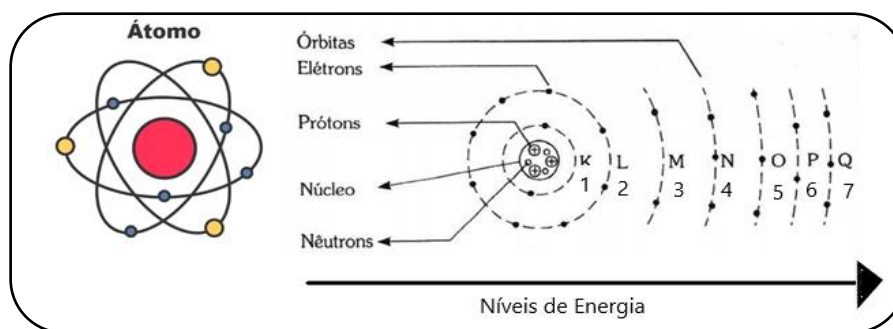


Figura 12: Modelo Atômico de Camadas

**Fonte:** Figura retirada de varios sites de pesquisa do google e adaotada oelo autor.

Na figura 12 temos uma outra representação para o átomo, o Modelo atômico de camadas e como vimos anteriormente ele é formado por um Núcleo onde se encontra os prótons e os nêutrons, uma Eletrosfera onde se encontra os elétrons distribuídos em orbitais moleculares representados pelas letras K. L. M.N. O. P.

- *Teoria dos orbitais atômicos (TOA):*

Com o advento da mecânica quântica de Schroedinger e Heisenberg surgiram novos modelos atômicos bem mais completos, como o modelo de orbitais atômicos. Neste tipo de modelo ao invés de camadas atômicas, temos os orbitais, que são regiões do espaço onde o elétron pode ser encontrado, onde existe uma probabilidade de encontrar o elétron naquela região. Os orbitais atômicos têm formas específicas e se classificam em orbitais tipo “s”, “p” ou “d”, além de outras letras do alfabeto assim por diante. Mas focaremos nos orbitais especificados anteriormente, eles têm formas específicas (Figura 13 a). Podemos definir os orbitais por dois parâmetros quânticos, o primeiro é o número que aparece antes da letra 1, 2, 3... que basicamente está associada à camada do átomo e o segundo são as letras já ditas anteriormente o “s”, o “p” onde podemos ter 3 valores para os números quânticos, “p<sub>x</sub>”, “p<sub>y</sub>” e “p<sub>z</sub>”, já para o orbital “d” temos 5 valores “d<sub>xz</sub>”, “d<sub>yz</sub>”, “d<sub>xy</sub>”, “d<sub>x<sup>2</sup>-y<sup>2</sup></sub>” e “d<sub>z<sup>2</sup></sub>” (Figura 13 a). Cada um desses orbitais está associada a uma certa energia, por exemplo, 1s e orbital de menor energia no átomo, 2s o segundo e 2p o terceiro e à medida que vai subindo aumenta a energia (Figura 13 b). Mas quantos elétrons podemos colocar em cada orbital? Para sabermos isso precisamos usar o princípio da exclusão de Pauli<sup>2</sup>, pois os eletros são férmions idênticos, isso

<sup>2</sup> O princípio de exclusão de Pauli é um princípio da mecânica quântica formulado por Wolfgang Pauli em 1925. Ele afirma que dois férmions idênticos não podem ocupar o mesmo estado quântico simultaneamente

significa que no orbital “s” posso colocar dois elétrons de spin  $\frac{1}{2}$  de orientações opostas, já para os orbitais “p” são seis elétrons por que temos três tipos de orbitais “p”, para o orbital “d” que são cinco tipos diferentes seriam 10 elétrons (Figura 13 a). Exemplo, se tivermos um átomo de Sódio (Na) e quisermos saber a configuração eletrônica dele podemos usar esse tipo de distribuição, como o átomo de sódio possui 11 elétrons, temos dois elétrons no orbital 1s, dois elétrons no orbital 2s, seis elétrons no orbital 2p e um elétron no orbital 3s, um total de 11 elétrons (Figura 13 c).

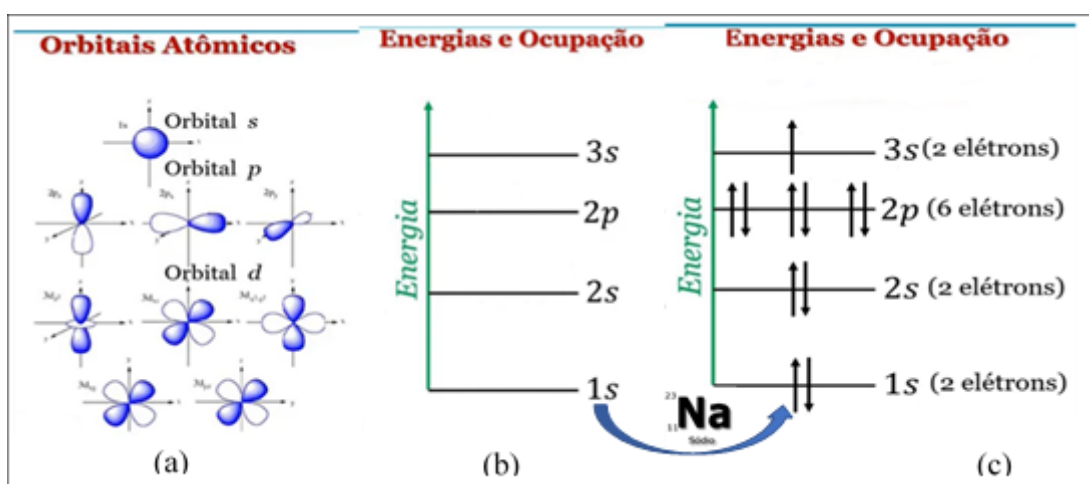


Figura 13: Representação da Distribuição eletrônica por bandas de energia

Fonte: Figura retirada da videoaula do professor Eduardo Riberio de Azevedo USP -IFSC (2021).

- *Teoria dos Orbitais Moleculares (TOM):*

Para formamos uma molécula diatômica temos que ter uma combinação entre dois orbitais do mesmo átomo envolvidos e isso gera dois tipos de orbitais (Figura 14 a), um ligante e outro antiligante com uma certa diferença de energia, onde o orbital antiligante tem maior energia, então se pegarmos orbital 1s, temos dois níveis de energia com quatro elétrons, dois elétrons nos orbitais ligantes e dois elétrons nos orbitais antiligantes, do mesmo jeito orbital 2p, temos 12 elétrons, seis ligantes e seis antiligantes (Figura 14 b). Assim, se tivermos uma molécula com três átomos, teremos um desdobramento de 3 níveis de energia, se for uma molécula com quatro átomos teremos um desdobramento em 4 níveis de energia e assim por diante.

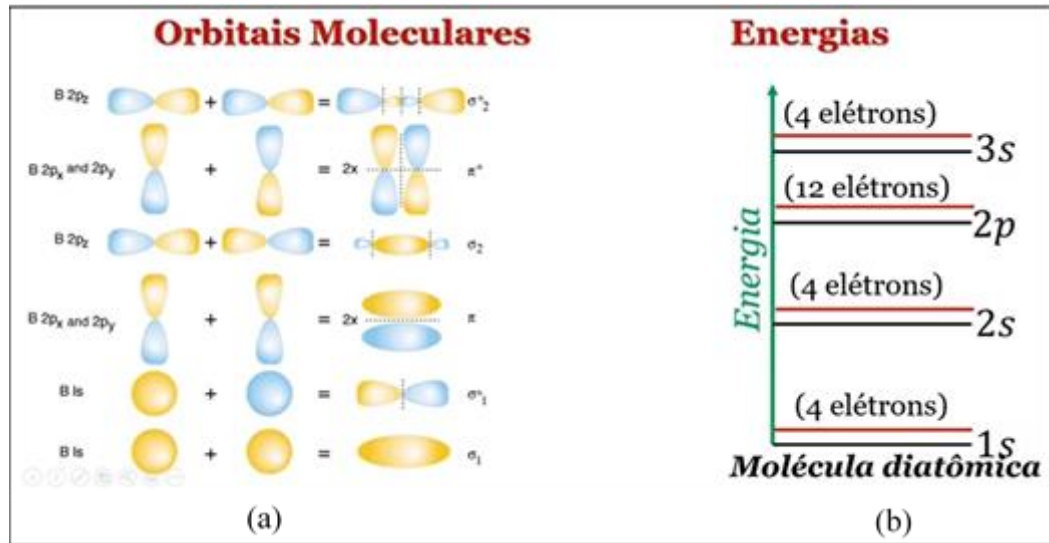


Figura 14: Representação da distribuição energética em orbitais moleculares  
 Fonte: Figura retirada da vídeo -aula do professor Eduardo Riberio de Azevedo USP -IFSC (2021).

Vejamos como isso ocorre nos sólidos:

Se tomarmos um sólido composto de  $N$  átomos, pela explicação anterior, teremos em termos de configurações de níveis de energia, que cada um daqueles níveis atômicos vai se desdobrar em  $N$  níveis de energia, comportando dois elétrons cada nível, neste caso os níveis estão muito próximos entre si que formam bandas de energia (Figura 15), esse é o conceito básico da formação de bandas de energia em um sólido.

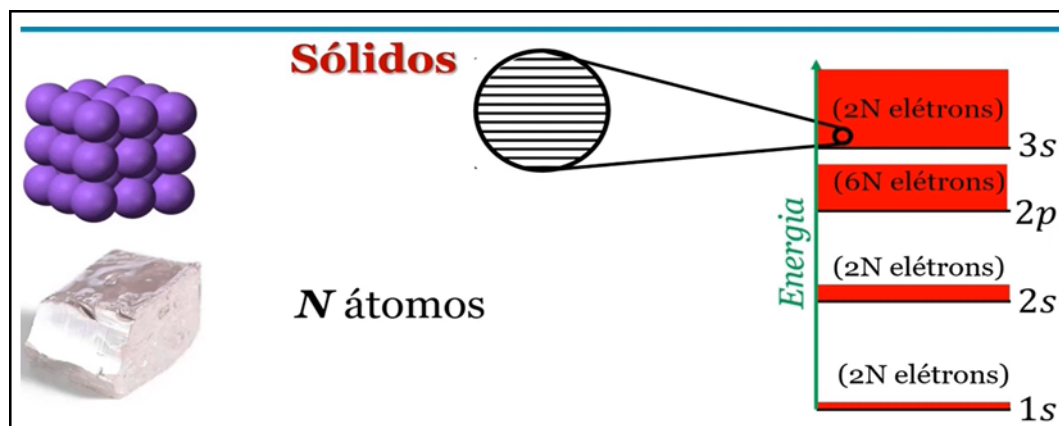


Figura 15: Representação da Distribuição eletrônica para  $N$  Camada em um sólido  
 Fonte: Figura retirada da vídeo -aula do professor Eduardo Riberio de Azevedo USP -IFSC (2021).

### Ocupação das bandas de energia:

Se fizermos uma distribuição de elétrons a  $T = 0K$ , que é a menor configuração de energia para um sólido, essa distribuição será feita respeitando a capacidade de ocupação por elétrons de cada nível de energia até que acabe os elétrons, ou seja, vamos distribuir os elétrons até um certo nível de energia, e esse nível de energia é chamado *Nível de Fermi*. Neste caso a última banda preenchida é chamada de *banda de valência* e a parte da banda que não foi preenchida chamamos de *banda de condução*, (Figura 16), além disso, os elétrons da banda de valência são os que têm mais facilidade de sair do átomo, devido a fatores como:

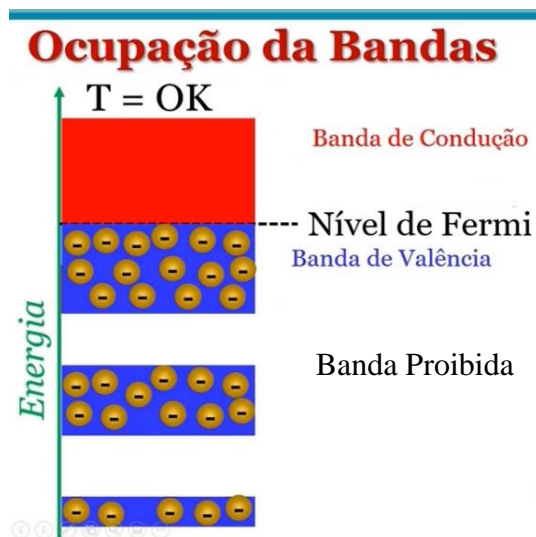


Figura 16: Ocupação das Bandas de Energia

- A distância entre o elétron e o núcleo ser grande, a força de atração é menor (menor energia externa)
- Eles têm uma energia maior

**Fonte:** Figura retirada da vídeo -aula do professor Eduardo Riberio de Azevedo USP -IFSC (2021).

A região entre uma órbita e outra do átomo é denominada *banda proibida*, onde não é possível existir elétrons. O tamanho da **banda proibida** na última camada de elétrons define o comportamento elétrico do material, podemos ver isso na página seguinte (Figura 17).

### 2.7.4.1 Representação Gráfica Das Bandas De Energia em Materiais:

Pela definição podemos caracterizar os materiais da seguinte forma:

**Condutor** é qualquer material que sustenta um fluxo de carga, quando uma fonte de tensão com amplitude limitada é aplicada através de seus terminais.

**Isolante** é o material que oferece um nível muito baixo de condutividade, quando uma fonte de tensão aplicada.

**Semicondutor** é, portanto, o material que possui um nível de condutividade entre os extremos de um isolante e um condutor.

Logo, partindo da ideia de bandas de energia, pode-se definir condutores, isolantes e semicondutores conforme Kittel (2006) afirma:

O cristal se comporta como isolante: se todas as bandas de energia permitidas estão totalmente cheias ou totalmente vazias, porque nesse caso nenhum elétron pode se mover em resposta à aplicação de um campo elétrico.

O cristal se comporta como um Condutor: se uma ou mais bandas está parcialmente cheia, com 10 a 90% da capacidade.

O cristal se comporta como um semicondutor ou semimetal: se uma ou mais bandas está quase cheia ou quase vazia.

Assim, conforme a Figura 17, podemos ver que:

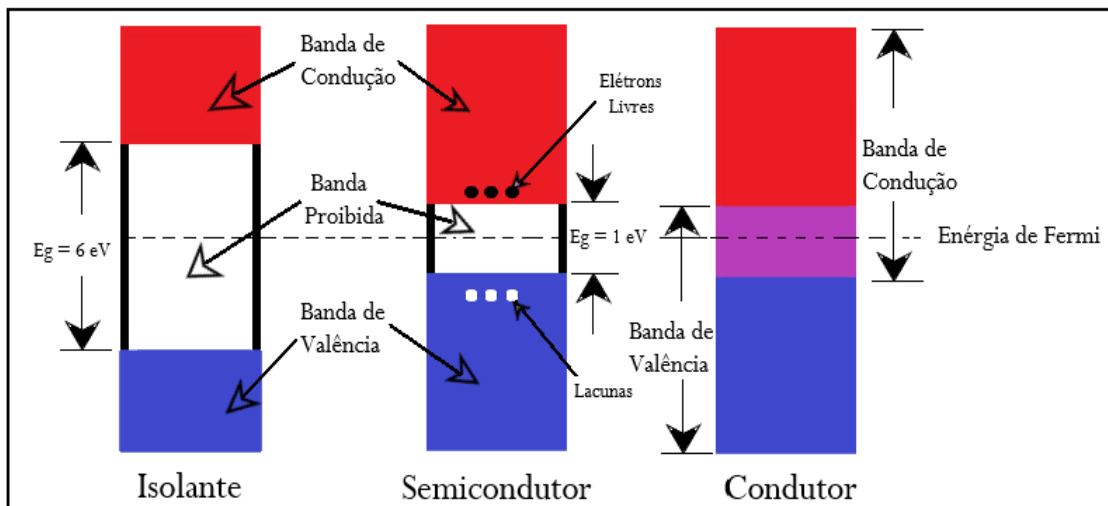


Figura 17: Representação das bandas de energia em metais, semicondutores e isolantes

Fonte: O próprio autor.



**Nos materiais condutores** as bandas de valência e de condução se superpõem (retângulo violeta), de modo que sempre vão existir elétrons na banda de condução, tornando-os bons condutores de eletricidade. Em outras palavras, em um condutor, ao menos uma banda de energia encontra-se parcialmente preenchida (ASCROFT *et al.*, 2011), também define que, em um condutor, “o nível de energia mais alto ocupado pelos elétrons está no meio de uma banda de energia permitida.” (HALLIDAY *et al.*, 2012), especifica que o nível de Fermi representa o nível mais alto ocupado da banda na temperatura de zero absoluto ( $T = 0$ ) e a energia correspondente a esse nível é chamada de energia de Fermi.

**Nos materiais isolantes** a banda de valência está completamente cheia e, de acordo com Princípio da Exclusão de Pauli, os elétrons não podem ocupar um nível energético mais alto que esteja completamente preenchido; nos isolantes, a banda proibida apresenta uma intensidade muito alta, nesse caso, para os elétrons “saltarem” da banda de valência para a banda de condução é necessário fornecer uma quantidade de energia elevada ao material, provocando a quebra da rigidez dielétrica. Nos isolantes, a energia dos elétrons deve ser muito grande para que possa haver uma corrente elétrica.

**Os materiais semicondutores** apresentam uma estrutura de banda de energia semelhante à dos isolantes diferindo na intensidade ou largura da banda proibida, pois, nos semicondutores a energia de gap ( $E_g$ ) é bem menor (inferior a 2 eV), ou seja,

[...] a distância  $E_g$  entre o nível mais alto da última banda ocupada (a banda de valência) e o nível mais baixo da primeira banda desocupada (a banda de condução) é muito menor que nos isolantes. Assim, por exemplo, o silício ( $E_g = 1,1$  eV) é um semicondutor, enquanto o diamante ( $E_g = 5,5$  eV) é um isolante. No silício, ao contrário do que acontece no diamante, existe uma probabilidade significativa de que a agitação térmica faça um elétron passar da banda de valência para a banda de condução (HALLIDAY *et al.*, 2012),

De acordo com Ashcroft e Mermin (2011) “Sólidos isolantes em  $T = 0$ , mas cujo gap de energia é de tal tamanho que a excitação térmica pode levar à condutividade observável em temperaturas abaixo do ponto de fusão, são conhecidos como semicondutores”. Um fato relevante em relação aos semicondutores ocorre quando os elétrons de sua banda de valência são termicamente excitados para a banda de condução deixando buracos na banda de valência numa proporção que varia com o inverso da temperatura ( $1/T$ ), ou seja, o aumento da temperatura provoca um aumento da condutividade do semicondutor, apresentando um comportamento elétrico diferente dos metais (condutores) que, por sua vez, diminuem sua condutividade com o aumento da temperatura. Sendo assim, os semicondutores têm sua resistência elétrica diminuída com o aumento da temperatura, característica muito importante

para o desenvolvimento tecnológico (fabricação de transistores, comutadores, diodos, células fotovoltaicas, detectores e termistores).

#### 2.7.4.2 Teoria de Bandas (Carbono e Diamante)

- **Alotropia:**

Antes de entendermos a teoria das bandas no Carbono e o Diamante, devemos entender o conceito do termo Alotropia, este termo foi proposto pelo químico sueco Jacob Berzelius (1779 – 1848).

Os alótropos são substâncias simples formadas por um único elemento químico, podemos afirmar que todos alótropos são substâncias simples, mas nem todas as substâncias simples são alótropas, diferenciam-se apenas pela quantidade de átomos ou pelo rearranjo atômico.

No caso do átomo de carbono, este pode unir-se a outros átomos de carbono através de ligações covalentes (compartilhamento de elétrons), originando materiais muito diferentes, tal como a grafite, o diamante, o fulereno e o grafeno, todas essas substâncias simples são formadas apenas por átomos de carbono, porém, diferencia-se entre si pelo rearranjo atômico.

- **Ligações do Átomo de Carbono:**

O átomo de carbono é composto por 6 prótons e 6 elétrons, no seu estado fundamental possui a configuração eletrônica  $1s^2 2s^2 2p^2$ . No orbital  $1s^2$  os elétrons estão fortemente ligados, sendo que a camada de valência é ocupada pelos 4 últimos elétrons  $2s^2 2p^2$ , além disso o carbono pode realizar hibridizações do tipo  $sp$   $sp^2$   $sp^3$ .

- **Teoria de bandas em não metais (Carbono):**

Devido ao fenômeno de hibridização, os átomos de carbono possuem a capacidade de formar quatro ligações com até quatro elementos diferentes, para que ocorra a formação das formas alotrópicas do carbono, energeticamente falando, são necessários que os elétrons se arranjam na camada de valência, especificamente com a mistura dos orbitais  $s$  e  $p$ , devido estarem em níveis energéticos próximos, com a promoção do elétron do orbital  $s$  para o  $p$ .

Na figura 18 podemos ver o carbono  $sp^2$ , onde 3 elétrons estão igualmente distribuídos em três Orbitais híbrido degenerados e simétricos (ligações  $\sigma$ ) na banda de valência (Banda de orbitais moleculares de alta energia)  $3N$  bandas de energia, e o quarto elétron do orbital  $p$  (puro) que é capaz de formar uma ligação  $\pi$  com um outro orbital  $p$ , que são ligações fracas se comparadas com a ligação  $\sigma$ , encontra-se na banda proibida (espaçamento entre as energias alta e baixa dos orbitais moleculares) semipreenchida. Podemos ver ainda, na figura 18, que na banda de valência encontram-se os orbitais moleculares predominantemente ligantes  $\sigma$  e na banda de condução encontram-se os orbitais predominantemente antiligantes  $\sigma^*$  e entre essas duas bandas, temos a banda muito próximas, a banda proibida, que é formada por bandas muito próximas quase contínuas, muito pequena para o caso do carbono, ou seja, com as energias da banda de valência e condução muito próximas. Isso facilitando a movimentação de elétrons entre as bandas proibidas e bandas de condução.

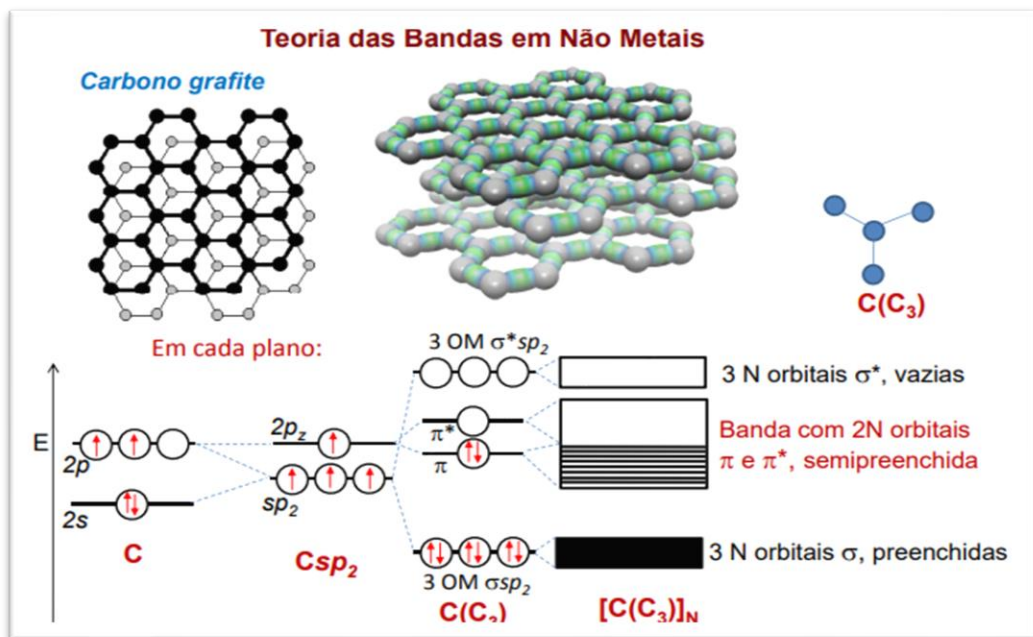


Figura 18: Teoria das Bandas em não metais [Carbono Grafite]

**Fonte:** Desenho retirado das notas de aulas do site

[https://disciplinas.ist.utl.pt/qgeral/electrotecnica/laurailharco/AULA\\_TEORICA\\_21.pdf](https://disciplinas.ist.utl.pt/qgeral/electrotecnica/laurailharco/AULA_TEORICA_21.pdf)

- **Teoria de bandas em não metais (Diamante):**

O Diamante possui quatro átomos ligados covalentemente a outros quatro átomos formando um tetraédrico regular e apresenta hibridização  $sp^3$  com distância Interatômica de 1,54 Å veja a figura 19. Além disso, no diamante as distâncias entre as bandas de valência e condução é muito grande, ou seja, a banda proibida, isso faz com que a movimentação dos elétrons entre as bandas de valência e condução seja muito difícil. Fazendo com que a condução de corrente elétrica seja impossível.

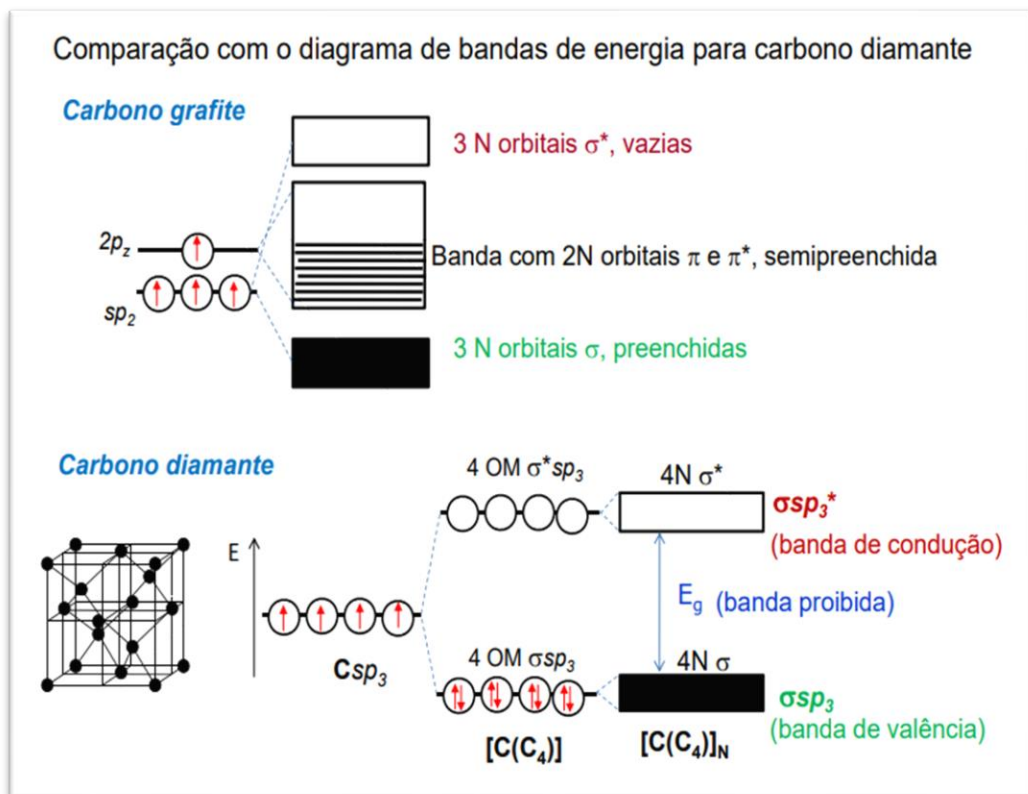


Figura 19: Diagrama de comparação entre as teorias de bandas de energia para o carbono e o Diamante

Fonte: Desenho retirado das notas de aulas do site

[https://disciplinas.ist.utl.pt/qgeral/electrotecnica/laurailharco/AULA\\_TEORICA\\_21.pdf](https://disciplinas.ist.utl.pt/qgeral/electrotecnica/laurailharco/AULA_TEORICA_21.pdf)

## 2.8 DIFERENÇA ENTRE FÍSICA CLASSICA E FÍSICA MODERNA

Como vimos, pelo que foi demonstrado nas sessões acima, existe uma diferença entre a Física Clássica e a Física Moderna, porém limitou-se destacar aqui, apenas o que é relevante ao nosso trabalho, mas é importante conceituar as diferenças entre elas. Vejamos:

- **Física Clássica:**

Se preocupa com o mundo macroscópico, sobretudo a maioria dos estudos anteriores ao início do século 20, envolvendo, tipicamente, conceitos da termodinâmica, eletricidade e magnetismo, mecânica, luz e ótica e som.

- **Física Moderna:**

A Física moderna preocupa-se com o mundo microscópico das partículas. a Física do início do século 20 que inclui a mecânica quântica, a Física molecular, nuclear, atômica, de partículas, relatividade, da matéria condensada, nanofísica e cosmologia.

Todos esses conceitos de Física Moderna apresentados nesse tópico desde o átomo, mesmo que conceituado na Física Clássica, até a teoria de bandas em não metais, tem por objetivo mostrar que por trás da teoria de bandas, existe todo um conjunto complexo de conceitos e teorias envolvidos, que procuramos mostrar de maneira sucinta, mas que não prejudique a compreensão. Pelo contrário tornando-o mais compreensível.

### **3 REFERENCIAIS TEÓRICO–METODOLÓGICOS E METODOLOGIA**

#### **3.1 REFERENCIAIS TEÓRICO–METODOLÓGICOS**

O referencial teórico-metodológico que norteou este trabalho foi a obra de Marco Antônio Moreira, nascido em São Leopoldo, Rio Grande do Sul, dedicou sua vida à docência e à pesquisa em Ensino de Física. Licenciado em Física pela Faculdade de Filosofia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), em 1965, concluindo em 1972 o mestrado em Física, pela UFRGS. Tornou-se PhD em Ensino de Ciências pela Cornell University, USA em 1977. Ele reuniu as obras de vários autores para compor seu trabalho, os quais foram: David Ausubel, Lev Vygotsky, Gérard Vergnaud, D. B. Gowin, Philip Johnson-Laird, Neil Postman e Humberto Maturana.

Para a confecção deste trabalho foi dada atenção a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel (1968). Essa teoria situa a linguagem como essencial para a conceitualização, mas não na sua essência, esse conceito é utilizado segundo a visão do Marco Antônio Moreira, o qual traz uma nova perspectiva sobre esse assunto. Mas, como citado anteriormente, não é possível esquecer das posturas teóricas de Vygotsky (1987; 1988) e Vergnaud (1990; 1993), passando aos significados de Gowin (1981) e aos modelos mentais de Johnson-Laird (1983), em ambos a linguagem está fundamentalmente presente, contudo, a linguagem é colocada no ápice nas posturas de Postman (1969) e Maturana (2001), apresentadas na sequência.

##### **3.1.1 Aprendizagem Significativa, segundo Marco Antônio Moreira**

A aprendizagem significativa é estruturada a partir dos conhecimentos prévios do indivíduo, estabelecendo uma interação simbólica substantiva e não-arbitrária de ideias. Isso não significa, a utilização de qualquer ideia prévia, nem tão pouco utilizá-la literalmente, deve-se utilizar ideias que sejam relevantes ao novo conhecimento a ser aprendido. Esse conhecimento pré-existente na estrutura cognitiva do indivíduo com relevância a nova aprendizagem, pode ser, por exemplo, um símbolo já significativo, um conceito, uma proposição, um modelo mental, uma imagem, que David Ausubel (1918-2008) chamava de subsunção ou ideia-âncora (MOREIRA, 2010).

Em termos simples, subsunçor é o nome que se dá a um conhecimento específico, existente na estrutura de conhecimentos do indivíduo, que permite dar significado a um novo conhecimento que lhe é apresentado ou por ele descoberto, tanto por recepção como por descobrimento, a atribuição de significados a novos conhecimentos depende da existência de conhecimentos prévios especificamente relevantes e da interação com eles (MOREIRA, 2010)

O subsunçor pode ter maior ou menor estabilidade cognitiva, pode estar mais ou menos diferenciado, ou seja, mais ou menos elaborado em termos de significados. Contudo, como o processo é interativo, quando serve de ideia-âncora para um novo conhecimento ele próprio se modifica adquirindo novos significados, corroborando significados já existentes (MOREIRA, 2010).

