

| | | |
|--|--|--|
| <p>MNPEF Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física</p> | <p>U E MNPEF</p>  <p>Universidade Estadual de Maringá Centro de Ciências Exatas Departamento de Física Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física</p> |  <p>SBF SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA</p> |
|--|--|--|

ADIEL DE MATOS

**EXPLORANDO GRÁFICOS: CORRENTE X TENSÃO – UMA APLICAÇÃO DE
TDICs NO ENSINO MÉDIO**

Maringá - PR
Maio - 2022



EXPLORANDO GRÁFICOS: CORRENTE X TENSÃO – UMA APLICAÇÃO DE TDICs NO ENSINO MÉDIO

ADIEL DE MATOS

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo UEM, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Celso Viscovini

Coorientadora: Profa. Dra. Hatsumi Mukai

MARINGÁ - PR
Maio - 2022

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR, Brasil)

| | |
|-------|--|
| M444e | <p>Matos, Adiel de</p> <p>Explorando gráficos : corrente x tensão – uma aplicação de TDICs no ensino médio / Adiel de Matos. -- Maringá, PR, 2022. 171 f.: il. color., figs., tabs.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Celso Viscovini. Coorientadora: Profa. Dra. Hatsumi Mukai. Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Exatas, Departamento de Física, Programa em Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), 2022.</p> <p>1. Física - Ensino. 2. Eletrodinâmica. 3. TDICs. 4. Arduino nano. I. Viscovini, Ronaldo Celso, orient. II. Mukai, Hatsumi, coorient. III. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Exatas. Departamento de Física. Programa em Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF). IV. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDD 23.ed. 530.07</p> |
|-------|--|

**EXPLORANDO GRÁFICOS: CORRENTE X TENSÃO
- UMA APLICAÇÃO DE TDICs NO ENSINO MÉDIO**

ADIEL DE MATOS

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Celso Viscovini

Coorientadora: Profa. Dra. Hatsumi Mukai

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Estadual de Maringá, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

Prof. Dr. Ronaldo Celso Viscovini
DCI/UEM

Prof. Dr. Eduardo Augusto Castelli Astrath
IFPR- Paranavaí – PR

Prof. Dr. Miguel Jorge Bernabé Ferreira
UFPR - Jandaia do Sul - PR

Prof. Dr. Paulo Ricardo Garcia Fernandes
DFI/UEM

Maringá - PR
Maio, 2022

Dedicatória

Aos meus filhos!
E a todos os apaixonados por Física.

Agradecimentos

- Aos meus orientadores: Prof. Ronaldo e Profa. Hatsumi, pelo incentivo, pela ajuda e pelo apoio dado no desenvolvimento do presente trabalho, por acreditarem e não desistir da orientação, e por não permitirem que eu desistisse do mestrado.
- Em especial, à Profa. Hatsumi Mukai, pelo trabalho executado na coordenação do curso, pelo apoio e pelos cuidados com a parte burocrática de que cada mestrando necessita, e pelos direcionamentos dados no estágio supervisionado em que atua como docente;
- Ao Prof. Paulo Ricardo Garcia Fernandes, atual coordenador e docente de Eletromagnetismo do MNPEF-UEM, pelo trabalho desenvolvido;
- A todos os professores do programa pela contribuição na minha formação;
- À Sociedade Brasileira de Física (SBF), que oportunizou a oferta deste Mestrado na UEM – Universidade Estadual de Maringá (Polo 20).
- A todos que diretamente ou indiretamente contribuíram para a conclusão do presente curso de pós-graduação.
- À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 – a qual apoiou a realização do presente trabalho.

RESUMO

EXPLORANDO GRÁFICOS: CORRENTE \times TENSÃO – UMA APLICAÇÃO DE TDICs NO ENSINO MÉDIO

Adiel de Matos

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Celso Viscovini

Coorientadora: Profa. Dra. Hatsumi Mukai

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo UEM (MNPEF/UEM), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Este trabalho apresenta um Produto Educacional estruturado em uma proposta didática para o estudo de fenômenos elétricos. Tem por finalidade verificar a aprendizagem de conceitos de eletrodinâmica. Para a contextualização e aplicação da proposta, foi construído um aparato experimental em uma prancheta contendo um multi-circuito, Arduino Nano, *display* LCD, controlados por um *Joystick*, materiais eletrônicos com recurso das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação – TDICs. Durante o processo de ensino-aprendizagem, foi possível identificar conceitos físicos estudados previamente, e apresentar os conceitos de eletricidade na aplicação experimental. Tal execução foi norteadada por meio da Teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel (baseados nos subsunçores) e da Teoria de Educação de Novak (visão humanística). O produto educacional foi aplicado para turmas do 3º Ano do Ensino Médio. Em relação ao relato das atividades praticadas pelos estudantes e à análise dos dados obtidos, ressalta-se a aplicação e o empenho dos mesmos durante as atividades em grupo, a curiosidade destes pelos conceitos que ainda lhes eram desconhecidos, e os bons resultados nas discussões e verificação de conhecimento que compõem a proposta.

Palavras-Chave: Ensino de Física; Eletrodinâmica; TDICs; Arduino Nano.

ABSTRACT

EXPLORING GRAPHICS: CURRENT \times VOLTAGE – A TDICs APPLICATION IN HIGH SCHOOL

Adiel de Matos

Supervisor: Prof. Dr. Ronaldo Celso Viscovini

Co-supervisor: Profa. Dra. Hatsumi Mukai

Abstract of master's dissertation submitted to Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo UEM (MNPEF/UEM), as one of the requirements for the Master degree in Physics Teaching.

This work presents an Educational Product structured in a didactic proposal for the electrical phenomena study. Its purpose is to verify the learning of eletrodynamics concepts. For the contextualization and apply the proposal, an experimental apparatus was built on a drawing board containing a multi-circuit, Arduino Nano, LCD display. It was controlled by a Joystick, electronic materials using Digital Information and Communication Technologies – TDICs. During the teaching-learning process, it was possible to identify physics concepts previously studied and to introduce electricity concepts in the experimental application. This execution was guided through Ausubel's Meaningful Learning Theory (based on "subsumers") and the Novak's theory of Education (humanistic view). The Educational Product was applied to 3rd year high school classes. In relation to the students report about the practiced activities and the data analysis obtained, it is highlighted the application and the commitment of them during the activities in group, their curiosity about the concepts which was unknown by them at that time, and the good results in discussions and knowledge checkings which composes this proposal.

Keywords: Physics Teaching; Eletrodynamics; TDICs; Arduino.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1.1 – Mapa conceitual com características das aprendizagens mecânicas e significativas | 5 |
| Figura 1.2 – Mapa conceitual para a aprendizagem significativa de Ausubel | 6 |
| Figura 1.3 – Mapa conceitual da TAS a partir de uma visão humanista (Novak, 1980) | 8 |
| Figura 1.4 – Representação pictórica do movimento em um fio condutor (a) das cargas positivas, no sentido do campo elétrico \vec{E} , com uma velocidade de arraste \vec{v}_a e o sentido da corrente da esquerda para a direita. (b) cargas negativas no sentido oposto ao do campo elétrico \vec{E} , com uma velocidade de arraste \vec{v}_a para a esquerda e o sentido da corrente é mantido, como em (a). | 10 |
| Figura 1.5 – Esboço de um gráfico de corrente por tempo mostrando o comportamento de uma (a) corrente contínua e (b) uma corrente alternada. | 11 |
| Figura 1.6 – Esboço do comportamento gráfico de um (a1) Resistor Ôhmico: A corrente (i) é proporcional à ddp (voltagem) V, e Resistor não-Ohmico: a corrente i não é proporcional à V: (a2.1) diodos e (a2.2) lâmpadas. E imagem fotográfica de um (b1) resistor Ohmico: cerâmica, e (b2) de um diodo e lâmpadas incandescentes | 12 |
| Figura 1.7 – Ilustração das Bandas de energia: (a) condutor, (b) isolante e (c) semiconductor. Sendo E_F o nível de energia de Fermi. O espaçamento entre bandas é chamado de banda proibida, e ΔE a sua variação de energia | 16 |
| Figura 1.8 – Representação dos Resistores em (a) Série e (b) em paralelo | 17 |
| Figura 1.9 – (a) desenho ilustrativo da junção P-N, em lilás a região de depleção, (b) partes do LED. | 21 |
| Figura 1.10 – Imagem (a) LED emitindo na cor verde, e (b) um LED rgb | 21 |
| Figura 2.1 – Imagem da parte frontal do Arduino Nano | 23 |
| Figura 2.2 – Imagem do <i>Display</i> LCD Colorido (ILI 9341) | 23 |
| Figura 2.3 – Imagem do sensor de Tensão e Corrente (INA 219 GY-219) | 24 |
| Figura 2.4 – Desenho esquemático da fonte de Tensão Ajustável Microcontrolada | 24 |
| Figura 2.5 – Tamanho Comparativo entre Arduinos Uno e Nano com uma moeda de R\$ 1,00 | 25 |
| Figura 2.6 – Comportamentos de Gráficos de Pulsos com modulações em intensidades distintas. Em que <i>Duty Cycle</i> significa círculo de trabalho e <i>analogWrite</i> – gravação analógica. | 27 |
| Figura 2.7 – Imagem da placa TFT <i>Display</i> comparada com uma moeda de R\$1,00 | 28 |
| Figura 2.8 – Imagem fotográfica do aparato experimental | 31 |
| Figura 2.9 – Imagem dos componentes elétricos, LEDs, Resistores e Fio, adaptados nos conectores | 30 |
| Figura 2.10 – Imagem fotográfica da disposição do circuito em 4 linhas e 4 colunas | 31 |
| Figura 2.11 – Imagem apresentando o circuito ligado, indicado pela luz vermelha acesa, e o <i>display</i> ampliado indicando todos os dados zerados | 31 |
| Figura 2.12 – (a) Desenho esquemático da ligação em série e (b) Imagem fotográfica do aparato experimental com os resistores conectados em série nos bornes da placa, da Figura 2.9 e no <i>display</i> apresenta o gráfico. | 32 |

| | |
|---|----|
| Figura 2.13 – (a) Desenho esquemático da ligação em paralelo e a ampliação do <i>display</i> e (b) Imagem fotográfica do aparato experimental com os resistores conectados em paralelo nos bornes da placa da Figura 2.9 | 33 |
| Figura 2.14 – (a) Desenho esquemático e (b) as conexões do circuito contendo dois LEDs de cores diferentes | 34 |
| Figura 2.15 – Imagem fotográfica do circuito com os resistores acrescida do (a) LED verde aceso e (b) do LED vermelho aceso, com um aumento das informações que aparecem no <i>display</i> . E abaixo o circuito de forma visível | 35 |
| Figura 2.16 – Cópia de tela da Imagem formada no <i>display</i> para o circuito da direita. Sendo: $R_1 = 100\Omega$; $R_2 = 35\Omega$, e $R_3 = 47\Omega$ | 36 |
| Figura 2.17 – (a) Imagem da tela do display para o circuito da direita; (b) Desenho esquemático representando como fazer a leitura da corrente entre cada ponto e tensão por linha | 37 |
| | |
| Figura 3.1 – Imagem fotográfica da apresentação (a) sobre a Teoria de Ausubel-Novak e (b) Teoria de Novak | 43 |
| Figura 3.2 – Imagem fotográfica da apresentação de um mapa conceitual | 44 |
| Figura 3.3 – Imagem do mapa conceitual do grupo A como treinamento | 45 |
| Figura 3.4 – Imagem do mapa conceitual do grupo B como treinamento | 45 |
| Figura 3.5 – Imagem do mapa conceitual do grupo C como treinamento | 46 |
| Figura 3.6 – Imagem do mapa conceitual do grupo D como treinamento | 47 |
| Figura 3.7 – Imagem do mapa conceitual do grupo E como treinamento | 47 |
| Figura 3.8 – Imagem da tela de download do Cmap | 49 |
| Figura 3.9 – Imagem da tela inicial do <i>software</i> Cmap Tools | 50 |
| Figura 3.10 – Imagem da tela inicial para um novo arquivo | 50 |
| Figura 3.11 – Imagem de formatação e a barra dos estilos | 51 |
| Figura 3.12 – Imagem da barra de estilos selecionada em “objeto” | 51 |
| Figura 3.13 – Imagem da tela inicial após duplo clique na tela | 52 |
| Figura 3.14 – Imagem da tela inicial após criação de caixas de diálogo | 53 |
| Figura 3.15 – Imagem da tela inicial após selecionar as caixas de diálogo | 53 |
| Figura 3.16 – Imagem da tela inicial formatação da aba linha | 53 |
| Figura 3.17 – Imagem da tela inicial criando outras caixas de diálogo | 54 |
| Figura 3.18 – Imagem da tela inicial preenchendo as caixas de diálogo | 54 |
| Figura 3.19 – Imagem da tela inicial selecionando aba Cmap | 55 |
| Figura 3.20 – Imagem da tela inicial formatando a cor de fundo e forma e cor da caixa de diálogo | 55 |
| Figura 3.21 – Imagem da tela inicial como salvar o mapa conceitual | 56 |
| Figura 3.22 – Imagem da tela inicial exportar mapa como figura ou pdf | 56 |
| Figura 3.23 – Alunos fazendo o pré-teste no Cmap Tools no laboratório de informática | 57 |
| Figura 3.24 – Alunos fazendo o pré-teste no Cmap Tools no laboratório de informática, domínio ao trabalhar com o programa | 58 |
| Figura 3.25 – Aplicação do PE. O grupo realizou o experimento e observou o display | 59 |

| | |
|---|----|
| Figura 3.26 – Aplicação do PE. O circuito montado com resistores e LEDs | 60 |
| Figura 3.27 – Aplicação do PE. O circuito montado com resistores de resistência variado | 60 |
| Figura 3.28 – Aplicação do PE. O circuito montado com resistores e o gráfico no display | 60 |
| Figura 3.29 – Pós-Teste do mapa conceitual no Cmap Tools | 61 |
| | |
| Figura 4.1 – Cópia do Pré-Teste do Grupo A de um mapa conceitual de “Eletrodinâmica” | 64 |
| Figura 4.2 – Cópia do Pós-Teste Grupo A após a aplicação do produto educacional | 65 |
| Figura 4.3 – Cópia do Pré-Teste do Grupo B de um mapa conceitual de “Eletrodinâmica” | 65 |
| Figura 4.4 – Cópia do Pós-Teste Grupo B após a aplicação do produto educacional | 66 |
| Figura 4.5 – Transcrição feita pelo autor do Pré-Teste do Grupo C de um mapa conceitual de “Eletrodinâmica” | 67 |
| Figura 4.6 – Cópia do Pós-Teste Grupo C após a aplicação do produto educacional | 68 |
| Figura 4.7 – Cópia do Pré-Teste do Grupo D de um mapa conceitual de “Eletrodinâmica” | 69 |
| Figura 4.8 – Cópia do Pós-Teste Grupo D após aplicação do produto educacional | 70 |
| Figura 4.9 – Cópia do Pré-Teste do Grupo E de um mapa conceitual de “Eletrodinâmica” | 71 |
| Figura 4.10 – Cópia do Pós-Teste Grupo E após a aplicação do produto educacional | 72 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1.1 – Resistividade de alguns materiais..... | 15 |
| Tabela 1.2 – Dados do dopante, o comprimento de onda emitido e a cor equivalente..... | 21 |
| Tabela 2.1 - Endereços do INA219 conforme conexão dos pinos A0 e A1..... | 26 |

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 – Organização da Proposta Didática, relacionando a aula, a ação e outras possibilidades. Cada aula com 50 minutos..... 38

Quadro C1 - Lista dos materiais utilizados na construção do experimento, o valor unitário de cada material, em 05/2019.....78

LISTA DE ABREVIATURAS/SIGLAS E ACRÔNIMOS

MNPEF – Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

PCN's – Parâmetros Curriculares Nacionais

PE – Produto Educacional

SBF – Sociedade Brasileira de Física

TAS – Teoria de Aprendizagem Significativa

TDIC – Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação

UEM – Universidade Estadual de Maringá

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| INTRODUÇÃO | 1 |
| Capítulo 1 - Fundamentação Teórica | 4 |
| 1.1 TEORIAS DE APRENDIZAGEM | 4 |
| 1.1.1 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL | 4 |
| 1.1.2 TEORIA DA EDUCAÇÃO DE NOVAK | 6 |
| 1.1.3 MAPAS CONCEITUAIS | 8 |
| 1.2 ELETRODINÂMICA | 9 |
| 1.2.1 CORRENTE ELÉTRICA | 9 |
| 1.2.2 RESISTÊNCIA ELÉTRICA | 11 |
| 1.2.3 RESISTIVIDADE E CONDUTIVIDADE DE UM MATERIAL | 17 |
| 1.2.4 CIRCUITO ELÉTRICO | 17 |
| 1.2.4.1 ASSOCIAÇÃO EM SÉRIE E EM PARALELO DE RESISTORES | 17 |
| 1.2.4.2 RESISTORES E LEI DE OHM | 17 |
| 1.2.5 LED'S | 17 |
| Capítulo 2 - Produto Educacional | 22 |
| 2.1 MONTAGEM DO APARATO EXPERIMENTAL | 22 |
| 2.1.1 MATERIAIS UTILIZADOS | 22 |
| 2.1.2 ARDUINO NANO | 24 |
| 2.1.3 SENSOR DE TENSÃO E CORRENTE (INA219) | 25 |
| 2.1.4 PWM (PULSE WIDTH MODULATION) | 27 |
| 2.1.5 Mostrador de Cristal Líquido - <i>Liquid Crystal Display</i> (LCD) | 28 |
| 2.2 PARTE EXPERIMENTAL | 29 |
| 2.2.1 MATERIAIS UTILIZADOS | 30 |
| 2.2.2 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL | 30 |
| 2.3 PROPOSTA DIDÁTICA (PD) | 37 |
| 2.3.1 ORGANIZAÇÃO DA PROPOSTA DIDÁTICA | 38 |
| Capítulo 3 - Aplicação do Produto Educacional (PE) | 43 |
| 3.1 AULA 1 - ATIVIDADE 1 - MAPAS CONCEITUAIS | 43 |
| 3.2 AULA 2 - ATIVIDADE 2 - PRÉ-TESTE-MAPA CONCEITUAL | 44 |
| 3.3 AULA 3 - ATIVIDADE 3 - MAPAS CONCEITUAIS POR MEIO DO CMAP TOOLS | 48 |
| 3.3.1 TUTORIAL BÁSICO DO CMAP TOOLS | 48 |
| 3.4 AULAS 4 E 5 - ATIVIDADE 4 - APLICAÇÃO DO APARATO EXPERIMENTAL | 58 |
| 3.5 AULAS 6 E 7 - ATIVIDADE 5 - CONSTRUÇÃO DO MAPAS CONCEITUAL | 61 |
| 3.2 AULA 8 - ATIVIDADE 6 - POS-TESTE- | 61 |
| Capítulo 4 - Resultados e Análise dos Resultados | 63 |
| Considerações Finais | 73 |
| Referências Bibliográfica | 75 |
| Apêndice A - Investimento | 78 |
| Apêndice B - Produto Educacional | 79 |

INTRODUÇÃO

Da nossa prática docente, percebemos que muitas das aulas tradicionais de Física não costumam despertar a atenção e a curiosidade dos alunos que anseiam por aulas mais inovadoras. A importância e a presença, quase onipresente, das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs) na sociedade, bem como na vida dos alunos, reflete também no meio escolar. Considerando isso, há a plataforma Arduino, que é muito versátil, podendo ser programada para experimentos didáticos visando uma aprendizagem de Física mais lúdica e significativa.

A eletricidade e a eletrônica tornaram-se centrais para o desenvolvimento científico e tecnológico moderno. Esse assunto é tão importante que mereceu uma competência geral própria (competência geral 5) na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) de Física do Ensino Médio:

Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva. (BNCC, 2018)

Além disso, a BNCC, na Unidade 4, cita que

Unidade 4 - Eletromagnetismo - Materiais e Equipamentos. A eletricidade é tratada desde sua constituição básica, e seu emprego é compreendido em baterias, geradores, motores, lâmpadas, sistemas de comunicação e de informação, relacionando características, circunstâncias e potências envolvidas. Conceitos e leis do eletromagnetismo são ambientados, ao se lidar com geração elétrica e sua utilização mecânica e na transmissão e recepção de sinais. Promove-se uma investigação analítica dos equipamentos clássicos e de suas versões contemporâneas, que usam dispositivos quânticos, como semicondutores e lasers. (BNCC, 2016)

Levando em consideração que nas escolas esta Unidade 4 (Eletromagnetismo – Materiais e Equipamentos) costuma ser abordada de forma abstrata em uma aula expositiva, e visando reduzir o número de ocorrências disso, propõe-se um experimento com materiais contemporâneos e usando a tecnologia de fácil acesso, permitindo melhorar o ensino-aprendizagem ao deixar mais palpável o assunto para os alunos, unindo, assim, a competência Geral 5 e a Unidade 4, previstas na BNCC.

As TDICs devem ser um suporte para o processo de ensino-aprendizagem,

funcionando como complemento e não solução “mágica” para resolver os desafios da educação. Para utilizar esses recursos, os professores precisam ter conhecimento, especialmente considerando a atual geração, que é nativa da tecnologia.

Assim, este trabalho foi motivado com o objetivo de aplicar um experimento eletrônico partindo de uma proposta didática para o 3º ano do Ensino Médio, ligada ao estudo da Eletrodinâmica, utilizando recursos das TDICs, como Arduino e computadores.

O conteúdo deste trabalho está intimamente relacionado com a experiência do seu autor, que possui formação e atuação na área de ensino em Física, sendo graduado em licenciatura em Física pela Universidade Estadual de Maringá (UEM) desde o ano de 2016, mas trabalha com aulas particulares desde 2011. Por meio de suas experiências, observou-se que muitos desses alunos apresentavam dificuldades na aprendizagem em disciplinas de exatas, os quais possuíam laudos de Transtorno do Déficit de Atenção com Hiperatividade (TDAH), Ansiedade, Bipolaridade, Autismo, Dislexia e afins. Um caso como esses foi o presenciado desde 2016, em que, em um colégio particular, notou-se que recursos tecnológicos no ensino são muito utilizados, por exemplo a robótica com Lego, como foi o caso de uma turma que tinha um aluno autista, o qual apresentava um grande interesse em montar peças de Lego e brincar com os robôs. No entanto, na realidade do ensino médio público, onde o presente autor atua desde 2018, a disciplina de Física possui apenas 2 h/a semanais, e qualquer proposta didática deve ser adequada a esta limitação de tempo, evitando restringir outros conteúdos previstos, de modo que, em outras ocasiões, houve a oportunidade de trabalhar com alguns projetos utilizando Arduino, em diferentes temas na Física. Afinal, devido a sua versatilidade, é possível construir experimentos de fácil acesso e que tenham um retorno qualitativo aos alunos para o ensino-aprendizagem.

Portanto, o presente trabalho tem como objetivo apresentar um material didático-pedagógico (Produto Educacional) contendo uma parte experimental, em continuação ao aplicado por Sabino (2017), o qual contempla uma montagem baseada no Arduino, que pode ser replicada por outros docentes em suas aulas de ensino de Física. No aparato experimental desenvolvido por este trabalho, foi incorporado um microcontrolador de tensão e corrente, e houve a confecção de gráficos, gerando, assim, mais recursos e utilidade ao processo de ensino-

aprendizagem. Juntamente com o experimento, também é apresentada uma Proposta Didática com atividades previstas para a verificação de aprendizagem dos principais conceitos da Eletrodinâmica. Tal proposta visa contribuir não somente como uma ferramenta de aprendizagem sobre eletrodinâmica, mas também para a formação e atuação de professores de Física, apresentando uma alternativa que acumule estes itens e possa despertar o maior uso das TDICs.

Diante do exposto, a organização deste trabalho contempla, no Capítulo 1, a Fundamentação Teórica sobre as Teorias de Aprendizagem Significativa de Ausubel, a Humanística de Novak e os conceitos de Eletrodinâmica. No Capítulo 2, expressa-se a montagem experimental do Produto Educacional (PE) e os encaminhamentos metodológicos utilizados na elaboração da Proposta Didática. Em seguida, no Capítulo 3, há relatos das atividades que ocorreram durante a apresentação da referida Proposta Didática, com dados, fotos e impressões colhidas no momento da apresentação. No Capítulo 4, há os resultados e as análises dos resultados após a aplicação da Proposta Didática (PD). Ao final, são apresentadas as considerações finais do autor. No Apêndice, há o PE separadamente para ser utilizado de forma independente da dissertação, visando a utilização de terceiros. Portanto, o texto não é um auto-plágio, ele é uma parte integrante do desenvolvido nesta dissertação.

Este trabalho de mestrado foi realizado em conjunto com o projeto de pesquisa “Experimentos Didáticos de Física com Arduino” do Departamento de Ciências (DCI/UEM), por isso houve o auxílio dos integrantes desse projeto, especialmente no referente à programação do Arduino em linguagem C e da Placa Multi-Circuito (SABINO, 2017).

Capítulo 1 - Fundamentação Teórica

Este capítulo é dedicado a uma revisão teórica dos principais conceitos necessários para a aplicação da proposta didática, como a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de Ausubel e a Teoria da Educação de Novak. A primeira é focada no cognitivo e a segunda centrada no humanismo, não somente no cognitivismo. Também está disposta uma discussão sobre a Física envolvida no trabalho e sobre atividade avaliativa.

1.1 Teorias de Aprendizagem

O trabalho foi desenvolvido baseando-se na Teoria de Aprendizagem Significativa de David Paul Ausubel (1908 - 2008) e na Teoria da Educação, apresentando uma visão humanística e a aplicação dos mapas conceituais de Joseph Donald Novak (nascido em 1932). Novak é um pesquisador da IHMC (Instituto para cognição humana e da máquina – Flórida), tendo desenvolvido o software *Cmap Tools* para confecção de mapas conceituais, totalmente gratuito e disponível para baixar (*download*)¹.

1.1.1 Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel

A aprendizagem significativa é uma teoria cognitivista em que uma nova informação se relaciona com o que o indivíduo já sabe, algo que Ausubel chamou de “subsunção”. A aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação tem um processo de “ancoragem”, dando significado entre os conhecimentos prévios e a nova informação.

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 (MOREIRA, 2010, p. 2).

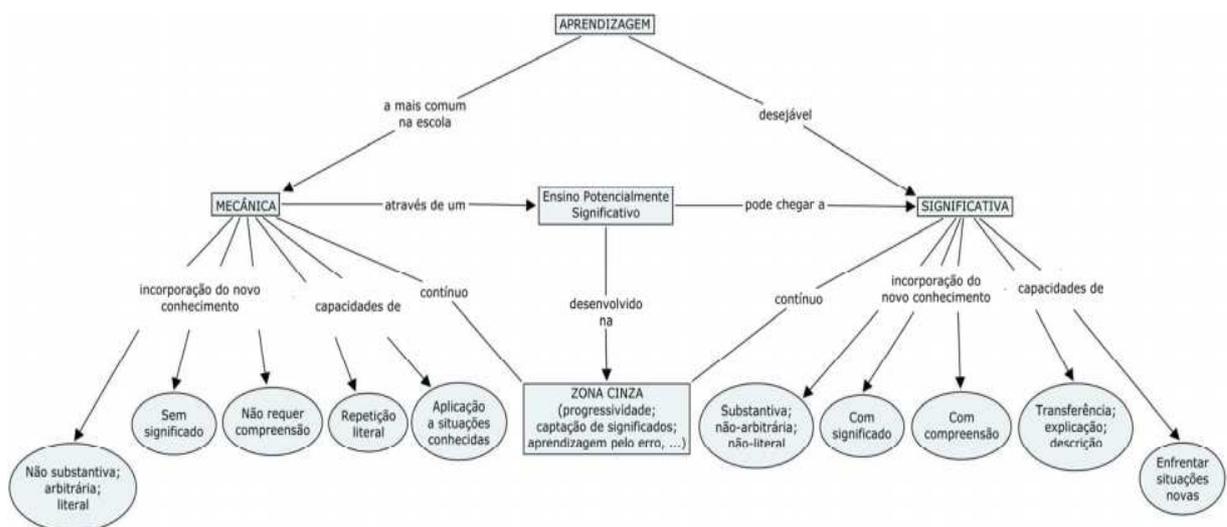
Em oposição à aprendizagem significativa, há a aprendizagem mecânica, que é muito comum no meio escolar, pois a nova informação não está relacionada com o

¹<https://cmap.ihmc.us/cmaptools/cmaptools-download/>

que o aluno já sabe. Essa nova informação não tem significado, pois advém por meio do ato de “decorar”, de modo que, com o passar do tempo, ela é esquecida pelo indivíduo. As avaliações tradicionais contribuem para a aprendizagem mecânica e memorística.

Na Figura 1.1 é apresentado um mapa conceitual, confeccionado pelo professor Marcos Antônio Moreira (MOREIRA, 2013), que hierarquiza as características da aprendizagem mecânica e da significativa.

Figura 1.1 – Mapa conceitual com características das aprendizagens mecânicas e significativas.

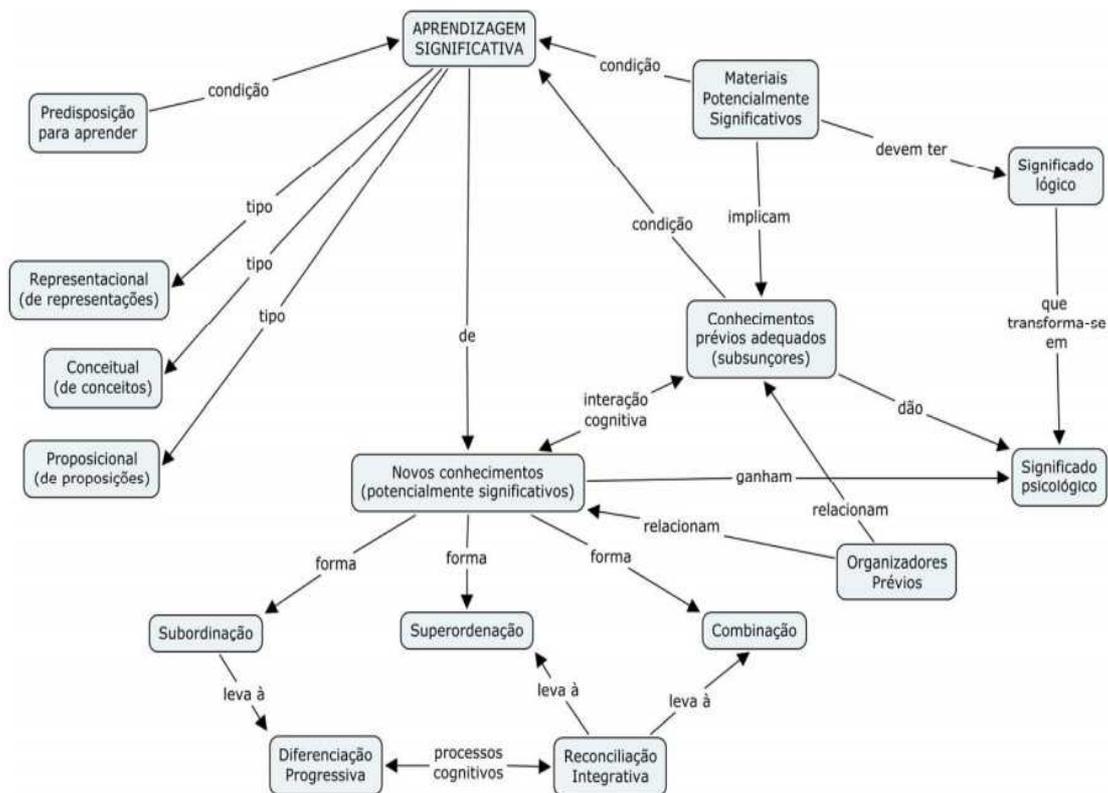


Fonte: Moreira 2013

A ocorrência da aprendizagem significativa depende de duas condições importantes, a primeira é que o material a ser trabalhado com os alunos seja potencialmente significativo com significado lógico, implicando, assim, em novos conhecimentos para serem relacionados com os subsunçores existentes. A segunda condição é a predisposição para aprender, que é a maneira como o aluno vai criar relações com o conteúdo, dando significado a partir do material potencialmente significativo com a sua estrutura cognitiva. Se o aluno tiver apenas a disposição para memorizar, a aprendizagem será mecânica e não-significativa.

Na Figura 1.2, é apresentado um mapa conceitual de tema central: “Aprendizagem Significativa” de Ausubel. Para a sua leitura, é preciso observar o sentido das setas de ligação e os termos que os conectam.

Figura 1.2 – Mapa conceitual para a aprendizagem significativa de Ausubel.



Fonte: Moreira 2013

1.1.2 Teoria da Educação de Novak

Essa teoria é centrada no humanismo e não somente focada no cognitivismo de Ausubel, sendo uma teoria mais ampla. O humanismo é uma corrente psicológica na qual a ênfase está na pessoa como um todo, em seus pensamentos, sentimentos e ações de maneira integrada, de modo que se compreende que os seres humanos fazem três coisas: pensam, sentem e atuam (fazem). Diante disso, a interação professor-aluno é importante, mas não garante a aprendizagem significativa. Qualquer evento educativo é uma ação para trocar significados (pensar) e sentimentos entre o professor e o aluno.