Moreira (2010) deixa claro:

- É importante reiterar que a aprendizagem significativa se caracteriza pela interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos, e que essa interação é não-literal e não-arbitrária. Nesse processo, os novos conhecimentos adquirem significado para o sujeito e os conhecimentos prévios adquirem novos significados ou maior estabilidade cognitiva.
- Esta forma de aprendizagem significativa, na qual uma nova ideia, um novo conceito, uma nova proposição, mais abrangente, passa a subordinar conhecimentos prévios é chamada de aprendizagem significativa superordenada. Não é muito comum; a maneira mais típica de aprender significativamente é a aprendizagem significativa subordinada, na qual um novo conhecimento adquire significado na ancoragem interativa com algum conhecimento prévio especificamente relevante.
- A clareza, a estabilidade cognitiva, a abrangência, a diferenciação de um subsunçor variam ao longo do tempo, ou melhor, das aprendizagens significativas do sujeito. Trata-se de um conhecimento dinâmico, não estático, que pode evoluir e, inclusive, involuir.
- A estrutura cognitiva, considerada como uma estrutura de subsunçores inter-relacionados e hierarquicamente organizados é uma estrutura dinâmica caracterizada por dois processos principais, a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora.

### 3.1.1.1 Subsídios Epistemológico

Embora alguns educadores pensem o contrário, o ensino de ciências, sobretudo a Física, não se preocupa em criar novos elementos ou substâncias, mas em explicar os fenômenos que nos cercam, pois advém de observações e leis da natureza.

O ser humano é, metaforicamente, um ser humano científico por sua permanente tentativa de prever e controlar o fluxo de eventos no qual está envolvido. O ser humano está permanentemente construindo modelos, representações, do universo e testando-os frente às realidades desse universo (KELLY, 1963).

O ensino da física, como dito anteriormente não é imutável. A maneira como ensinamos, a facilitação do acesso ao conhecimento, requer entre outras coisas a pesquisa. Sobre isso vejamos o que diz Moreira (2016).

Pesquisar é produzir conhecimento através da busca de respostas a perguntas-chave sobre determinado fenômeno de interesse, dentro de um marco teórico, metodológico e epistemológico consistente e coerente.

Quer dizer, quem pesquisa tem uma ou mais perguntas sobre certo fenômeno de interesse. Para responder tais perguntas, estuda objetos ou eventos que faz acontecer ou que acontecem naturalmente. Mas para estudá-los é preciso fazer registros (observações de campo, medidas, gravações, entrevistas, clicks em detectores, resultados de provas, questionários, etc.). Não se faz pesquisa sem registros, sejam quais forem, dos eventos e/ou objetos de estudo. Prosseguindo, é preciso analisar, criar categorias, indexar numericamente, interpretar, enfim, transformar qualitativamente e/ou quantitativamente esses registros até chegar a possíveis e provisórias respostas às perguntas-chave. Isso significa que, obviamente, a pesquisa tem sempre um marco, ou domínio, metodológico, ou seja, um fazer.

## 3.2 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento desse trabalho, buscamos ancoragem nas orientações da aprendizagem significativa crítica de Moreira (2010), a qual nos deu subsídios para o desenvolvimento do produto educacional, exigido pelo MNPEF.

A criação e aplicação do produto educacional baseou-se na Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) de Marco Antônio Moreira para ensinar os conceitos da



Física clássica e Moderna por meio da tinta condutora a base de carbono. Além da teoria, foram usados vários experimentos para melhor entendimento e fixação do assunto.

### **3.2.1 Caracterização da Pesquisa**

A pesquisa a ser realizada é qualitativa na qual se inclui as Unidades de Ensino Potencialmente Significativa de Moreira. Segundo Moreira (2011), deve seguir oito passos.

- Definir o assunto a ser abordado
- Verificar os conhecimentos prévios dos alunos – subsunções
- Propor situações-problema
- Apresentar o conhecimento a partir da diferenciação progressiva
- Propor uma nova situação-problema em nível mais elevado de complexidade
- Concluir a UEPS
- Avaliação da aprendizagem por meio da UEPS
- Avaliação da UEPS

### **3.2.2 Público-alvo**

O presente trabalho foi desenvolvido em uma turma de 11 alunos do 3º ano do Ensino Médio do Centro Educacional Monteiro Lobado na cidade de Brumado-Bahia, à aproximadamente 136 Km do município de Vitória da Conquista. As aulas da turma escolhida ocorrem no turno Matutino, mas as atividades foram desenvolvidas em turno oposto, pois devido a pandemia de Covid-19, as aulas regulares encontravam-se atrasadas. Além disso, trabalhou-se com um pequeno quantitativo de alunos, selecionados aleatoriamente, tomando todos os cuidados recomendados pelas autoridades municipais de saúde, como o uso de máscaras e higienização das mãos.

A amostra da pesquisa foi escolhida de forma intencional, pois verificou-se que o tema proposto dessa dissertação não está incluso no projeto político pedagógico dos alunos do 3º ano do Ensino Médio. É importante salientar que essa amostragem não tem a pretensão de ser representativa do universo dos alunos do terceiro ano do Ensino Médio das escolas brasileiras.

### 3.2.3 Descrição da Proposta

Para o desenvolvimento da sequência didática foi planejado uma divisão de oito passos, de acordo com a unidade de ensino potencialmente significativa UEPS de Moreira seguindo os enfoques metodológicos demandados pela sequência. Os enfoques rotulados são: definir o assunto a ser abordado e verificar os conhecimentos prévios dos alunos – subsunçores; propor situações-problema; apresentar o conhecimento a partir da diferenciação progressiva; propor uma nova situação-problema em nível mais elevado de complexidade; avaliação da aprendizagem por meio da UEPS, avaliação da UEPS. Totalizando uma carga horária aproximada de 9 horas-aula, conforme a divisão no Quadro 7 abaixo:

Quadro 7: Cronograma dos 8 Passos de Marco Antônio Moreira

Estágio	Rótulo	Atividade	Nº de encontros	Carga horária
1	Definir o assunto a ser abordado	Bate papo informal com os alunos informando o que iremos estudar e como iremos trabalhar	1 Encontro (uma aula)	50 min
2	Verificar os conhecimentos prévios dos alunos – subsunçores	Através de um questionário a ser aplicado verificamos os conhecimentos prévios	0 Encontro (uma aula)	Remota
3	Propor situações-problema	O carbono Grafite transmite eletricidade? Como podemos descobrir? Organizadores prévios	1 Encontro (uma aula)	70 min
4	Apresentar o conhecimento a partir da diferenciação progressiva	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentar as perspectivas para o uso do carbono Grafite no futuro</li> <li>• Apresentar a tinta à base de carbono e suas propriedades como: condução elétrica, efeito Joule, maleabilidade e resistividade</li> </ul>	1 Encontro (duas aulas)	2h
5	Propor uma nova situação-problema em nível mais	Do ponto de vista da Física Moderna como o carbono	1 Encontro (Três Aulas)	3h

	elevado de complexidade	grafite conduz corrente elétrica?		
6	Concluir a UEPS	Retornar as características mais relevantes do conteúdo anteriores (Realizar uma atividade experimental envolvendo os conceitos estudados)	1 Encontro (pode ser no mesmo encontro do estágio anterior)	1h
7	Avaliação da aprendizagem por meio da UEPS	Através de um questionário a ser aplicado verificamos os conhecimentos pós trabalho	1 Encontro (Uma Aulas)	1h
8	Avaliação da UEPS	Nesta etapa será analisado os indicadores de êxito (materiais produzidos ao longo do trabalho).	-	-
Carga/horária total				9h

**Fonte:** O próprio autor

### 3.2.4 Estágio 1 (Definir o assunto a ser abordado)

#### *Introdução:*

Nessa fase inicial introduzimos o tema a ser estudado e como seria conduzido o trabalho, foram ouvidos todos os alunos acerca dos seus anseios quanto ao tema abordado (Bate papo informal Figura 20).

Devido à pandemia de COVID-19, essa fase inicial foi presencial respeitando todos os protocolos de segurança, como o uso de máscara, álcool em gel e distanciamento

#### *Objetivos:*

- Estabelecer uma conexão com os estudantes no momento inicial do processo didático e conduzir os trabalhos dos mesmos desde nesse momento introdutório até o término de todo o processo.
- Ter um retorno dos alunos quanto ao tema a ser abordado.
- Conhecer o assunto que iremos trabalhar

#### *Procedimentos:*

A aula foi iniciada apresentando-me aos alunos e falando um pouco sobre meu currículo. Após a apresentação, fizemos um breve relato sobre a importância do nosso trabalho para o mestrado, em seguida foi realizado uma breve explanação em 6 slides (Apêndice A) sobre o produto educacional, e como iria ser trabalhado (Figura 21), foi questionado aos alunos como eles esperavam que fossem essas aulas (Figura 22). Alguns responderam que estavam curiosos sobre o estudo da Física Moderna, outros responderam que estavam ali porque gostavam de ciências. Em seguida, ao término da aula, foi enviado pelo WhatsApp um link de uma pesquisa<sup>3</sup> desenvolvida no Mentimeter sobre o que os alunos achavam da disciplina de Física.

---

<sup>3</sup> Disponível em: <https://www.menti.com/mc5hmvq29z>.



Figura 20: Bate papo informal com os alunos  
Fonte: O próprio autor



Figura 21: Explicação sobre o produto educacional  
Fonte: O próprio autor



Figura 22: Questionamento aos alunos: O que eles esperam das aulas  
Fonte: O próprio autor

### **3.2.5 Estágio 2 (verificar os conhecimentos prévios dos alunos – subsunçores)**

#### *Introdução:*

Caracteriza principalmente por ser um verificador dos conhecimentos prévios, o estágio 2 forneceu subsídios para as atividades subsequentes da sequência de ensino e aprendizagem.

Devido à pandemia de COVID-19, essa fase inicial foi realizada online, na qual foi aplicado um questionário de sondagem online com o intuito de verificar os conhecimentos prévios dos alunos utilizando a ferramenta Microsoft Forms.

A aplicação do questionário foi importante, pois serviu como ferramenta para conhecermos os subsunçores, isso foi de suma importância, visto que possibilitou darmos novos significados aos conhecimentos prévios relevantes ao assunto estudado, assim poderemos interagir com os novos conhecimentos. Nesse processo, os novos conhecimentos adquiriram significados para o sujeito e os conhecimentos prévios adquirem novos significados ou maior estabilidade cognitiva.

#### *Objetivos:*

- Verificar os conhecimentos prévios dos estudantes.

#### *Procedimentos:*

No estágio 1, na primeira aula, foi criado um grupo de WhatsApp especificamente para aplicação do produto educacional, usando o notebook foi enviado aos alunos neste mesmo grupo um link<sup>4</sup> com questionário composto de 12 perguntas desenvolvido no Microsoft Forms.

### **3.2.6 Estágio 3 (Propor situações-problema)**

#### *Introdução:*

Neste estágio foi iniciado uma série de experimentos, em que foi possível verificar a teoria na prática, assim, por meio da experimentação, os alunos foram provocados e instigados sobre temas relevantes ao trabalho. Mas antes de iniciarmos, teremos uma explanação sobre a diferença entre a Física Moderna e a Clássica, pois como o nosso trabalho envolve conceitos das duas matérias, a diferença entre elas deve ficar bem clara para os alunos.

---

<sup>4</sup> Disponível em: <https://forms.office.com/r/LpUuddxiU6>

Nessa terceira etapa foi respondido alguns questionamentos como: O carbono grafite conduz eletricidade? Como podemos descobrir? Um pedaço de plástico ou um semicondutor conduz eletricidade? Como podemos descobrir?

Antes de respondermos a estes questionamentos, precisamos entender algumas concepções sobre a prática do ensino de física, vejamos o que diz Paulo Freire (1988) a esse respeito:

1. Ensinar exige criticidade: na verdade, a curiosidade ingênua que, “desarmada”, está associada ao saber do senso comum, é a mesma curiosidade que, criticizando-se, aproximando-se, de forma cada vez mais metodicamente rigorosa, do objeto cognoscível, torna-se curiosidade epistemológica” (FREIRE, 1988, p. 31).

2. Ensinar exige reflexão sobre a prática na formação permanente dos professores, um momento fundamental é o da reflexão crítica sobre a prática; é pensando criticamente sobre a prática de hoje ou de ontem que se pode melhorar a próxima prática” (FREIRE, 1988, p. 39).

Assim, vejamos o que diz Marco Antônio Moreira (2000) sobre Aprendizagem Significativa Crítica.

Para Moreira (2000), “aprendizagem significativa crítica é aquela perspectiva que permite ao sujeito formar parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela”, Trata-se de uma perspectiva antropológica em relação às atividades do seu grupo social, que permite ao indivíduo participar de tais atividades, porém, ao mesmo tempo, reconhecer quando a realidade está se está distanciando tanto que já não está sendo captada por parte do grupo.

Moreira (2000, p. 7-19) propõe alguns princípios, ideias ou estratégias facilitadoras da aprendizagem significativa crítica:

- Princípio do conhecimento prévio. Aprendemos a partir do que já sabemos. Para ser crítico de algum conhecimento, primeiramente tem que aprendê-lo significativamente;
- Princípio da interação social e do questionamento. Ensinar/aprender perguntas ao invés de respostas;

Isso nos mostra que em certo ponto os pensamentos de Marco Antônio Moreira e Paulo Freire converge.

Levando tudo isso em conta realizaremos vários experimentos para responder a essas perguntas.

*Objetivos:*

- Verificar se as seguintes matérias: Carbono grafite, semicondutor e plástico (isolante), são condutores de corrente elétrica.
- Fazer com que os alunos saibam diferenciar um condutor de um semicondutor e um isolante.

*Procedimentos:*

**Primeira Aula:** Foi iniciada com uma explicação pouco aprofundada sobre a diferença entre a Física Quântica e a Física Clássica, para tal foi utilizado uma série de 5 slides em Power point (Figura 23).

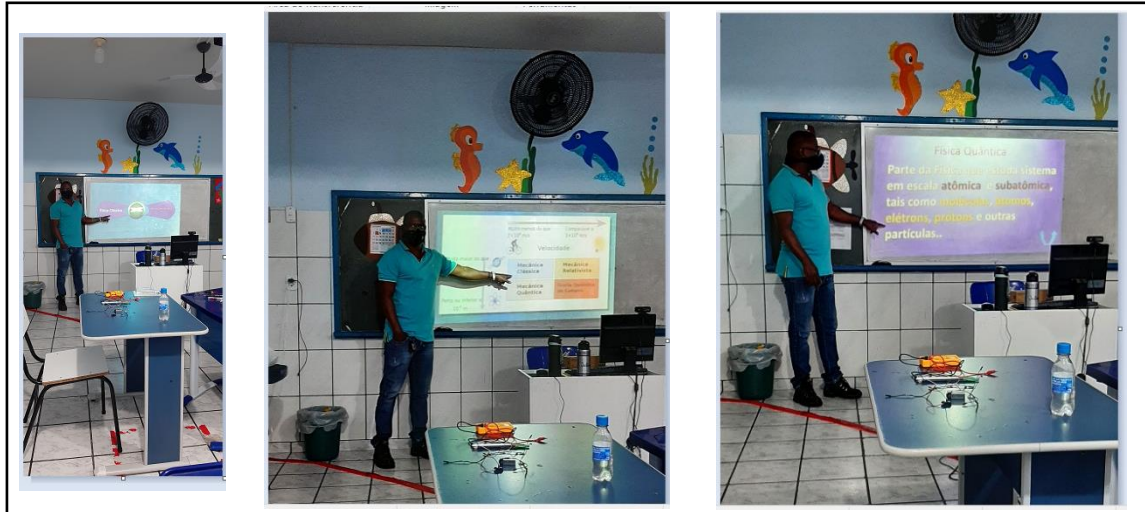


Figura 23: Explicação sobre a diferença entre a Física Quântica e a Física Clássica  
Fonte: Próprio autor



Figura 24: Explicação sobre a diferença entre a Física Quântica e a Física Clássica  
Fonte: O próprio autor

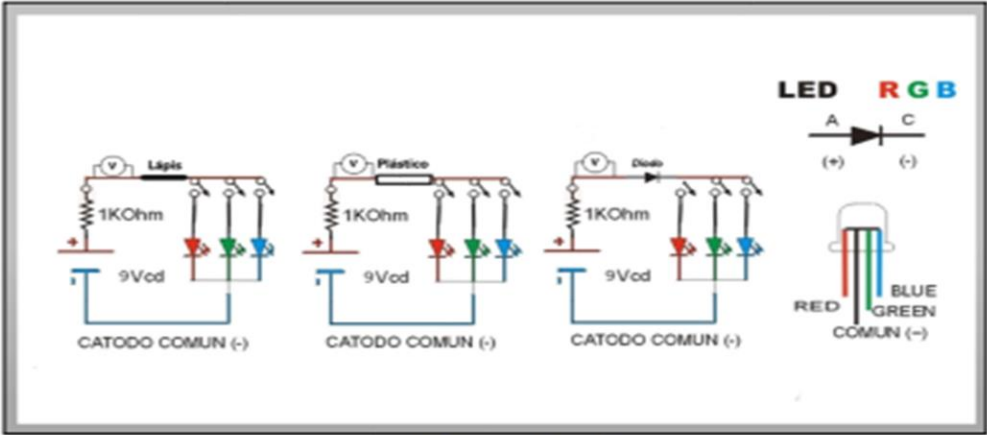


**Segunda Aula:** Após a primeira aula, foi explicado para os alunos que seria iniciado uma série de experimentos e que nesta segunda aula seria realizado o primeiro deles (Figura 25).

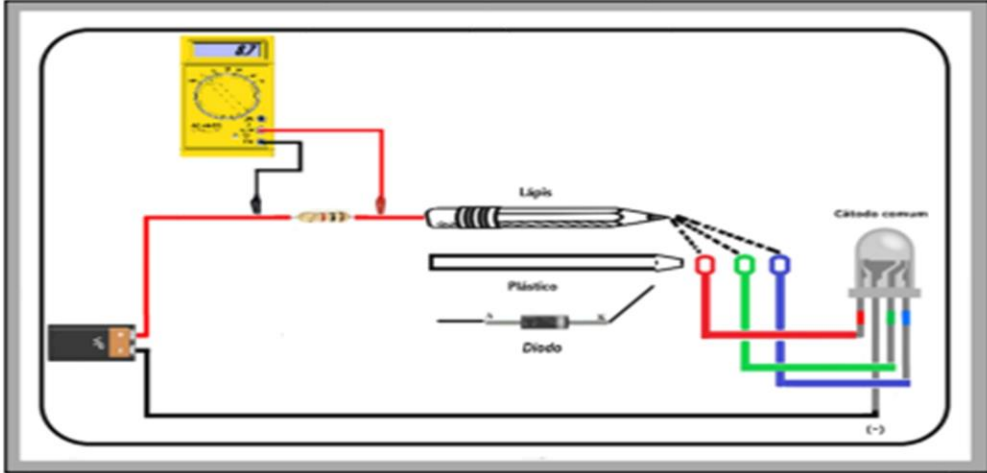
Cada aluno recebeu uma folha contendo a explicação e o experimento a ser realizado (Figura 26 a), foram preparados duas bancadas idênticas para tal (Figura 27). Foram testados todos os materiais propostos no experimento 01, logo após cada aluno preencheu os seus respectivos relatórios (Figura 26 b).

## Experimento 01

**Procedimentos:**  
O LED nada mais é do que um Diodo Emissor de Luz, daí advém a nomenclatura LED em inglês, Light Emitting Diode. No entanto o LED RGB é emite três cores, Red(vermelho), Green(Verde) e Blue(Azul), daí advém o nome. Para o nosso experimento usaremos um LED RGB Cátodo Comum, ele é composto por quatro pernas, sendo uma perna usada para o sinal negativo da bateria de 9V, e as outras três pernas correspondem as cores RGB. Vejamos como montar o experimento



*Figura 14 – Esquema de ligação do circuito*



*Figura 7 - desenho de ligação do circuito*

65

Figura 25: 1º experimento. estágio 3 do Produto Educacional

Fonte: O próprio autor

### **Vejamos as ligações e testes.**

#### **1. Teste com a Grafite do Lápis:**

Conforme demonstrado nos desenhos acima, o polo negativo da bateria é ligado na perna negativa do LED, o outro polo positivo da bateria é ligado a um resistor de 1 K Ohm, depois esse resistor é conectado a grafite do lápis pela parte de traz do mesmo. Na fiação entre o resistor e o fundo do lápis, instalamos um Multímetro na escala de voltagem. Com um LED RGB em forma de estrela previamente preparado, o qual ligamos três fios respectivamente as cores vermelho, verde e azul.

Na realização do teste, pegamos a ponta do lápis e encostamos no fio correspondente a cor, verificamos se o LED ascende na cor correspondente àquela que a perna foi ligada.

#### **2. Teste com o Plástico:**

Conforme demonstrado nos desenhos acima, o polo negativo da bateria é ligado na perna negativa do LED, o outro polo positivo da bateria é ligado a um resistor de 1 K Ohm, depois esse resistor é conectado a uma caneta de plástico pela parte de traz da mesma. Na fiação entre o resistor e o fundo da caneta de plástico, instalamos um Multímetro na escala de voltagem. Com um LED RGB em forma de estrela previamente preparado, o qual ligamos três fios respectivamente as cores vermelho, verde e azul.

Na realização do teste, pegamos a ponta do da caneta de plástico e encostamos no fio correspondente a cor, verificamos se o LED ascende na cor correspondente àquela que a perna foi ligada.

#### **3. Teste com o Diodo:**

Conforme demonstrado nos desenhos acima, o polo negativo da bateria é ligado na perna negativa do LED, o outro polo positivo da bateria é ligado a um resistor de 1 K Ohm, depois esse resistor é conectado a uma Diodo pela parte de traz do mesmo. Na fiação entre o resistor e o fundo do Diodo, instalamos um Multímetro na escala de voltagem. Com um LED RGB em forma de estrela previamente preparado, o qual ligamos três fios respectivamente as cores vermelho, verde e azul.

Na realização do teste, pegamos o fio ligado no catodo do Diodo e encostamos no fio correspondente a cor, verificamos se o LED ascende na cor correspondente àquela que a perna foi ligada. Depois invertemos ligando o Diodo, encostamos no fio correspondente a cor, verificamos se o LED.

Figura 26 - a: Relatório do 1º experimento do Produto Educacional

Fonte: O próprio autor.

**Resultados do experimento:**

<b>Material</b>	<b>Tipo de Material</b>	<b>Resultado</b>
<b>Lápis (Carbono)</b>	_____	_____ _____ _____ _____ _____ _____
<b>Plástico (Corpo de uma Caneta)</b>	_____	_____ _____ _____ _____ _____ _____
<b>Diodo (Silício ou Germânio)</b>	_____	_____ _____ _____ _____ _____ _____

*Tabela 2 – Folha de respostas parte experimental.*

Figura 27 - b: Relatório do 1º experimento do Produto Educacional

Fonte: O próprio autor.



Figura 28: Realização do 1º experimento do Produto Educacional  
Fone: O próprio autor

### 3.2.7 Estágio 4 (Apresentar o conhecimento a partir da diferenciação progressiva)

#### *Introdução:*

Após a conclusão do estágio três, os alunos estavam aptos para aprofundar mais sobre o assunto, pois foram motivados e provocados sobre o assunto visto no terceiro estágio.

O estágio quatro é caracterizado pelo aprendizado por apresentar o conhecimento a partir da diferenciação progressiva, vejamos o que diz Moreira.

A diferenciação progressiva é o processo de atribuição de novos significados a um dado subsunçor (um conceito ou uma proposição, por exemplo) resultante da sucessiva utilização desse subsunçor para dar significado a novos conhecimentos. (MOREIRA, 210, p. 6).

Portanto, a partir do conhecimento do carbono grafite que compõem lápis, o aluno pode aprender novos conceitos sobre as propriedades do carbono, além de entender um pouco mais sobre os conceitos da Física clássica, como: Resistência, Resistividade, Condutividade, Efeito Joule e Maleabilidade. Na parte experimental foi utilizado o carbono grafite para testar todos os conceitos da Física Clássica listados anteriormente. Assim, para o aluno, o conhecimento

sobre as propriedades do grafite do carbono fica mais diferenciado utilizando modelos experimentais.

#### *Objetivos:*

Apresentar para o aluno as inúmeras aplicações do grafeno no futuro, bem como as propriedades do carbono grafite como:

- Condução Elétrica
- Resistividade
- Condutividade
- Maleabilidade
- Efeito Joule

#### *Procedimentos:*

A aula foi iniciada assistindo a um vídeo do YouTube<sup>5</sup> (Figura 28), que durou 16 minutos, sobre o uso do grafeno do grafite no futuro, sua obtenção e suas propriedades. Após a exibição do vídeo, os alunos perguntaram por que essa tecnologia não estava em uso, foi respondido que devido a vários fatores, dentre eles o custo de produção e a necessidade de pesquisas mais profundas. Perguntaram também se faríamos alguma aula prática, foi respondido que sim.

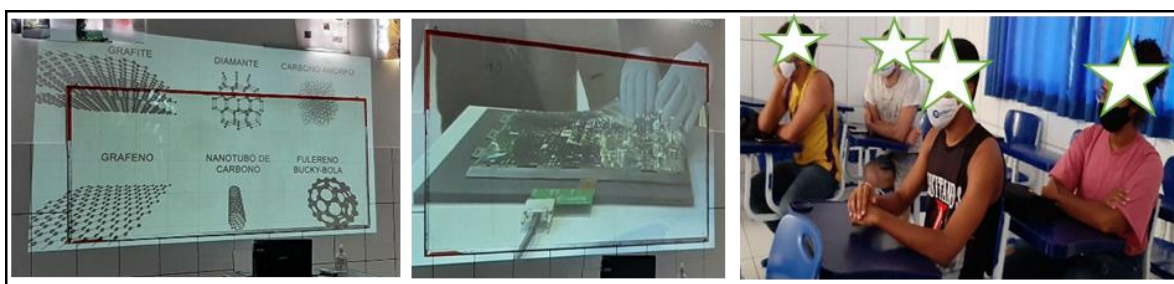


Figura 29: Exibição sobre o uso do grafeno do grafite no futuro, sua obtenção e suas propriedades  
Fonte: O próprio autor

Na segunda aula foi dado início a explanação sobre os conceitos Clássicos de Resistência Elétrica, Resistividade, Condutividade, Efeito Joule e Maleabilidade, para um melhor entendimento foi realizado o uso de figuras (Figura 29) para que o aluno tivesse noção do que acontece na prática com os conceitos, pois foi realizado testes no segundo experimento. Cada aluno recebeu uma apostila com explicação dos assuntos a serem estudados.

<sup>5</sup> Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=l6yqJxB4uzA>

### 1.5 Resistência:

**Resistência**  
Por definição, é a oposição a passagem de alguma coisa. Então vejamos...

**Resistência Elétrica**  
Dificuldade oferecida à passagem de corrente elétrica. Então quanto mais dificuldade se oferece aos portadores de carga, mais difícil é a passagem de corrente, logo maior é a resistência.

$i \propto \frac{1}{R}$

$R = \frac{V}{i}$       unidade  $\frac{V}{A} = \Omega$  (ohm)

Como que surge essa resistência elétrica:

Elétron  $\ominus$       Átomo  $\bullet$

Em um fio condutor de um certo material, ao estabelecermos uma corrente neste fio condutor para a direita, sendo a corrente elétrica formada por portadores de carga, essas partículas ao se deslocarem por esse fio condutor vão se chocar com os átomos desse condutor e esse choque que vai oferecer a resistência.

### Que fatores influenciam na resistência:

Se dobrarmos o comprimento do condutor, percebemos que a corrente encontra um número maior de obstáculos, ou seja 2 vezes maior, assim a resistência dobrou. Como a resistência é inversamente proporcional a corrente (i), temos que a corrente cai à metade. Vejamos

$2R \rightarrow \frac{i}{2}$

Mas e se dobramos a área?

$R \rightarrow \frac{i}{2}$

Agora temos um fio com o mesmo comprimento "L" e 2 vezes a área. Percebemos que embora temos um número maior de obstáculos também temos um número maior de caminhos livres para que a corrente (i) circule. Com isso a resistência acabou diminuindo. Logo temos.

Por último, temos a disposição dos átomos em cada material, cada substância que influencia na resistência desse material, e essa disposição depende da estrutura cristalina ou arranjo atômico, e chamamos de resistividade. Vejamos:

Materia	Resistividade (Ohm)
Prata	$1,68 \cdot 10^{-8}$
Cobre	$1,69 \cdot 10^{-8}$
Alumínio	$2,75 \cdot 10^{-8}$
Tungstênio	$5,25 \cdot 10^{-8}$
Ferro	$9,80 \cdot 10^{-8}$
Platina	$10,6 \cdot 10^{-8}$
Manganês	$48,2 \cdot 10^{-8}$
Silício Puro	$2,3 \cdot 10^3$
Vidro	$10^9 - 10^{12}$

Então é a partir da resistividade que eu tenho a noção da resistência de cada material. Que chamamos de  $R_0$  ( $\rho$ ). Assim a partir dessas propriedades vistas anteriormente podemos construir a equação da resistência.

$R = \rho \cdot \frac{l}{A}$

### .6 Efeito Joule:

O processo já explicado anteriormente nos dá uma ideia por que os condutores ou resistores esquentam, quando os portadores de carga da corrente colidem com os átomos, essa colisão transmite energia para os átomos, fazendo com que as vibrações ou agitações desses átomos aumentem, e ao ficarem mais agitadas eles vão ter maior temperatura ou seja, quanto maior a agitação dos átomos, maior será sua temperatura, e esse fenômeno recebe o nome de **EFEITO JOULE**

Figura 30: Explicação sobre os conceitos Clássicos de Resistência Elétrica, Resistividade, Condutividade. Efeito Joule

Fonte: O próprio autor

Na Terceira aula, iniciou o segundo experimento, em que usando a tinta condutora a base de Carbono (Tinta à base de carbono misturado com esmalte e acetona, com a capacidade de conduzir corrente elétrica) previamente preparada (Figura 30), foram testados os conceitos estudados na aula anterior.



Figura 31: Material usado para confeccionar a tinta capacitiva

Fonte: O próprio autor

Com a tinta condutora a base de carbono em mãos, os alunos utilizando-se de um pedaço de garrafa pet cortado em retângulo, colocaram dois pedaços de fitas crepe, um de cada lado deste retângulo e passaram a tinta capacitiva, formando uma trilha. Aguardaram alguns minutos para secar. Depois removeram a fita crepe e com uma fita isolante colaram dois pedaços de fios, um de cada lado na trilha (Figura 31).

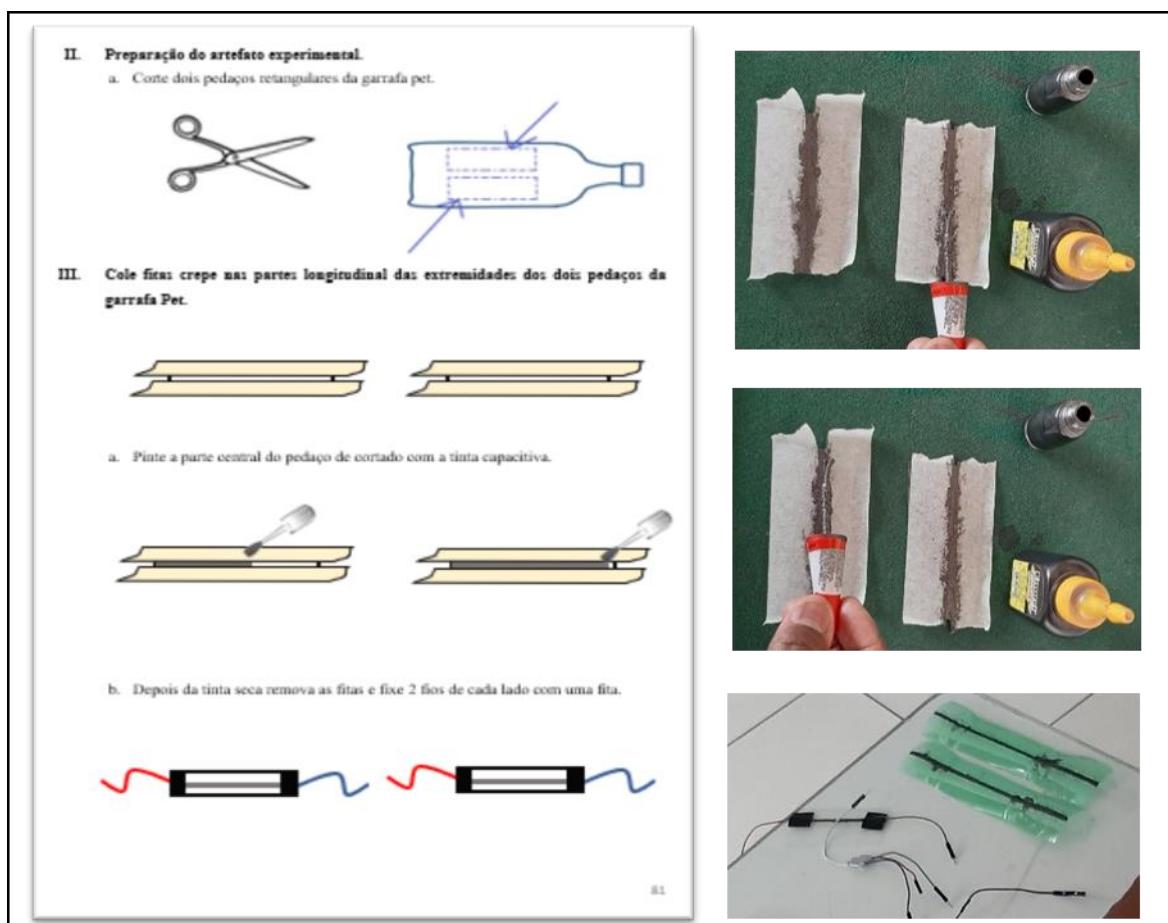


Figura 32: Confeção do Material para a realização do experimento do estágio 8 do Produto Educacional

Fonte: O próprio autor

Cada aluno recebeu uma folha com instruções de como montar o aparato experimental, e realizar os experimentos. Logo após, usando slides, foi explicado para todos a ordem de realização dos trabalhos (Figura 32).

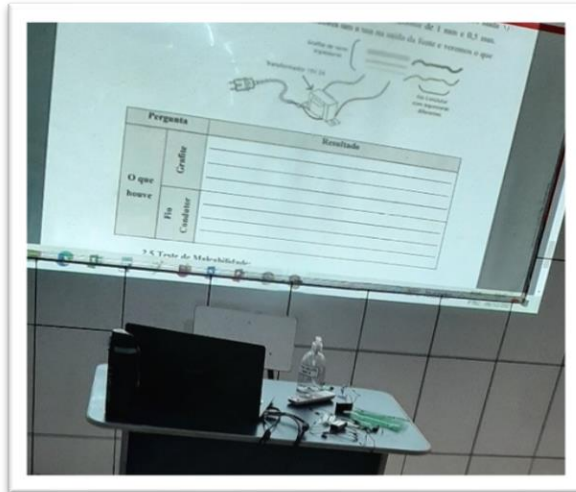


Figura 33: Exibição da folha com instruções

Fonte: O próprio autor

### *Primeiro Teste: Condutividade*

Cada aluno montou o aparato experimental, realizou o teste e anotou em uma folha do relatório o resultado do experimento, mas não foi possível medir a amperagem, devido ao baixo consumo de carga do Led, pois para isso teria que ter um sumidouro maior, devido a isso medimos a voltagem (Figura 33).





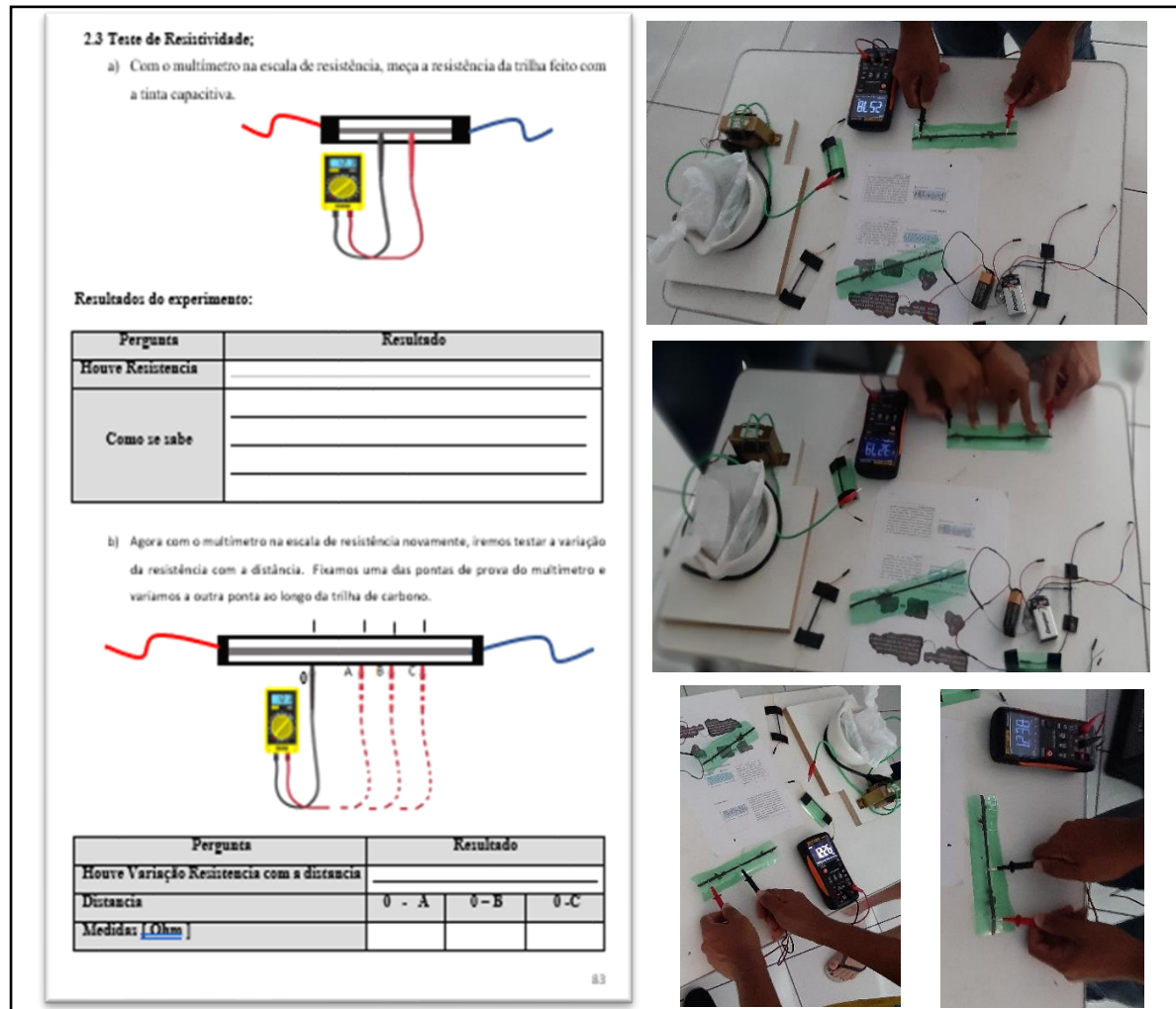


Figura 35: Realização do 2º teste pelos alunos com a tinta Capacitiva

Fonte: O próprio autor

### *Terceiro Teste: Efeito Joule*

Este teste é um pouco mais complicado, devido à dificuldade e perigo dos instrumentos que foi utilizado, pois envolve um transformador de 220V AC de entrada, com saída de 15v AC, por isso solicitei aos alunos que apenas auxiliasse neste teste.

Com o aparato experimental já montado, foi solicitado aos alunos que separassem 3 grafites com espessuras diferentes 0,5, 0,7 e 2 mm e mais 2 fios também com espessuras diferentes. Em seguida, os alunos, utilizando de duas garras de jacaré, uma ligada no polo positivo e outra ligada no polo negativo da saída do transformador, conectaram a grafite de 0,5 mm, transformador foi ligado e com uma câmera térmica os alunos observaram o que aconteceu e anotaram os resultados em uma folha de relatório, os mesmos procedimentos foram realizados para os grafites de 0,7 e 2 mm, como os fios de espessuras diferentes.

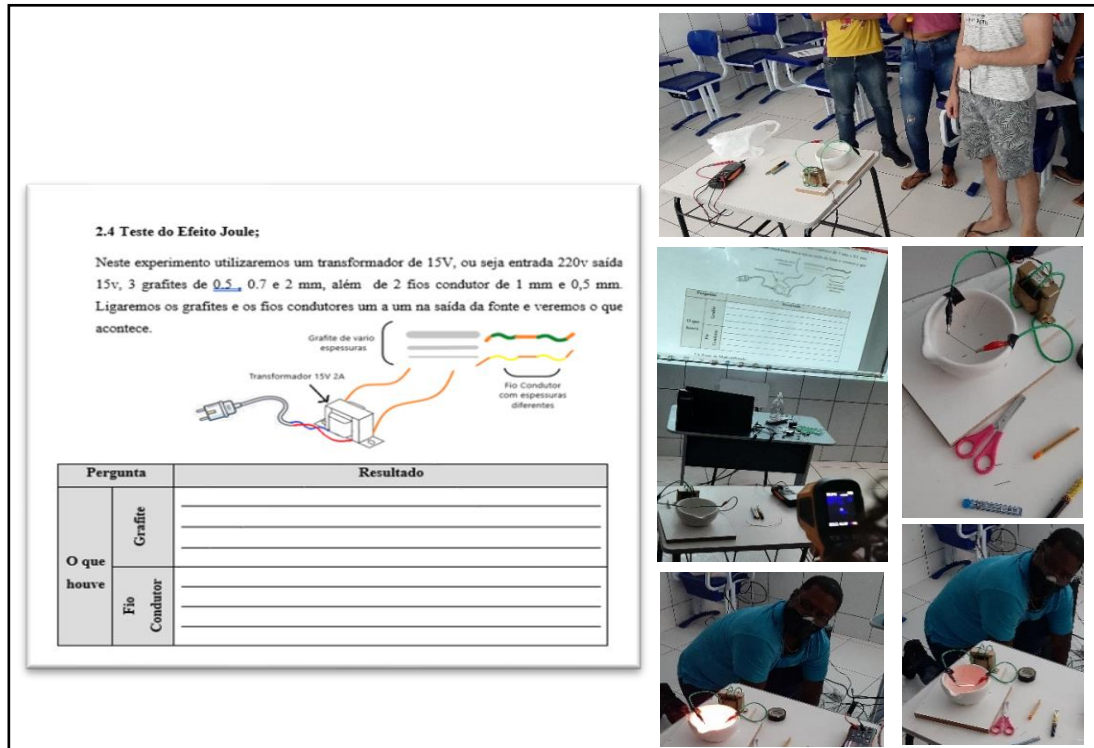


Figura 36: Realização do 3º teste pelos alunos com a tinta Capacitiva

Fonte: O próprio autor

#### *Quarto Teste: Maleabilidade*

Este último é apenas um teste simples, realizado para que os alunos percebam que não importa qual é a forma na qual a tinta condutora a base de carbono encontra-se, ela sempre vai conduzir corrente elétrica mantendo suas características originais. Os alunos pegaram uma das placas com a tinta condutora e dobraram, em seguida mediram a condutividade, observaram que a tinta continuava a conduzir corrente elétrica sem perder as suas propriedades.

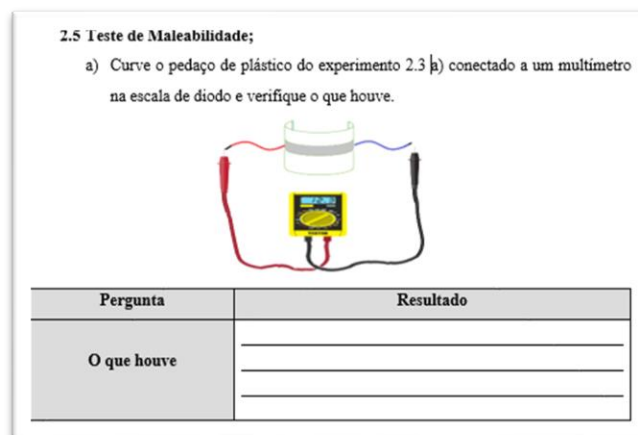


Figura 37: Realização do 4º teste pelos alunos com a tinta Capacitiva

Fonte: O próprio autor

### **3.2.8 Estágio 5 (Propor uma nova situação-problema em nível mais elevado de complexidade)**

#### *Introdução:*

Neste estágio foi estudado os fenômenos em nível mais elevado de complexidade do ponto de vista da Física Moderna. Foi respondido os questionamentos: como se dá a passagem de corrente elétrica na condutora a base de carbono? Foi estudado também as diferenças entre os materiais condutores, semicondutores e isolantes, bem como as explicações dos efeitos Joule e como ocorre o fenômeno da resistência elétrica. Já que, devido a sua capacidade de condução elétrica, a tinta condutora a base de carbono se comportava como um condutor elétrico.

Esse assunto é de suma relevância, ao ponto que a própria Lei de Diretrizes e Bases da Educação Brasileira (LDB), em seu artigo 35, mais especificamente no inciso IV, estabelece como finalidade do Ensino Médio: a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina. Dessa forma, os conceitos de condutor, isolante e semicondutor representam um pré-requisito para que os discentes possam compreender as inúmeras tecnologias da atualidade, dentre estes a tinta condutora a base de carbono, considerando, é claro, os seus aspectos mais atuais, incorporados a partir das novas teorias.

#### *Objetivos:*

- Explicar aos alunos o que ocorre nos fenômenos Físicos estudados até aqui, como a condução de corrente elétrica em materiais condutores, semicondutores e como não ocorre em isolantes, a partir do ponto de vista da Física Moderna.

#### *Procedimentos:*

Neste estágio, os conhecimentos adquiridos pelos alunos, até aqui, foram aprofundados, aprenderam mais um pouco sobre a Física Moderna. A primeira aula foi iniciada com uma explicação sobre teoria de bandas, que é um tópico da Física Moderna, utilizando slides para explicar o processo de formação das bandas de energia, além dos conceitos de átomos, moléculas, orbitais, níveis de energia, modelo atômico de camadas e o Princípio de exclusão de Pauli. Os alunos estudaram o processo de caracterização de condutor, semicondutor e isolante, foi demonstrado aos alunos o uso prático desse conhecimento, ou melhor, foi exemplificado o uso desse conhecimento físico no nosso dia a dia. Além de uma explanação de como o carbono grafite conduz corrente elétrica.

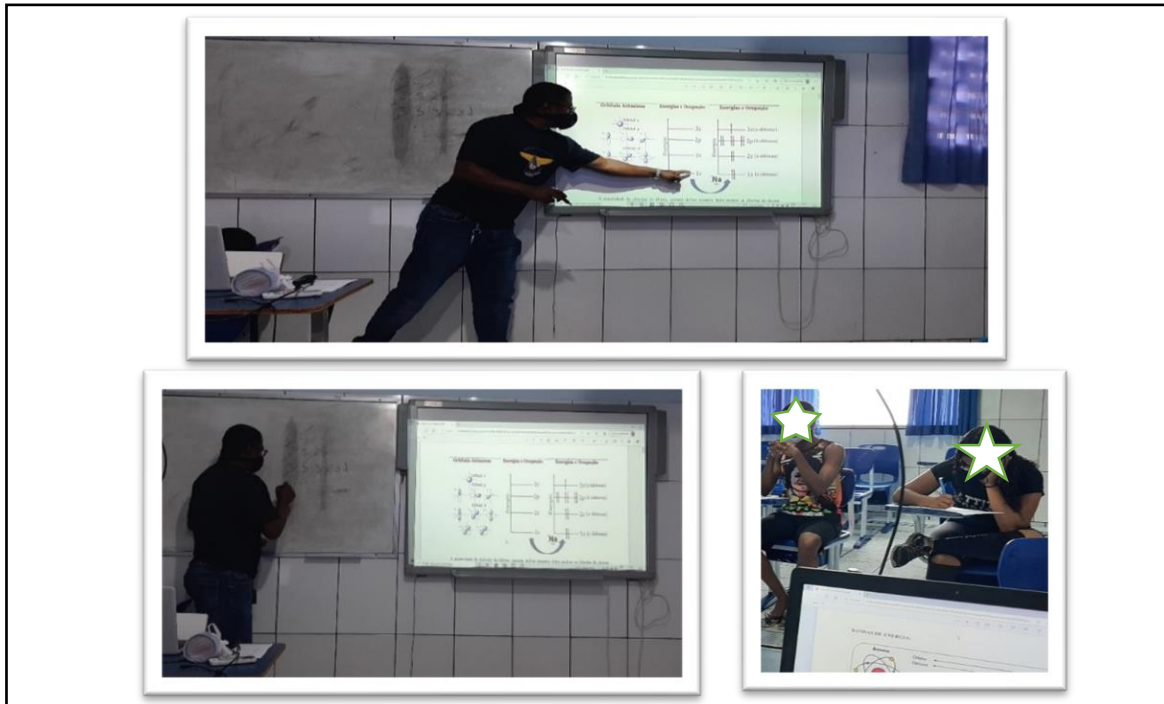


Figura 38: Aula de introdução a Física Moderna, distribuição energética

Fonte: O próprio autor

### BANDAS DE ENERGIA:

**Atomo**

Figura 3.2.1 - Modelo Atômico de Condutores

**Orbitais Atômicos**    **Energias e Ocupação**    **Energias e Ocupação**

A quantidade de elétrons da última camada define quantos elétrons podem se libertar do átomo em função da absorção de energia externa ou se esse átomo pode se ligar a outros através de ligações covalentes (A ligação covalente é aquela em que os átomos dos elementos químicos compartilham seus elétrons a fim de ficarem estáveis).

Fotografia de orbitais de Pauli  
O orbitais de Pauli de um átomo são representados por uma nuvem de probabilidade formada por Wolfgang Pauli em 1926. Ela indica que dois elétrons orbitais não podem ocupar o mesmo estado quântico simultaneamente.

**Molécula diatômica**

**Sólidos**

$N$  átomos

**Ocupação da Bandas**

$T = 0K$

**Banda de Condução**

**Nível de Fermi**

**Banda de Valência**

Os elétrons da banda de valência são os que têm mais facilidade de sair do átomo.

- Por causa da distância ser muito maior, a força de atração é menor (menor energia externa)
- Eles têm uma energia maior

A regra entre uma banda e outra do átomo é denominada regra proibida, onde não é possível existir elétrons. O tamanho da banda proibida ou última camada de elétrons define o comportamento elétrico do material.

Portanto vejamos:

Pela definição podemos caracterizar os materiais da seguinte forma:

- Condutor** é qualquer material que sustenta um fluxo de carga, quando uma fonte de tensão com amplitude limitada é aplicada através de seus terminais.
- Isolante** é o material que oferece um nível muito baixo de condutividade sob pressão de uma fonte de tensão aplicada.
- Semicondutor** é, portanto, o material que possui um nível de condutividade entre os extremos de um isolante e um condutor.

### REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DAS BANDAS DE ENERGIA EM MATERIAS.

Figura 89 - Representação das bandas de energia em metais, semicondutores e isolantes.

Portanto, partindo da ideia de banda de energia pode-se definir condutores, isolantes e semicondutores conforme Kmit [1] afirma:

- O cristal se comporta como **isolante** se todas as bandas de energia permitidas estão totalmente cheias ou totalmente vazias, porque nesse caso nenhum elétron pode se mover em resposta à aplicação de um campo elétrico.
- O cristal se comporta como um **Condutor** se uma ou mais bandas está parcialmente cheias, com 10 a 90% da capacidade, digamos.
- O cristal se comporta como um **semicondutor** ou **semimetal** se uma ou mais bandas está quase cheia ou quase vazia.

uma propriedade que varia com o aumento da temperatura  $\rho$  e, ao contrário, os materiais que apresentam um aumento de condutividade de semicondutores, apresentando um comportamento elétrico diferente dos metais (condutores) que, por sua vez, diminuem sua condutividade com o aumento da temperatura. Sendo assim, os semicondutores têm sua resistividade elétrica diminuída com o aumento da temperatura [5], característica muito importante para o desenvolvimento tecnológico (fabricação de transistores, resistores, diodos, células fotovoltaicas, detectores e termistores).

### APLICAÇÕES:

**Conductor**    **Semiconductor**

**Semisor PTC**    **Banho Maria**

**Luz Incoerente Vermelha**    **Ponte de Luz com sensor LDR**

### ESTUDO DAS PROPRIEDADES DO CARBONO DO GRAFITE NA GRAFITE

Após estudarmos nos estudos dos materiais, podemos estudar em fim a estrutura de carbono no grafite ou grafite.

1 - Formas Puras do Carbono:

1. O átomo de Carbono:

O átomo de carbono possui atômica (A) = 12,011 e número atômico (Z) = 6. Possui 6 elétrons, sendo 4 elétrons na sua última camada (Camada de valência).

2. O Grafite:

O grafite é formado por vários átomos de carbono e possui estrutura hexagonal plana. Como se fosse uma folha de papel. Vejamos a figura abaixo.

Mas como ocorre a passagem de corrente elétrica? Para respondermos a essa pergunta temos que entender a figura abaixo.

Os átomos de carbono ligam-se a outros três, formando plano hexagonal facilmente romper pontos.


Os quatro elétrons de cada carbono se dedica numa diferença de potencial elétrico, que são o grafite condutor comete elétrons no estado sólido.

Na figura 89 (a) temos seis átomos ligados a outros 3 átomos por meio de ligação covalente, cada um possui 4 elétrons de sua última camada de valência participando da ligação, assim o quarto elétron de cada átomo fica livre formando assim uma nuvem de elétrons.

Na figura 89 (b) quando o grafite é submetido a uma diferença de potencial os elétrons vindos da banda  $\pi$  vão impulsionar os elétrons livres da nuvem para as cargas positivas dessa fonte, fazendo assim que haja um fluxo de elétrons (Transmissão de corrente elétrica)

Figura 398: Apostilha explicativa sobre a formação das bandas de energia e condutividade elétrica no grafite

**Segunda aula:** Os alunos realizaram uma dinâmica para melhor entendimento sobre teoria das bandas de energia. Essa dinâmica estava programada para ocorrer na quadra de esportes, mas devido ao mau tempo, foi realizada na sala de aula. A turma foi dividida em três grupos de três pessoas. Cada grupo foi colocado em frente a uma das representações do que seria um condutor, um isolante e semicondutor do ponto de vista da teoria das bandas de energia, porém sem nenhuma identificação do que seria as bandas de valência, proibida e condução. Foi solicitado que cada aluno se posicionasse no centro dos quadrados que estava a sua frente (Banda de Valencia), e que se imaginasse como um elétron. Nesse momento, foi informado ao aluno que assim como o elétron recebe energia e passa da banda de valência para a banda de condução, eles também receberiam energia e teria que em apenas um salto passar da banda de valência para a banda de condução, a energia fornecida foi representada por uma barra de chocolate, na representação do condutor como a distância entre a banda de condução e a banda de valência praticamente não existia (bandas sobrepostas) os alunos se movimentaram livremente entre essas bandas, já no semicondutor, a banda proibida era pequena, conseguiram saltar da banda de valência para a banda de condução sem nenhuma dificuldade e, assim, movimentar livremente nas duas bandas e entre elas. No caso do condutor, mas no caso do insolente devido à grande distância entre a banda de valência e de condução, não conseguiram. Logo perceberam que em materiais não condutores (isolantes) os elétrons não conseguiam se movimentar entre uma banda e outra. Por último foi solicitado que eles preenchessem a folha de relatório identificando cada uma das bandas, o tipo de material que cada estava realizando a experimentação (Condutor, isolante ou semicondutor).





**Da esquerda para a direita:**

1º Representação: Condutor


2º Representação: Isolante

3º Representação: Semicondutor





**Dinâmica 01**



---


---

---

---

---

---



---


---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

Ao lado temos a folha de resposta da Dinâmica 01, onde o aluno preencheu de acordo com a dinâmica realizada.

Figura 40: Realização de uma dinâmica em sala de aula para entendimento da teoria das bandas

Fonte: O próprio autor

### 3.2.9 Estágio 6 (concluir a UEPS)

#### *Introdução:*

Neste estágio, foi proposto aos alunos que desenvolvessem um experimento usando, papel A4, tinta capacitiva, pilha de 9 Volte se Led RGB. Na proposta, os alunos trabalharam os conhecimentos adquiridos até o momento, isso fez com que eles explorassem ainda mais o seu lado cognitivo, pois ganharam autonomia para desenvolver seus próprios projetos. Neste contexto, os alunos tornaram-se protagonistas dos seus próprios saberes, visto que o professor saiu de cena, passando ao papel de mero avaliador do trabalho desenvolvido pelo aluno.

#### *Objetivos:*

- Verificar os conhecimentos adquiridos sobre Física Clássica e Moderna por meio de um experimento simples a ser projetado, executado e explicado pelos alunos.

#### *Procedimentos:*

No início da aula entregamos para cada aluno duas folhas de papel A4 (vide anexo B) é dito que estaríamos realizando o experimento 02, foi explicado também que neste procedimento cada aluno é protagonista do seu próprio experimento, que eles deveriam antes de tudo projetar na sua cabeça o experimento com o uso da tinta capacitiva e que deveriam desenhar esse projeto na folha 01 do papel que receberam e depois realizar o experimento, foi explicado também que antes da experimentação deveriam descrever o material que eles usariam nessa mesma folha 01. Depois deveriam descrever os resultados experimentais na folha 02.

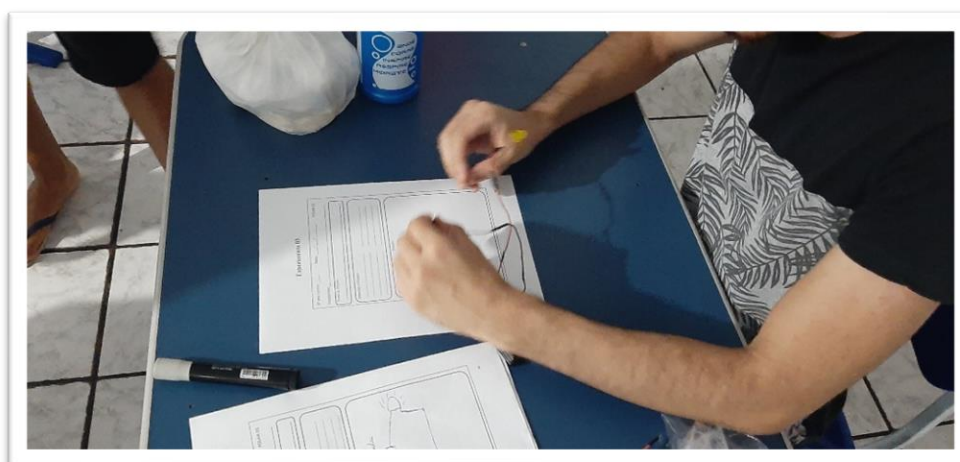


Figura 41: Experimento nº 2, desenvolvimento de um projeto pelos alunos usando a tinta capacitiva

Fonte: O próprio autor



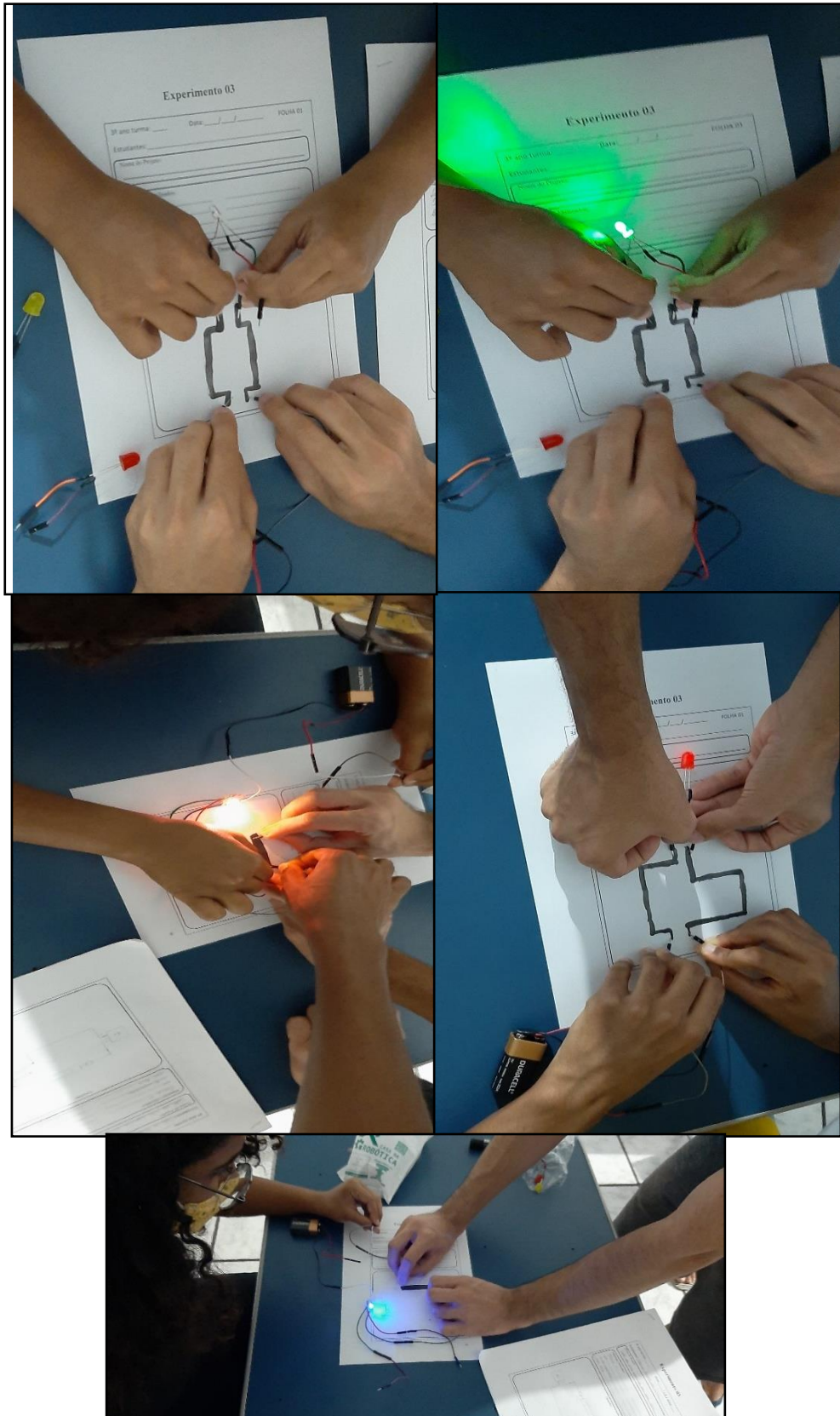


Figura 42: Execução dos projetos usando a tinta capacitiva, realizados pelos alunos  
Fonte: O próprio autor

### 3.2.10 Estágio 7 (Avaliação da aprendizagem por meio da UEPS)

#### *Introdução:*

Através de um questionário aplicado, foram verificados os conhecimentos após trabalho, no qual foram abordadas questões relevantes ao que foi estudado em todo o percurso até aqui. Nesse estágio, segundo a UEPS de Moreira, após o sexto passo, deverão ser propostas questões/situações que impliquem compreensão, que evidenciem captação de significados e, idealmente, alguma capacidade de transferência.