Segundo Novak, a aprendizagem significativa subjaz à integração positiva construtiva de pensamentos, sentimentos e ações que levam ao engrandecimento (*empowerment*) humano (MOREIRA, 2013). Assim, o conjunto de experiências (cognitivas, afetivas e psicomotoras) facilita a aprendizagem significativa com

experiências afetivas positivas. Quando o aprendiz sente que está aprendendo um novo conhecimento, acontece o engrandecimento humano com a predisposição em aprender (entre pensamentos, sentimentos e ações). Mas quando o aluno não percebe o aprendizado de um novo conhecimento, a experiência afetiva é negativa, dificultando a aprendizagem significativa.

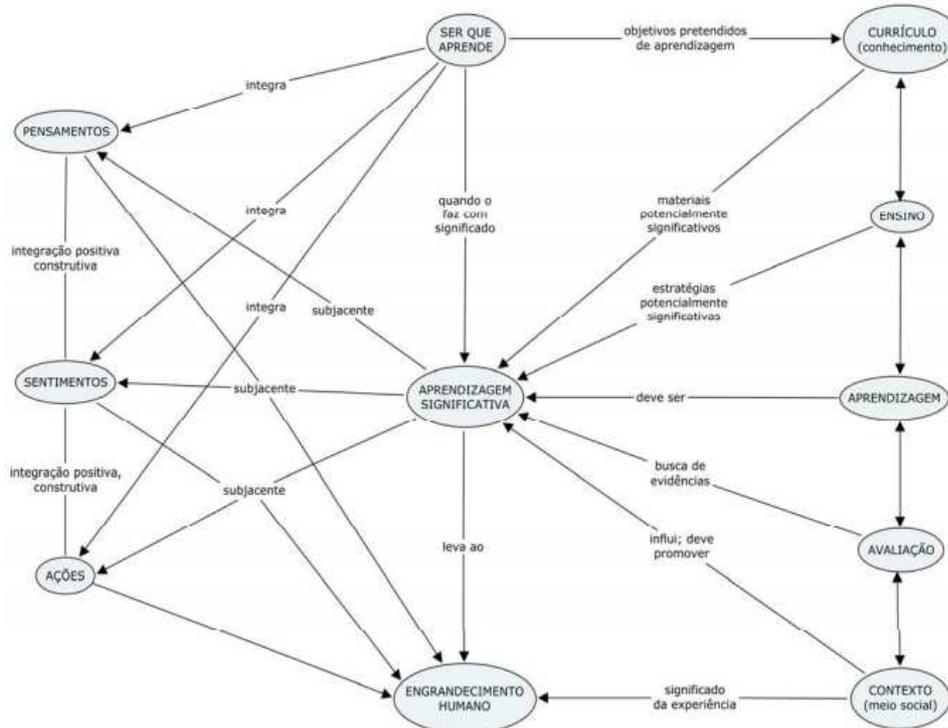
Isso mostra a importância de um material potencialmente significativo no evento educativo, pois, com a troca de significados, também há a troca de sentimentos, e essa predisposição do aluno para aprender está intimamente relacionada com a experiência afetiva que ele teve no evento.

A perspectiva de Novak é que quando a aprendizagem é significativa o aprendiz cresce, tem uma sensação boa e se predispõe a novas aprendizagens na área. Mas o corolário disso é que quando a aprendizagem é sempre mecânica o sujeito acaba por desenvolver uma atitude de recusa à matéria de ensino e não se predispõe à aprendizagem significativa. Muito do que se passa nas situações de ensino e aprendizagem ocorre entre esses dois extremos. A visão de Novak é importante por que a predisposição para aprendizagem é uma das condições da aprendizagem significativa e certamente tem a ver com a integração de pensamentos, sentimentos e ações (MOREIRA, 2006, p. 4).

A proposta de Schwab (1973) para a educação estabelecia que o fenômeno educativo inclui diretamente ou indiretamente quatro elementos, os quais ele chamou de lugares comuns: o aprendiz (aprendizagem), o professor (ensino), a matéria de ensino (currículo) e a matriz social (meio, contexto). Novak utilizou essa teoria e a ampliou, pois, como qualquer evento educativo depende de uma avaliação ligada a esses quatro elementos, viu-se a necessidade de fazer acréscimos. O autor fez também algumas mudanças como o uso de termos como “conhecimento” em vez de “matéria”, e “elemento” em vez de “lugar comum”. Assim, os cinco elementos de Novak são: aprendiz, professor, conhecimento, contexto e avaliação, e estão integrados na aprendizagem significativa.

Na Figura 1.3, há um mapa conceitual com o tema central “Aprendizagem Significativa” na visão humanista de Novak. Ele parte do “ser que aprende” quando o faz com significado, levando-o a uma aprendizagem significativa, integrando, também, pensamentos, sentimentos e ações. Afinal, os objetivos pretendidos de aprendizagem levam ao conhecimento, que conecta ao ensino, à aprendizagem, à avaliação, ao contexto (meio social), e a tudo isso interligado, convergindo todos, de alguma forma, para o “Engrandecimento Humano”.

Figura 1.3 – Mapa conceitual da TAS a partir de uma visão humanista (Novak, 1980).



Fonte: Moreira 2013

1.1.3 Mapas Conceituais

O mapa conceitual, como o descrito na Figura 1.3, é uma técnica desenvolvida por Joseph Novak e seus colaboradores na Universidade de Cornell, nos Estados Unidos, baseada na teoria da aprendizagem significativa proposto por David Ausubel. Mapas Conceituais são estruturas esquemáticas que representam conjuntos de conceitos dispostos em uma estrutura hierárquica, com palavras e/ou frases de ligação entre os conceitos, de modo a apresentar mais claramente a exposição do conhecimento. Eles relacionam conceitos de um determinado tema, representando graficamente a inter-relação com outros conhecimentos. Nesse processo ativo, o aluno organiza mentalmente o conteúdo, relacionando conceitos (subsunçores), buscando uma aprendizagem significativa. Os mapas conceituais podem ser definidos como:

[...] ferramentas gráficas para a organização e representação do conhecimento. Eles incluem conceito, geralmente dentro de círculos ou quadros de alguma espécie, e relações entre conceitos, que são indicadas por linhas que os interligam. As palavras sobre essas linhas que são palavras ou frases de ligação especificam os relacionamentos entre dois conceitos

(NOVAK; CANÃS, 2010, p. 10).

No presente trabalho, foi escolhido o software *IHMC Cmap Tools*, disponível no endereço eletrônico: <https://cmap.ihmc.us/>, para construir os mapas conceituais com os alunos. O uso desta ferramenta tecnológica facilita a confecção dos mapas, permitindo mudanças e atualizações durante o processo de construção dos mapas. Ela permite construir e organizar os mapas a partir de caixas de diálogos e linhas com frases de ligações entre os conceitos. Um tutorial básico foi apresentado aos alunos previamente.

Vale ressaltar que Ausubel nunca mencionou mapas conceituais em sua teoria, pois essa é uma contribuição de Novak na teoria da aprendizagem significativa (TAS). Afinal, Novak foi aluno de Pós-graduação de Ausubel.

O uso de mapas conceituais potencializa a aprendizagem significativa, deixa de lado o “dar matéria” e o mostrar um “mapa pronto”, atitudes que se enquadram na aprendizagem mecânica. Os alunos, por meio dos mapas conceituais, passam a enxergar os conceitos de maneira menos repetitiva e mais de maneira hierarquizada, relacionando-os com conhecimentos prévios relevantes e predisposições que serão aprendidas pelos estudantes.

1.2 Eletrodinâmica

Nesta subseção temos os conceitos e teorias da Física envolvida neste trabalho, que está concentrada na Eletrodinâmica, a qual estuda o comportamento das cargas elétricas em movimento. É por meio dela que é possível compreender por que um aparelho elétrico/eletrônico liga ao ser conectado a uma tomada.

Inicialmente abordaremos alguns conceitos como corrente elétrica, resistência elétrica, resistores, associação em série e paralelo de resistores.

1.2.1 Corrente Elétrica

A corrente elétrica é o movimento ordenado de cargas de uma região para outra. Quando esse movimento ocorre ao longo de uma trajetória que forma um circuito fechado, denomina-se circuito elétrico. A corrente elétrica é definida como o fluxo de carga elétrica através de um condutor.

A intensidade i da corrente através de uma dada secção do fio condutor é

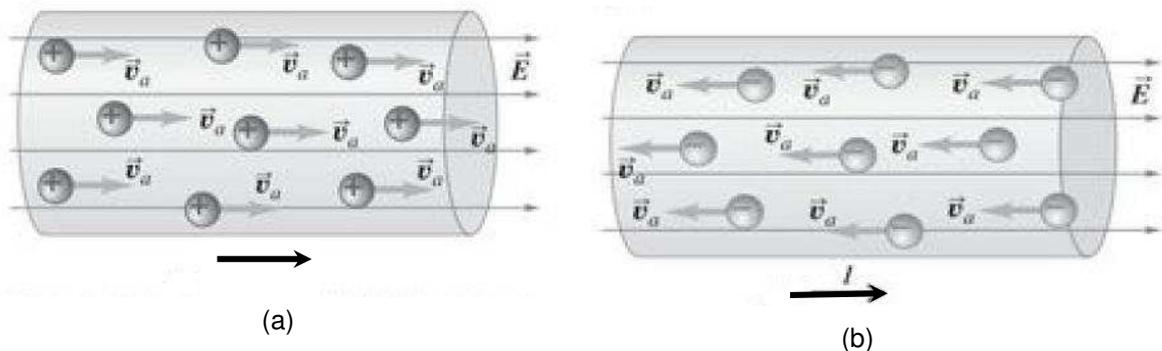
definida como a quantidade de carga (dQ) que atravessa esta secção por unidade de tempo (dt):

$$i = \frac{dQ}{dt}. \quad (1.1)$$

A unidade de corrente no sistema internacional SI é *Ampère*, A , igual a um Coulomb por segundo ($1A = C/s$).

Na Figura 1.4, (a) apresenta um desenho esquemático pictórico indicando que as cargas que se deslocam são positivas no sentido do campo elétrico \vec{E} , com a velocidade de arraste \vec{v}_a da esquerda para a direita, e a corrente é definida como i no sentido do movimento de cargas positivas. Já na Figura 1.4(b), as cargas em movimento são elétrons (negativas) e a corrente aponta no sentido do movimento das cargas positivas. Ou seja, em ambos os tipos de carga, a corrente aponta na direção do campo elétrico.

Figura 1.4 – Representação pictórica do movimento em um fio condutor (a) das cargas positivas, no sentido do campo elétrico \vec{E} , com uma velocidade de arraste \vec{v}_a e o sentido da corrente da esquerda para a direita. (b) cargas negativas no sentido oposto ao do campo elétrico \vec{E} , com uma velocidade de arraste \vec{v}_a para a esquerda e o sentido da corrente é mantido, como em (a).



Fonte: H. D. Young & R. A. Freedman, "Física III: Eletromagnetismo, 12a. ed." Pearson, São Paulo, Brasil, 2009.

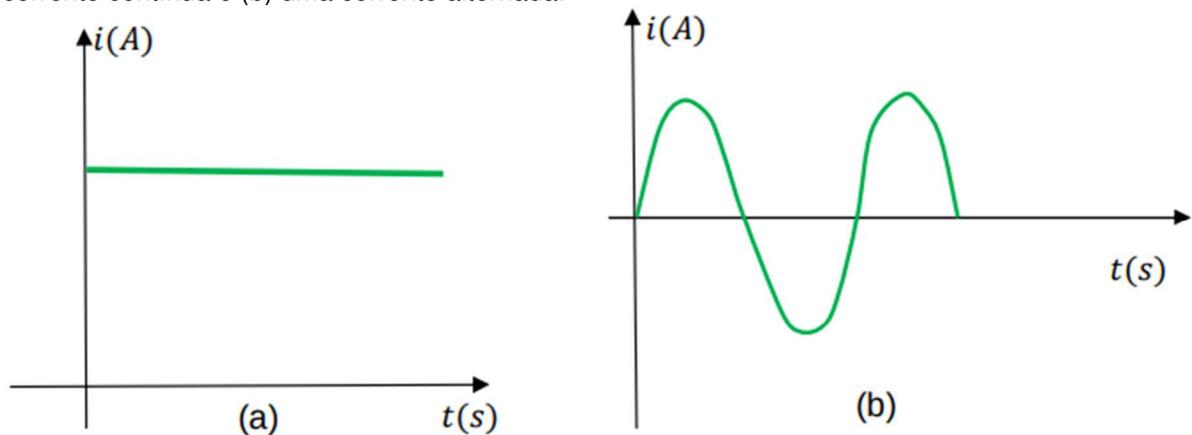
Uma corrente convencional é tratada como um fluxo de cargas positivas, não importando se as cargas livres no condutor são positivas, negativas ou ambas. De forma que o sentido da corrente elétrica ocorre do potencial mais elevado para o de menor potencial.

Para manter a corrente constante em um condutor, o campo elétrico externo aplicado a ele deve ser constante, o que equivale a manter um gradiente de potencial no interior do conduto, de forma que, se o campo elétrico externo

- for sempre no mesmo sentido tem-se a denominada corrente contínua (CC);
- tiver seu sentido invertido periodicamente tem-se a denominada corrente alternada (CA);

A corrente de pilhas e baterias é do tipo contínuo (Figura (a)), e, no caso da rede elétrica (Figura (b)), é do tipo alternada com uma frequência de 60 Hz.

Figura 1.5 – Esboço de um gráfico de corrente por tempo mostrando o comportamento de uma (a) corrente contínua e (b) uma corrente alternada.



Fonte: Reproduzida de Ramalho, 1977.

A corrente elétrica é uma quantidade escalar, embora se dê um sentido ao seu deslocamento, podemos ver um caráter vetorial quando observamos o fluxo de cargas elétricas por uma determinada seção transversal da área dA de um material condutor quando o fluxo de cargas elétricas não é constante, denominada de densidade de corrente \vec{j} ,

$$i = \int_A \vec{j} \cdot \hat{n} dA. \quad (1.2)$$

1.2.2 Resistência Elétrica

Para os materiais que obedecem à lei de Ohm, a diferença de potencial V é proporcional à corrente i . A unidade SI de resistência é Ohm ($1\Omega = 1V/A$), de modo que se tem a equação:

$$V = Ri. \quad (1.3)$$

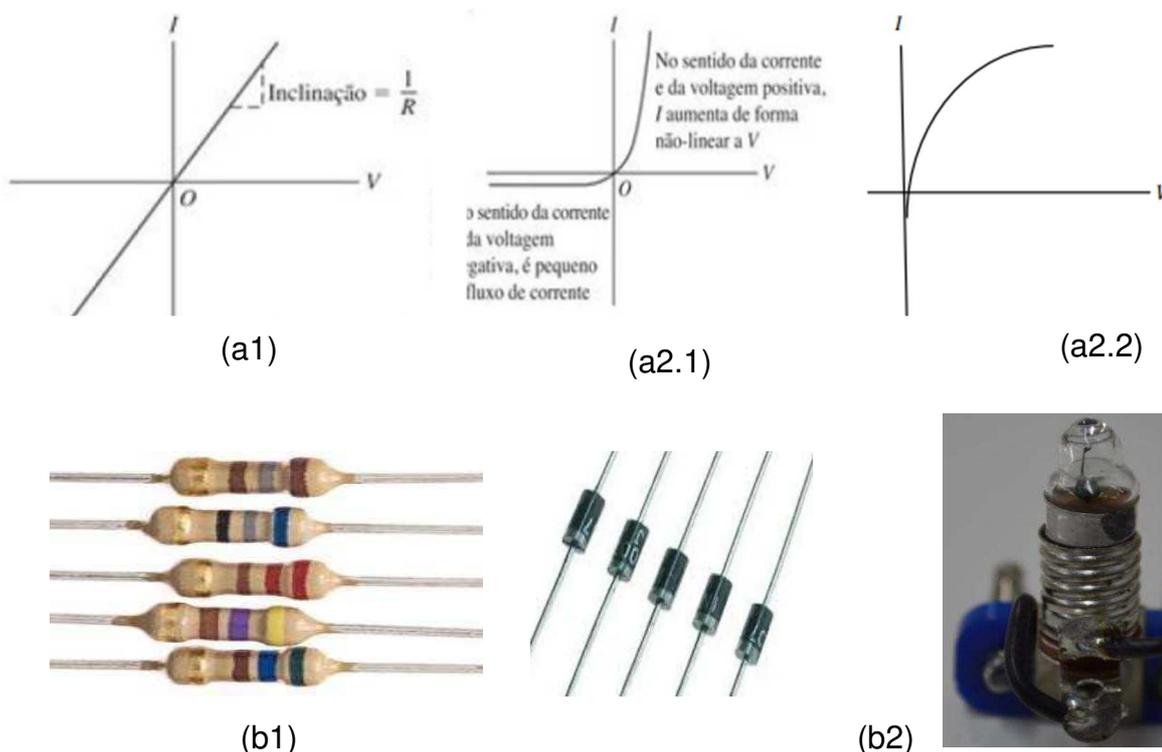
A Lei de Ohm (equação (1.3)) não é uma lei fundamental da natureza, como a

Lei de Newton ou as leis da Termodinâmica, mas representa a descrição empírica de uma propriedade pertinente a muitos materiais.