#### *Objetivos:*

- Avaliar a compreensão e desempenho dos alunos sobre os fenômenos Físicos estudados neste projeto.

#### *Procedimentos:*

Usando um notebook foi enviado dois links para o grupo do WhatsApp, criado no primeiro estágio, o primeiro link<sup>6</sup> foi uma pesquisa para conhecermos os sentimentos dos alunos com relação ao trabalho, ou seja, as aulas de Física e/ou a disciplina de Física relacionada a aplicação do nosso produto educacional, desenvolvido no mentimeter. Já o segundo link<sup>7</sup> desenvolvido, no Microsoft Forms, foi um questionário de avaliação, em que foi avaliada a aprendizagem significativa dos alunos, sem se preocupar com a questão da nota, foram levados em conta o interesse dos alunos e o raciocínio.

### 3.2.11 Estágio 8 (Avaliação da UEPS)

#### *Introdução:*

Essa é a fase final do produto educacional, na qual foram avaliados os questionários e diários de bordos, que serão os indicadores de êxito. Pois a UEPS somente será considerada exitosa se a avaliação do desempenho dos alunos fornecer evidências de aprendizagem significativa (captação de significados, compreensão, capacidade de explicar, de aplicar o conhecimento para resolver situações-problema).

#### *Objetivos:*

- Analisar os indicadores de êxito, por meio dos dados obtidos dos questionários e diários de Bordo.

---

<sup>6</sup> Disponível em: <https://www.menti.com/gtqxqotd1y>

<sup>7</sup> Disponível em: <https://forms.office.com/r/tZgj9qygGm>

*Procedimentos:*

Neste estágio foram avaliados todos os materiais produzidos, como diários de bordo, relatório, questionários e participação dos alunos nas aulas.

## 4 RESULTADOS, DISCUSSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo será apresentado os resultados e relatos da aplicação do produto educacional.

#### 4.1.1 Estágio 1

Neste momento, optou-se por uma conversa informal com os alunos sobre o trabalho que foi desenvolvido, já que eles iriam fazer parte deste trabalho, observou-se uma certa euforia dos alunos, já que grande parte deste projeto envolveria aulas práticas, foi notado que isso chamou muito a atenção deles. Além desse bate papo, foi feita uma pesquisa online, utilizou-se o Mentimeter para saber o que os alunos pensam sobre as aulas de Física, pois um dos objetivos do trabalho é motivar e instigar os alunos quanto ao ensino de ciências, neste caso o ensino de Física, cujo resultado está apresentado abaixo.



Figura 43: Respostas dos alunos no Mentimeter

Fonte: O próprio autor

No primeiro momento, os alunos apresentaram um sentimento de desânimo, tristeza, curiosidade e uma certa dificuldade. No segundo momento, notou-se que os alunos conheciam pouco sobre o assunto que iria ser estudado, isso ficou evidente pelas respostas do questionário

online no qual alunos responderam, Notou-se também um anseio e importância para com as aulas práticas de Física.

#### 4.1.2 Estágio 2

Apresentamos abaixo o resultado do questionário aplicado aos alunos com o intuito de sondar seus conhecimentos prévios, note que em se tratando de alunos do 3º Ano do EM uma parcela dos alunos, mesma que pena, não estudaram Física 3, nenhum desses alunos conhecem a teoria das bandas, há entre os alunos uma grande divergência quanto ao uso e as propriedades do carbono, apresentam dúvidas quanto a classificação dos materiais em condutor, semicondutor e isolante, mas é importante frisar que 100% deles reconhecem que usar os conhecimentos adquiridos nas aulas de Física no seu cotidiano é importante.

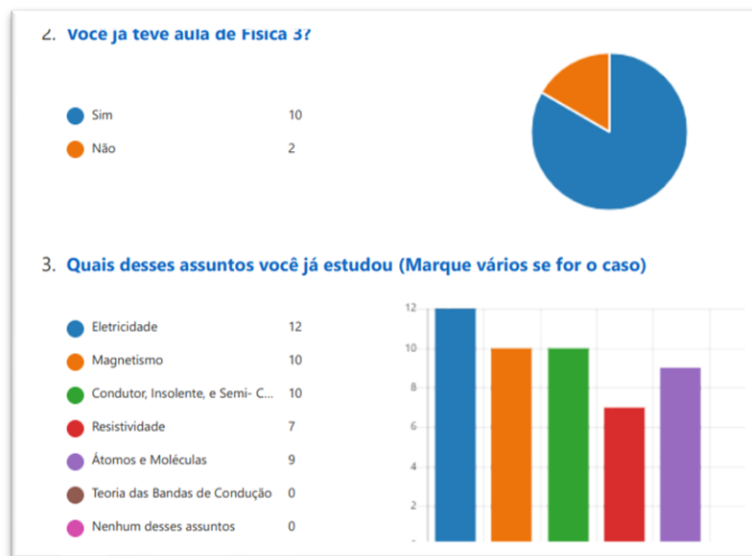


Figura 44: Respostas dos alunos as questões 2 e 3 do questionário de sondagem

Fonte: O próprio autor

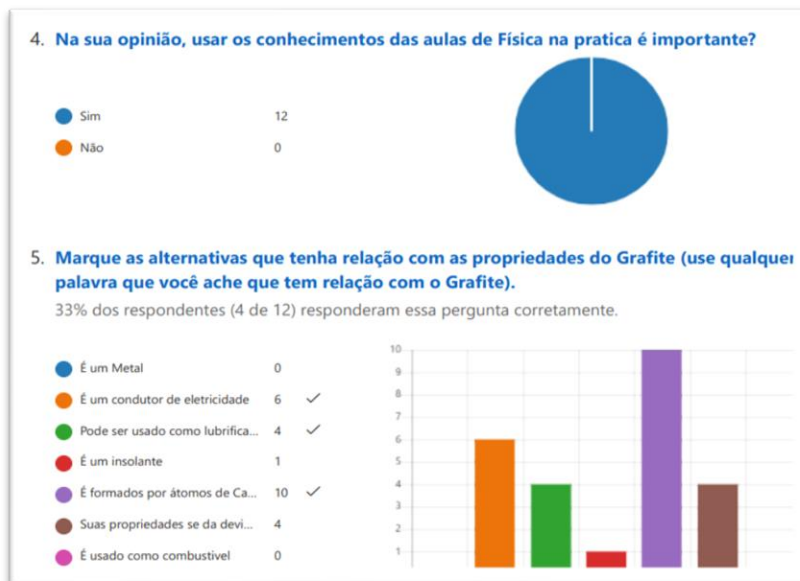


Figura 45: Respostas dos alunos as questões 4 e 5 do questionário de sondagem

Fonte: O próprio autor



Figura 46: Respostas dos alunos a questões 6 do questionário de sondagem

Fonte: O próprio autor



Figura 47: Respostas dos alunos as questões 7 e 8 do questionário de sondagem

Fonte: O próprio autor

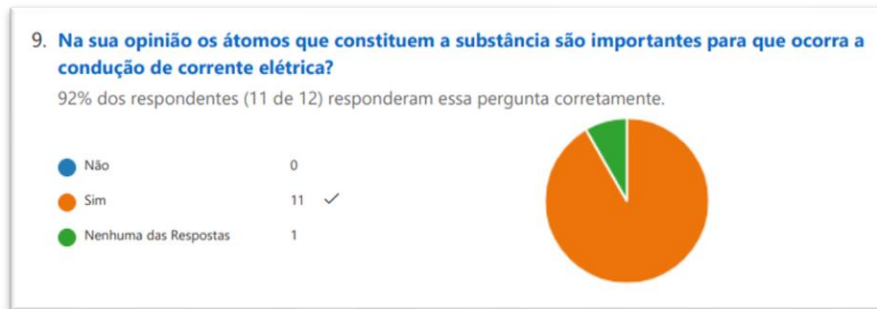


Figura 48: Respostas dos alunos a questão 9 do questionário de sondagem

Fonte: O próprio autor



Figura 49: Respostas dos alunos a questão 10 do questionário de sondagem

Fonte: O próprio autor

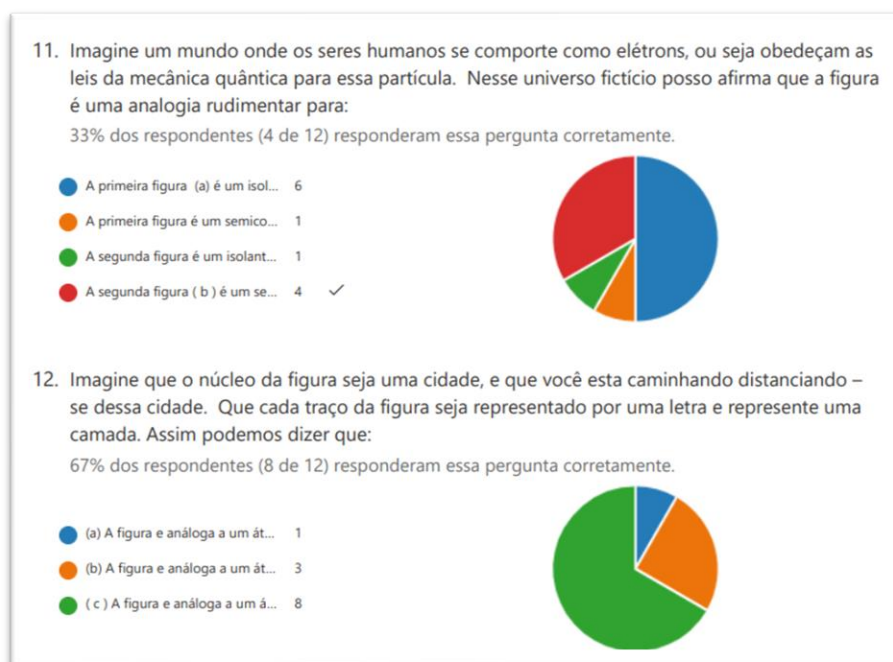


Figura 50: Respostas dos alunos as questões 11 e 12 do questionário de sondagem


Fonte: O próprio autor

### 4.1.3 Estágio 3

Neste estágio, foi explicado para os alunos a diferença entre a Física Clássica e a Física Quântica, essa diferença ficou bastante evidente para eles, após a explicação, foi iniciado uma série de experimentos com a física clássica, notei que no momento da experimentação os alunos se encantaram com os testes realizados, pois eles puderam comprovar de maneira bastante simples as diferenças entre condutor, semicondutor e isolantes. O que me chamou mais a atenção, foi o fato de muitos alunos estarem realizando um experimento de Física pela primeira vez, depois de realizarem os testes, eles responderam algumas perguntas sobre os referidos testes, como a classificação de cada matéria testada, o que ocorreu no experimento. Podemos ver abaixo alguns “relatórios experimentais”, optamos por apresentamos apenas os relatórios de dois dos alunos (figura 50 a 51).



Resultados do experimento:

Material	Tipo de Material	Resultado
Lápis (Carbono)	<u>condutor</u>	<p>O lápis é um condutor produzindo corrente elétrica em ambas as sentidos</p> <p>* liga o LED</p>
Plástico (Corpo de uma Caneta)	<u>isolante</u>	<p>O plástico é um isolante não conduz corrente elétrica</p> <p>* não liga o led</p>
Diodo (Silício ou Germânio)	<u>Semicondutor</u>	<p>O diodo é um semicondutor conduz corrente elétrica apenas em uma direção / sendo, com por exemplo uma luz de mão única</p> <p>* liga o led apenas em uma direção</p> <p>(+) → (-)</p> 

67

Figura 51: Relatório do aluno A sobre o experimento de diferenciação entre condutor, semicondutor e isolantes

Fonte: O próprio autor

**Resultados do experimento:**

Material	Tipo de Material	Resultado
Lápis (Carbono)	<u>Condutor</u>	<u>Condutor corrente elétrica.</u>
Plástico (Corpo de uma Caneta)	<u>Isolante</u>	<u>Não permite a passagem de corrente.</u>
Diodo (Silício ou Germânio)	<u>Semicondutor</u>	<u>Mão único - P de val.</u>

67

Figura 52:Relatório do aluno B sobre o experimento de diferenciação entre condutor, semicondutor e isolantes

Fonte: O próprio autor

#### 4.1.4 Estágio 4

Todos nós vivemos em um mundo imerso no desenvolvimento tecnológico e científico, não cabendo mais o ensino da física como era no passado, pois o ensino de física com enfoque em novas tecnologias possibilita uma alfabetização científica ao aluno, levando-o a um melhor entendimento do mundo moderno, mas, sem **deixar de** lançar mão dos velhos conteúdos para o ensino de física. Pensando assim, usando uma tinta à base de carbono (Tinta Capacitiva) exploramos os conceitos Clássicos de Condução Elétrica, Resistividade, Condutividade. Efeito Joule e Maleabilidade por meio da experimentação, porém, antes de iniciarmos os experimentos, os alunos assistiram ao vídeo sobre o uso do carbono e sua importância para o futuro da ciência e tecnologia, depois tiveram uma aula sobre os conceitos clássicos relacionados anteriormente.

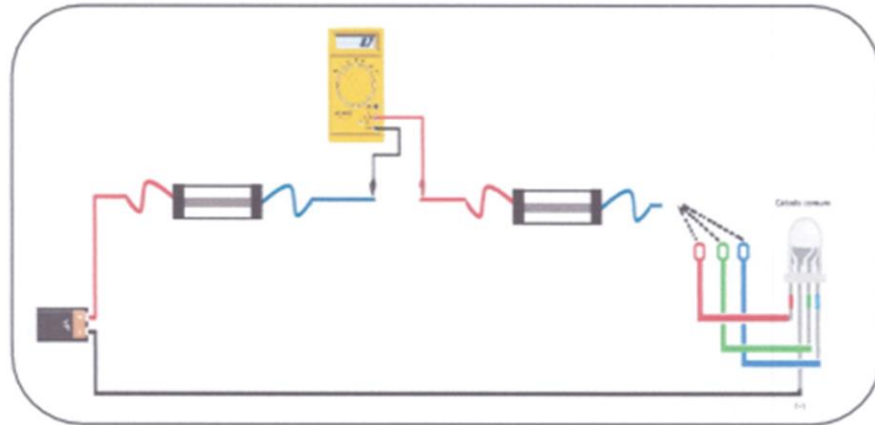
No momento da realização dos testes, os alunos ficaram eufóricos sobre a tinta capacitiva, ficaram na dúvida se o experimento ia funcionar ou não, eles realizaram os testes e comprovaram, na prática, a teoria estudada (Figura 52 a 57). É interessante ressaltar que o experimento de Efeito Joule (Figura 54 e 57) foi o que mais encantou os alunos, eles associaram a espessura do grafite a um fio condutor, percebendo que em instalações elétricas com fios de diâmetros menores e correntes altas, tendem a aquecerem mais rápido do que fios com diâmetros maiores, logo deduziram que em instalações como chuveiro deve-se usar fios mais grossos.

### Alguns testes simples com a tinta Capacitiva.

#### 2. Teste com o Led RGB:

##### 2.2 Teste de Condução Elétrica;

Com o Multímetro configurado para medir Amperagem monte o sistema abaixo.



#### Resultados do experimento:

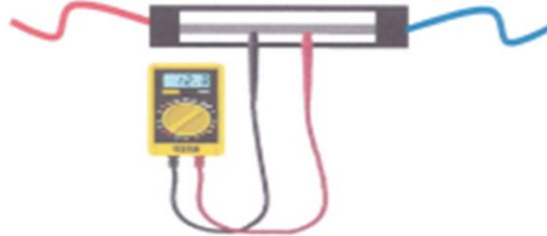
Pergunta	Resultado
Houve condução de Corrente	<i>Sim</i>
Como se sabe	<i>Quando o <del>multímetro</del> multímetro na escala de mA perceber a passagem de corrente elétrica, além disso o led utilizado acendeu.</i>

Figura 53: Resultado do experimento sobre a condutividade elétrica na tinta capacitiva. Aluno A

Fonte: O próprio autor

### 2.3 Teste de Resistividade;

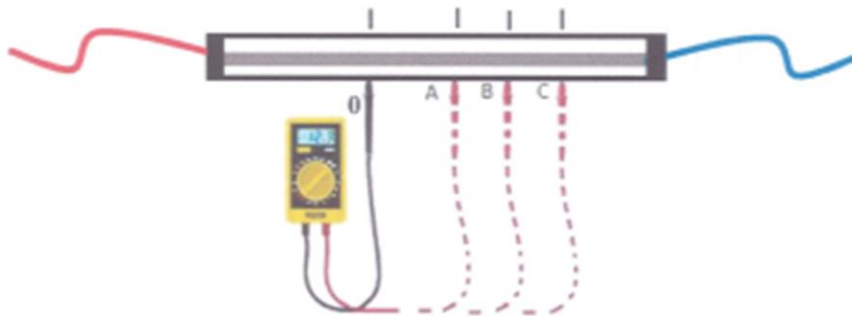
- a) Com o multímetro na escala de resistência, meça a resistência da trilha feito com a tinta capacitiva.



Resultados do experimento:

Pergunta	Resultado
Houve Resistencia	<i>Sim</i>
Como se sabe	<i>O multímetro apresenta o valor de resistência no experimento:</i>

- b) Agora com o multímetro na escala de resistência novamente, iremos testar a variação da resistência com a distância. Fixamos uma das pontas de prova do multímetro e variamos a outra ponta ao longo da trilha de carbono.

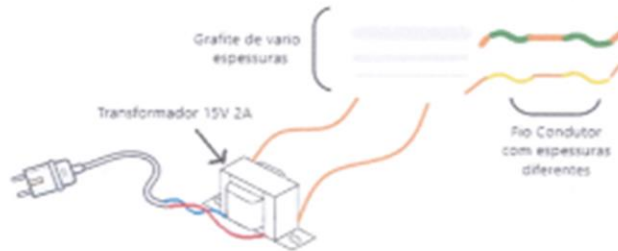


Pergunta	Resultado		
Houve Variação Resistencia com a distancia	<i>Sim</i>		
Distancia	0 - A	0 - B	0 - C
Medidas [ Ohm ]	<i>375</i>	<i>1235</i>	<i>2572</i>

Figura 54: Resultado do experimento sobre a resistividade da tinta capacitiva. Aluno A  
Fonte: O próprio autor

**2.4 Teste do Efeito Joule;**

Neste experimento utilizaremos um transformador de 15V, ou seja entrada 220v saída 15v, 3 grafites de 0.5 , 0.7 e 2 mm, além de 2 fios condutor de 1 mm e 0,5 mm. Ligaremos os grafites e os fios condutores um a um na saída da fonte e veremos o que acontece.



Pergunta		Resultado
O que houve	Grafite	<i>Os grafites com diametro menor aquecem mais rapidamente.</i>
	Fio	<i>O fio mais fino aquece mais rapidamente.</i>

**2.5 Teste de Maleabilidade;**

a) Curve o pedaço de plástico do experimento anterior e verifique o que houve.



Pergunta	Resultado
O que houve	<i>Mesmo após a corrente, o plástico continua quebradiço e mais resistente.</i>

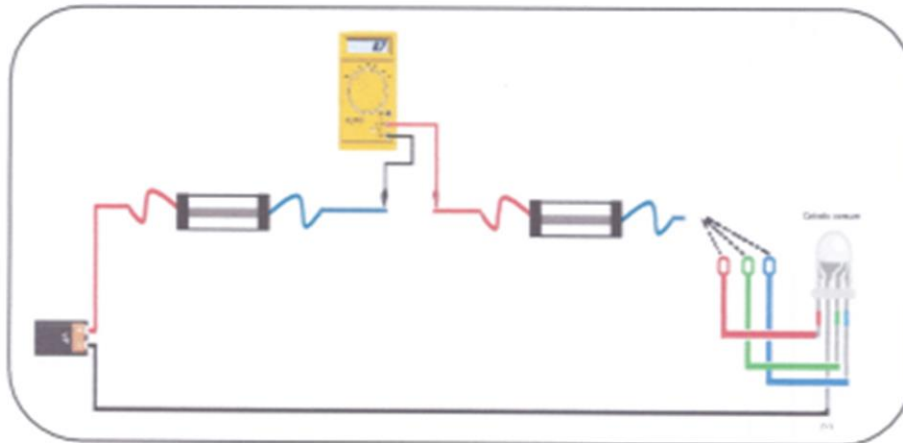
Figura 55: Resultado do experimento sobre o efeito joule e Maleabilidade. Aluno A  
Fonte: O próprio autor

### Alguns testes simples com a tinta Capacitiva.

#### 2. Teste com o Led RGB:

##### 2.2 Teste de Condução Elétrica;

Com o Multímetro configurado para medir Amperagem monte o sistema abaixo.



#### Resultados do experimento:

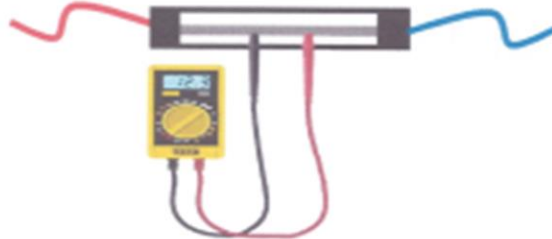
Pergunta	Resultado
Houve condução de Corrente	<i>Sim</i>
Como se sabe	<i>Utilizamos o multímetro e verificamos a passagem de corrente elétrica, além disso o LED acendeu.</i>

Figura 56: Resultado do experimento sobre a condutividade elétrica na tinta capacitiva. Aluno B

Fonte: O próprio autor

### 2.3 Teste de Resistividade;

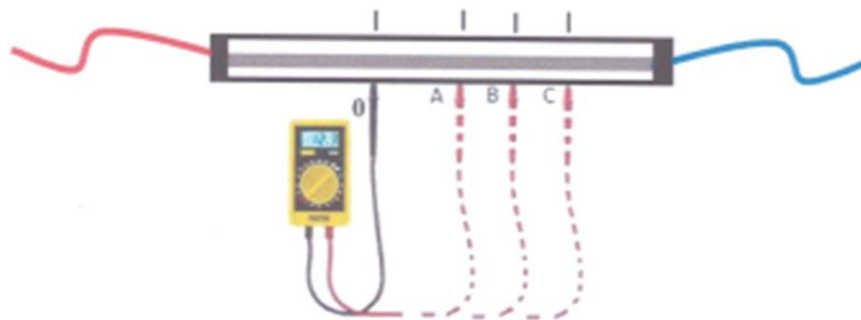
- a) Com o multímetro na escala de resistência, meça a resistência da trilha feito com a tinta capacitiva.



Resultados do experimento:

Pergunta	Resultado
Houve Resistencia	<i>Sim</i>
Como se sabe	<i>O multímetro mediu o escala de resistencia</i>

- b) Agora com o multímetro na escala de resistência novamente, iremos testar a variação da resistência com a distância. Fixamos uma das pontas de prova do multímetro e variamos a outra ponta ao longo da trilha de carbono.



Pergunta	Resultado		
Houve Variação Resistencia com a distancia	<i>Sim</i>		
Distancia	0 - A	0 - B	0 - C
Medidas [ Ohm ]	<i>1,410</i>	<i>1,543</i>	<i>2,823</i>

76

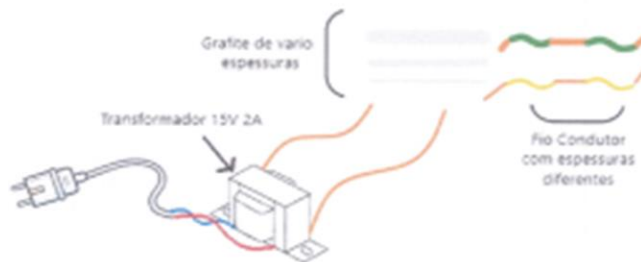
Figura 57: Resultado do experimento sobre a resistividade da tinta capacitiva. Aluno B

Fonte: O próprio autor



#### 2.4 Teste do Efeito Joule;

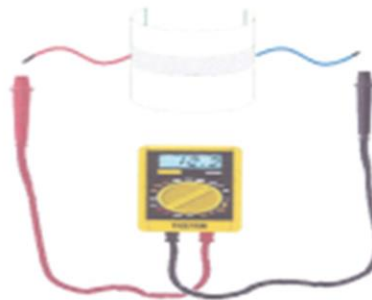
Neste experimento utilizaremos um transformador de 15V, ou seja entrada 220v saída 15v, 3 grafites de 0.5 , 0.7 e 2 mm, além de 2 fios condutor de 1 mm e 0,5 mm. Ligaremos os grafites e os fios condutores um a um na saída da fonte e veremos o que acontece.



Pergunta		Resultado
O que houve	Grafite	<i>Por ser mais grosso levou mais tempo para aquecer.</i>
	Fio	<i>Por ser mais fino levou menos tempo para aquecer.</i>

#### 2.5 Teste de Maleabilidade;

- a) Curve o pedaço de plástico do experimento anterior e verifique o que houve.



Pergunta	Resultado
O que houve	<i>Mesmo curvando o plástico em que estava o tinto, ainda foi possível medir a resistência.</i>

Figura 58: Resultado do experimento sobre o efeito joule e Maleabilidade. Aluno B  
Fonte: O próprio autor

#### 4.1.5 Estágio 5

A realização de experimentos em sala de aula com a Mecânica Quântica, especificamente a Teoria das Bandas, é um pouco mais complexo, por isso optamos por realizar uma dinâmica com os alunos. Essa dinâmica estava programada para ser realizada na quadra esportiva, pois necessitaríamos de espaço, porém, devido ao mau tempo, foi transferido para a sala de aula.

No mundo cada vez mais tecnológico em que vivemos, a necessidade de darmos atenção aos conteúdos da Física 3, está cada vez mais se tornando imprescindível, pois a construção e funcionamento dos equipamentos tecnológicos baseiam-se em fenômenos como: a interação das partículas carregadas com campos elétricos e magnéticos, ou seja, eletromagnetismo e condução elétrica, sendo a condução elétrica o mais importante neste estágio. Assim, a compreensão da *Teoria das Bandas* pelos alunos ajuda a entender um pouco do funcionamento dos equipamentos tecnológicos, por exemplo: Como que a lâmpada do poste ascende assim que o sol se põe, porque certos equipamentos eletrônicos não funcionam em baixas temperaturas; essas são perguntas que a compreensão da teoria de bandas os ajudam a responder, pois ao serem questionados sobre o assunto não souberam responder, mesmo estando familiarizados com materiais condutor, isolante e semicondutor, não do ponto de vista da Física Moderna, mas do senso comum.

A interação aluno, professor e dinâmica foi muito interessante. O professor assumiu o papel de fornecedor de energia para os elétrons, papel este que coube aos alunos, assim cada aluno teve a noção daquilo que acontece nos materiais condutores, isolantes e semicondutores, sob o ponto de vista da teoria das bandas de energia. Souberam diferenciar cada um dos materiais em questão, passando assim a entender melhor estes fenômenos nos materiais. Podemos comprovar isso nos relatórios escritos por eles (Figura 58 e 59).

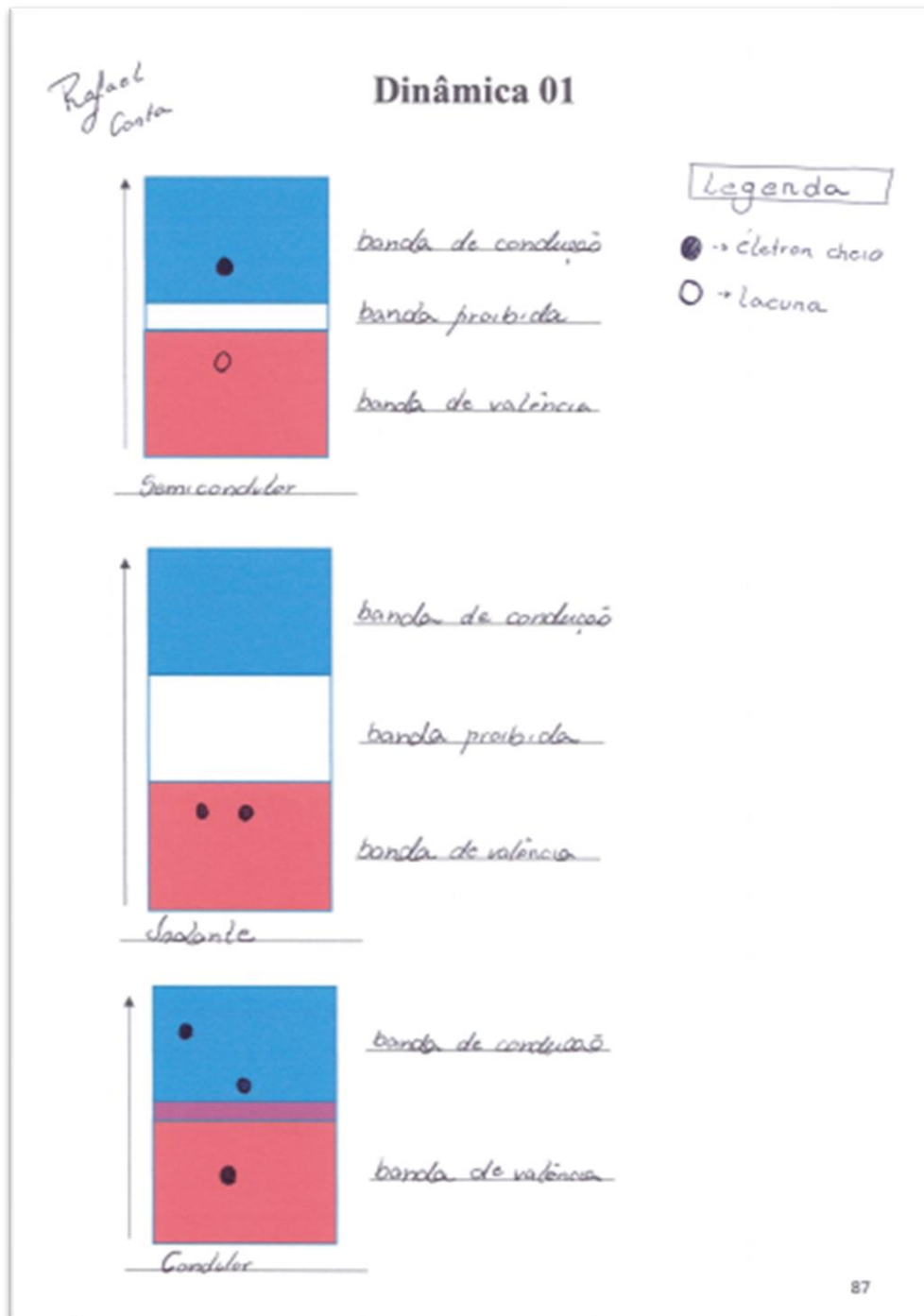


Figura 59: Resposta do Aluno "A" à dinâmica sobre a teoria das bandas  
 Fonte: O próprio autor

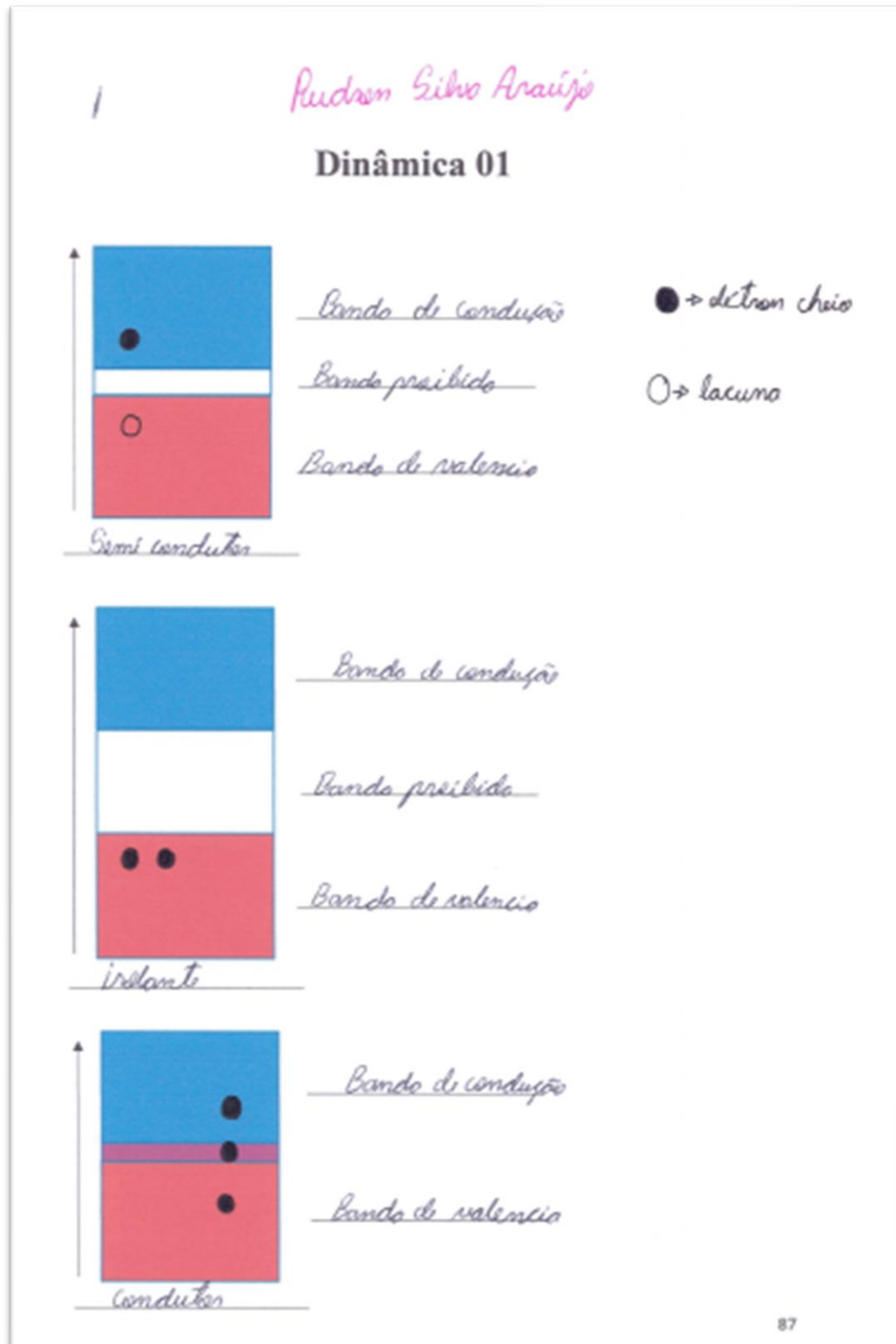


Figura 60: Resposta do Aluno "B" à dinâmica sobre a teoria das bandas

Fonte: O próprio autor

#### 4.1.6 Estágio 6

Neste estágio realizamos o experimento 03 (Figuras 60 e 61). Foi observado uma grande dificuldade nos alunos em pensar algo, talvez por não estarem acostumados com a parte experimental da Física, ou o medo de errar. Eles foram deixados à vontade para que fizessem do seu jeito ou certo ou errado, foi analisado a capacidade de pensarem sozinhos, se eles iriam procurar um caminho mais fácil ou mais difícil, a única exigência era que eles usassem a tinta capacitiva, saíram-se bem. Demostram um conhecimento médio sobre o assunto, mostrando que absorveu um pouco do que foi ensinado.

### Experimento 03

3º ano turma: A      Data: 08/12/2021      FOLHA 01

Estudantes: João Afonso de Oliveira Pereira

Nome do Projeto:  
Resistor feito com tinta capacitiva

Materiais Utilizados:  
Bateria de 9V \_\_\_\_\_  
LED comum \_\_\_\_\_  
Fitas \_\_\_\_\_  
Tinta capacitiva \_\_\_\_\_

Desenho

99

Figura 61: Relatório do experimento 3, projeto do aluno A  
 Fonte: O próprio autor

## Experimento 03

3º ano turma: Vinica Data: 08/12/2021 FOLHA 01

Estudantes: Rudson Silvio Araújo

Nome do Projeto:

Acender LED com tinta capacitiva.

Materiais Utilizados:

Bateria 9V

Tinta capacitiva

LED Anodo comum

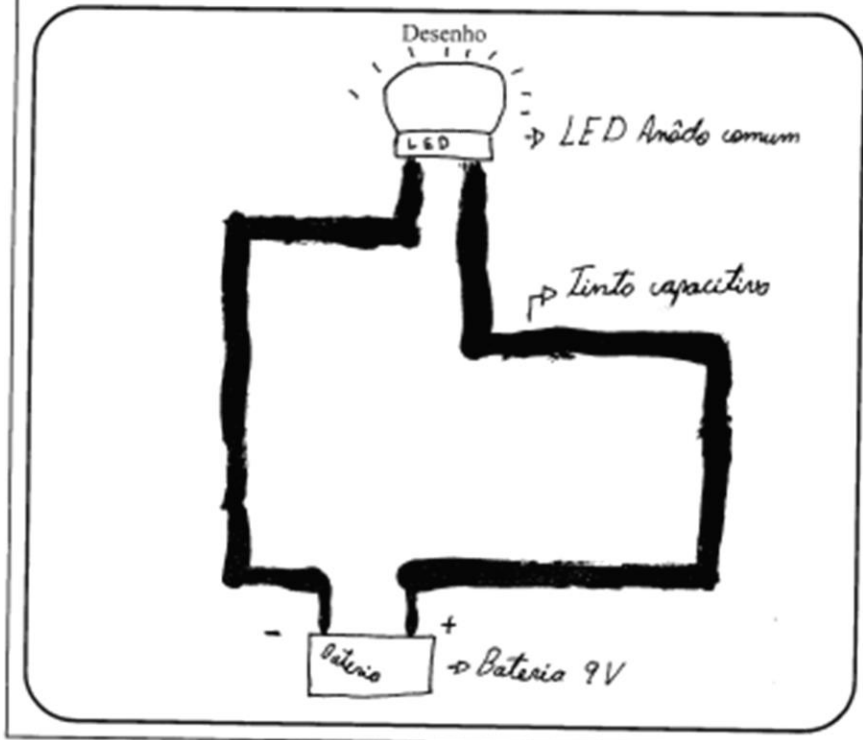


Figura 62:Relatório do experimento 3, projeto do aluno B

Fonte: O próprio autor

#### 4.1.7 Estágio 7

O resultado da pesquisa realizada no estágio 07 será apresentado abaixo (Figuras 62 a 67), buscou-se sentir a percepção dos alunos quanto esse trabalho e aprendizagem.



Figura 63: Resultado da pesquisa realizada no estágio 07, avaliação do projeto

Fonte: O próprio autor

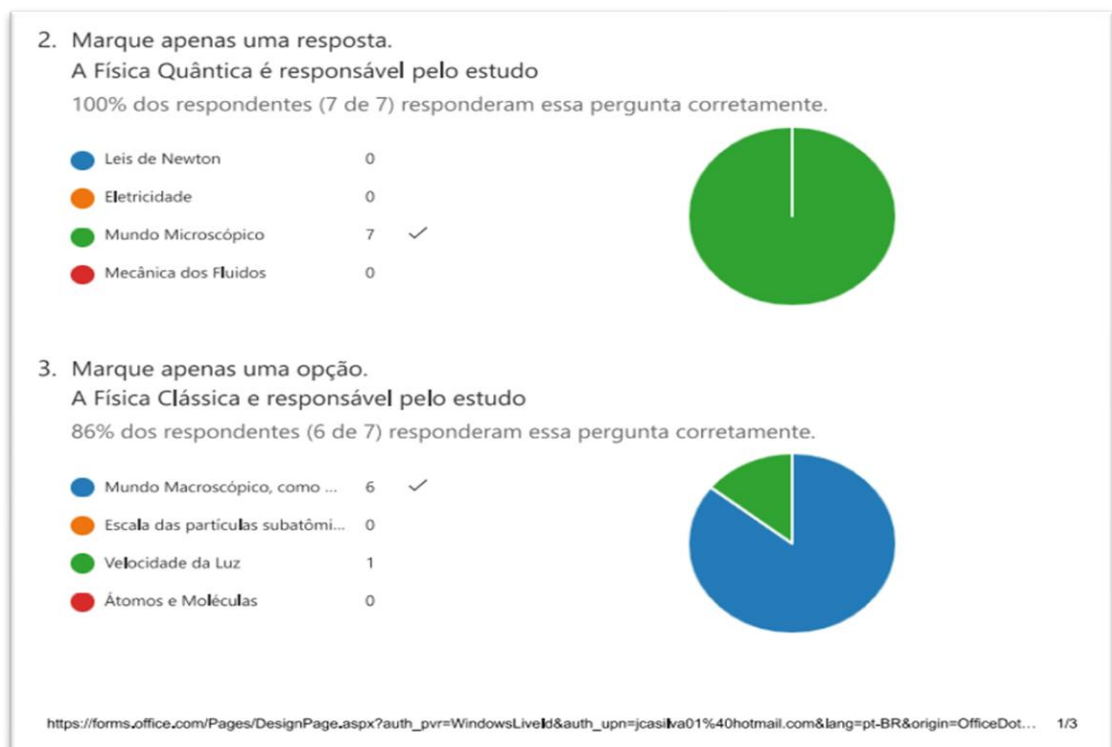


Figura 64: Respostas das questões 2 e 3 do questionário de avaliação final

Fonte: O próprio autor

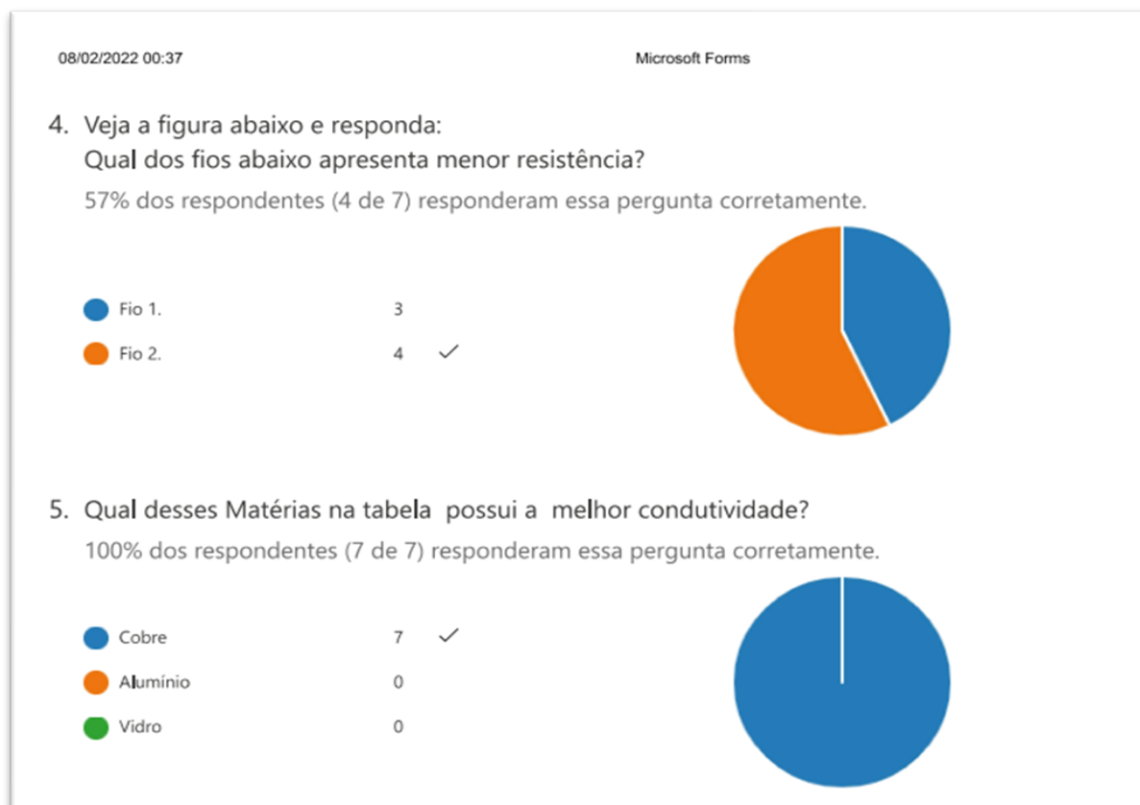


Figura 65: Respostas das questões 4 e 5 do questionário de avaliação final  
Fonte: O próprio autor

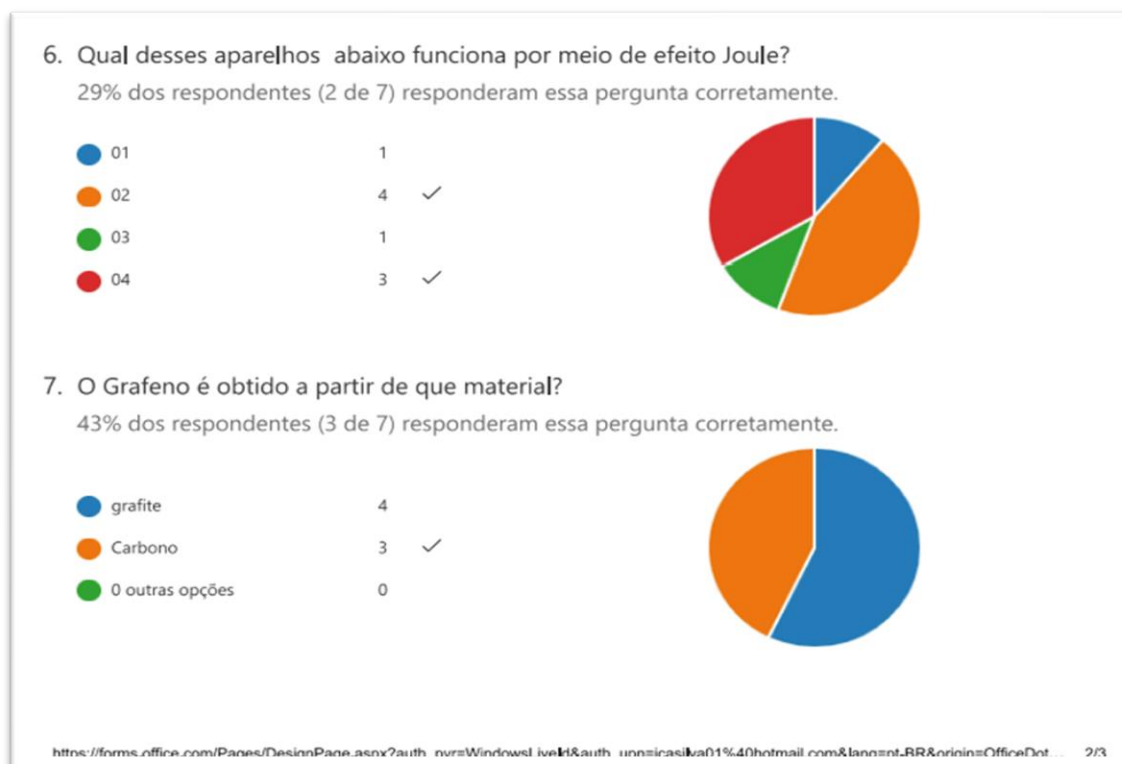


Figura 66: Respostas das questões 6 e 7 do questionário de avaliação final  
Fonte: O próprio autor



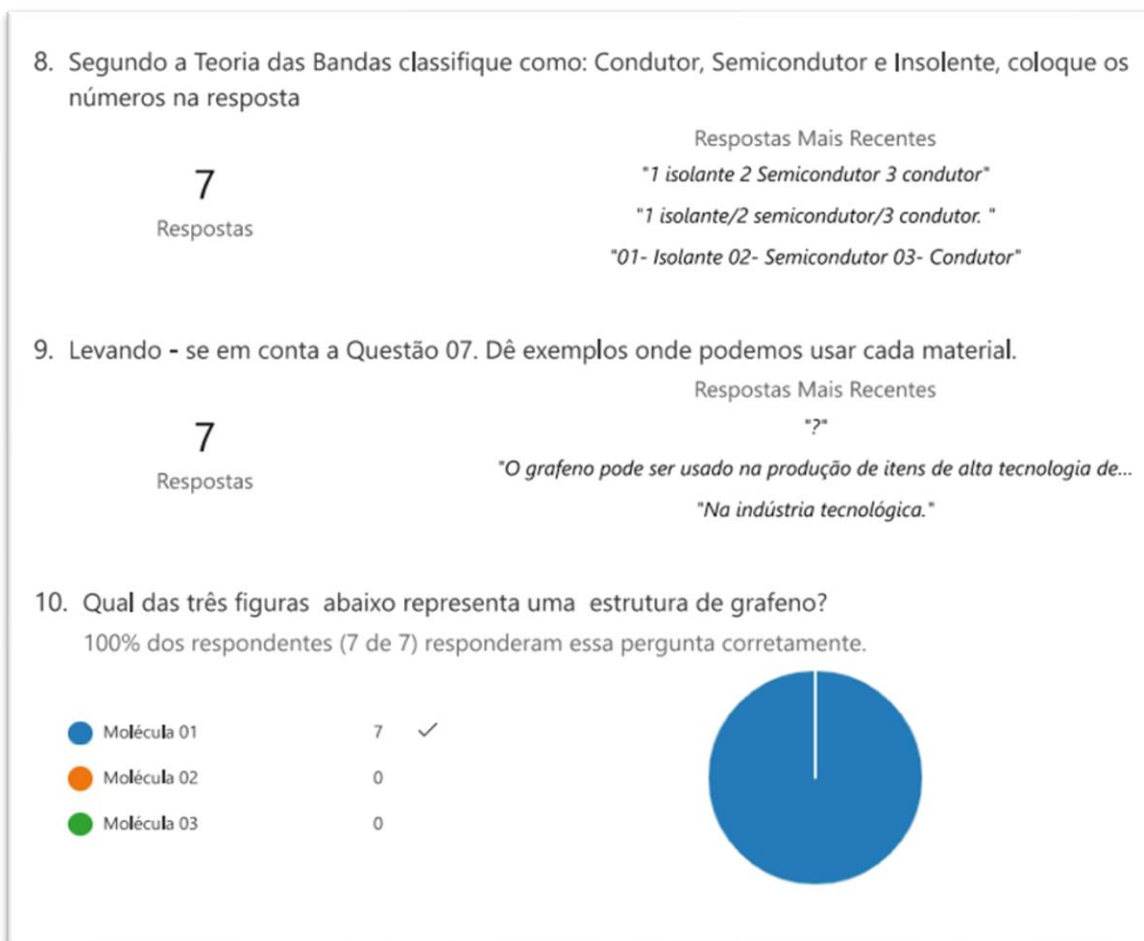


Figura 67: Respostas das questões 8, 9 e 10 do questionário de avaliação final

Fonte: O próprio autor

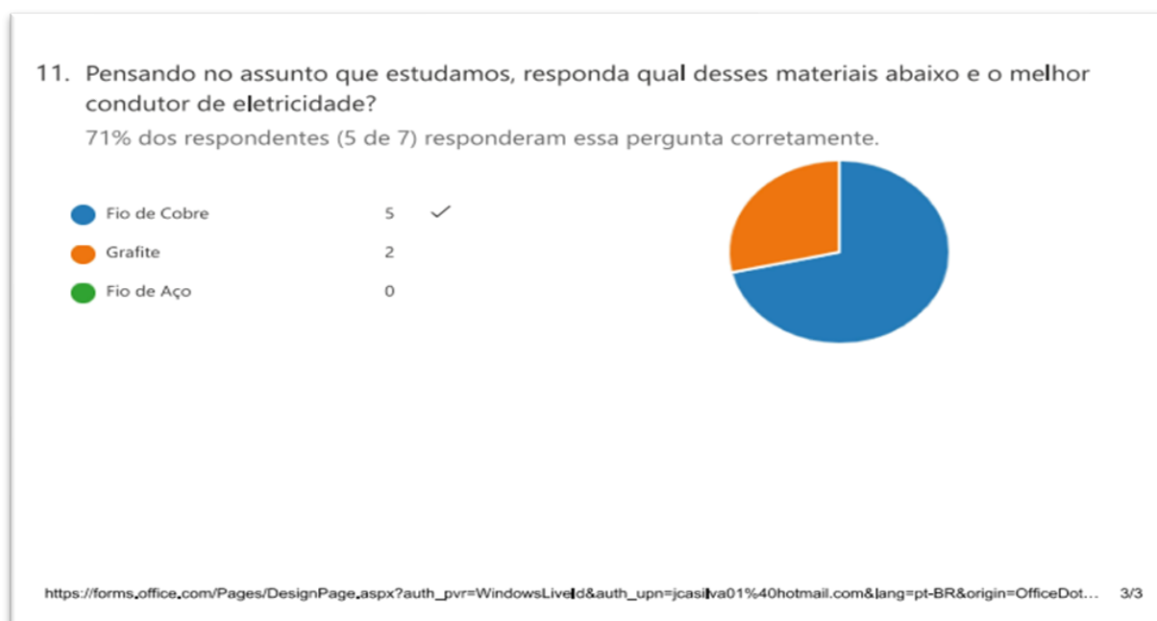


Figura 68: Respostas da questão 11 do questionário de avaliação final

Fonte: O próprio autor

#### 4.1.8 Estágio 8

Neste estágio foi reservado a análise de todos os dados gerados durante aplicação da sequência didática, como as respostas dos formulários de pesquisa aplicados no início e no final da sequência didática, relatórios de experimentos e observações das participações dos alunos nas aulas. Dados estes já apresentados nos estágios anteriores, perceber-se que a concepção dos alunos a respeito do ensino de Física no início do trabalho era desanimadora, triste, nas palavras dos próprios alunos, complicado e confuso, mas ao logo desse trabalho os alunos foram desmistificando os rótulos atribuídos ao ensino de Física ao longo dos anos. Viram que podiam aprender conceitos da física de uma outra maneira, longe do ensino tradicional de fórmulas e cálculos. A aplicação do projeto nos moldes como se deu, primeira a explicação do assunto e, logo em seguida, realização do experimento, trouxe uma melhor interação do aluno com o assunto estudado, facilitando assim a aprendizagem. As expressões de felicidades dos alunos ao realizarem os experimentos, demonstrou a importância da aula prática no ensino de física. Entretanto, foi observado que eles tinham muita dificuldade na hora de descrever o experimento, ou seja, na confecção do relatório simples. Talvez isso se deu pelo fato de ser uma experimentação nova, pois foram realizados testes e experimentos que eles nunca tinham visto.

Um outro fator que impactou na aplicação da sequência foi a epidemia da COVID-19, pois alguns dos alunos faltaram a algumas aulas por terem adoecidos ou estarem isolados por suspeitas, além disso, o tempo chuvoso dificultou a execução de uma das atividades, dado que havia programação de uma dinâmica em céu aberto na quadra de esportes. Contudo, o interesse por parte dos alunos, aliado à sua força de vontade fizeram com que a sequência fosse exitosa, em razão de no final os alunos se sentirem animados, instigados e com uma outra visão sobre o Ensino de Física. Aprenderam a diferença entre Física Clássica e a Moderna, reviram alguns conceitos já estudados de uma outra maneira.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sendo as aulas práticas de Física uma realidade cada vez mais distante dos alunos, principalmente sobre a Física Moderna, este trabalho foi desenvolvido para que os professores pudessem a trazê-la para realidade dos alunos. A evolução científica e tecnológica não está sendo acompanhada pelo ensino de ciência (Física), devemos ter em mente que usar as ferramentas tecnológicas como: computador, data show, tablet e outros recursos não é o mesmo que trazer a Física Moderna para a realidade dos alunos, devemos mostrar aos alunos que toda tecnologia produzida advém de grande pesquisa na área da ciência, e que tudo aquilo que é ensinado em sala de aula tem uma aplicação no nosso cotidiano ou dia a dia.

O presente trabalho além dos objetivos propostos no capítulo 01, traz ferramentas que visa auxiliar o professor de Física/Ciências nas suas atividades de ensino, em que usando a UEPS de Marco Antônio Moreira, buscou-se ensinar aos alunos conceitos da Mecânica Clássica e Física Moderna de uma maneira que as aulas fossem prazerosas e divertidas, fugindo do ensino tradicional, mas sem deixar de lançar mão dos conteúdos relacionas ao ensino e aprendizagem da Física Clássica e/ou Moderna.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO NOVAIS, Stéfano. Química Geral: Moléculas. *In: Manual da Química: Química Geral*. Goiânia: Pilha, [2021]. Disponível em: <https://www.manualdaquimica.com/quimica-geral/moleculas.htm#:~:text=Mol%C3%A9culas%20s%C3%A3o%20formadas%20pela%20liga%C3%A7%C3%A3o,pela%20liga%C3%A7%C3%A3o%20covalente%20de%20%C3%A1tomos.&text=Toda%20mol%C3%A9cula%20pode%20ser%20representada%20por%20uma%20f%C3%B3rmula%20molecular>. Acesso em: 27 jan. 2022.

ASCROFT, N.W; MERMIN, N.D. **Física do Estado Sólido**. São Paulo: Cengage Learning; 2011

DIAS, Diogo Lopes. "**O que é átomo?**". Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/o-que-e/quimica/o-que-e-atomo.htm>. Acesso em 27 jan. 2022.

DOS ANJOS, João Carlos; VIEIRA, Cássio Leite. **Um olhar para o futuro** – desafios da física para o século 21 - Rio de Janeiro: Vieira & lent: FAPERJ, 2008.

FIRESTONE, W. Meaning in Method: The Rhetoric of Quantitative and Qualitative Research. **Educational Researcher**, 16(7), 16-21. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/1174685>. 1987.

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

ISAACS, Alan; PITT, Valerie. **Física**. Trad. Maria P. B. De M. Charlier e René F. J. Charlier. São Paulo: Edições Melhoramentos, 1976, p. 6.

KITTEL, C. **Introdução à física do estado sólido**. Rio de Janeiro: LTC; 2006.

LEAL, Maycon Marcos *et al.* Da física antiga à física moderna: uma visão do seu processo histórico. **Anais VI CONEDU...** Campina Grande: Realize Editora, 2019. Disponível em: <<https://www.editorarealize.com.br/index.php/artigo/visualizar/59780>>. Acesso em: 2 jan. 2022.

LESCHE, Bernhard. **A lei de Ohm e a lei das malhas**. 2021. Disponível: [https://www.researchgate.net/publication/348390184\\_52\\_A\\_lei\\_de\\_Ohm\\_e\\_a\\_lei\\_das\\_malhas](https://www.researchgate.net/publication/348390184_52_A_lei_de_Ohm_e_a_lei_das_malhas). DOI: 10.13140/RG.2.2.11623.47525

REINER, Bruce; YAMAGUCHI, Carlos H.; CEMIN, Marcelo Vinícius H.; CACCÁOS, Gabriel F. **Conexões entre a mecânica clássica e a mecânica quântica**. Instituto de Física da USP, 7 nov. 2017.

TORIBIO, Alan Miguel Velásquez. **História da Física: Crises da Física Clássica e o Século XX**. 1. ed. rev. Vitória: UFES, 2015. 69 p. v. 1. ISBN 978-85-8087-058-9.

MOREIRA, M. A. **Unidades de ensino potencialmente significativas**. Temas de ensino e formação de professores de ciências. Natal: EDUFR.

MOREIRA, M. A. Organizadores previos y aprendizaje significativo. **Revista Chilena de Educación Científica**, v. 7, n. 2. p. 23-30. 2008. ISSN 0717-9618

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa subversiva. *In: ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA*, 3.; Lisboa (Peniche). Publicada nas Atas desse Encontro, p. 3345 - 11 a 15 de setembro de 2000.

MOREIRA, M. A.; MASSONI, Neusa T. **Epistemologia do Século XX**. Subsídios Epistemológicas para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências. Porto Alegre, 2016. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios8.pdf>.

MOREIRA, M. A., CABALLERO, M.C.; RODRÍGUEZ, M.L. **Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo**. p. 19-44. Burgos, España. 1997.

MOREIRA, M. A. **Pesquisa em ensino: métodos quantitativos**. 2002.. Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. Universidad de Burgos, Espanha; Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil. *Texto de Apoio n° 14*. Publicado em Actas del PIDEDEC, Vol. 4:25-55, 2002

MOREIRA, M. A. **Comportamentalismo, Construtivismo e Humanismo**. Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências. Porto Alegre, 2009, 2016. Disponível em <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios5.pdf>.

MOREIRA, M. A. Pesquisa em Ensino: Aspectos Metodológicos. Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. Texto de Apoio n. 19. 2003. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/pesquisaemensino.pdf>.

MOREIRA, M. A. **Teorias da Aprendizagem**. EPU – Editora Pedagógica e Universitária. São Paulo. 1999.

MUENCHEN, Cristiane; DELIZOICOV, Demétrio. A construção de um processo didático-pedagógico dialógico: aspectos epistemológicos. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v.14, n. 03, p. 199-215. set-dez. 2012.

## APÊNDICE A – APRESENTAÇÃO DO TRABALHO – PRODUTO EDUCACIONAL


**UESB – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia**

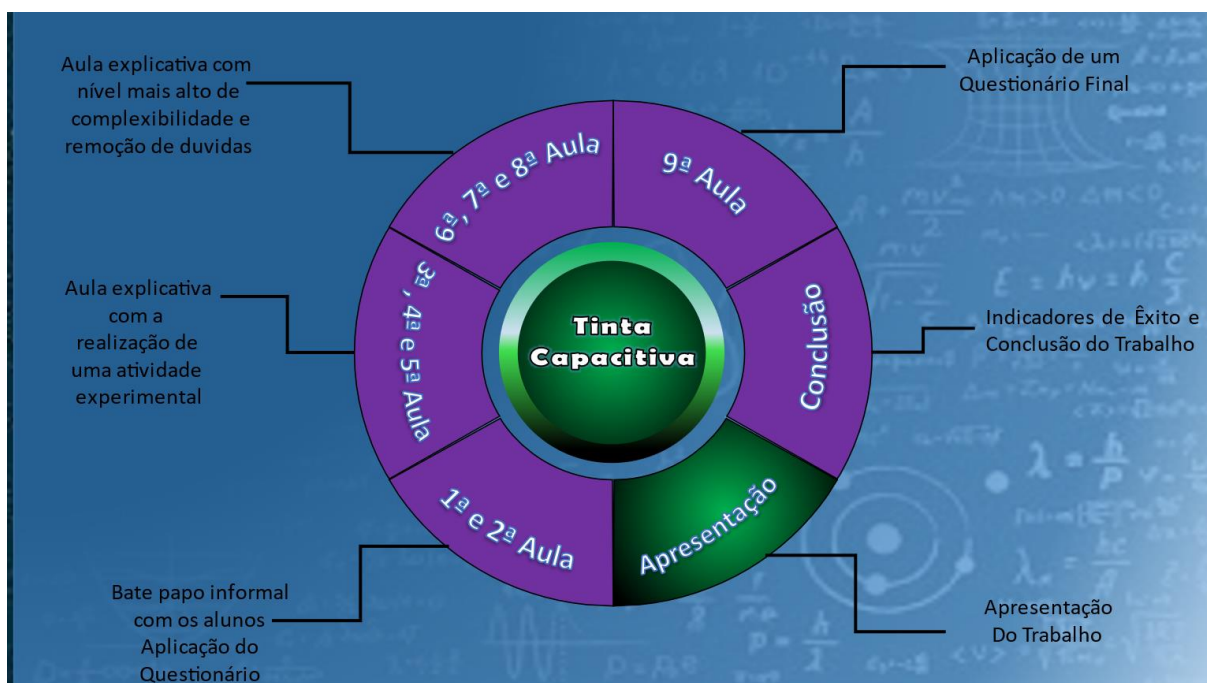

**Mestrado Profissional Nacional em Ensino de Física - MNEPEF**

**PRODUTO EDUCACIONAL**

**UMA UEPS PARA O ENSINO DE CONCEITOS DA FÍSICA CLÁSSICA E QUÂNTICA  
 POR MEIO DA EXPLORAÇÃO DOS POTENCIAIS DA TINTA CAPACITIVA .**

**Orientadores:**  
**Pref<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup>. Luizdarcy Matos Castro**  
**Pref<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup>. Jorge Anderson Paiva Ramos**

**Alunos:**  
**José Claudio Amorim da Silva**





## Apresentação do Trabalho

### Usaremos recurso como:

- Data Show;
- Computadores;
- Led;
- Fios condutores;
- Baterias de 9v;
- Internet;
- Multímetro;
- Grafite;
- Esmalte
- Ferramentas de Internet(Youtube, Power Point, Mentimeter ).