Para um resistor que obedece à Lei de Ohm, um gráfico da corrente em função da diferença de potencial (Voltagem) é uma linha reta crescente (Figura 1.6(a1)). A inclinação da reta (coeficiente angular) é igual a $1/R$. Exemplo: resistores de cerâmica (Figura 1.6(b1)).

Nos dispositivos que não obedecem à Lei de Ohm (Figura 1.6 (a2.1) e (a2.2)), a corrente não cresce linearmente com a voltagem, não sendo possível encontrar um único coeficiente angular para toda curva. Exemplo: diodo – semicondutor, ou mini lâmpadas incandescentes (Figura 1.6 (b2)).

Figura 1.6 – Esboço do comportamento gráfico de um (a1) Resistor Ôhmico: A corrente (i) é proporcional à ddp (voltagem) V , e Resistor não-Ohmico: a corrente i não é proporcional à V : (a2.1) diodos e (a2.2) lâmpadas. E imagem fotográfica de um (b1) resistor Ohmico: cerâmica, e (b2) de um diodo e lâmpadas incandescentes.



Fontes: (a1) e (a2.1) H. D. Young & R. A. Freedman, "Física III: Eletromagnetismo, 12a. ed." Pearson, São Paulo, Brasil, 2009; (a2.2) o autor. (b1) site comercial; (b2) site comercial e <http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/1159/1/Apost_Fisica_Exp3_Goian%C3%A9sia.pdf>

1.2.3 Resistividade e Condutividade de um material

É interessante analisar como a mobilidade das cargas em um material está ligada à resistividade que o mesmo apresenta (MARTINS, 1973).

Considerando uma situação semelhante à apresentada na Figura 1.4 (b), aplicando a segunda lei de Newton, tem-se

$$m \frac{dv}{dt} = qE - kv, \quad (1.4)$$

em que k é o coeficiente de atrito.

Supondo que em um intervalo $dl = v dt$ passe N partículas, assim, a carga total que passará nesse intervalo é dada por

$$\begin{aligned} Q &= Nq dl A = Nq v dt A \\ \frac{dQ}{dt} &= NqvA = i \\ di &= NqA dv. \end{aligned} \quad (1.5)$$

Substituindo a equação (1.5) na equação (1.4), tem-se

$$\frac{m}{NqA} \frac{di}{dt} = qE - k \frac{i}{NqA}$$

Que pode ser reescrita como

$$\frac{di}{i - \frac{Nq^2AE}{k}} = -\frac{k}{m} dt,$$

integrando

$$\begin{aligned} \ln \left(i - \frac{Nq^2AE}{k} \right) &= -\frac{k}{m} t + \ln \ln C \\ i - \frac{Nq^2AE}{k} &= C e^{-\frac{k}{m}t}. \end{aligned} \quad (1.6)$$

Quando $t = 0, i = 0$, e a equação (1.6) torna-se

$$C = -\frac{Nq^2AE}{k},$$

substituindo em (1.6),

$$i = \frac{Nq^2AE}{k} \left(1 - e^{-\frac{k}{m}t} \right).$$

Quando $t \rightarrow \infty, e^{-\frac{k}{m}t} \rightarrow 0$ a corrente atinge o valor

$$i_f = \frac{Nq^2AE}{k}. \quad (1.7)$$

É verificado experimentalmente que esse valor de corrente ocorre muito rápido (quase que instantaneamente, assim, não é o tempo que é infinito e sim o valor de $\frac{k}{m}$ que é muito grande.

Considerando a eletrostática de que

$$E = \frac{V}{L}, \quad (1.8)$$

sendo L o comprimento do condutor que está entre a ddp V , temos que a equação (1.7), substituindo a equação (1.8), torna-se

$$i = \frac{Nq^2 A}{kL} V$$

Comparando com a Lei de Ohm, equação (1.3) fica

$$\frac{1}{R} = \frac{Nq^2 A}{kL}$$

$$R = \frac{k}{Nq^2} \frac{L}{A}, \quad (1.9)$$

em que a quantidade

$$\frac{k}{Nq^2} \doteq \rho \quad (1.10)$$

denominada de resistividade do material. Quanto maior k maior a sua resistividade. E a segunda Lei de Ohm é escrita como

$$\rho = R \frac{A}{L}, \quad (1.11)$$

dependendo da área de seção transversal e do comprimento do fio.

O inverso da resistividade é a condutividade denotada pela letra σ . Tomando a equação (1.2) para a densidade de corrente constante,

$$i = JA$$

A lei de Ohm (1.3) $i = V/R$,

$$\frac{V}{R} = JA,$$

substituindo a equação (1.11)

$$\begin{aligned} \frac{VA}{\rho L} &= JA \\ J &= \sigma \frac{V}{L} = \sigma E \end{aligned} \quad (1.12)$$

tem-se, vetorialmente,

$$\vec{J} = \sigma \vec{E}, \quad (1.13)$$

indicando que a densidade de corrente e o campo elétrico são paralelos. Portanto, em um circuito, deve-se analisar o material que fará parte do mesmo, em que normalmente são utilizados fios de cobre por ter uma baixa resistividade e, conseqüentemente, uma boa condutividade: $5,8 \times 10^7 \frac{S}{m}$. $1 S = A/V$.

Na Tabela 1.1, apresenta-se a classificação quanto a resistividades de alguns

materiais dielétricos (isolantes), semicondutores e condutores.

Tabela 1.1 – Resistividade de alguns materiais.

| Material | Resistividade (Ωcm) |
|-------------------------|-------------------------------------|
| Dielétricos | |
| Al_2O_3 | $>10^{14}$ |
| SiO_2 | $>10^{14}$ |
| Si_3N_4 | $>10^{14}$ |
| MgO | $>10^{14}$ |
| Borracha vulcanizada | 10^{14} |
| Nylon | 10^{14} |
| Teflon | 10^{16} |
| Semicondutores | |
| Ge | 40 |
| SiC | 10 |
| B_4C | 0,5 |
| Condutores | |
| Grafite ou Grafita | $3,5 \times 10^{-3}$ |
| Prata | $1,5 \times 10^{-6}$ |
| Au | $2,44 \times 10^{-6}$ |
| Fe | 13×10^{-6} |
| Cu | $1,72 \times 10^{-6}$ |
| Al | $2,8 \times 10^{-6}$ |

Fonte: Adaptado de Padilha (2000) e Rolim, p. 7 (2002) apud MARTINS (2021).

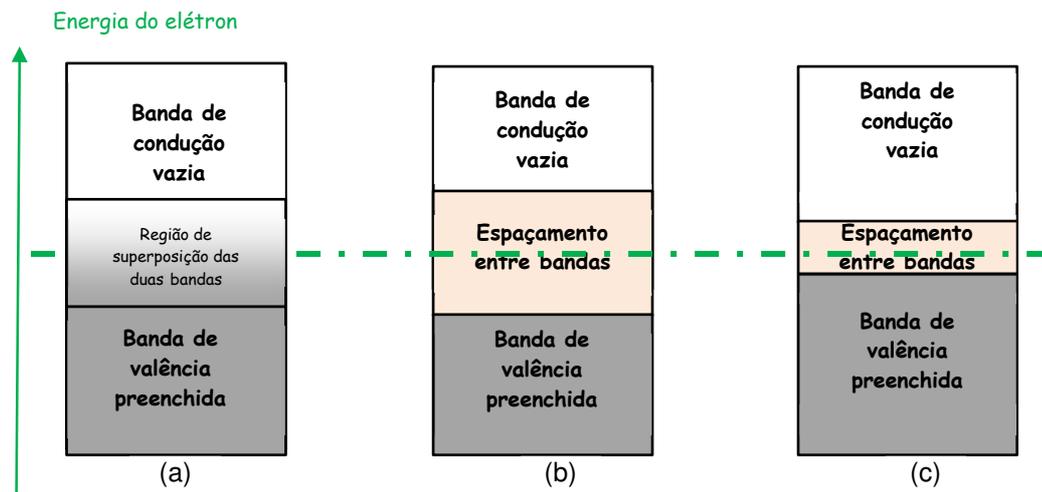
Assim, conforme citado em Martins (2021), os materiais relacionados às suas propriedades elétricas são classificados como:

- Condutores – materiais com transferência de elétrons com facilidade, de forma que os elétrons possuem facilidade de se mover nesse material;
- Isolantes ou dielétricos – materiais que dificultam a mobilidade de elétrons livres, oferecendo resistência à passagem de corrente elétrica;
- Semicondutores – materiais com baixo elétrons de condução, como no caso do diodo ou diodo LED.

Somente a título de informação, há ainda os supercondutores, que são materiais que não oferecem nenhuma resistência à condução de corrente, e essa é feita sem perda de energia. São materiais que devem ser resfriados, por exemplo o Nitrogênio Líquido, à temperatura baixa, no caso -196°C , e não são materiais existentes em sua forma natural. Um exemplo pode ser visto na apresentação da aula ministrada pelo Prof. Luis Gregório Dias, no tema Supercondutividade, na disciplina de Estrutura da Matéria, disponível no link: <https://www.youtube.com/watch?v=tbHECEypeco>.

Do ponto de vista quântico, a análise é feita a partir das chamadas bandas de energia. Estas se subdividem em bandas de condução, banda de valência e banda proibida (*gap*), conforme ilustrado na Figura (1.7),

Figura 1.7 – Ilustração das Bandas de energia: (a) condutor, (b) isolante e (c) semiconductor. Sendo E_F o nível de energia de Fermi. O espaçamento entre bandas é chamado de banda proibida, e ΔE a sua variação de energia.



Fonte: adaptada de Callister (2008 apud MARTINS, 2021) e Correia et al. (2017 apud MARTINS, 2021).

Assim, o elétron precisa ter energia o suficiente para sair da banda de valência e ir para a banda de condução, passando à banda vazia. No caso do condutor, o elétron passa direto. No caso do semiconductor, essa banda é menor do que a de isolantes, logo, precisa de uma energia menor, conduzindo elétrons livres.

Diante disso, é possível concluir que saber sobre a natureza dos componentes que serão utilizados no circuito elétrico é um fator muito importante. Mas o que é um circuito elétrico? Esse é o assunto a ser apresentado na próxima subseção.

1.2.4 Circuito Elétrico

Um circuito elétrico é um sistema fechado em que se conectam dispositivos eletrônicos por meio de fios condutores, de acordo com a sua finalidade, e necessita de uma fonte de energia elétrica para o seu funcionamento. Um dos elementos que compõe um circuito elétrico são os resistores, esses podem estar dispostos de 3 formas: em série, em paralelo, e mistos. Vejamos dois deles, pois o terceiro é uma combinação dos outros dois.

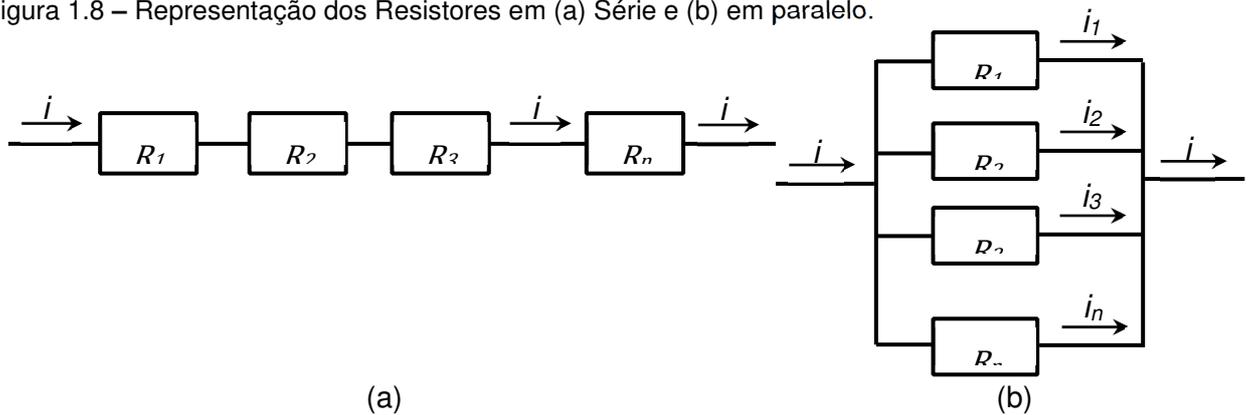
1.2.4.1 Associação em série e em paralelo de resistores

Quando diversos resistores $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$ (com n resistores) são conectados em série, a corrente (i) que passa através de todos os resistores é a mesma (Figura 1.8 (a)), enquanto a tensão total (V) é a soma das tensões individuais:

$$i = i_1 = i_2 = i_3 = \dots = i_n, \quad (1.14(a))$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n. \quad (1.14(b))$$

Figura 1.8 – Representação dos Resistores em (a) Série e (b) em paralelo.



Fonte: o autor.

Usando a equação (1.1) para cada resistor,

$$V_1 = R_1 i_1; V_2 = R_2 i_2; V_3 = R_3 i_3; \dots; V_n = R_n i_n$$

na equação (1.4) tem-se:

$$V = R_1 i_1 + R_2 i_2 + R_3 i_3 + \dots + R_n i_n$$

$$V = R_1 i + R_2 i + R_3 i + \dots + R_n i$$

$$V = (R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n) i$$

$$V = R_{eq} i.$$

$$(1.15(a))$$

Portanto, a resistência equivalente (R_{eq}) é igual à soma das resistências individuais:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n. \quad (1.15(b))$$

No caso de diversos resistores conectados em paralelo, conforme mostrado na Figura 1.8(b), a tensão aplicada é a mesma em todos e a corrente elétrica total é a soma das correntes individuais.

$$V = V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_n. \quad (1.16(a))$$

$$i = i_1 + i_2 + i_3 + \dots + i_n. \quad (1.16(b))$$

Como $i_1 = \frac{V_1}{R_1}$; $i_2 = \frac{V_2}{R_2}$; $i_3 = \frac{V_3}{R_3}$; ...; $i_n = \frac{V_n}{R_n}$

tem-se que

$$i = \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3} + \dots + \frac{V_n}{R_n}.$$

Como a tensão é a mesma

$$i = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} + \dots + \frac{V}{R_n} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n} \right) V$$

$$i = \frac{1}{R_{eq}} V. \quad (1.17(a))$$

portanto, o inverso da resistência equivalente R_{eq} é a soma dos inversos das resistências individuais:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}. \quad (1.17(b))$$

Quando o circuito envolve ligações e elementos em série e paralelo, são chamados de circuitos mistos. Diante disso, resolve-se primeiramente os elementos em paralelo e o resultado desses em série, de modo que, para tanto, é preciso observar a Lei de Kirchhoff, ou a Lei dos Nós, sendo um nó o ponto de junção entre duas componentes do circuito elétrico. A lei informa que a soma das correntes que chegam a um nó é nula,

$$\sum i = 0.$$

Essa é utilizada sempre que houver ligações em paralelo.

1.2.4.2 Resistores e Lei de Ohm

Conforme citado por Ramalho et al. (1977, p. 128): “Denomina-se resistor todo condutor, no qual a energia elétrica consumida é transformada, exclusivamente em calor”. Um exemplo mais comum de resistores são as espirais de chuveiros, que popularmente são chamadas de resistência.

É sabido que, a partir da mecânica, a potência é definida como a taxa de trabalho realizado em um determinado tempo,

$$P = \frac{dW}{dt}.$$

Se o trabalho de uma carga se mover em um campo elétrico de um ponto A até um ponto B, d é dado por $W = qEd$, tal que

$$\frac{dW}{dt} = Ed \frac{dq}{dt},$$

logo, $P = Ed \frac{dq}{dt}$. Usando a equação (1.1) e tendo que a ddp $V = Ed$,

$$P = Vi.$$

Considerando a lei de Ohm, equação (1.3),

$$P = Ri^2. \quad (1.12)$$

a equação (1.12), conhecida como Lei de Joule, para uma ddp (V) constante, é a expressão que fornece a potência dissipada em calor, e depende do valor da resistência elétrica e da intensidade de corrente que passa por ela.

Ao observar a lei de Ohm, na forma

$$i = V/R,$$

é possível observar que quanto maior R menos corrente i passa no circuito, de forma que uma resistência também tem o papel de limitar a corrente em um circuito, ou seja, oferecer resistência à passagem de corrente. O dispositivo eletrônico que possui essa propriedade é denominado de resistor.

Os resistores mais utilizados em circuitos elétricos são divididos em

- Resistores Fixos: de filme de carbono, filme metálico e de fio (alta potência);
- Resistores variáveis: potenciômetro, *trimpot*; reostato;
- Resistores que dependem de condições físicas: os NTC e PTC mudam conforme a temperatura; o LDR (foto-resistor) muda de acordo com o nível da incidência de luz, e o VDR (varistor) que muda de acordo com a tensão.