## *Conclusão*

Espero que vocês possam se divertir, aprender e se motivar com as nossas próximas aulas, esse projeto visa trazer para vocês alunos, um olhar diferente para a ciência, especificamente a Física objetivo de nosso estudo.

Muito

Obrigado

José Claudio Amorim da Silva



## APÊNDICE B

**Experimento 02**

3º ano turma: \_\_\_\_

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

FOLHA 01

Estudantes: \_\_\_\_\_

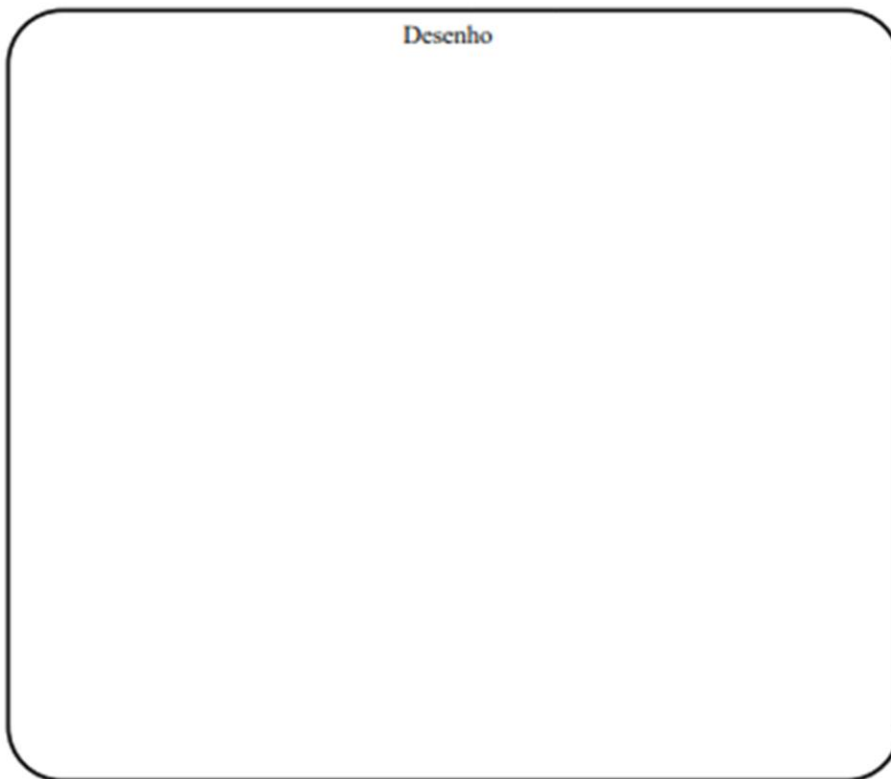
Nome do Projeto:

\_\_\_\_\_

Materiais Utilizados:

_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

Desenho





**APÊNDICE C – PRODUTO EDUCACIONAL****PRODUTO EDUCACIONAL**

**UMA UEPS PARA O ENSINO DE CONCEITOS DA FÍSICA CLÁSSICA E QUÂNTICA POR MEIO  
DA EXPLORAÇÃO DOS POTENCIAIS DA TINTA CAPACITIVA**

**JOSÉ CLAUDIO AMORIM DA SILVA**

**Vitória da Conquista – Bahia**

**Setembro de 2022**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**PRODUTO EDUCACIONAL**

**UMA UEPS PARA O ENSINO DE CONCEITOS DA FÍSICA CLÁSSICA E QUÂNTICA POR MEIO  
DA EXPLORAÇÃO DOS POTENCIAIS DA TINTA CAPACITIVA**

José Claudio Amorim da Silva

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES).

**Orientador: Prof. Dr. Luizdarcy Matos Castro**

**Coorientador: Prof. Dr. Jorge Anderson Paiva Ramos**

**Vitória da Conquista – Bahia**

**Setembro de 2022**

## SUMÁRIO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Apresentação .....	4
Desenvolvimento .....	5
Estágio 1 .....	7
Introdução.....	7
Objetivos.....	7
Procedimentos: .....	7
Estágio 1 – segundo encontro:.....	10
Recursos a serem usados: .....	10
Dicas de preparação:.....	10
Estágio .....	10
Introdução.....	10
Estágio 2 – primeiro encontro: .....	10
Recursos a serem usados: .....	10
Dicas de preparação: .....	10
Procedimentos: .....	11
Estágio 3 .....	16
Introdução.....	16
Objetivos.....	17
Procedimentos .....	19
Estágio 4 .....	22
Introdução.....	22
Objetivos.....	22
Procedimentos .....	22
Estágio 5 .....	31
Introdução.....	31
Objetivos: .....	31
Procedimentos .....	32
Estágio 6 .....	44
Introdução.....	44
Objetivos: .....	44
Procedimentos .....	44

Estágio 7 .....	47
Introdução .....	47
Objetivos: .....	47
Procedimentos .....	47
Estágio 8 .....	48
Introdução .....	48
Objetivos: .....	48
Procedimentos .....	48

## **Apresentação**

O Ensino de Física nos tempos atuais vai muito além de fórmulas e cálculos, os alunos são levados a pensar diante de determinados problemas na sua vida cotidiana, sejam eles físicos, químicos ou matemáticos. A capacidade de entender certos fenômenos e suas propriedades, leva a uma solução do problema de maneira mais fácil, a formação do aluno deve ir muito além de prepará-los para testes, vestibulares ou ENEM, as aulas de Física como eram lecionadas no passado se tornaram maçantes, cansativas e desanimadoras, os alunos eram meros repetidores, sobre isso vejamos o que diz Moreira (2017):

A Física na Educação Básica está em crise: além da falta e/ou despreparo de professores, das más condições de trabalho, do reduzido número de aulas e da progressiva perda da identidade no currículo, o ensino da Física na educação contemporânea estimulada a aprendizagem mecânica de conteúdos desatualizados. É preciso, urgentemente, mudar este panorama. O que fazer? (MOREIRA, 2017).

O presente trabalho fundamenta-se nas propriedades do carbono para a criação de uma tinta condutora de correntes elétricas (Tinta Capacitiva), e a partir da exploração dos potenciais da tinta capacitiva, o aluno terá contato com a física clássica e moderna, por meio do estudo de rede cristalina, condutividade elétrica, efeito Joule, maleabilidade, resistividade e teoria das bandas de energia, eles estudarão os conceitos de átomos e moléculas, com objetivo de entender as propriedades da tinta capacitiva.

Os conceitos estudados nas disciplinas do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) foram utilizados no desenvolvimento desta sequência de ensino e aprendizagem utilizando a UEPs, a qual resultou produção da dissertação de conclusão deste mestrado.

Este produto educacional, além do que foi mencionado, tem o objetivo de transformar a sala de aula em um laboratório de Física, enriquecer a sua prática pedagógica, para explicarmos alguns conceitos usamos uma analogia com o cotidiano para melhor compreensão, pois é cada vez mais difícil encontramos laboratórios de Física nas escolas de Ensino Médio.

## Desenvolvimento

Para o desenvolvimento da sequência didática planejamos em uma divisão de oito passos, de acordo com as unidades de ensino potencialmente significativa UEPS de Marco Antônio Moreira, seguindo os enfoques metodológicos demandados pela sequência. Os enfoques rotulados são: Definir o assunto a ser abordado, verificar os conhecimentos prévios dos alunos – subsunçores, propor situações-problema, apresentar o conhecimento a partir da diferenciação progressiva, propor uma nova situação-problema em nível mais elevado de complexidade, Avaliação da aprendizagem por meio da UEPS e Avaliação da UEPS. Totalizando uma carga horária aproximada de 10 horas-aula. Conforme a divisão na tabela abaixo:

Estágio	Rótulo	Atividade	Nº de encontros	Carga horária
1	Definir o assunto a ser abordado	Bate papo informal com os alunos informando o que iremos estudar e como iremos trabalhar	1 Encontro (uma aula)	50 min
2	Verificar os conhecimentos prévios dos alunos – subsunçores	Através de um questionário a ser aplicado verificamos os conhecimentos prévios	0 Encontro (uma aula)	Remota
3	Propor situações-problema	O carbono transmite eletricidade? Como podemos descobrir? Organizadores prévios	1 Encontro (uma aula)	70 min
4	Apresentar o conhecimento a partir da diferenciação progressiva	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentar o uso do carbono no futuro</li> <li>• Apresentar a tinta capacitiva e seus potenciais como: condução elétrica, efeito Joule, maleabilidade e resistividade</li> </ul>	2 Encontro (Três aulas)	3 h
5	Propor uma nova situação – problema em nível mais elevado de complexidade	Do ponto de vista da Física quântica como o carbono conduz corrente elétrica?	1 Encontro (Três Aulas)	3h



6	Concluir a UEPS	Retornar as características mais relevantes do conteúdo anteriores (Realizar uma atividade experimental envolvendo os conceitos estudados)	1 Encontro (pode ser no mesmo encontro do estágio anterior)	1h
7	• Avaliação da aprendizagem por meio da UEPS	Através de um questionário a ser aplicado verificamos os conhecimentos pós trabalho	1 Encontro (Uma Aulas)	1h
8	• Avaliação da UEPS	Nesta etapa será analisado os indicadores de êxito	-	-
Carga horária total				9 Horas

*Tabela 1 - carga horária da sequência de ensino.*

**Estágio 1:****Introdução:**

Essa fase inicial é uma introdução ao tema a ser estudado e como iremos conduzir nosso trabalho, nesta fase ouviremos todos os alunos acerca dos seus anseios quanto estudo do tema abordado. Devido à pandemia de COVID-19 que enfrentamos, essa fase inicial será presencial respeitando todos os protocolos de segurança, como o uso de máscara álcool em gel e distanciamento.

**Objetivos:**

- Estabelecer uma conexão com os estudantes no momento inicial do processo didático e conduzir o foco dos mesmos nesse momento introdutório até o término de todo o processo.
- Ter um feedback dos alunos sobre o tema abordado.
- Apresentar o assunto que iremos trabalhar

**Estágio 1 – Primeiro Encontro:**

Recursos a serem usados:

- Computador, tablet ou celular, dotado de Internet;
- Data Show.

Ferramentas de Internet e mídia como:

- Power Point; Mentimeter.

**Dicas de preparação:**

- Verificar se todos os alunos possuem computador, tablet ou celular com acesso à Internet;
- Testar o computador, tablet, celular ou Data show, o que será usado;
- Verificar se o computador, tablet, celular possui conexão com a internet;

**Procedimentos:**

Neste encontro teremos uma conversa prévia, na qual trataremos de assuntos como, por exemplo, o que estudaremos, como conduzirmos as nossas aulas, o propósito do nosso trabalho e esclarecimento de dúvidas. Além disso, definiremos um cronograma de trabalho e usando Data show exibiremos slides apresentando o nosso trabalho, logo após finalizarmos enviaremos

por meio do WhatsApp um link de uma pesquisa simples desenvolvida no Mentimeter sobre o que os alunos acham da disciplina Física, o qual os alunos irão responder.



Figura 1 - captura de tela da apresentação de slides sobre o trabalho.

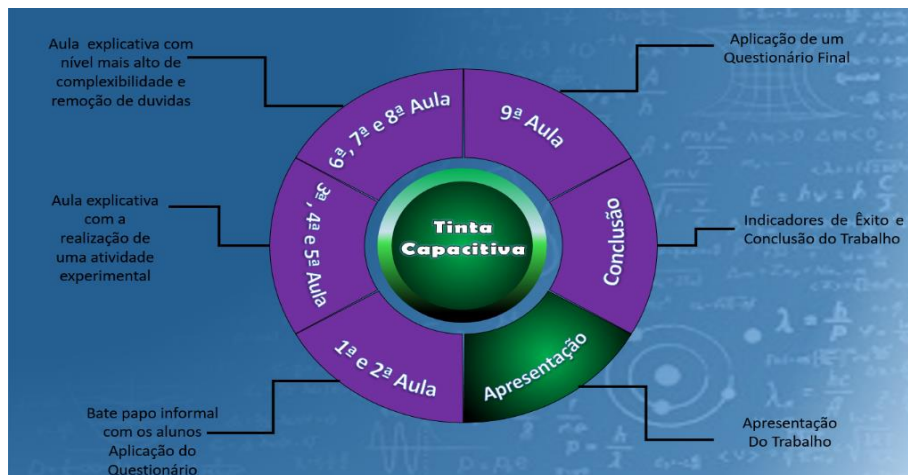


Figura 2 - captura de tela da apresentação de slides sobre o trabalho.

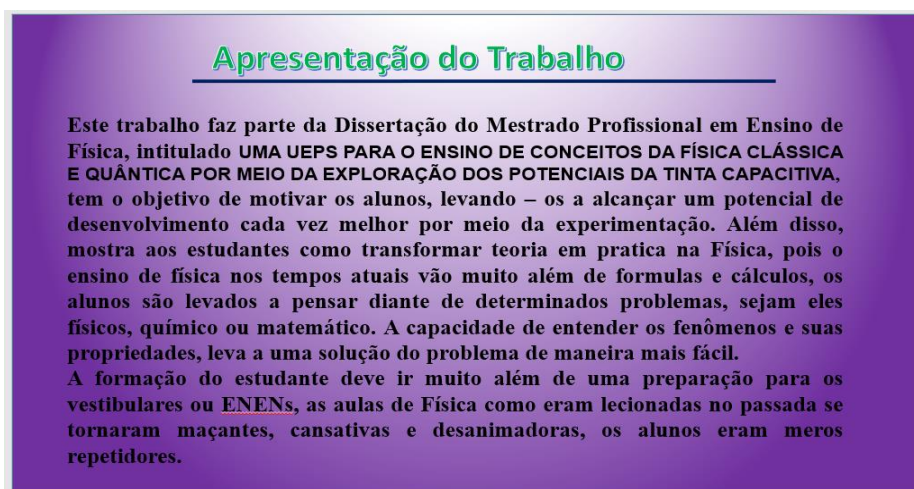


Figura 3 - captura de tela da apresentação de slides sobre o trabalho.

## Apresentação do Trabalho

Definir o assunto a ser abordado: **CONCEITOS DA FÍSICA CLÁSSICA E QUÂNTICA POR MEIO DA EXPLORAÇÃO DOS POTENCIAIS DA TINTA CAPACITIVA.**

Iremos realizar uma serie de experimentos de Física Clássica, atividades com a participação dos alunos de Física Quântica com o objetivo de melhorar a compressão.



Figura 4 - captura de tela da apresentação de slides sobre o trabalho.

## Apresentação do Trabalho

**Usaremos recurso como:**

- Data Show;
- Computadores;
- Led;
- Fios condutores;
- Baterias de 9v;
- Internet;
- Multímetro;
- Grafite;
- Esmalte
- Ferramentas de Internet(Youtube, Power Point, Mentimeter).

Figura 5 - captura de tela da apresentação de slides sobre o trabalho.

## Conclusão

Espero que vocês possam se divertir, aprender e se motivar com as nossas próximas aulas, esse projeto visa trazer para vocês alunos, um olhar diferente para a ciência, especificamente a Física objetivo de nosso estudo.

Muito  
Obrigado  
José Claudio Amorim da Silva

Figura 6 - captura de tela da apresentação de slides sobre o trabalho.

**Estágio 2:****Introdução:**

Caracteriza principalmente por ser um verificador dos conhecimentos prévios, o estágio 2 nos dará subsídio para as atividades subsequentes da sequência de ensino e aprendizagem. Neste estágio resolvemos acrescentar a verificação dos conhecimentos prévios dos alunos.

Devido à pandemia de COVID-19 que enfrentamos, essa fase inicial foi aplicada online, por meio de um questionário de sondagem para verificarmos os conhecimentos prévios dos alunos utilizando a ferramenta Microsoft Forms.

A aplicação do questionário é importante, pois servirá como ferramenta para conhecermos os subsunçores, segundo Moreira (2012, p.2), subsunçor é o nome que se dá a um conhecimento específico, existente na estrutura de conhecimentos do indivíduo, que permite dar significado a um novo conhecimento que lhe é apresentado ou por ele descoberto. Tanto por recepção como por descobrimento, a atribuição de significados a novos conhecimentos depende da existência de conhecimentos prévios especificamente relevantes e da interação com eles. Assim é importante reiterar que a aprendizagem significativa se caracteriza pela interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos, e que essa interação é não-litera e não-arbitrária. Nesse processo, os novos conhecimentos adquirem significado para o sujeito e os conhecimentos prévios adquirem novos significados ou maior estabilidade cognitiva.

**Objetivos:**

- Verificar os conhecimentos prévios dos estudantes.

**Estágio 2 – Segundo encontro:**

Recursos a serem usados:

- Computador, tablet ou celular dotados de Internet;

Ferramentas de Internet como:

- Microsoft Forms;

**Dicas de preparação:**

- Verificar se todos os alunos possuem computador com acesso à Internet;
- Testar as Ferramentas de Internet que serão usadas;
- Testar o computador que usarmos e a conexão com a internet;

**Procedimentos:**

Enviaremos um link de acesso para cada aluno via WhatsApp ou e-mail com endereço de acesso ao questionário.

Nesta fase, os alunos responderam ao questionário online criado na plataforma Microsoft Forms e todas as informações serão enviadas por e-mail para o professor, e importante salientar que as respostas serão enviadas individualmente.

## Questionário Online (Microsoft Forms):

Link:

<https://forms.office.com/Pages/ResponsePage.aspx?id=DQSIkWdsW0yxEjaiBLZtrQAAAAAAAAAAAAAYAAPHbOndUOFZZWU1YUE9BUTYyMIJIME1OQ0RRUIA5Mi4u>

**QUESTIONÁRIO DE SONDAGEM**  
**- UESB - SBF - MNPEF**

Este Questionário de Sondagem faz parte da dissertação do aluno de mestrado em ensino de Física - José Claudio Amorim da Silva, sob a orientação do prof.: Dr. Luiz Darcy

**1**  
**Digite seu nome:**

Figura 7 – fragmento do questionário de Sondagem.

**2**  
**Você já teve aula de Física? \***

Sim

Não

Figura 8 – fragmento do questionário de Sondagem. Questão 2.

**3**  
**Quais desses assuntos você já estudou (Marque vários se for o caso) \***

Eletricidade

Magnetismo

Condutor, Insolente, e Semi- Condutor

Resistividade

Átomos e Moléculas

Teoria das Bandas de Condução

Nenhum desses assuntos

Figura 9 – fragmento do questionário de Sondagem. Questão 3

**4**  
**Na sua opinião, usar os conhecimentos das aulas de Física na pratica é importante? \***

Sim

Não

Figura 10 – fragmento do questionário de Sondagem. Questão 4.

**5**

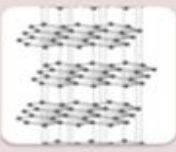
Marque as alternativas que tenha relação com as propriedades do Grafite(Use qual quer palavra que você ache que tem relação com o Grafite). \*

- É um Metal
- É um condutor de eletricidade
- Pode ser usado como lubrificante
- É um isolante
- É formado por átomos de Carbono
- Suas propriedades se dá devido aos átomos de Carbono
- É usado como combustível

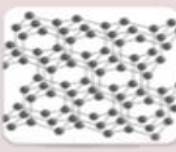
Figura 11 – fragmento do questionário de Sondagem. Questão 5.

**6**

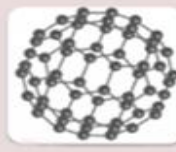
Qual dessas estruturas cristalina é da grafita? Marque apenas uma resposta. \*



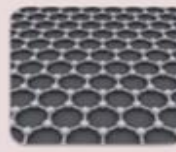
**1**



**2**



**3**



**4**

- 1
- 2
- 3
- 4

Figura 12 – fragmento do questionário de Sondagem. Questão 6.

**7**

O que é resistividade Elétrica? \*

- é uma medida da resistência de um material ao fluxo de outro material
- é uma medida da oposição de um material ao fluxo de corrente elétrica
- é uma medida da oposição de um material a outro material

**8**

O que é condutividade Elétrica? \*

- É a quantidade conduzida ou transmitida de corrente elétrica
- Capacidade dos materiais de barra a corrente elétrica
- Capacidade dos materiais de conduzirem ou transmitirem corrente elétrica

Figura 13 – fragmento do questionário de Sondagem. Questão 7 e 8.



**9**  
Na sua opinião o átomo é importante para que ocorra a condução de corrente elétrica? \*

Não

Sim ✓

Nenhuma das Respostas

**10**  
Quais as partes que compõem a estrutura de um átomo? \*

Quantum

Elétron ✓

Carbono

Nêutron ✓

Newton

Protons ✓

Figura 14–fragmento do questionário de Sondagem. Questão 9 e 10.

**11**  
Imagine um mundo onde os seres humanos se comporte como elétrons, ou seja obedeçam as leis da mecânica quântica para essa partícula. Nesse universo fictício posso afirma que a figura é uma analogia rudimentar para: \*

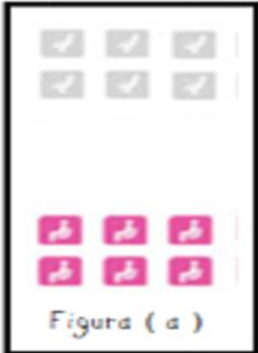


Figura ( a )




Figura ( b )

Figura 15–fragmento do questionário de Sondagem. Questão 11

A primeira figura ( a ) é um isolante, pois as bandas de condução e de valência encontram-se separadas por uma larga zona energética proibida e, deste modo, os elétrons não possuem energia suficiente para transitar de uma para outra.

A primeira figura é um semicondutores, pois o nível de energia que separa a banda de energia superior completamente ocupada possui uma largura muito pequena relativamente à banda imediatamente superior desocupada, bastando um pequeno acréscimo de energia para fazer passar os elétrons para a banda desocupada, possibilitando assim a condução de correntes elétricas.

A segunda figura é um isolante, pois as bandas de condução e de valência encontram-se separadas por uma larga zona energética proibida e, deste modo, os elétrons não possuem energia suficiente para transitar de uma para outra.

A segunda figura ( b ) é um semicondutores, pois o nível de energia que separa a banda de energia superior completamente ocupada possui uma largura muito pequena relativamente à banda imediatamente superior desocupada, bastando um pequeno acréscimo de energia para fazer passar os elétrons para a banda desocupada, possibilitando assim a condução de correntes elétricas. ✓

Figura 16 – Continuação do fragmento do questionário de Sondagem. Questão 11.

**12**

Imagine que o núcleo da figura seja uma cidade, e que você está caminhando distanciando – se dessa cidade. Que cada traço da figura seja representado por uma letra e represente uma camada. Assim podemos dizer que: \*

(a) A figura é análoga a um átomo e que cada os traços representem as camadas J - L - H - I - F - O - P, ou seja os números quânticos.

(b) A figura é análoga a um átomo e que cada os traços representem as camadas K - L - J - N - O - P - Z, ou seja os números quânticos.

(c) A figura é análoga a um átomo e que cada os traços representem as camadas K - L - M - N - O - P - Q, ou seja os números quânticos.

Figura 17–fragmento do questionário de Sondagem. Questão 12

**13**

Quais desses elementos abaixo é um semicondutor? \*

**Silício**                      **Ouro**                      **Plástico**

Ouro

Régua

Silício ✓

Figura 18–fragmento do questionário de Sondagem. Questão 13

### **Estágio 3:**

#### **Introdução:**

Neste estágio, iniciaremos uma série de experimentos, com os quais poderemos verificar a teoria na prática, assim, por meio da experimentação, os alunos serão provocados e instigados sobre temas relevantes ao nosso trabalho. Mas antes de iniciarmos, teremos uma explanação sobre a diferença entre a Física Quântica e a Clássica, pois como o nosso trabalho envolve conceitos das duas matérias, a diferença entre elas deve ficar bem clara para os alunos.

Nessa terceira etapa responderemos alguns questionamentos como: O carbono conduz eletricidade? Como podemos descobrir? Um pedaço de plástico ou um semiconductor conduz eletricidade? Como podemos descobrir?

Antes de responder a estes questionamentos, precisamos entender algumas concepções sobre a prática do ensino de física, vejamos o que diz Paulo Freire sobre isso.

1. Ensinar exige criticidade: na verdade, a curiosidade ingênua que, “desarmada”, está associada ao saber do senso comum, é a mesma curiosidade que, criticizando-se, aproximando-se, de forma cada vez mais metodicamente rigorosa, do objeto cognoscível, torna-se curiosidade epistemológica” (FREIRE, 1988, P.31).

2. Ensinar exige reflexão sobre a prática na formação permanente dos professores, um momento fundamental é o da reflexão crítica sobre a prática; é pensando criticamente sobre a prática de hoje ou de ontem que se pode melhorar a próxima prática” (FREIRE, 1988, P.39).

Assim, vejamos o que diz Marco Antônio Moreira sobre Aprendizagem Significativa Crítica.

Para Moreira, *aprendizagem significativa critica: e aquela perspectiva que permite ao sujeito formar parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela*. Trata-se de uma perspectiva antropológica em relação às atividades do seu grupo social, que permite ao indivíduo participar de tais atividades, porém, ao mesmo tempo, reconhecer quando a realidade está se está distanciando tanto que já não está sendo captada por parte do grupo.

Moreira (2000, p. 7-19) propõe alguns princípios, ideias ou estratégias facilitadoras da aprendizagem significativa crítica:

- Princípio do conhecimento prévio. Aprendemos a partir do que já sabemos. Para ser crítico de algum conhecimento, primeiramente tem que aprendê-lo significativamente;

- Princípio da interação social e do questionamento. Ensinar/aprender perguntas ao invés de respostas; isso nos mostra que em certo ponto, os pensamentos de Marco Antônio Moreira e Paulo Freire converge.

Levando tudo isso em conta realizaremos um experimento para responder a essas perguntas.

### **Objetivos:**

- Verificar se o Carbono, semicondutor e o plástico são condutores de corrente elétrica.

### **Estágio 3 – Terceiro encontro:**

Recursos a serem usados:

- Data Show
- Notebook
- Multímetro;
- Bateria de 9V;
- Led RGB Cátodo Comum;
- Um lápis;
- Fios;
- Garrafa Pet;
- Uma caneta de plástico;
- Tesoura;

### **Dicas de preparação:**

- Verificar se o Data Show está funcionando
- Verificar se o Notebook está funcionando
- Verificar se o multímetro está funcionando;
- Verificar se a bateria de 9V está funcionando;
- Verificar se o Led RGB não está queimando;
- Verificar se os fios não estão partidos;

## Aula sobre a diferença entre a Física Quântica e a Física Clássica:

**DIFERENÇA ENTRE A FÍSICA QUÂNTICA E A FÍSICA CLÁSSICA**

**Física Clássica**

Mecânica

Estuda o movimento mecânico e as interações que o provocam.  
**Ex: Força de atrito, força gravitacional, força elástica, etc.**  
 A mecânica divide-se em três partes:

Cinemática – estuda os movimentos dos corpos sem ter em conta as causas que os provocam;

Dinâmica – estuda os movimentos e as interações que os provocam;

Estática – que discute as leis de composição de forças e as condições de equilíbrio dos corpos

**Física Quântica**

Parte da Física que estuda sistema em escala **atômica** e **subatômica**, tais como **moléculas, átomos, elétrons, prótons** e outras partículas..

**Conclusão**

A Física se preocupa com os fenômenos que ocorre no nosso universo, seja ele em escala macroscópico ou microscópico, sabemos agora que as leis que rege a mecânica clássica não serve para a mecânica quântica.

Muito Obrigado  
 José Claudio Amorim da Silva

Figura 29 – fragmento dos slides da aula diferença entre Física Quântica e Física Clássica

## EXPERIMENTO 01

### Procedimentos:

O LED nada mais é do que um Diodo Emissor de Luz, daí advém a nomenclatura LED em inglês, *Light Emitting Diode*. No entanto, o LED RGB é emite três cores, Red (vermelho), Green (Verde) e Blue (Azul), daí, advém o nome. Para o nosso experimento, usaremos um LED RGB Cátodo Comum, ele é composto por quatro pernas, sendo uma perna usada para o sinal negativo da bateria de 9V, e as outras três pernas correspondem as cores RGB. Vejamos como montar o experimento

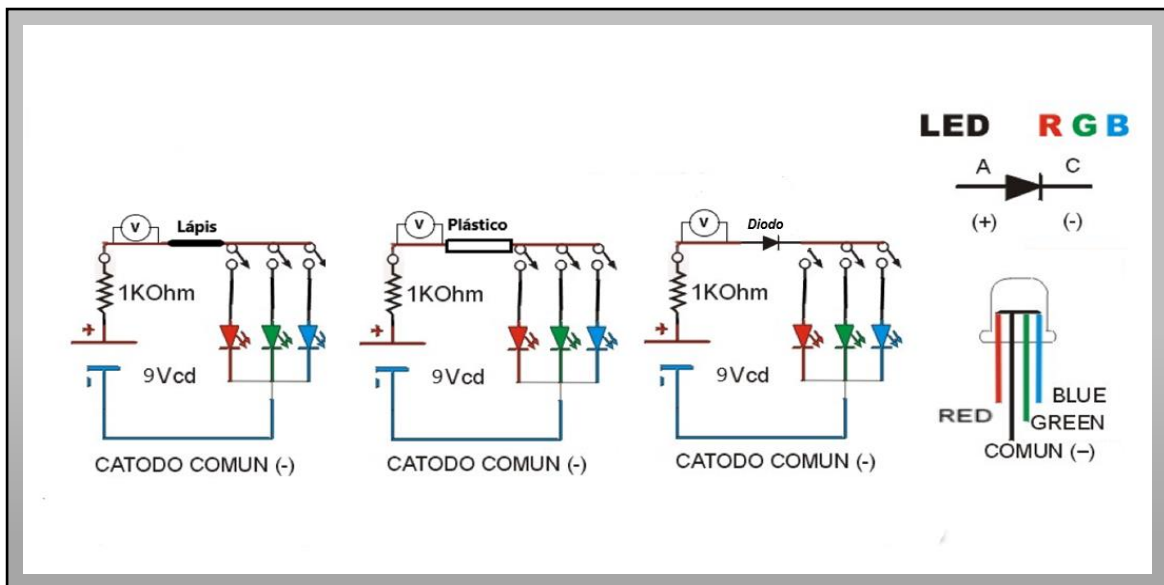


Figura 30 – Esquema de ligação do circuito

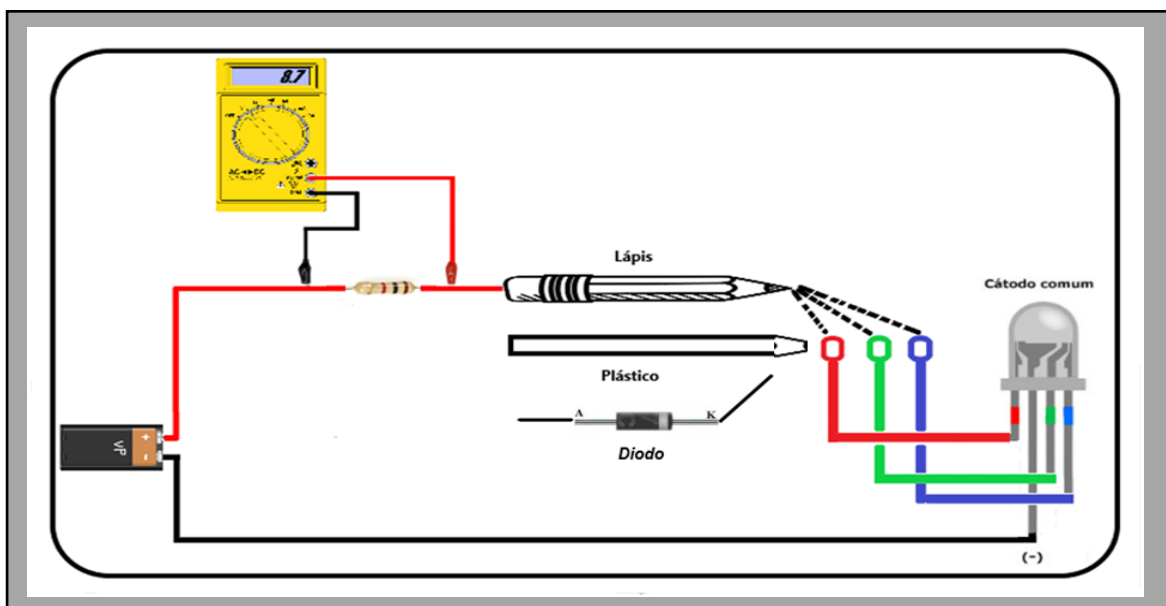


Figura 31 - Diagrama de ligação do circuito

**Vejamos as ligações e testes.**

### **1. Teste com a Grafite do Lápis:**

Conforme demonstrado nos desenhos acima, o polo negativo da bateria é ligado na perna negativa do LED, o outro polo positivo da bateria é ligado a um resistor de 1 K Ohm, depois esse resistor é conectado a grafite do lápis pela parte de trás do mesmo. Na fiação entre o resistor e o fundo do lápis, instalamos um Multímetro na escala de voltímetro. Com um LED RGB em forma de estrela previamente preparado, no qual ligamos três fios respectivamente as cores vermelho, verde e azul.