1.2.5 LED's

O LED é o acrônimo de *Light Emission Diode* ou Diodo Emissor de Luz. O diodo é um elemento eletrônico fabricado com material semicondutor, como o Silício e o Germânio, e conduz corrente elétrica em apenas uma polarização, que converte corrente alternada em corrente contínua e extrai informações de um sinal modulado em amplitude, no caso do LED, quando percorridos por uma corrente elétrica emitem luz. Para que isso ocorra, conforme ilustrado na Figura 1.7, a sua banda de energia proibida é intermediária entre a de condução e isolante, de modo que é preciso ter energia suficiente para que os elétrons transitem da banda de Valência para a de Condução. Esses elétrons são os chamados de elétrons livres, pois uma vez na banda de condução possuem mobilidade, auxiliando no processo de condutividade. O processo no material, considerando o de silício ou germânio, resume-se em dopá-lo com impurezas, de forma que aumente a mobilidade de elétrons na banda vazia, aumentando, assim, a condutividade do material.

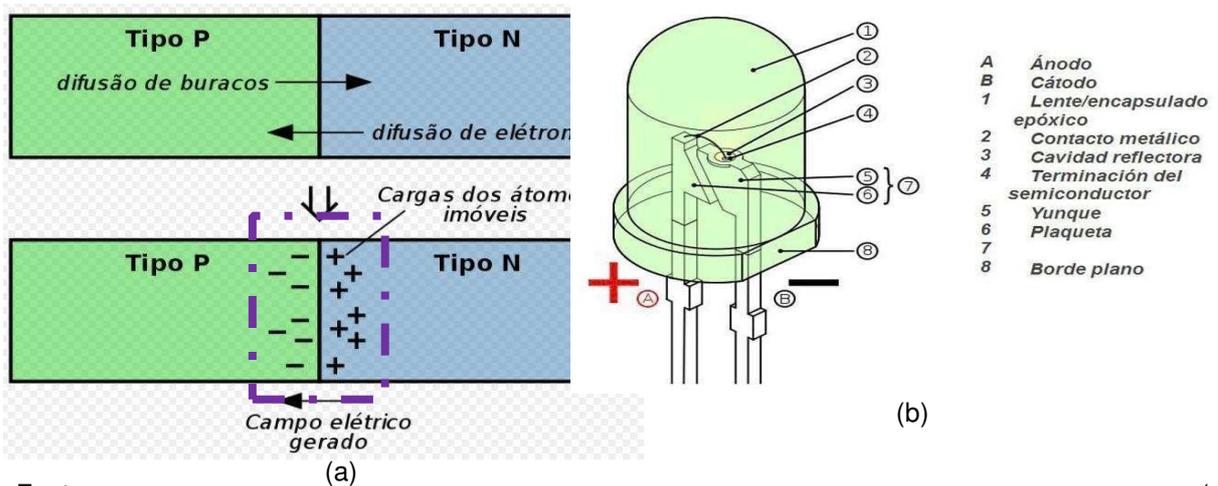
Os semicondutores são classificados em tipo P e tipo N. Na do tipo P introduz-se átomos trivalentes, e irão contribuir na rede cristalina com carga positiva, pois farão com que apareçam buracos no interior, devido ao silício não completar as quatro

ligações necessárias. Um exemplo de dopante seria o Índio, sendo essa uma impureza do tipo aceitadora. Já a do tipo N é um elemento pentavalente, fazendo com que a rede cristalina tenha elétrons em excesso, sendo classificada como impureza tipo doadora. No caso de um processo com muitos átomos, os elétrons livres movimentam-se livremente pelo material. Outro exemplo desse tipo de impureza é o fósforo, o qual cria um processo chamado de difusão (ASTRATH, 2015).

No caso de um LED, haverá uma composição de uma junção tipo P-N, de forma que, de um lado tenha portadores de carga negativa, os elétrons livres, e do outro lado haja os portadores de cargas positivas, os buracos. A região intermediária é chamada de depleção, fica saturada, e os elétrons livres se moverão para a região de buracos somente a uma determinada energia ou a partir da aplicação de uma tensão (Figura 1.9(a)). No caso do Silício, a tensão é em torno de 0,7 V.(ENFITEC Junior, 2022).

Uma imagem das partes do LED está apresentada na Figura 1.9 (b), contendo o Anodo (+) e o catodo (-); o encapsulado epóxico, que funciona como uma lente; o contato metálico; uma cavidade refletora; um terminal do semiconductor; uma haste do superior catodo (bigorna – devido ao formato) e ânodo (placa); e a borda plana.

Figura 1.9 – (a) desenho ilustrativo da junção P-N, em lilás a região de depleção, (b) partes do LED.



Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Regi%C3%A3o_de_deple%C3%A7%C3%A3o#/media/Ficheiro:Jun%C3%A7%C3%A3o_P-N_difus%C3%A3o_e_barreira_de_potencial.svg ; (a)
<https://www.casadarobotica.com/componentes-eletronicos/led-s/alto-brilho/1000-x-led-5mm-rgb-4-terminais-catodo-comum> ; (b)

O diodo barra a passagem de corrente dependendo de um sentido específico, e, quando se polariza de uma determinada forma, ocorre a passagem de corrente, o que resulta na emissão de luz, de modo que apresentam-se dois tipos de LED: o RGB

– que emite em vermelho, verde e azul, Figura 1.10(a), com uma haste para cada cor e a mais curta sendo o negativo – e outro com dois terminais emitindo a cor verde, Figura 1.10(b). Esse processo é chamado de eletroluminescência. Ele depende do tipo de impureza utilizado e faz com que o comprimento de onda seja diferente, emitindo cores diferentes.

Figura 1.10 - Imagem (a) led emitindo na cor verde, e (b) um led RGB (Red (vermelho), Green (verde), Blue (azul)).



Fonte: <https://www.esterroeletricidade.com.br/blog/eletrica/diodos-quase-tudo-quevoce-precisa-saber-sobre/>

Na Tabela 1.2 estão apresentados alguns materiais de dopantes, o respectivo comprimento de onda e a cor emitida.

Tabela 1.2 – dados do dopante e o comprimento de onda emitido e a cor equivalente.

| Semicondutor | $\lambda(mm)$ | cor |
|------------------------------------|---------------|---------------|
| Arsenieto de gálio e alumínio | 880 | infravermelha |
| | 645 | Vermelha |
| Fosfato de alumínio, índio e gálio | 595 | Amarela |
| Fosfato de gálio | 565 | Verde |
| Nitreto de gálio | 430 | Azul |

Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Diodo_emissor_de_luz

No próximo capítulo será apresentado o Produto Educacional em que a “menina dos olhos” é um aparato experimental que foi montado em uma prancheta, tipo uma protoboard com multifunções que permite montar circuitos em série, paralelo, ou mistos de resistores ôhmicos e não ôhmicos, e obter medidas de tensão e corrente e ainda fornece o gráfico da corrente versus tensão.

Capítulo 2 - Produto Educacional

Este capítulo tem por objetivo apresentar o Produto Educacional (PE) e a organização da Proposta Didática (PD). Eles contemplam um equipamento com uso de tecnologia de fácil acesso como prática experimental de eletrodinâmica para alunos do 3º ano do Ensino Médio. O equipamento do Produto Educacional (PE) propõe analisar circuitos elétricos com resistores e semicondutores (LEDs), utilizando Arduino e mostrador (*display*) gráfico colorido. Este equipamento foi baseado no Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) da acadêmica Ana Cláudio Sabino (SABINO, 2017), apresentando alguns aperfeiçoamentos que serão explicados.

Neste texto apresentamos: a montagem do equipamento, a parte experimental, a proposta didática da aplicação e a ferramenta do *Cmap Tools* para confecção dos mapas conceituais.

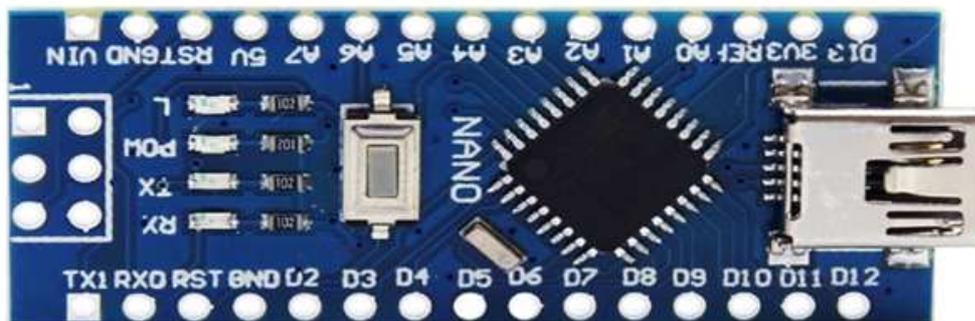
2.1 Montagem do Aparato Experimental

Visa-se utilizar a tecnologia com materiais de fácil acesso e, assim, simplificar a montagem do aparato experimental.

2.1.1 Materiais Utilizados

Apresentam-se nesta subseção os materiais para a montagem do aparato experimental com uso do Arduino. Os principais componentes do aparato experimental proposto neste trabalho são a placa de microprocessamento Arduino Nano (Figura 2.1), o *display* LCD colorido (Figura 2.2), os sensores de corrente e tensão INA219 (Figura 2.3) e a fonte de tensão ajustável microcontrolada (Figura 2.4). De modo que a plataforma microprocessada Arduino Nano utiliza um microprocessador de 8 bits e uma interface USB-Serial integrada, Figura 2.1.

Figura 2.1 – Imagem da parte frontal do Arduino Nano.



Fonte: arquivos do autor.

O *display* LCD colorido (ILI 9341) (Figura 2.2) tem resolução de 320 x 240 pixels coloridos (16 bits) em LCD, que é um acrônimo de *Liquid Crystal Display*, ou seja, um mostrador a base de cristal líquido.

Figura 2.2 – Imagem do *Display* LCD Colorido (ILI 9341).



Fonte: arquivos do autor.

O INA219 (Figura 2.3) é um circuito integrado de oito pinos que permite medir correntes e tensões elétricas. Para facilitar, será utilizada uma placa que, além do INA219, tem um resistor de carga de $0,1\Omega$, o qual permite medir correntes de até $3,2A$, com uma resolução de até $0,1mA$ e precisão de 1%. O INA219 também pode medir tensões de até $26V$ com uma resolução de $4mV$. A comunicação entre o Arduino Nano e o INA219 é por I²C (*Inter-Integrated Circuit*), que é um barramento de dois fios (SDA e SCL).

Figura 2.3 – Imagem do sensor de Tensão e Corrente (INA 219 GY-219).

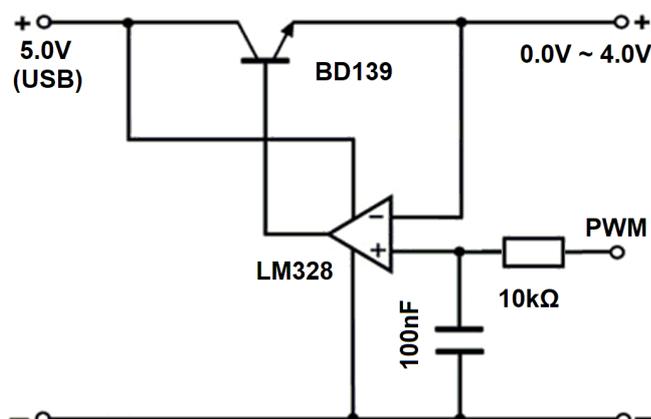


Fonte: arquivos do autor.

A alimentação (5V) do Arduino, do *display* e do INA219 pode ser oriunda da interface USB, carregador portátil (*power bank*) ou fonte externa, pois a placa do Arduino Nano possui um regulador de tensão próprio.

O principal aperfeiçoamento no equipamento didático original (SABINO, 2017) foi a inclusão de uma fonte de tensão ajustável microcontrolada, mostrada na Figura 2.4. Esta fonte permite tensões de saída entre 0,0V e 4,0V a partir de uma referência analógica obtida pela filtragem do sinal por pulso modulado (*Pulse Width Modulation* - PWM) gerado pelo próprio Arduino. Com ela é possível que o equipamento possa variar automaticamente a tensão para a obtenção de gráficos de tensão *versus* corrente.

Figura 2.4 – Desenho esquemático da fonte de Tensão Ajustável Microcontrolada.



Fonte: arquivos do autor.

2.1.2 Arduino Nano

Como citado por Sabino (2017), os Arduinos são plataformas de prototipagem eletrônicas, com hardware livre, geralmente em placa única. Segundo Cavalcante (2011):

A possibilidade de escrever e ler em portas digitais do Arduino abre uma infinidade de aplicações para a experimentação em física e consideramos que sua inserção em sala de aula representa um passo importante par maior apropriação da tecnologia na construção do conhecimento. (CAVALCANTE, 2011 apud SABINO, 2017, p. 6).

Utilizou-se na presente montagem um Arduino Nano, cujo microprocessador é o mesmo do Arduino UNO, mas com dimensões menores (18×45) mm, conforme pode ser visto na Figura 2.5, de modo que se compara os dois Arduinos com uma moeda de R\$ 1,00.

Figura 2.5 - Tamanho Comparativo entre Arduinos Uno e Nano com uma moeda de R\$ 1,00.



Fonte: Sabino, 2017.

2.1.3 Sensor de Tensão e Corrente (INA219)

Os sensores de tensão e corrente dos circuitos integrados de 8 pinos INA219, utilizados no presente trabalho, são os desenvolvidos pela *Texas Instruments*. Esses possuem entrada unipolar para mediar tensões de até 26 V, em relação ao GND², e entradas bipolares (VIN+ e VIN-) para medir correntes por meio de um resistor externo. A comunicação com o Arduino Nano é realizada por meio do protocolo I2C, por meio dos pinos de Dados (SDA) e Sincronismo (SCL) (SABINO, 2017).

Usando os pinos de endereço A0 e A1, até 16 circuitos INA219 podem ser ligados em uma rede de comunicação I2C, cada qual com seu endereço próprio. Para

² *Graduated Neutral Density Filter* – Filtro graduado de densidade neutra.

isso é necessário apenas conectar A0 e A1 nos pinos GND, Vs, SDA ou SCL. Na Tabela 2.1, são mostrados os endereços dos INA219, conforme os pinos de endereçamento A0 e A1.

Tabela 2.1 – Endereços do INA219 conforme conexão dos pinos A0 e A1.

| Pinos | | Endereço | |
|-------|-----|----------|----------------|
| A1 | A0 | Decimal | Hexadecimal |
| Gnd | Gnd | 64 | 40 |
| Gnd | Vs | 65 | 41 |
| Gnd | SDA | 66 | 42 |
| Gnd | SCL | 67 | 43 |
| Vs | Gnd | 68 | 44 |
| Vs | Vs | 69 | 45 |
| Vs | SDA | 70 | 46 |
| Vs | SCL | 71 | 47 |
| SDA | Gnd | 72 | 48 |
| DAS | Vs | 73 | 49 |
| DAS | SDA | 74 | 4 ^a |
| DAS | SCL | 75 | 4B |
| SCL | Gnd | 76 | 4C |
| SCL | Vs | 77 | 4D |
| SCL | SDA | 78 | 4E |
| SCL | SCL | 79 | 4F |

Fonte: www.ti.com/lit/ds/symlink/ina219.pdf

A programação de um INA219 consiste em configurar seus parâmetros de funcionamento (*Configuration*), ler a Tensão (*Bus Voltage*), ler a Corrente (*Current*), se houver interesse, ler a Potência (*Power*) e ajustar o Fator de Calibração (*Calibration*).

Foram utilizadas placas prontas com o circuito integrado INA219, como a mostrada na Figura 2.3. Essas placas também possuem resistores de referência de precisão de 0,100Ω (assinalado como R100), conexão para medir tensão e corrente (VIN+ e VIN-) de alimentação (VCC e GND), de comunicação (SDA e SCL) e de Endereçamento (A0 e A1).

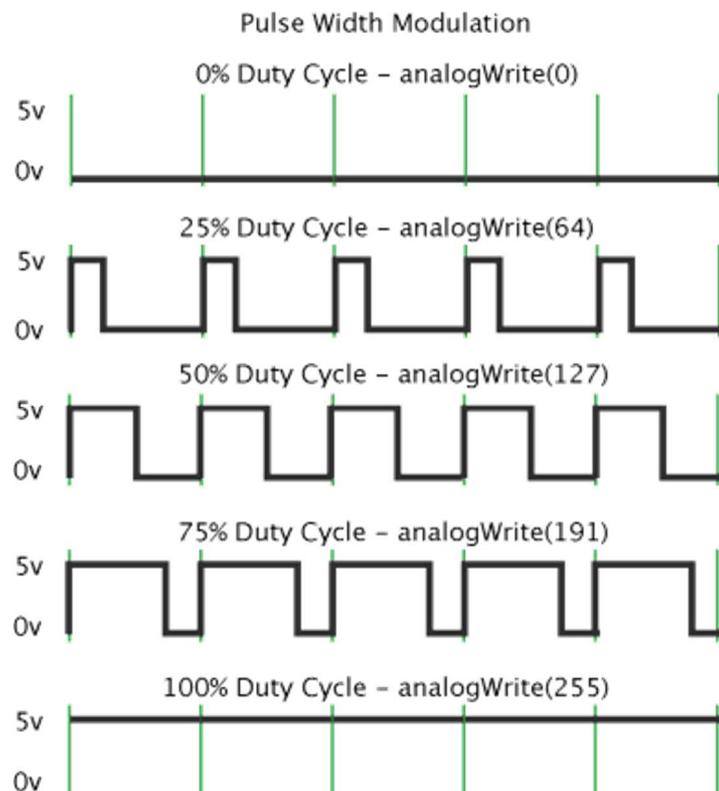
2.1.4 PWM (*Pulse Width Modulation*)

A modulação por largura de pulso, mais conhecida pela sigla em inglês PWM, ocorre de modo que os pulsos são dados visando ligar e desligar (0 ou 1, por exemplo). Assim, a tensão média diminuirá, mudando, então, a largura do pulso no tempo e alterando a tensão média final.

Com isso, uma técnica para obter resultados analógicos com meios digitais é o uso de um controle digital para criar uma onda quadrada, um sinal alternado entre ligado e desligado. Assim, um circuito passa embaixo, utilizando um resistor e um capacitor que permite transformar essa tensão pulsada numa tensão contínua filtrada.

Diante disso, na Figura 2.6, apresenta-se alguns tipos de sinais PWM com diferentes larguras de pulso (*Pulse Width*), mas com o mesmo período de tempo, marcado pelas linhas verdes verticais.

Figura 2.6 – Comportamentos de Gráficos de Pulsos com modulações em intensidades distintas. Em que *Duty Cycle* significa círculo de trabalho e *analogWrite* – gravação analógica.



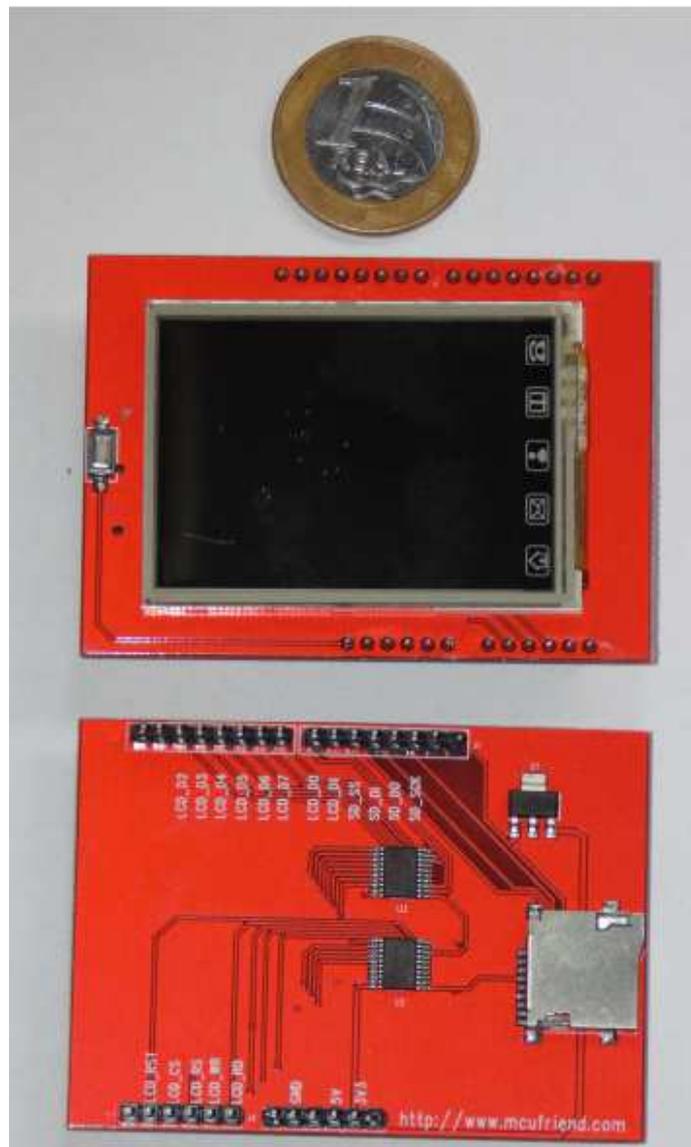
Fonte: <https://www.Arduino.cc/en/Tutorial/Foundations/PWM/>

Pode-se, com o Arduino, ter esse controle no ciclo do pulso com a escolha analógica, e, assim, definir-se-á a tensão média desejada.

2.1.5 Mostrador de Cristal Líquido – *Liquid Crystal Display (LCD)*

Na montagem, foi utilizada uma tela LCD, com tecnologia TFT (*Thin Film Transistor – Transistor de Filme fino*), com 2,4 polegadas de diagonal, de resolução de (320 x 240) pixels com 65535 cores. Esse *display* (mostrador) está em uma placa de circuito impresso, feita para encaixar no Arduino Uno, formando um escudo (*shield*). Na Figura 2.7, é mostrada uma placa com o LCD.

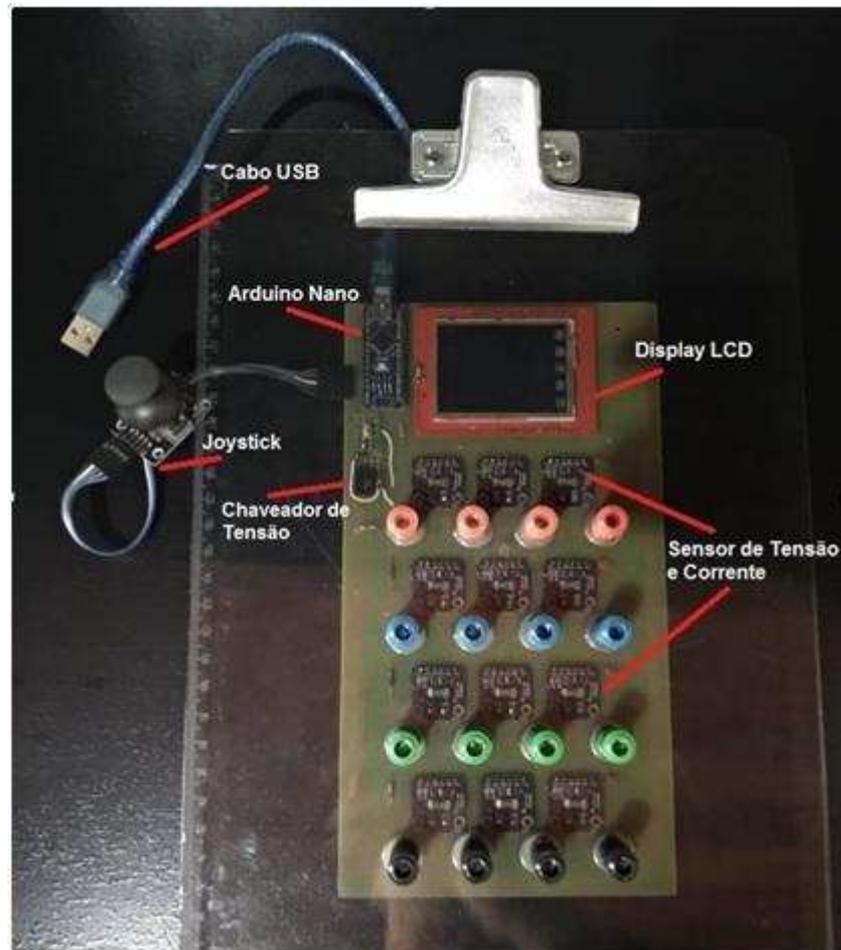
Figura 2.7 – Imagem da placa TFT *Display* comparada com uma moeda de R\$1,00.



Fonte: Sabino, 2017.

Na Figura 2.8 está apresentada uma imagem do aparato experimental pronto.

Figura 2.8 – Imagem fotográfica do aparato experimental.



Fonte: arquivos do autor.

2.2 PARTE EXPERIMENTAL

Nesta seção será apresentado como fazer a apresentação gráfica das curvas de corrente pela tensão de diferentes componentes (resistores, lâmpadas, LDR, termistores, diodos, LEDs, transistores). Esses componentes são soldados em pinos bananas machos e presos em pequenas placas de acrílico, conforme mostrado na Figura 2.9, para facilitar a colocação e a retirada dos mesmos na prancheta do Multi-Circuito. Com esses circuitos, é possível verificar a lei de Ohms e de Kirchhoff e os valores de resistência equivalente (R_{eq}) em associações de resistores em série, em paralelo ou em configuração mista. Utilizando LEDs, pode-se verificar duas características dos semicondutores de junção: a condução em sentido único e a queda de potencial na junção. Conforme citado na seção 1.3.4.2.

Com uso do *Joystick*, há a condição de aumentar ou reduzir os valores da tensão e da corrente, e a possibilidade de mudar a tela no *display* para visualizar o gráfico após a montagem do circuito.

Figura 2.9 – Imagem dos componentes elétricos, LEDs, Resistores e Fio, adaptados nos conectores.



Fonte: Sabino, 2017.

2.2.1 Materiais utilizados

Os materiais utilizados para a realização da parte experimental prevista na proposta didática:

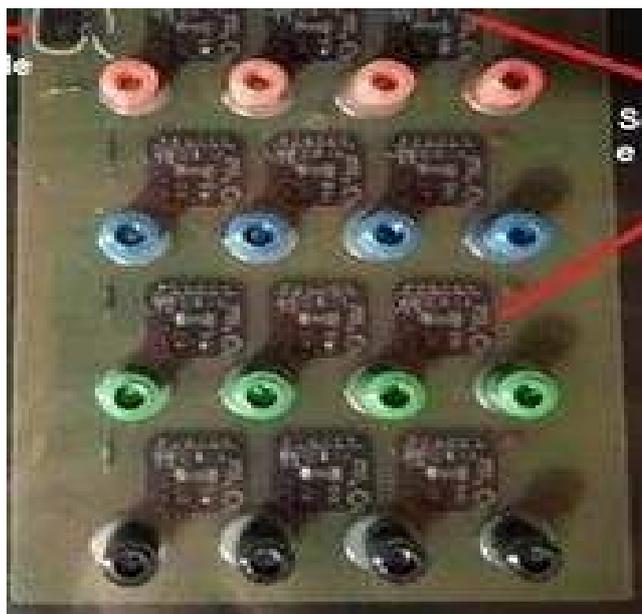
- 1 Prancheta (circuito com Arduino + *Joystick*);
- 1 cabo USB;
- 1 computador;
- Resistores;
- LEDs;
- Interface USB, carregador portátil (*power bank*) ou fonte externa.

2.2.2 Procedimento Experimental

O circuito está disposto em 4 linhas e 4 colunas como foi apresentado na Figura 2.10. Nesse circuito, será possível trabalhar com resistores e LEDs. Na Figura 2.9, apresenta-se uma imagem dos mesmos a serem conectados aos bornes³ da Figura 2.10, sendo eles os nas cores vermelha, azul, verde e preta.

³ Os locais onde serão encaixados no circuito são denominados de bornes.

Figura 2.10 – Imagem fotográfica da disposição do circuito em 4 linhas e 4 colunas.



Fonte: arquivos do autor.

Ligue o circuito no computador ou com fonte de 5 V (Figura 2.11).

Figura 2.11 – Imagem apresentando o circuito ligado, indicado pela luz vermelha acesa, e o *display* ampliado indicando todos os dados zerados.

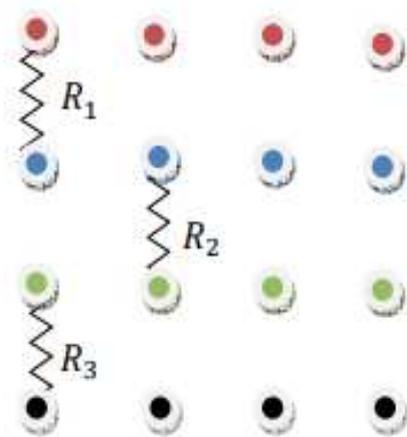


Fonte: arquivos do autor.

- **Para resistores em série**

Distribua os resistores no circuito, um a um, começando pela linha 1 e com o *Joystick*, aumente aos poucos a corrente que passa por essa linha, com a intensidade adequada, aperte para baixo no *Joystick* para visualizar o gráfico formado no *display*, como na Figura 2.12.

Figura 2.12 – (a) Desenho esquemático da ligação em série.e (b) Imagem fotográfica do aparato experimental com os resistores conectados em série nos bornes da placa, da Figura 2.9 e no *display* apresenta o gráfico.



(a)



(b)

Fonte: arquivos do autor.

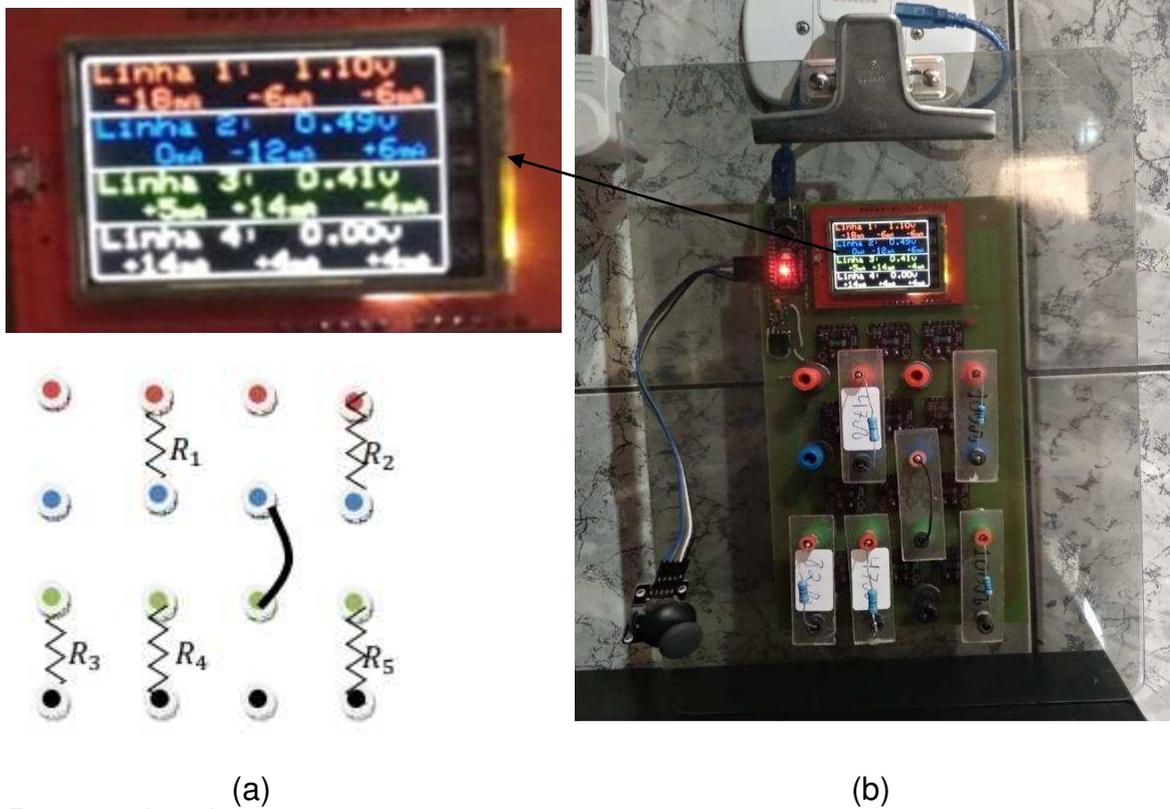
Este circuito é feito com três resistores associados em série (R_1 , R_2 e R_3), conforme mostra a Figura 2.12 (a). Com ele é possível verificar a lei de Ohm ($V = Ri$), equação (1.3), e o valor da resistência equivalente (R_{eq}) aos três resistores em série ($R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$) equação (1.15(b)), em cada um dos resistores. Os valores dos resistores são: $R_1 = 100\Omega$; $R_2 = 35\Omega$ e $R_3 = 47\Omega$.

- **Para resistores em paralelo**

Este circuito é feito com dois conjuntos de resistores em paralelo, sendo um com dois resistores (R_1 e R_2) e outro com três resistores (R_3 , R_4 e R_5), conforme mostra a Figura 2.13 (a). Com ele é possível verificar a lei de Kirchhoff e o valor da resistência

equivalente (R_{eq}) de resistores em paralelo.

Figura 2.13 – (a) Desenho esquemático da ligação em paralelo e a ampliação do *display*, e (b) Imagem fotográfica do aparato experimental com os resistores conectados em paralelo nos *bornes* da placa, da Figura 2.9.



Fonte: arquivos do autor.