Na realização do teste, pegamos a ponta do lápis e encostamos no fio correspondente a cor, verificamos se o LED ascende na cor correspondente àquela que a perna foi ligada.

### **2. Teste com o Plástico:**

Conforme demonstrado nos desenhos acima, o polo negativo da bateria é ligado na perna negativa do LED, o outro polo positivo da bateria é ligado a um resistor de 1 K Ohm, depois esse resistor é conectado a uma caneta de plástico pela parte de trás da mesma. Na fiação entre o resistor e o fundo da caneta de plástico, instalamos um Multímetro na escala de voltímetro. Com um LED RGB em forma de estrela previamente preparado, o qual ligamos três fios respectivamente as cores vermelho, verde e azul.

Na realização do teste, pegamos a ponta da caneta de plástico e encostamos no fio correspondente a cor, verificamos se o LED ascende na cor correspondente àquela que a perna foi ligada.

### **3. Teste com o Diodo:**

Conforme demonstrado nos desenhos acima, o polo negativo da bateria é ligado na perna negativa do LED, o outro polo positivo da bateria é ligado a um resistor de 1 K Ohm, depois esse resistor é conectado a uma Diodo pela parte de trás do mesmo. Na fiação entre o resistor e o fundo do Diodo, instalamos um Multímetro na escala de voltímetro. Com um LED RGB em forma de estrela previamente preparado, o qual ligamos três fios respectivamente as cores vermelho, verde e azul.

Na realização do teste, pegamos o fio ligado no catodo do Diodo e encostamos no fio correspondente a cor, verificamos se o LED ascende na cor correspondente àquela que a perna foi ligada. Depois, invertemos ligando o Diodo, encostamos no fio correspondente a cor, verificamos se o LED.

**Resultados do experimento:**

<b>Material</b>	<b>Tipo de Material</b>	<b>Resultado</b>
<b>Lápis (Carbono)</b>	_____	_____ _____ _____ _____ _____ _____ _____
<b>Plástico (Corpo de uma Caneta)</b>	_____	_____ _____ _____ _____ _____ _____ _____
<b>Diodo (Silício ou Germânio)</b>	_____	_____ _____ _____ _____ _____ _____

*Tabela 2 – Folha de respostas parte experimental.*



## **Estágio 4:**

### **Introdução:**

O estágio quatro é caracterizado pelo aprendizado por apresentar o conhecimento a partir da diferenciação progressiva, vejamos o que diz Moreira.

A diferenciação progressiva é o processo de atribuição de novos significados a um dado subsunçor (um conceito ou uma proposição, por exemplo) resultante da sucessiva utilização desse subsunçor para dar significado a novos conhecimentos. (MOREIRA, 210, p. 6).

Portanto, a partir do conhecimento do carbono do grafite do lápis, o aluno poderá aprender novos conceitos sobre as propriedades do carbono, além de entender um pouco mais sobre os conceitos da Física clássica, como: Resistência, Resistividade, Condutividade. Efeito Joule e Maleabilidade. Na parte experimental utilizaremos o carbono do grafite para testarmos todos os conceitos da Física Clássica listados anteriormente. Assim, para o aluno o conhecimento sobre as propriedades do grafite do carbono ficará mais diferenciado utilizando modelos.

### **Objetivos:**

Apresentar para o aluno as aplicações do carbono no futuro e suas propriedades como:

- Condução Elétrica;
- Resistividade;
- Maleabilidade;
- Efeito Joule

### **Estágio 4 – Quarto encontro:**

Recursos a serem usados:

- Computador, Notebook, celular ou Tablet;
- Data Show;
- Led RGB;
- Internet;
- Tinta Capacitiva (a ser preparada previamente);
- Garrafa Pet;
- Fios;

- Tesoura;
- Bateria de 9v;
- Multímetro;
- Grafite em Pó, grafites 0.5, 0.7 e 2 mm

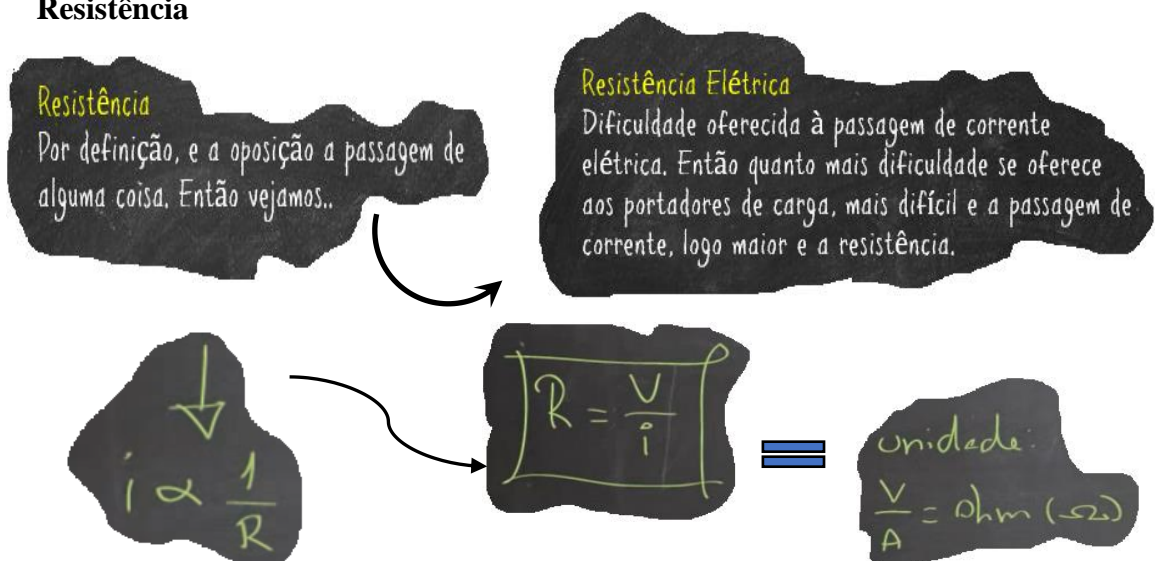
### Dicas de preparação:

- Verificar se o multímetro está funcionando;
- Verificar se a bateria de 9V está funcionando;
- Verificar se o Led RGB não está queimando;
- Verificar se os fios não estão partidos;
- Verificar se o data show está funcionando;
- Verificar se o Computador, Notebook, celular ou Tablet está funcionando;
- Testar a Internet;

### Procedimentos:

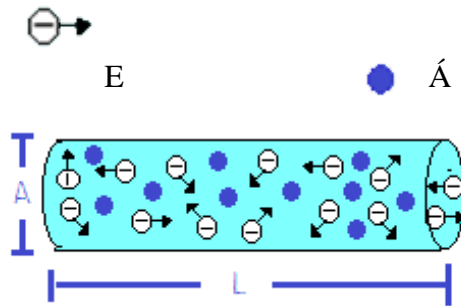
Nessa fase iniciamos nossos trabalhos assistindo a um vídeo do YouTube no endereço <https://www.youtube.com/watch?v=16yqJxB4uzA> com duração de 16 minutos sobre o uso do grafeno do grafite no futuro, sua obtenção e suas propriedades, em seguida explicaremos o que é resistência, efeito Joule e maleabilidade, para isso usaremos uma analogia com o cotidiano, usaremos o ônibus urbano como condutor, os passageiros como átomos e adolescentes como elétrons para exemplificar. Depois realizaremos alguns experimentos para melhor compreensão do assunto.

### Resistência



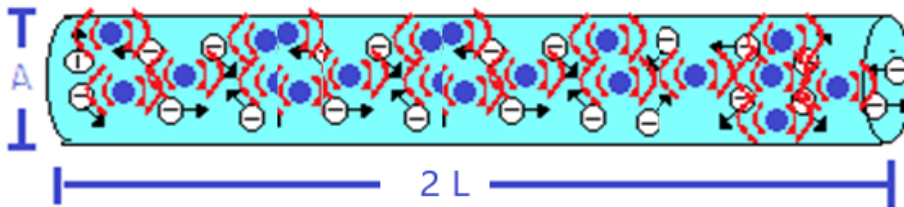
Desenho: Próprio autor.

**Como que surge essa resistência elétrica:**



Em um fio condutor de um certo material, ao estabelecermos uma corrente neste fio condutor para a direita, sendo a corrente elétrica formada por portadores de carga, essas partículas ao se deslocarem por esse fio condutor vão se chocar com os átomos desse condutor e esse choque que vai oferecer a resistência.

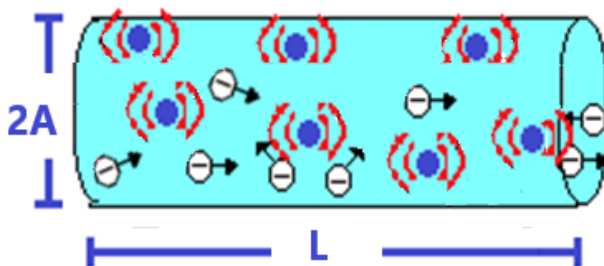
**Que fatores influenciam na resistência:**



Se dobrarmos o comprimento do condutor, percebemos que a corrente encontra um número maior de obstáculo, ou seja, 2 vezes maior, assim a resistência dobrou. Como a resistência é inversamente proporcional a corrente (i), temos que a corrente

$$2R \rightarrow \frac{i}{2}$$

**Mas e se dobramos a área?**



$$\frac{R}{2} \rightarrow 2i$$

Agora temos um fio com o mesmo comprimento "L" e 2 vezes a área. Percebemos que embora temos um número maior de obstáculos também temos um número maior de caminhos livres para que a corrente (i)

Por último, temos a disposição dos átomos em cada material, cada substância que influencia na resistência desse material. e essa disposição depende da estrutura cristalina ou arranjo atômico, e chamamos de resistividade, Vejamos:

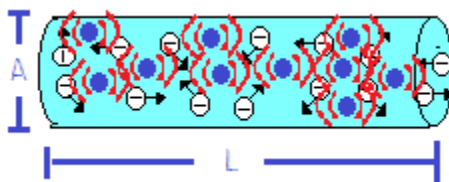
Material	Resistividade ( $\Omega \cdot m$ )
Prata	$1,68 \times 10^{-8}$
Cobre	$1,69 \times 10^{-8}$
Alumínio	$2,75 \times 10^{-8}$
Tungstênio	$5,25 \times 10^{-8}$
Ferro	$9,68 \times 10^{-8}$
Platina	$10,6 \times 10^{-8}$
Manganina	$48,2 \times 10^{-8}$
Silício Puro	$2,5 \times 10^3$
Vidro	$10^{10} - 10^{14}$

Então é a partir da resistividade que eu tenho a noção da resistência de cada material. Que chamamos de  $R\hat{o}$  ( $\rho$ ). Assim a partir dessas propriedades vistas



$$R = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

### Efeito Joule:



O processo já explicado anteriormente nos dá uma ideia por que os condutores ou resistores esquentam, quando os portadores de carga da corrente colidem com os átomos, essa colisão transmite energia para os átomos, fazendo com que as vibrações ou agitações desses átomos aumentem, e ao ficarem mais agitados eles vão ter maior temperatura ou seja, quanto maior a agitação dos átomos, maior será sua temperatura, e esse fenômeno recebe o nome de

### Maleabilidade:

Propriedade que permite a conformação de um material por deformação. Um material maleável é facilmente dobrado.

## EXPERIMENTO 02

Depois de assistir ao vídeo, podemos ter uma ideia clara de como o carbono é um material promissor para ser usado no futuro. Pensando nisso criamos a tinta capacitiva, uma tinta que pode ser usada para diversas aplicações, como na eletrônica ou uso didático em sala de aula. É uma tinta composta de uma mistura de grafite em pó e esmalte incolor.

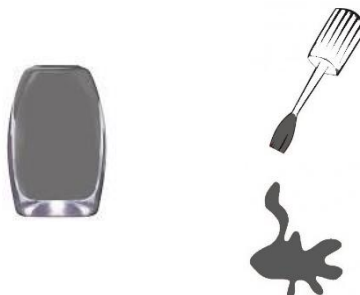
Vejamos como preparar a tinta.

### I. Preparação:

- a) No recipiente do esmalte incolor adicione a grafite em pó aos poucos, agite a mistura com um pedaço de arame ou outro objeto que passe pela entrada do recipiente do esmalte.

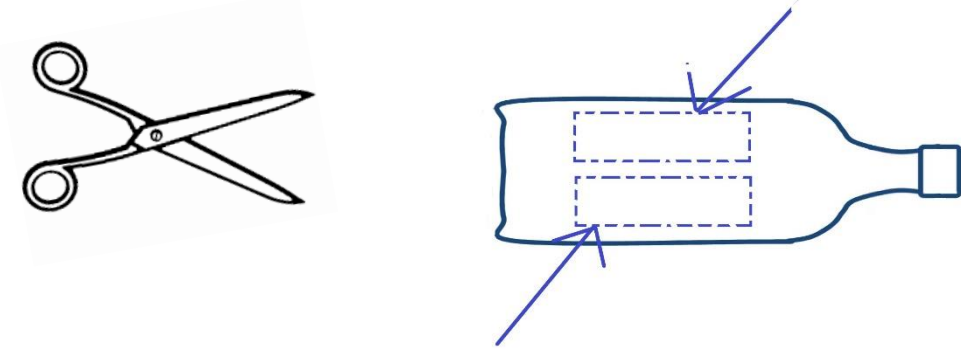


- b) Verifique a consistência da tinta deve ficar viscoso, mas não muito dura



## II. Preparação do artefato experimental.

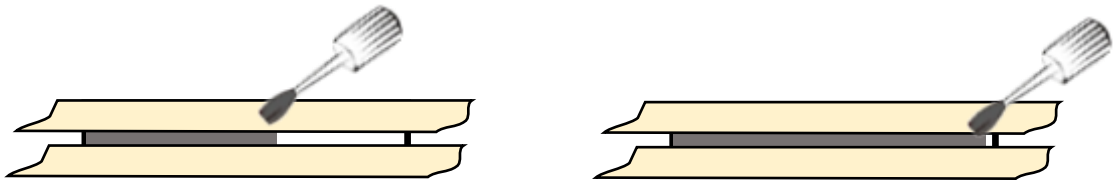
- a. Corte dois pedaços retangulares da garrafa pet.



## III. Cole fitas crepe nas partes longitudinal das extremidades dos dois pedaços da garrafa Pet.



- a. Pinte a parte central do pedaço de cortado com a tinta capacitiva.



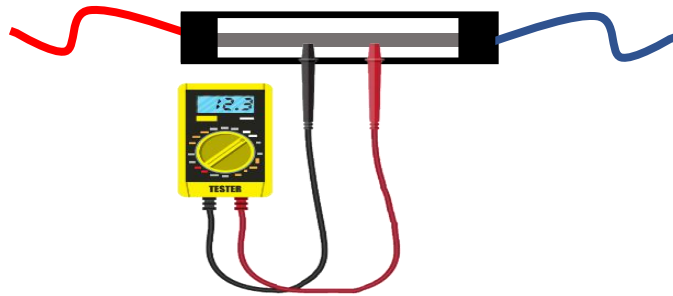
- b. Depois da tinta seca remova as fitas e fixe 2 fios de cada lado com uma fita.





**2.3 Teste de Resistividade;**

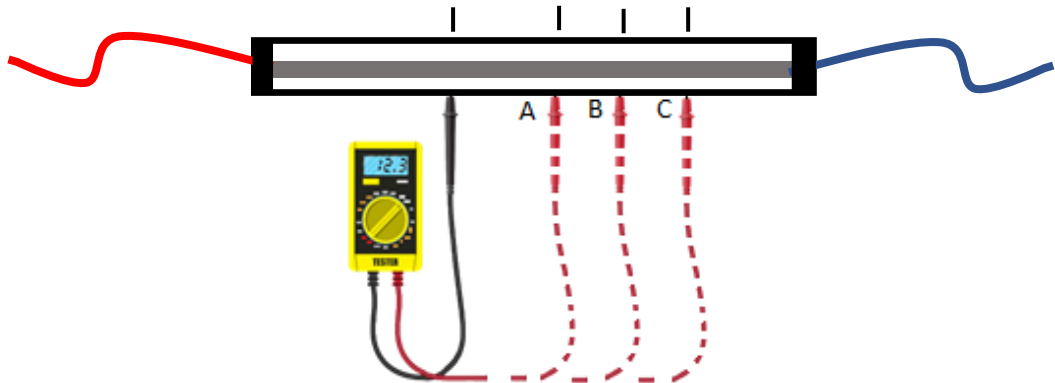
- a) Com o multímetro na escala de resistência, meça a resistência da trilha feito com a tinta capacitiva.



**Resultados do experimento:**

Pergunta	Resultado
Houve Resistencia	_____
Como se sabe	_____
	_____
	_____

- b) Agora com o multímetro na escala de resistência novamente, iremos testar a variação da resistência com a distância. Fixamos uma das pontas de prova do multímetro e variamos a outra ponta ao longo da trilha de carbono.

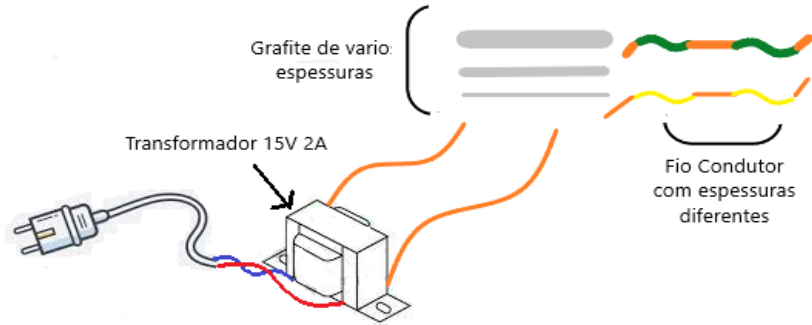


Pergunta	Resultado		
Houve Variação Resistencia com a distância	_____		
Distância	0 - A	0 - B	0 - C
Medidas [Ohm]			



**2.4 Teste do Efeito Joule;**

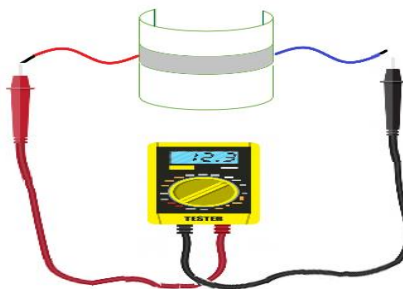
Neste experimento utilizaremos um transformador de 15V (entrada 220v, saída 15V), 3 grafites de 0.5, 0.7 e 2 mm, além de 2 fios condutor de 1 mm e 0,5 mm. Ligaremos os grafites e os fios condutores um a um na saída da fonte e veremos o que acontece.



Pergunta		Resultado
O que houve	Grafite	_____
		_____
		_____
	Fio Condutor	_____
		_____
		_____

**2.5 Teste de Maleabilidade;**

- a) Curve o pedaço de plástico do experimento 2.3 a) conectado a um multímetro na escala de diodo e verifique o que houve.



Pergunta	Resultado
O que houve	_____
	_____
	_____

## **Estágio 5:**

### **Introdução:**

Neste estágio estudaremos os fenômenos em nível mais elevado de complexidade do ponto de vista da Física Quântica, responderemos os questionamentos, como se dá a passagem de corrente elétrica na tinta capacitiva, estudaremos também as diferenças entre os materiais condutores, semicondutores e isolantes, bem como as explicações dos efeitos Joule e como ocorre o fenômeno da resistência elétrica.

No nosso caso em questão, esse assunto é de suma relevância, ao ponto que a própria Lei de Diretrizes e Bases da Educação Brasileira (LDB) em seu artigo 35, mais especificamente no inciso IV, estabelece como finalidade do Ensino Médio: a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina. Dessa forma, os conceitos de condutor, isolante e semicondutor representam um pré-requisito para que os discentes possam compreender as inúmeras tecnologias da atualidade, dentre estes a tinta capacitiva, considerando, é claro, os seus aspectos mais atuais, incorporados a partir das novas teorias. Concomitante, as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (2008) estabelecem que os saberes escolares devem proporcionar aos alunos a aquisição de elementos de compreensão e/ou manuseio de aparatos tecnológicos, de máquinas e processos de produção industrial ampliando a compreensão do mundo em que vivem.

### **Objetivos:**

- Explicar aos alunos o que ocorre nos fenômenos Físicos estudados até aqui, a partir do ponto de vista da Física Quântica.

### **Estágio 5 – Quinto encontro:**

Recursos a serem usados:

- Computador, Notebook;
- Data Show;
- Quadro Branco;
- Internet;
- Pincel Atômico;

Dicas de preparação:

- Verificar se o Computador ou Notebook está funcionando;
- Verificar se o data show está funcionando;
- Testar a Internet;
- Verificar se o Pincel atômico está escrevendo;

### Procedimentos:

Nesta etapa, estudaremos a teoria das bandas, entenderemos a diferença entre condutor, isolantes e semicondutores.

Iniciaremos os trabalhos relembando a importância dos conceitos já estudados de condutividade ( $\sigma$ ) e resistividade elétrica que correspondente ( $\rho \equiv 1/\sigma$ ), abordando o conceito de átomo e sua composição, a partir dessa explanação daremos início aos conceitos sobre bandas de energia, banda de condução, banda de Proibida e banda de Valencia.

Realizaremos uma dinâmica com a participação dos alunos para melhor compressão a teoria das bandas de energia.

Vejamos alguns dos materiais mais importantes das três classes, isolantes, semicondutores e condutores (Figura abaixo).

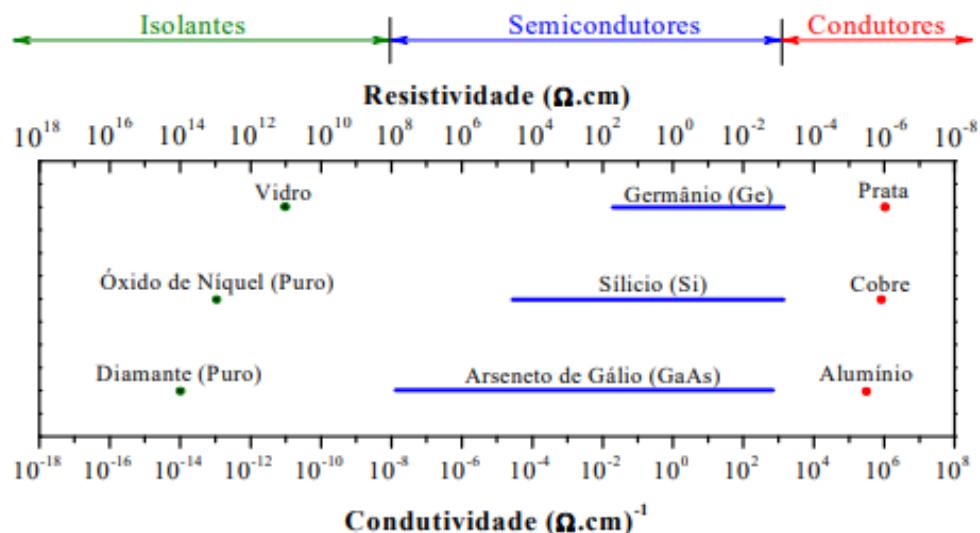


Figura 3.2.1 – Típico intervalo de resistividade para condutores, semicondutores e isolantes

Fonte: Figura retirada da Internet.

Pode-se observar pela Figura 3.2.1 que os isolantes possuem baixa condutividade, da ordem de  $10^{-18}$  a  $10^{-8} \Omega \cdot \text{cm}$ , enquanto os condutores apresentam valores superiores a  $10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ . Por outro lado, existem os materiais semicondutores que possuem uma condutividade intermediária entre os isolantes e os condutores ( $10^{-8}$  a  $10^3 \Omega \cdot \text{cm}$ ). Como a condutividade dos semicondutores pode variar com a temperatura, a luz incidente, o campo magnético e com a quantidade de impurezas na sua composição, eles são os materiais mais importantes para as aplicações eletrônicas. Os elementos mais empregados para esta função são o silício (Si) e o germânio (Ge).

## BANDAS DE ENERGIA:

- *Modelo atômico de camadas:*

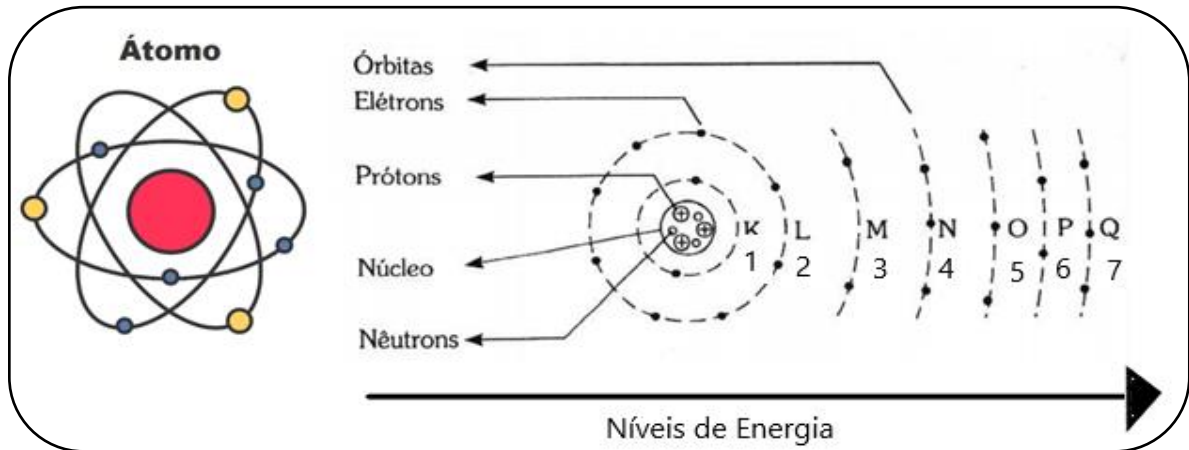


Figura 3.2.2 – Modelo Atômico de Camadas

Desenho: O próprio autor.

Na figura 3.2.2 temos a representação do átomo com o Modelo atômico de camadas, sendo formado por um Núcleo onde se encontra os prótons e os nêutrons, uma Eletrosfera onde se encontra os elétrons distribuídos em orbitais moleculares representados pelas letras K. L. M.N. O. P.

- *Teoria dos orbitais atômicos (TOA):*

Os orbitais atômicos têm formas específicas e se classificam em orbitais tipo “s”, “p” ou “d”, além de outras letras do alfabeto, assim por diante. Podemos definir os orbitais por dois parâmetros quânticos, o primeiro e o número que aparece antes da letra 1, 2, 3... que basicamente está associada a camada do átomo e o segundo são as letras já ditas anteriormente o “s”, e o “p” onde podemos ter 3 valores para os números quânticos, “ $p_x$ ”, “ $p_y$ ” e “ $p_z$ ”, já para o orbital “d” temos 5 valores “ $d_{xz}$ ”, “ $d_{yz}$ ”, “ $d_{xy}$ ”, “ $d_x^2 - y^2$ ” e “ $d_z^2$ ” (Figura 3.2.3 a). Cada um desses orbitais está associada a uma certa energia, por exemplo, 1s e orbital de menor energia no átomo, 2s o segundo e 2p o terceiro e à medida que vai subindo aumenta a energia (Figura 3.2.3 b). Mas quantos elétrons podemos colocar em cada orbital? Para sabermos isso precisamos usar o Princípio da Exclusão de Pauli<sup>1</sup>, pois os eletros são férmions idênticos, isso significa

<sup>1</sup> O Princípio de Exclusão de Pauli é um princípio da mecânica quântica formulado por Wolfgang Pauli em 1925. Ele afirma que dois férmions idênticos não podem ocupar o mesmo estado quântico simultaneamente

que no orbital “s” posso colocar dois elétrons de spin  $\frac{1}{2}$  de orientações opostas, já para os orbitais “p” são seis elétrons por que temos três tipos de orbitais “p”, para o orbital “d” que são cinco tipos diferentes seriam 10 elétrons (Figura 3.2.3 a). Por exemplo, se tivermos um átomo de Sódio (Na) e quisermos saber a configuração eletrônica dele podemos usar esse tipo de distribuição, como o átomo de sódio possui 11 elétrons, temos dois elétrons no orbital 1s, dois elétrons no orbital 2s, seis elétrons no orbital 2p e um elétron no orbital 3s, um total de 11 elétrons (Figura 3.2.3 c).

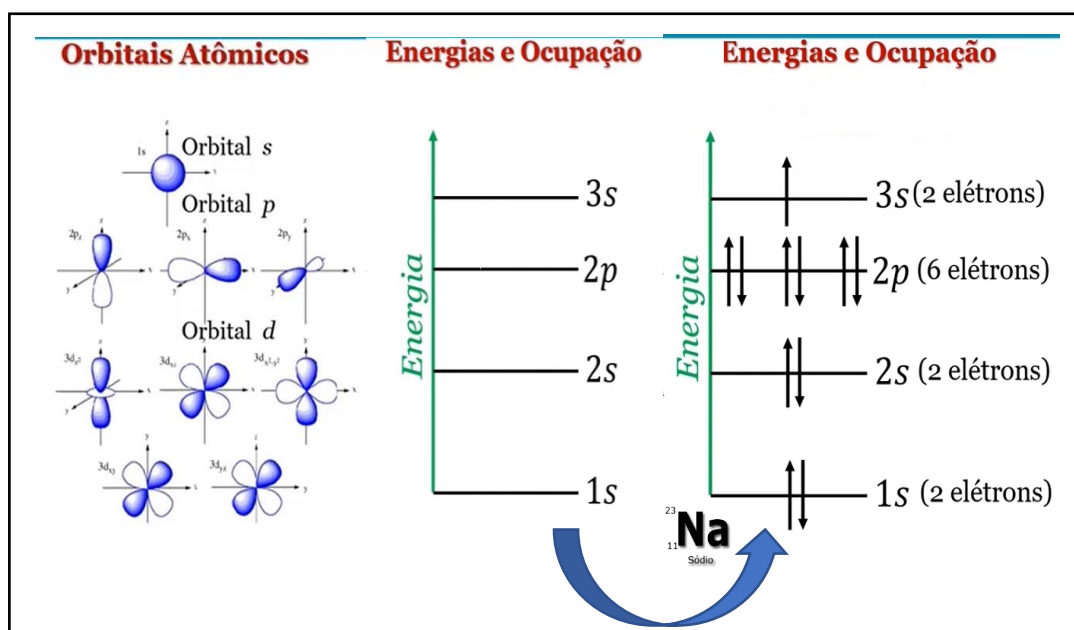


Figura 3.2.3 – Representação da Distribuição eletrônica por bandas de energia

Fonte: Figura retirada da videoaula do professor Eduardo Riberio de Azevedo USP -IFSC (2021).