Na Figura 2.13(b), há a montagem do circuito associada em paralelos representados no Multi-Circuito. Note que é usado o fio condutor com resistência desprezível para fazer a montagem do circuito em paralelo. Caso haja a necessidade de calcular a resistência equivalente, deve-se utilizar a equação 1.17 (b), por partes, e depois em série. Os valores das resistências são: $R_1 = 47\Omega$; $R_2 = 82\Omega$; $R_3 = 17\Omega$; $R_4 = 100\Omega$; e $R_5 = 100\Omega$;

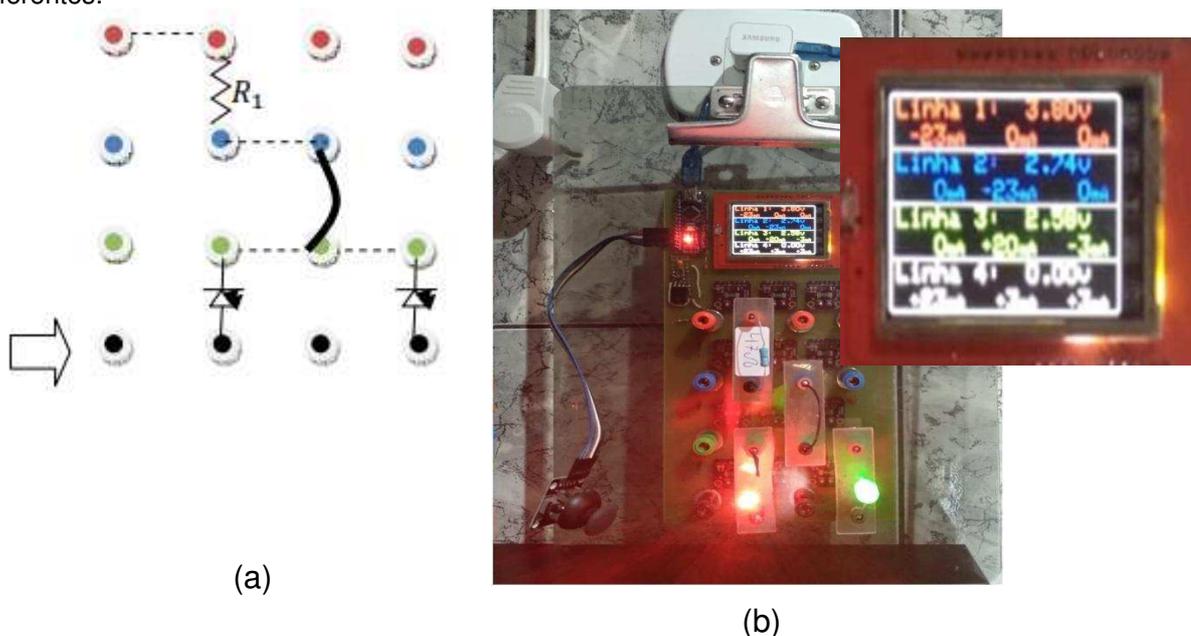
- **Incluindo os LEDs**

Este circuito pode ser utilizado para estudar algumas características dos LEDs (semicondutor). Na Figura 2.14, é mostrado o circuito com dois LEDs de cores distintas em paralelo e um resistor limitador (R_1) em série. Na Figura 2.15, apresenta-se a montagem do circuito com os dois LEDs (vermelho e verde) representados no

Multi-Circuito. Observe que é usado um fio condutor (em preto, conectando as linhas verde e azul na figura 2.14(a)) com resistência desprezível para fazer a conexão entre uma linha à outra na montagem do circuito com LEDs.

Se o Multi-Circuito fosse apenas com uma tensão regulada por um *Power Bank* de 5V, a tensão de condução no circuito não seria o suficiente para acender os dois LEDs, acenderia apenas um. Mas com esse Multi-Circuito, tem-se a possibilidade de aumentar a corrente e a tensão pelo Joy-Stick, e esse é um desafio interessante a ser lançado para os alunos, não apenas fazer a montagem do circuito, mas também fazer com que acenda um LED e, posteriormente, para que haja uma montagem adequada para acender os dois LEDs. A leitura é feita da esquerda para a direita, começando na parte inferior (bornes de cor preta), indicada por uma seta na Figura 2.14(a).

Figura 2.14 – (a) Desenho esquemático e (b) as conexões do circuito contendo dois LEDs de cores diferentes.



Fonte: arquivos do autor.

Mantendo o circuito com resistores, utilize os LEDs disponíveis no circuito, como o verde, Figura 2.15 (a), sempre variando a intensidade no *Joystick* e visualizando a variação no *display* (Figura 2.15 (b)) para depois alternar e visualizar o gráfico no *display*, também usando o *Joystick*.

Figura 2.15 – Imagem fotográfica do circuito com os resistores acrescentada do, (a) LED verde aceso e (b) LED vermelha aceso, com um aumento das informações que aparecem no *display*. E abaixo o circuito de forma visível.



(a)



(b)

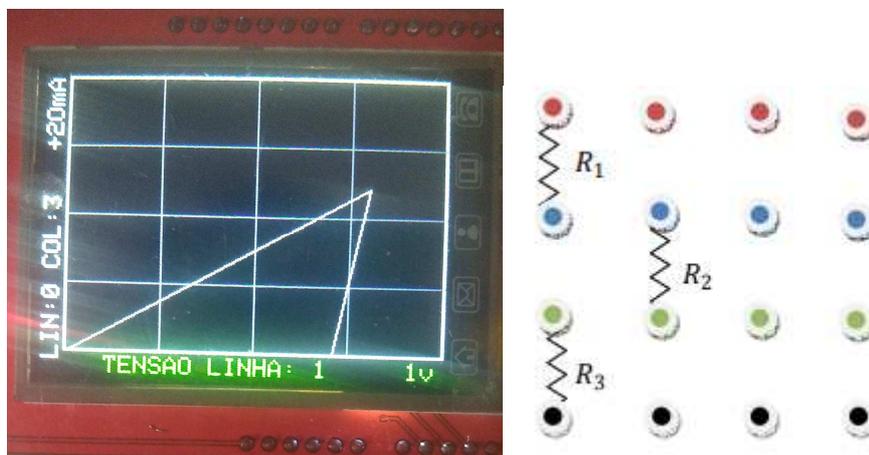
Fonte: arquivos do autor.

Para estudar os fenômenos elétricos e suas aplicações, é preciso entender seus conceitos fundamentais (Tensão e Corrente Elétricas) e suas inter-relações (como a lei de Ohm), as quais podem ser representadas pelos gráficos de corrente em função da tensão. Dependendo do circuito e dos componentes, a corrente em

função da tensão pode ser linear (componentes ôhmicos) ou não (componentes não ôhmicos).

Nas Figuras 1.6(a1); (a.2.1) e (a.2.2) tem-se como exemplo o comportamento de gráficos da corrente *versus* tensão, para: resistor (ôhmico), diodos e lâmpadas (não-ôhmicos). Vê-se no *display* da Figura 2.12(b) e, em destaque, na Figura 2.16, uma reta crescente, indicando que os resistores têm o mesmo comportamento que o apresentado na Figura 1.6(a1), no caso, de resistores Ôhmicos, seguindo a Lei de Ohm (equação (1.3)).

Figura 2.16 – Cópia de tela da Imagem formada no *display* para o circuito da direita. Sendo: $R_1 = 100\Omega$; $R_2 = 35\Omega$, e $R_3 = 47\Omega$.



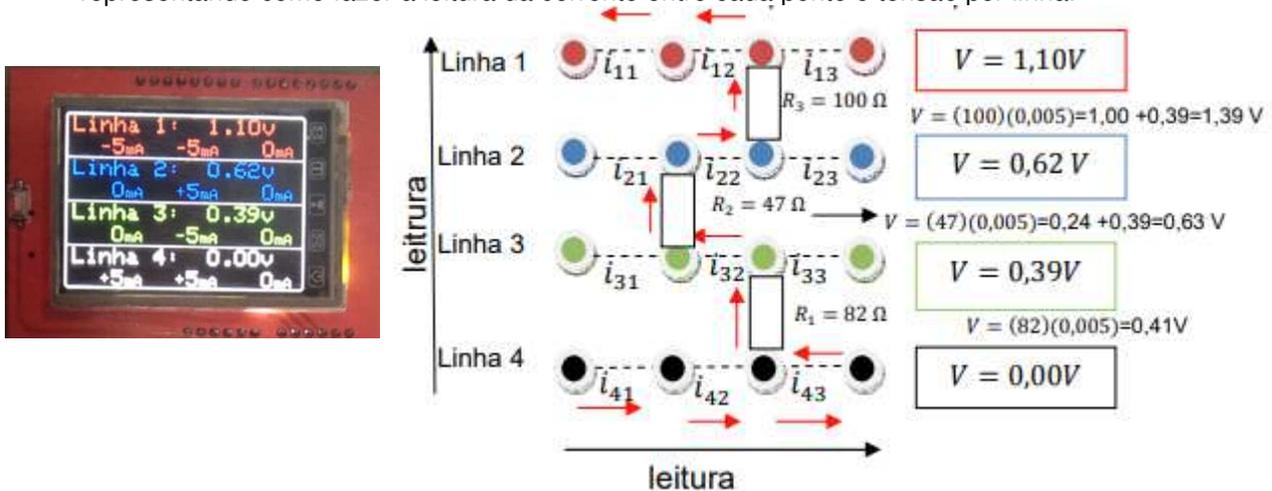
Fonte: arquivos do autor

Como o aparato, “realiza-se a leitura” dos dados de corrente e tensão no circuito? Tem-se os dados apresentados a cada linha a respectiva tensão e corrente, por exemplo, na associação em série aparece (Figura 2.17 (a)). Considerando, por exemplo, i_{41} a corrente que passa na linha 4 (preta) na coluna 1:

- ✓ Linha 4: tensão $V = 0,00V$, e 3 valores de corrente $i_{41} = +5 mA$; $i_{42} = +5 mA$; $i_{43} = 0mA$;
- ✓ Linha 3: tensão $V = 0,39 V$, e 3 valores de corrente $i_{31} = 0 mA$; $i_{32} = -5 mA$; $i_{33} = 0mA$;
- ✓ Linha 2: tensão $V = 0,62 V$, e 3 valores de corrente $i_{21} = 0 mA$; $i_{22} = +5 mA$; $i_{23} = 0mA$;
- ✓ Linha 1: tensão $V = 1,10 V$, e 3 valores de corrente $i_{11} = -5 mA$; $i_{12} = -5 mA$; $i_{13} = 0mA$;

Analisando a malha do circuito, apresentado na Figura 2.17, a leitura inicia-se na linha 4, considerando positivo o sentido da corrente da esquerda para a direita. Quando a corrente aparece com o sinal negativo, indica-se que está no sentido oposto, da direita para a esquerda. Cada linha possui a sua tensão que vai se acumulando de baixo para cima, com o valor da tensão na resistência intermediária que conecta uma linha com a outra.

Figura 2.17 – (a) Imagem da tela do display para o circuito da direita; (b) Desenho esquemático representando como fazer a leitura da corrente entre cada ponto e tensão por linha.



(a)

(b)

Fonte: (a) o autor e (b) cedido por H. Mukai.

A tensão da linha 1 é o referente à resistência equivalente.

$$R_{eq} = 82 + 47 + 100 = 229 \Omega$$

E a corrente será de $5mA = 0,005 A$, fornecendo uma tensão de

$$V = Ri = 229 (0,005) = 1,15 V.$$

2.3 PROPOSTA DIDÁTICA (PD)

Nesta subseção temos a Proposta Didática (PD) apresentada por meio de um quadro com a organização da aplicação durante as aulas. Após isso, há um plano de

aula detalhado das etapas seguidas por cada aula para servir como base na hora da aplicação do Produto Educacional (PE). **JUSTIFICATIVA:** Montagens experimentais para estudar os gráficos de correntes por tensão não são complexas, demandando apenas fontes ajustáveis de tensão e medidores de correntes. No entanto, medir um número interessante de valores (corrente x tensão) para um gráfico demandaria um tempo razoável. Atualmente, as escolas públicas do Paraná têm 2 h/a de Física por semana ou 80 h/a por ano. Por isso, fica muito difícil conseguir encaixar no cronograma escolar a obtenção e o estudo de gráficos experimentais de componentes ôhmicos e não ôhmicos utilizando fontes reguláveis e medidores de correntes.

Nesse trabalho foi proposto o desenvolvimento e a aplicação de um equipamento que incorpora uma fonte regulável, medidores de corrente e um *display* gráfico, permitindo o levantamento da curva de corrente pela tensão de circuitos e componentes de forma rápida e simples. Tal equipamento poderá ser muito útil em aulas experimentais e/ou demonstrativas sobre o assunto.

Com os dados obtidos a partir das tensões, pela intensidade de corrente em cada linha, e os gráficos, espera-se que os alunos diferenciem a curva de resistores e os LEDs. Deixando de lado, assim, uma aula expositiva e abstrata, e trocando por uma aula experimental mais palpável para alcançar a aprendizagem significativa nos alunos.

2.3.1 Organização da Proposta Didática

No Quadro 2.1, apresenta-se a organização da PD, com as ações e outras possibilidades para o uso do aparato experimental, visando a apresentação Gráfica de Curvas de Corrente x Tensão. Além de compreender sobre circuitos e dispositivos elétricos.

Quadro 2.1 – Organização da Proposta Didática, relacionando a aula, a ação e outras possibilidades. Cada aula com 50 minutos.

| ETAPA | AÇÃO | TEMPO | OUTRAS POSSIBILIDADES |
|-------|--|-------------|--|
| 1ª | Explicar aos alunos sobre mapas conceituais. | 1 hora/aula | O professor poderá construir junto com os alunos, um mapa conceitual sobre outro tema a fim de que entendam, |

| | | | |
|----|---|-------------------------|--|
| | | | na prática, sobre como funciona essa construção. |
| 2ª | Fazer um mapa conceitual sobre o tema a ser estudado. “ELETRODINÂMICA” | 1 hora/aula | Criar e aplicar um pré-teste |
| 3ª | Instalar o programa <i>Cmap Tools</i> nos computadores que serão utilizados. | A ser feito previamente | Caso não haja a possibilidade de utilização de computadores (laboratório de informática), os alunos poderão desenhar nos seus cadernos ou em folha separada. |
| 4ª | Ensinar os alunos a utilizar o programa <i>Cmap Tools</i> . | 1 hora/aula | Caso os alunos tenham facilidade de acesso a um computador em casa, eles poderão aprender a lidar com o programa antes da aula tutorial. |
| 5ª | Aplicação do aparato experimental | 2 horas/aula | Dividir os grupos da melhor forma, visando a participação de todos. |
| 6ª | Construção de um mapa conceitual do conteúdo estudado. | 2 horas/aula | Os alunos que não tiverem acesso ao programa <i>Cmap Tools</i> , poderão fazê-lo em uma folha separada. |
| 7ª | Rever o mapa conceitual da turma e sanar todas as dúvidas que os alunos apresentarem. | 1 hora/aula | Essa atividade poderá ser realizada tanto por meio digital quanto impresso e servirá para verificação da aprendizagem significativa após a construção do mapa conceitual pelo aluno. |

Fonte: o autor.

Tendo em vista as etapas da PD, a seguir, apresentar-se-á a metodologia para sua aplicação em sala de aula, dividida em 6 atividades.

Atividade 1 - Mapas conceituais

Objetivo:

Explicar o que é e ensinar como fazer um mapa conceitual.

Metodologia:

- ◆ Uso de um exemplo de um mapa conceitual;
- ◆ Construção de um mapa com um tema distinto do que será trabalhado, (usarei o tema “Corinthians”);
- ◆ Mostrar e ensinar um tutorial do programa *Cmap Tools*, gratuito e disponível em <http://cmap.ihmc.us>;
- ◆ Posteriormente, participação individual e estimulada (dirigida) dos alunos, com respostas e considerações.

Duração: 1 aula (50 minutos)

Atividade 2 - Pré-Teste - Mapa Conceitual

Objetivo:

Como pré-teste, os alunos irão fazer um mapa conceitual sobre o tema.

Metodologia:

- ◆ Uso de uma folha ou do programa *Cmap Tools*;
- ◆ Os alunos serão reunidos em grupos de 4 ou 5 integrantes;
- ◆ Os integrantes dos grupos debaterão sobre o tema;
- ◆ Depois todos os grupos farão um debate aberto.

Duração: 1 aula (50 minutos)

Atividade 3 - Programa *Cmap Tools*

Objetivo:

Instalar e ensinar os alunos a utilizarem o programa *Cmap Tools*

Metodologia:

- ◆ Instalar previamente o programa;
- ◆ Passar um tutorial para os alunos utilizarem o *Cmap Tools*;

- ◆ Os alunos serão reunidos em grupo de 4 ou 5 integrantes;

Duração: 1 aula (50 minutos)

Atividade 4 - Aplicação do experimento

Objetivo:

Aplicar um equipamento para a apresentação gráfica das curvas de corrente pela tensão de diferentes componentes (resistores, lâmpadas, LDR, termistores, diodos, LEDs, transistores).