- *Teoria dos orbitais Moleculares (TOM):*

Para formamos uma molécula diatômica temos que ter uma combinação entre dois orbitais átomos dos átomos envolvidos e isso gera dois tipos de orbitais (Figura 3.2.4 a), um ligante e outro antiligante com diferença de energia, onde o orbital antiligante tem maior energia, então se pegarmos orbital 1s, temos dois níveis de energia com quatro elétrons, dois elétrons nos orbitais ligantes e dois elétrons nos orbitais antiligantes, do mesmo jeito orbital 2p, temos 12 elétrons, seis ligantes e seis antiligantes (Figura 3.2.4 b). Assim, se tivermos uma molécula três átomos, teremos um desdobramento de 3 níveis de energia, se for uma molécula com quatro átomos teremos um desdobramento em 4 níveis de energia e assim por diante.

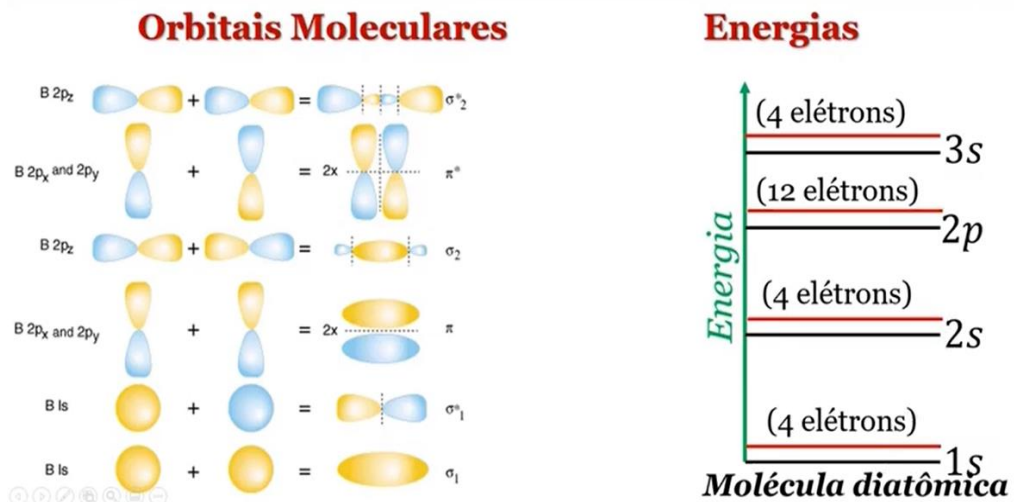


Figura 3.2.4 - Representação da distribuição energética em orbitais moleculares

Fonte: Figura retirada da videoaula do professor Eduardo Riberio de Azevedo USP -IFSC (2021).

### Agora vejamos como isso ocorre nos sólidos:

Se pegarmos um sólido composto de  $N$  átomos, pela explicação anterior, teremos em termos de configurações de níveis de energia que cada um daqueles níveis atômicos vai se desdobrar em  $N$  níveis de energia vão comportar dois elétrons, neste caso os níveis estão muito próximos entre si que formam bandas de energia (Figura 3.2.5), esse é o conceito básico da formação das bandas de energia em um sólido.

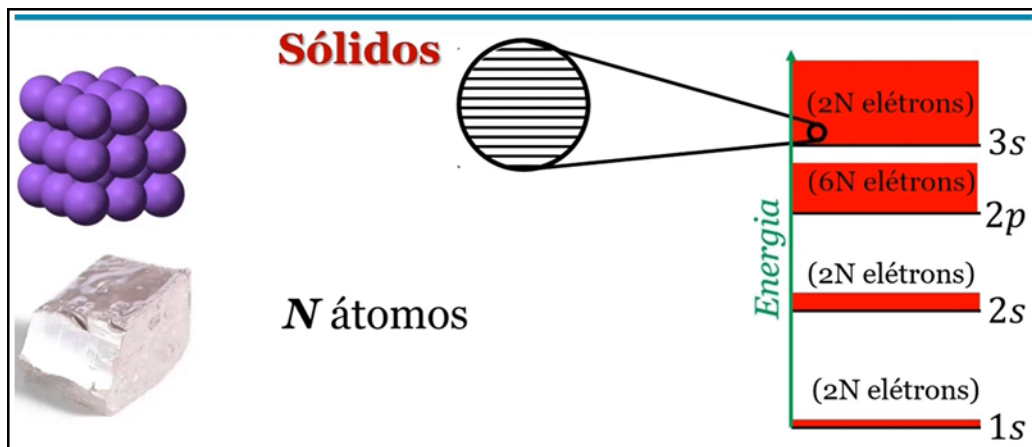


Figura 3.2.5 - Representação da distribuição energética em orbitais moleculares

Fonte: Figura retirada da vídeo -aula do professor Eduardo Riberio de Azevedo USP -IFSC (2021).

- *Ocupação das bandas de energia:*

Se fizemos uma distribuição de elétrons a  $T = 0K$ , que é a menor configuração de energia para um sólido, essa distribuição será feita respeitando a capacidade de ocupação por elétrons de cada nível de energia até que acabe os elétrons, ou seja, vamos distribuir os elétrons até um certo nível de energia, esse nível de energia é chamado *Nível de Fermi*. Neste caso, a última banda preenchida é chamada de *banda de valência* e a parte da banda que não foi preenchida chamamos de *banda de condução* (Figura 3.2.6), além disso, os elétrons da banda de valência são os que têm mais facilidade de sair do átomo, devido a fatores como:

- A distância ao núcleo ser grande, a força de atração é menor (menor energia externa)
- Eles têm uma energia maior

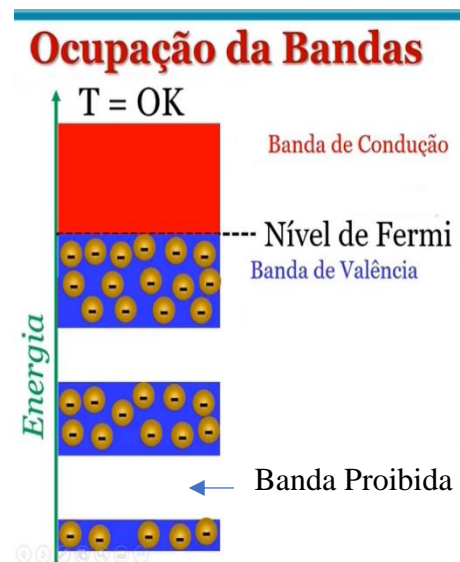


Figura 3.2.6 -Ocupação das bandas de energia  
 Fonte: Figura retirada da vídeo -aula do professor  
 Eduardo Riberio de Azevedo USP -IFSC (2021).

A região entre uma órbita e outra do átomo é denominada banda proibida (Figura 3.2.6), onde não é possível existir elétrons. O tamanho da **banda proibida** na última camada de elétrons define o comportamento elétrico do material.

Portanto, vejamos:

Pela definição podemos caracterizar os materiais da seguinte forma:

- **Condutor** é qualquer material que sustenta um fluxo de carga, quando uma fonte de tensão com amplitude limitada é aplicada através de seus terminais.
- **Isolante** é o material que oferece um nível muito baixo de condutividade sob pressão de uma fonte de tensão aplicada.
- **Semicondutor** é, portanto, o material que possui um nível de condutividade entre os extremos de um isolante e um condutor.



## REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DAS BANDAS DE ENERGIA EM MATERIAS

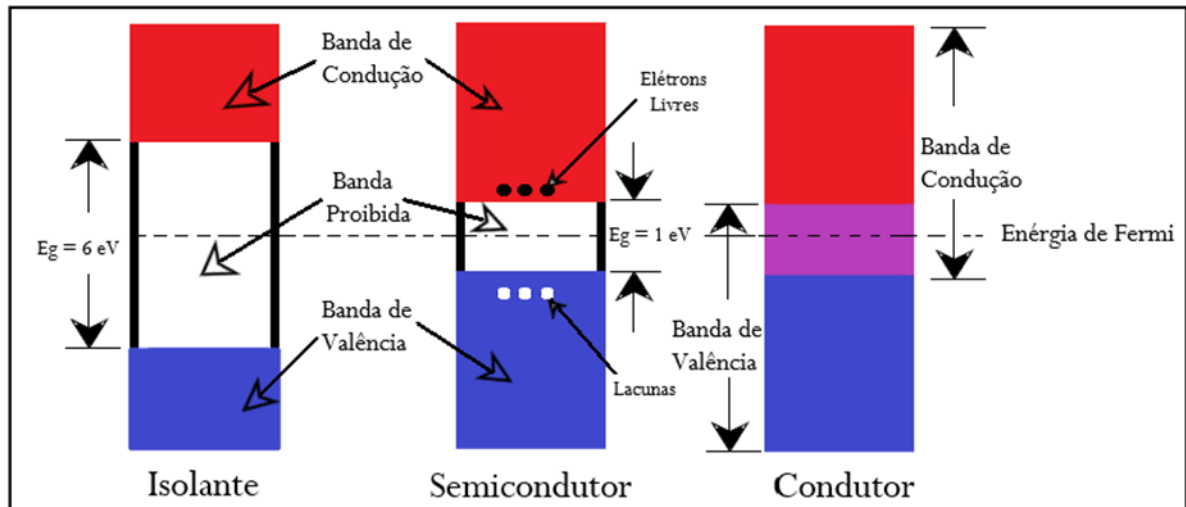


Figura 3.2.7: Representação das bandas de energia em metais, semicondutores e isolantes.  
Fonte: O Próprio autor.

Portanto, partindo da ideia de bandas de energia pode-se definir condutores, isolantes e semicondutores conforme Kittel afirma:

**O cristal se comporta como isolante:** se todas as bandas de energia permitidas estão totalmente cheias ou totalmente vazias, porque nesse caso nenhum elétron pode se mover em resposta à aplicação de um campo elétrico.

**O cristal se comporta como um Condutor:** se uma ou mais bandas está parcialmente cheia, com 10 a 90% da capacidade, digamos.

**O cristal se comporta como um semicondutor ou semimetal:** se uma ou mais bandas está quase cheia ou quase vazia.

Assim, conforme a Figura 3.2.3, podemos ver que:

**Nos materiais condutores** as bandas de valência e de condução se superpõem (retângulo violeta), de modo que sempre vão existir elétrons na banda de condução, tornando-os bons condutores de eletricidade. Em outras palavras, em um condutor, ao menos uma banda de energia encontra-se parcialmente preenchida. Halliday *et al.* também define que, em um condutor, “o nível de energia mais alto ocupado pelos elétrons está no meio de uma banda de energia permitida.” Halliday *et al.* especifica que o nível de Fermi representa o nível mais alto ocupado da banda na temperatura de zero absoluto ( $T = 0$ ) e a energia correspondente a esse nível é chamada de energia de Fermi. Como especificado anteriormente.

**Nos materiais isolantes** a banda de valência está completamente cheia e, de acordo com Princípio da Exclusão de Pauli, os elétrons não podem ocupar um nível energético mais alto que esteja completamente preenchido; nos isolantes, a banda proibida apresenta uma intensidade muito alta, nesse caso, para os elétrons “saltarem” da banda de valência para a banda de condução é necessário fornecer uma quantidade de energia elevada ao material, provocando a quebra da rigidez dielétrica. Nos isolantes, a energia dos elétrons deve ser muito grande para que possa haver uma corrente elétrica.

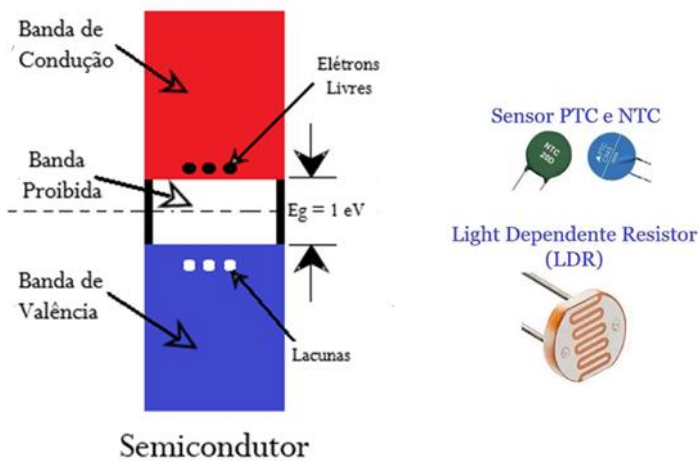
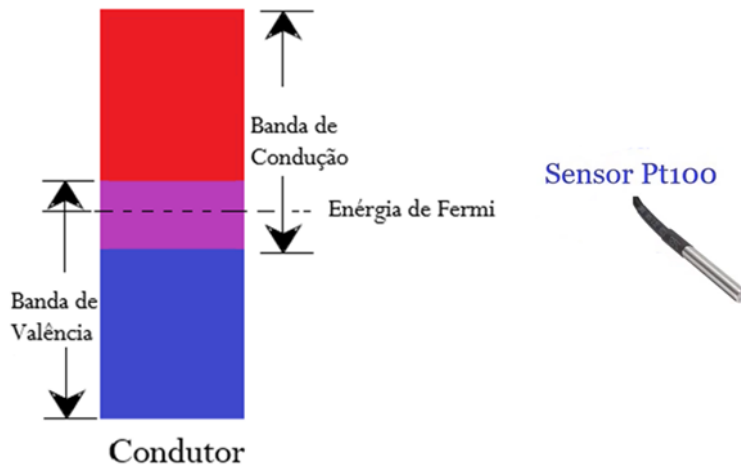
**Os materiais semicondutores** apresentam uma estrutura de banda de energia semelhante à dos isolantes diferindo na intensidade ou largura da banda proibida, pois, nos semicondutores a energia de gap ( $E_g$ ) é bem menor (inferior a 2 eV), ou seja,

(...) a distância  $E_g$  entre o nível mais alto da última banda ocupada (a banda de valência) e o nível mais baixo da primeira banda desocupada (a banda de condução) é muito menor que nos isolantes. Assim, por exemplo, o silício ( $E_g = 1,1$  eV) é um semicondutor, enquanto o diamante ( $E_g = 5,5$  eV) é um isolante.

De acordo com Ashcroft e Mermin (2011) “Sólidos isolantes em  $T = 0$ , mas cujo gap de energia é de tal tamanho que a excitação térmica pode levar à condutividade observável em temperaturas abaixo do ponto de fusão, são conhecidos como semicondutores”. Um fato relevante em relação aos semicondutores ocorre quando os elétrons de sua banda de valência são termicamente excitados para a banda de condução deixando buracos na banda de valência numa proporção que varia com o inverso da temperatura ( $1/T$ ), ou seja, o aumento da temperatura provoca um aumento da condutividade do semicondutor, apresentando um comportamento elétrico diferente dos metais (condutores) que, por sua vez, diminuem sua condutividade com o aumento da temperatura. Sendo assim, os semicondutores têm sua resistência elétrica diminuída com o aumento da temperatura, característica muito importante para o desenvolvimento tecnológico (fabricação de transistores, comutadores, diodos, células fotovoltaicas, detectores e termistores).

## APLICAÇÕES:

Podemos ver a aplicação desse conhecimento no nosso cotidiano, abaixo temos alguns exemplos

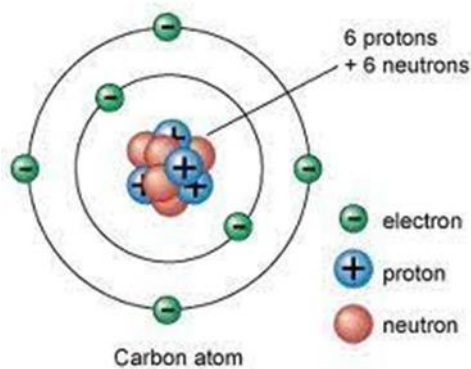


## ESTUDO DAS PROPRIEDADES DO CARBONO E GRAFENO

Após aprofundarmos nos estudos dos materiais, podemos estudar enfim a estrutura do carbono do grafeno no grafite.

### I – Formas Puras do Carbono:

#### 1. O átomo de Carbono:

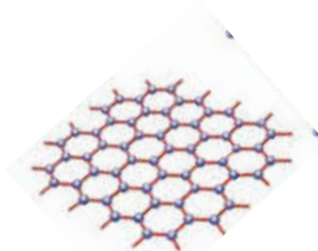


O átomo de carbono massa atômica ( $A$ ) = 12,01u e número atômico ( $Z$ ) = 6.

Possui 6 elétrons, sendo 4 elétrons na sua última camada (Camada de valência)

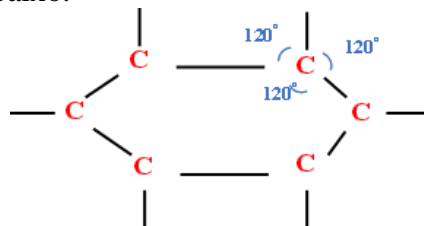
#### 2. A Grafeno:

O grafeno é formado por vários átomos de carbono e possui estrutura hexagonal plana. Como se fosse uma folha de papel. Vejamos a figura abaixo.



Estrutura do Grafeno

Mas como ocorre a passagem de corrente elétrica? Para respondermos a essa pergunta temos que entender a figura abaixo.



Os átomos de carbono ligam-se a outros três, formando plano hexagonal fracamente sobrepostos.

O quarto elétron de cada carbono se desloca numa diferença de potencial elétrico, por isso o grafeno conduz corrente elétrica no estado sólido.

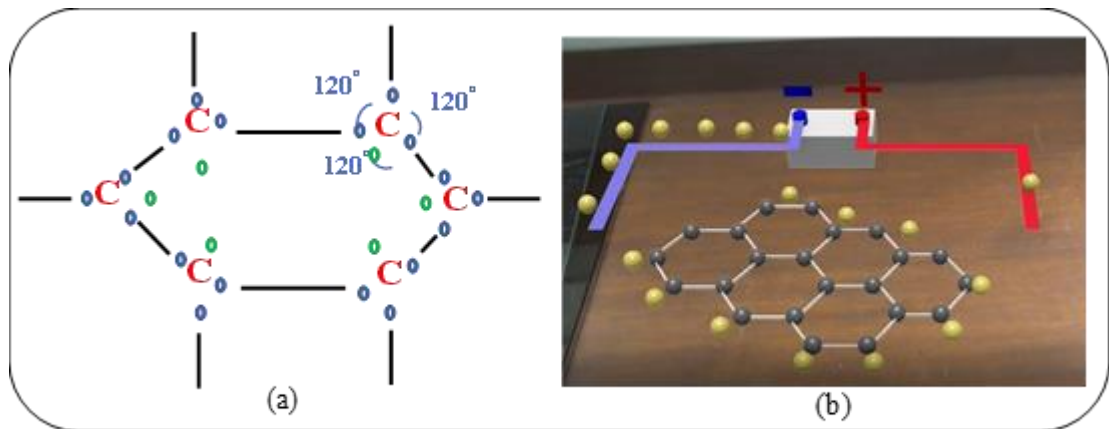


Figura 3.2.4 – Representação da Condução de Corrente Elétrica no Grafeno

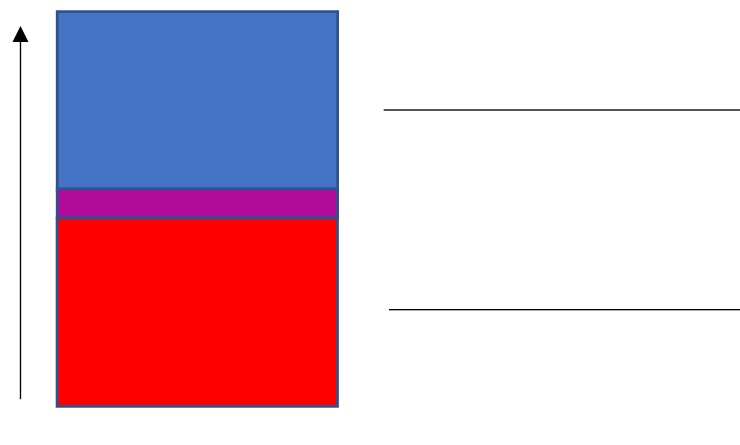
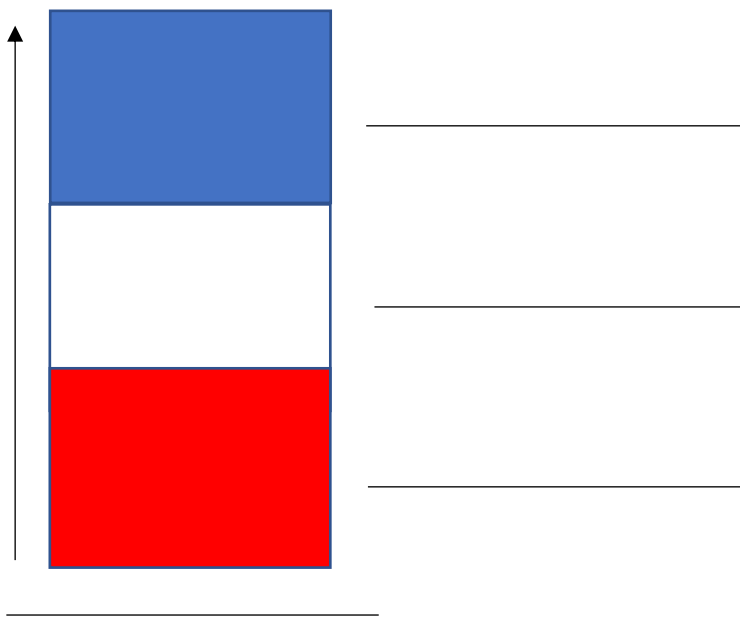
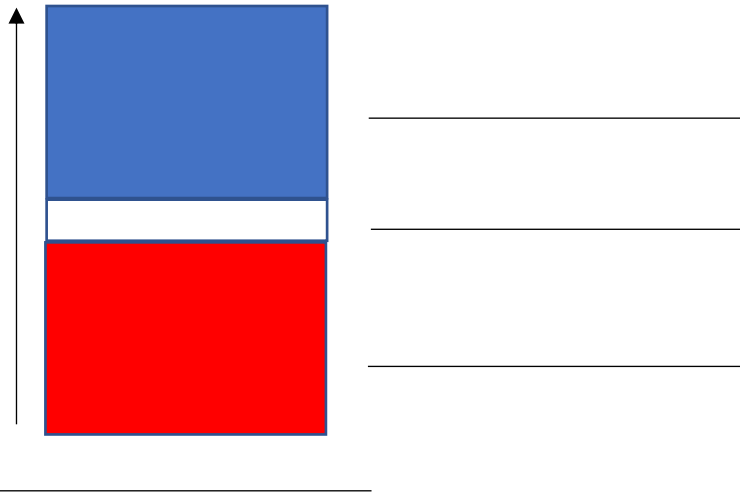
Na figura 3.2.4a temos um átomo ligados a outros 3 átomos por meio da ligação covalente, onde apenas 3 elétrons dos 4 elétrons da camada de valência participam da ligação, assim o quarto elétron de cada átomo fica livre formando assim uma nuvem de elétron.

Na figura 3.2.4b quando o grafeno e submetido a uma diferença de potencial os elétrons vindos da fonte vão impulsionar os elétrons livres da nuvem para as cargas positivas dessa fonte, fazendo assim que haja um fluxo de elétron (Transmissão de corrente elétrica)

### Dinâmica:

Nesta dinâmica representaremos no chão três desenhos de maneira aleatória, cada desenho representara um condutor, um isolante e um semiconductor. Posicionaremos dois alunos e cada quadrado, que representara os elétrons, e pediremos que identifique as partes, exemplo: Banda de Valencia, Banda de condução, quem é isolante, condutor etc.

### Dinâmica 01



**Estágio 6:****Introdução:**

Neste estágio será proposto aos alunos que desenvolvam um experimento usando papel A4, tinta capacitiva, pilha de 9 Voltes, Led RGB.

As Orientações Curriculares para o Ensino Médio (2008) estabelecem que os saberes escolares devem proporcionar aos alunos a aquisição de elementos de compreensão e/ou manuseio de aparatos tecnológicos, de máquinas e processos de produção industrial ampliando a compreensão do mundo em que vivem.

**Objetivos:**

- Verificar os conhecimentos adquiridos por meio de um experimento simples a ser projeto, executado e explicado pelos alunos.

**Estágio 6 – sexto encontro:**

Recursos a serem usados:

- Tinta Capacitiva;
- LED;
- Fios flexíveis;
- Bateria de 9V;
- Papel, plástico ou qualquer outro material isolante;

**Dicas de preparação:**

- Verificar se a tinta capacitiva está em boa viscosidade;
- Verificar se o LED está funcionando;
- Testar a continuidade dos Fios Flexíveis;
- Verificar a voltagem da bateria de 9V;

**Procedimentos:**

Dividiremos esse estágio em duas etapas:

- 1ª etapa: Essa etapa será a de criação do projeto, cada aluno irá descrever o projeto que será executado, e para isso usaremos uma folha padrão.

### Experimento 03

3º ano turma: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

FOLHA 01

Estudantes: \_\_\_\_\_

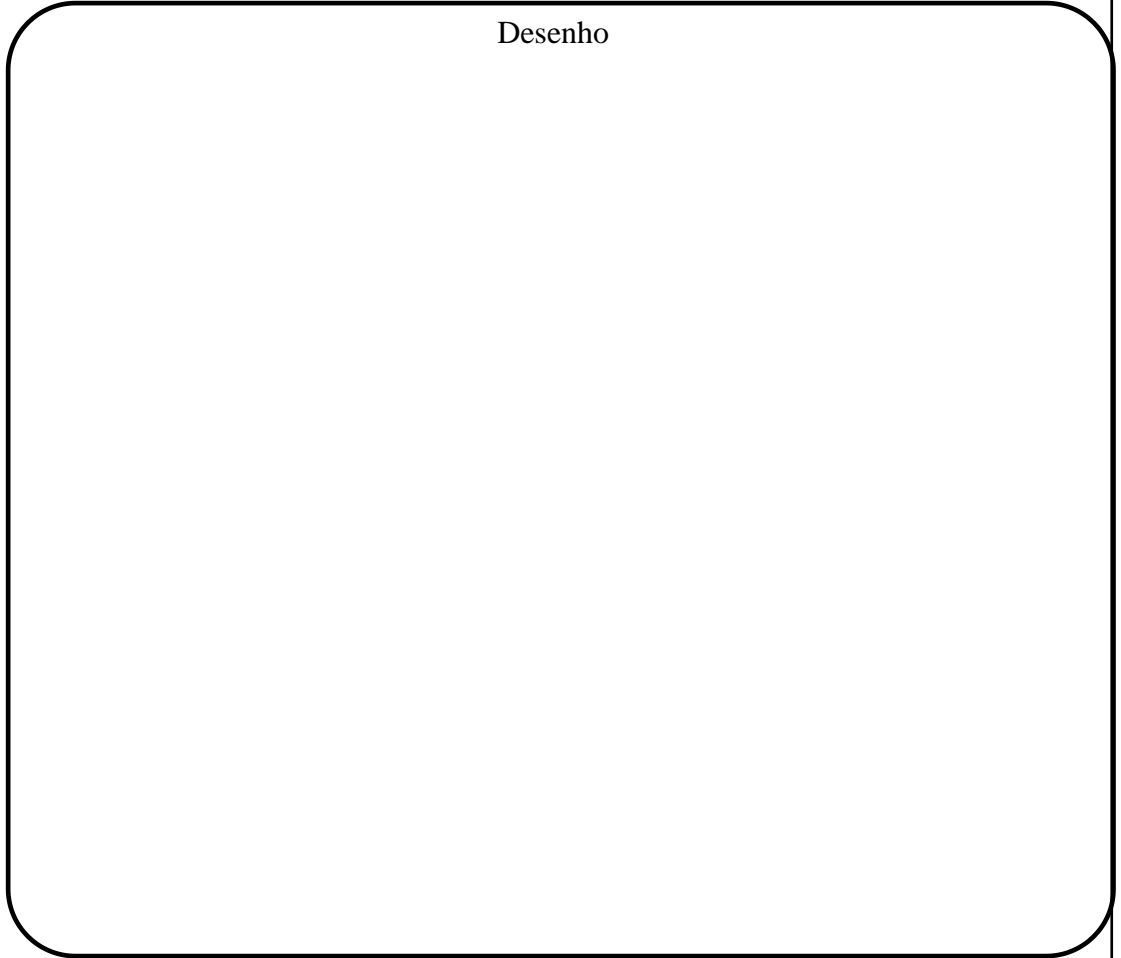
Nome do Projeto:

\_\_\_\_\_

Materiais Utilizados:

_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

Desenho







**Estágio 7:****Introdução:**

Através de um questionário a ser aplicado, verificamos os conhecimentos após trabalho, onde iremos abordar questões relevantes ao que foi estudado em todo nosso percurso até aqui. Nesse estágio, segundo Moreira, após o sexto passo, deverão ser propostas questões/situações que impliquem compreensão, que evidenciem captação de significados e, idealmente, alguma capacidade de transferência.

**Objetivos:**

- Avaliar a compreensão e desempenho dos alunos sobre os fenômenos Físicos estudados neste projeto.

**Estágio 7 – sétimo encontro:**

Recursos a serem usados:

- Computador, tablet ou celular, dotado de Internet;

Ferramentas de Internet como:

- Youtube, Google Meet;

**Dicas de preparação:**

- Verificar se todos os alunos possuem computador, tablet ou celular com acesso à Internet;
- Testar as Ferramentas de Internet que serão usadas;
- Testar o computador que usarmos e a conexão com a internet;

**Procedimentos:**

Enviaremos um link de acesso para cada aluno via WhatsApp ou e-mail com endereço de acesso ao questionário.

**Estágio 8:****Introdução:**

Essa e a fase final do nosso produto educacional, na qual serão avaliados os questionários e os diários de bordo, isso será o nosso indicador de êxito. Pois a UEPS somente será considerada exitosa se a avaliação do desempenho dos alunos fornecer evidências de aprendizagem significativa (captação de significados, compreensão, capacidade de explicar, de aplicar o conhecimento para resolver situações-problema).

**Objetivos:**

- Analisar os indicadores de êxito, por meio dos dados obtidos dos questionários e diários de Bordo.

**Estágio 8 – Oitavo encontro:**

Recursos a serem usados:

- Computador, tablete ou Celular;
- Internet;

**Dicas de preparação:**

- Verificar se o computador, tablet ou celular está funcionando e com acesso à Internet;
- Testar as Ferramentas de Internet que serão usadas;

**Procedimentos:**

Elaborar um gráfico para análise e compreensão dos dados coletados.

## REFERÊNCIAS

**Brasil.** Lei nº 9.394, de 20 dezembro de 1996: Leis de Diretrizes e Bases da Educação Nacional.

**Brasil.** MEC/SEF. Orientações curriculares para o ensino médio. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias: Secretaria de Educação Básica. Brasília: MEC/SEMTEC: Brasília - DF; 2008.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido.** São Paulo: Paz e Terra. 18. ed. 1988.184 p.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física.** 9. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2012.

KITTEL C. **Introdução à física do estado sólido.** Rio de Janeiro: LTC; 2006.

MOREIRA, M.A. **Aprendizagem significativa.** Brasília- DF: Editora da UnB. 1999. 129 p.

MOREIRA, M.A. **O que é afinal aprendizagem significativa.** Cuiabá, MT: Editora da UFNT. 2010. 27 p.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Instituto de Física de São Carlos. [**Complementos de Física: Bandas de energia em sólidos, condutores, isolantes e semicondutores intrínsecos**]. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=fXyJ3Xu5p6g>. Acesso em: 7 set 2022.