Metodologia:

◆ Os principais componentes do equipamento proposto neste trabalho são a placa de microprocessamento Arduino Nano, o display LCD colorido e os sensores de corrente e tensão INA219;

- ◆ Os alunos serão reunidos em grupo de 4 ou 5 integrantes;
- ◆ Os integrantes dos grupos realizarão o experimento;

Duração: 2 aulas (100 minutos)

Atividade 5 - Construção do Mapa Conceitual

Objetivo:

Avaliar a aprendizagem significativa dos alunos por meio dos mapas conceituais.

Metodologia:

- ◆ Uso do programa *Cmap Tools*;
- ◆ Os alunos serão reunidos em grupos de 4 ou 5 integrantes;
- ◆ Os integrantes dos grupos debaterão sobre o tema;
- ◆ Depois todos os grupos farão um debate aberto.

Duração: 2 aulas (100 minutos)

Atividade 6 - Pós-Teste

Objetivo:

Debater e analisar os mapas conceituais dos alunos.

Metodologia:

- ◆ Verificação da aprendizagem significativa após a construção do mapa conceitual pelo aluno;
- ◆ Sanar e corrigir as dúvidas dos alunos;
- ◆ Os alunos serão reunidos em grupos de 4 ou 5 integrantes;
- ◆ Os integrantes dos grupos debaterão cada questão apresentada pelo professor;
- ◆ Depois todos os grupos farão um debate aberto.

Duração: 1 aula (50 minutos)

Capítulo 3 - Aplicação do Produto Educacional (PE)

Neste capítulo, é narrada a aplicação do Produto Educacional, baseada nos textos e nos planos de aula apresentados no Capítulo 2. Iniciou-se a aplicação do Produto Educacional (Atividade 1) definindo o que é um mapa conceitual e como confeccioná-lo. Para essa aula utilizou-se um *datashow* e o *notebook* do colégio.

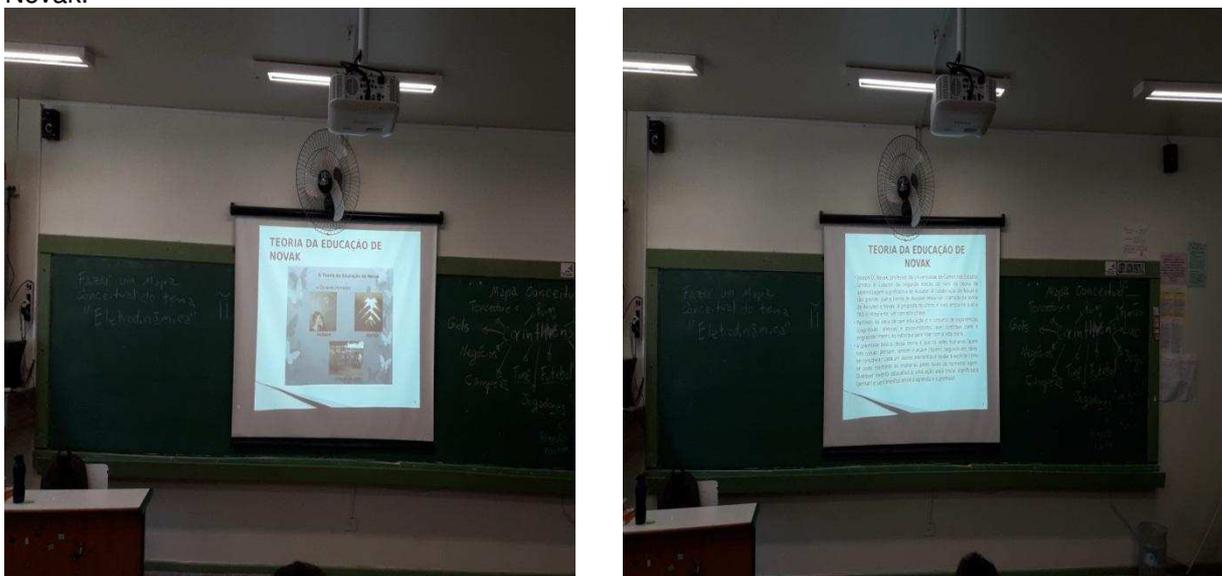
3.1 Aula 1 - Atividade 1 - Mapas conceituais

Objetivo:

Explicar o que é, e ensinar como fazer um mapa conceitual.

As Figuras 3.1(a) e 3.1(b) registram dois dos *slides* da apresentação da teoria de Ausubel-Novak, que introduz sobre os mapas conceituais.

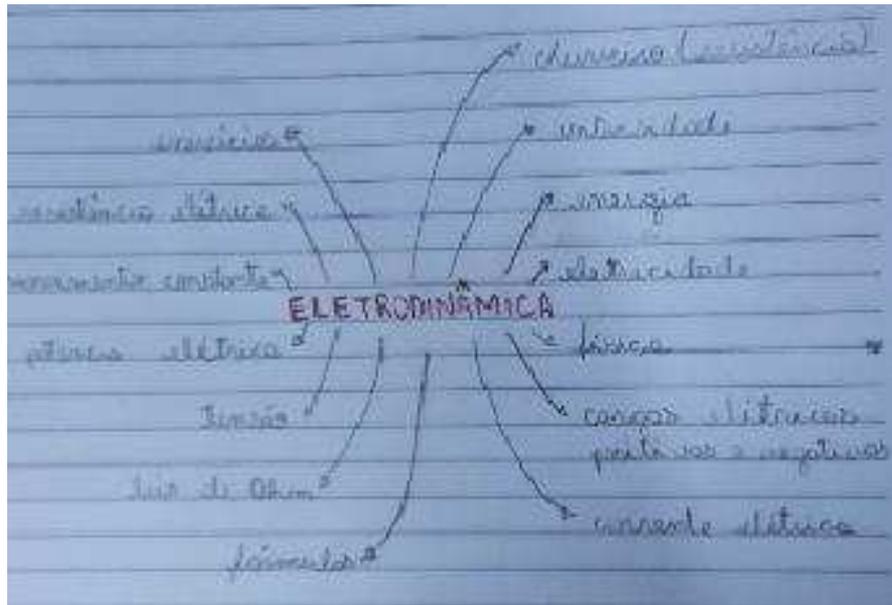
Figura 3.1 – Imagem fotográfica da apresentação (a) sobre a Teoria de Ausubel-Novak, e (b) Teoria de Novak.



Fonte: arquivos do autor.

Seguindo a apresentação na Figura 3.2, expõe a imagem sobre o Produto Educacional (PE), um mapa conceitual e sua estrutura. Explicou-se que um mapa conceitual parte de um tema e interligam-se os conceitos envolvidos, sendo que estes

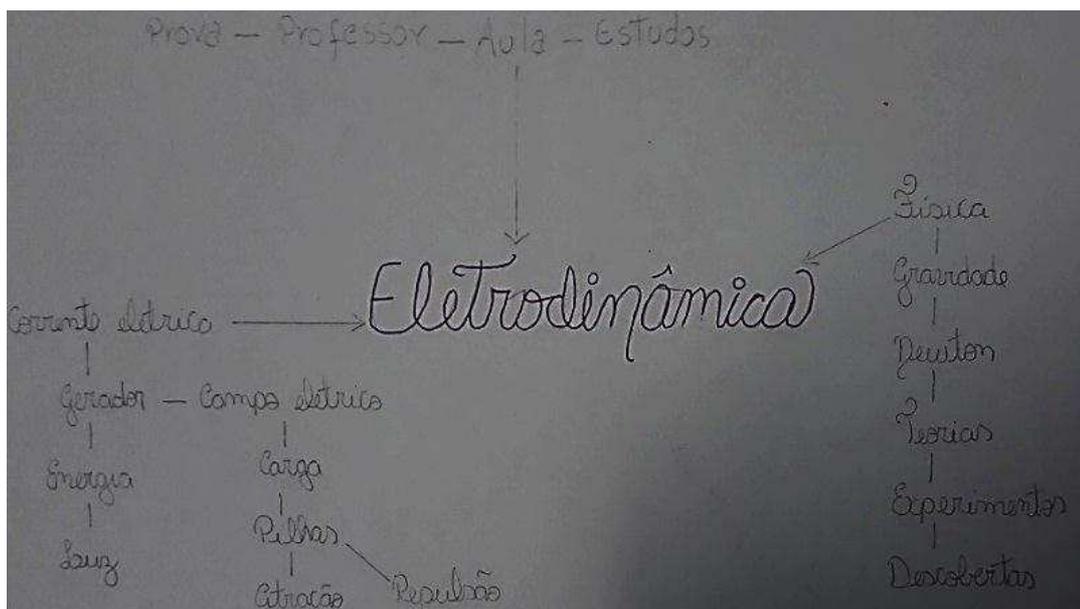
Figura 3.3 - Imagem do mapa conceitual do Grupo A como treinamento.



Fonte: arquivos do autor.

O Grupo B confeccionou um mapa simples, tipo um mapa mental, indicando as palavras ligadas com a Eletrodinâmica (Figura 3.4) de acordo com seu conhecimento prévio, os subunçores. Sendo estes, na parte SUPERIOR: Prova, professor, aula, estudos; à ESQUERDA: Corrente elétrica, gerador, energia, luz, campo elétrico, carga, pilhas: atração e repulsão; e à DIREITA: Física, gravidade, Newton, teorias, experimentos, descobertas.

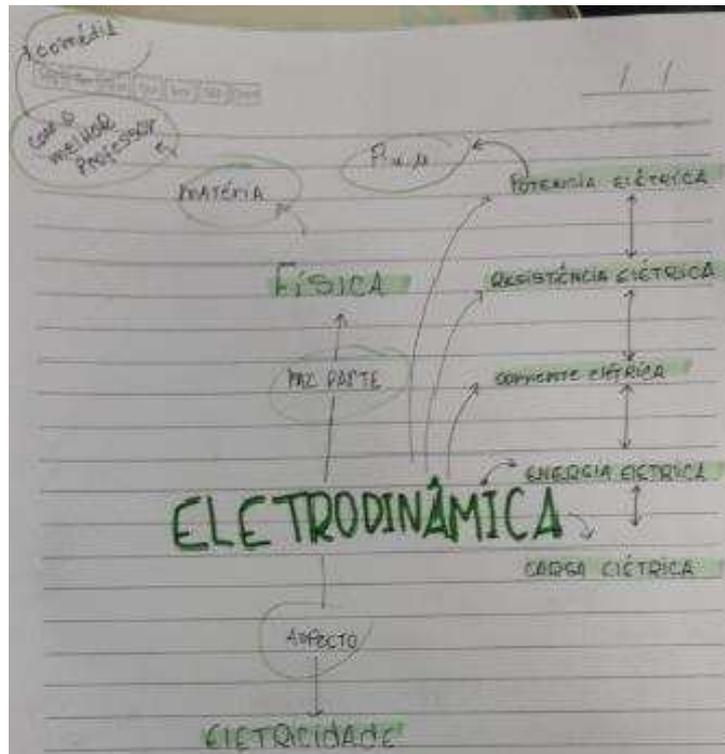
Figura 3.4 – Imagem do mapa conceitual do Grupo B como treinamento.



Fonte: arquivos do autor.

O Grupo C confeccionou um mapa simples, indicando as palavras ligadas com a Eletrodinâmica (Figura 3.5) de acordo com seu conhecimento prévio, os subsunçores. Sendo estes, na parte SUPERIOR: Física, matéria, com o melhor professor, comédia; na parte INFERIOR: Aspecto, eletricidade; e à DIREITA: Carga elétrica, energia elétrica, corrente elétrica, resistência elétrica, potência elétrica, $P = iU$.

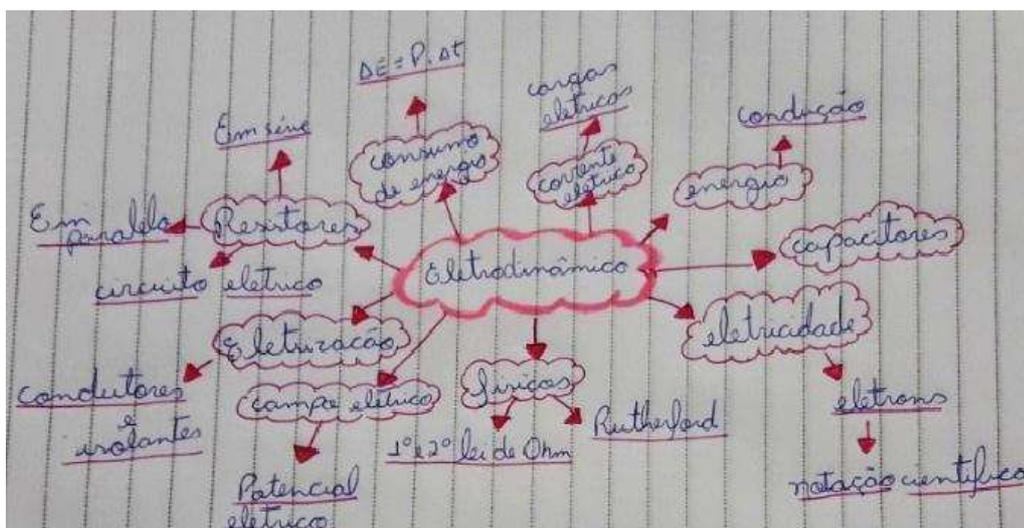
Figura 3.5 – Imagem do mapa conceitual do Grupo C como treinamento.



Fonte: arquivos do autor.

O grupo D confeccionou um mapa simples, indicando as palavras ligadas com a Eletrodinâmica (Figura 3.6) de acordo com seu conhecimento prévio, os subsunçores. Sendo estes, na parte SUPERIOR: Consumo de energia, $\Delta E = P\Delta t$, corrente elétrica, cargas elétricas; na parte INFERIOR: Físicos, 1º e 2º Lei de Ohm e Rutherford; à ESQUERDA: Resistores: em série, em paralelo e circuito elétrico, eletrização, como condutores e isolantes, campo elétrico, potencial elétrico; e à DIREITA: energia, condução, capacitores, eletricidade, elétrons e notação científica.

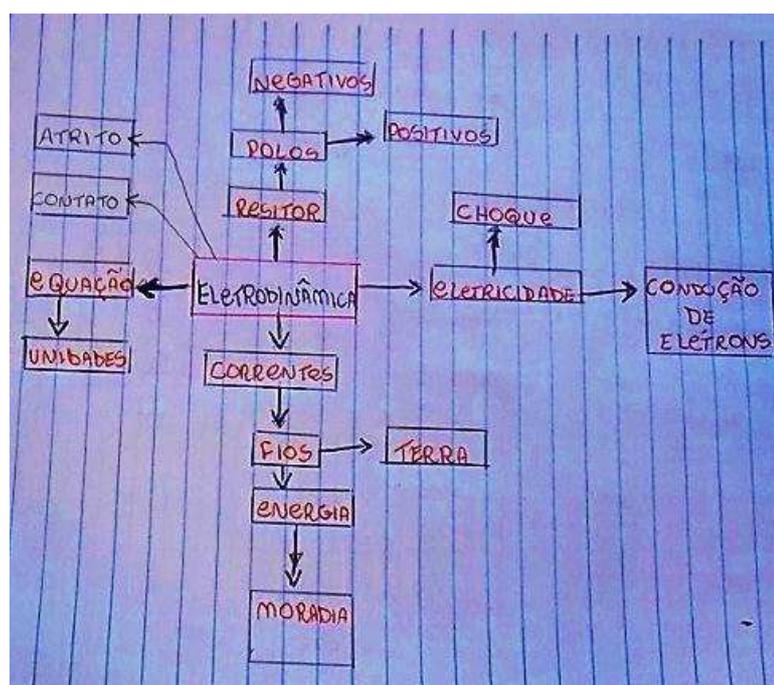
Figura 3.6 – Imagem do mapa conceitual do Grupo D como treinamento.



Fonte: arquivos do autor.

O Grupo E confeccionou um mapa simples (mapa mental), indicando as palavras ligadas com a Eletrodinâmica (Figura 3.7) de acordo com seu conhecimento prévio, os subsunçores. Sendo estes, na parte SUPERIOR: Resistor, polos: positivos e negativos; na parte INFERIOR: Correntes, fios, terra, energia, moradia; à ESQUERDA: Atrito, contato, equação, unidades; e à DIREITA: Eletricidade: choque e condução de elétrons.

Figura 3.7 – Imagem do mapa conceitual do Grupo E como treinamento.



Fonte: arquivos do autor.

3.3 Aula 3 - Atividade 3 – Mapas Conceituais por meio do *CMAP TOOLS*

Objetivo:

Instalar e ensinar os alunos a utilizarem o programa *Cmap Tools*. No caso dos colégios públicos do Estado do Paraná, o programa *Cmap Tools* já está instalado nos computadores do laboratório de informática pelo projeto Paraná Digital.

Essa atividade foi realizada no dia 24/10/2019, com os alunos do 3º ano A e B. Mostrou-se um tutorial básico de como utilizar o software, com os mapas feitos em sala no caderno, ou em uma folha (Atividade 2), os alunos iriam confeccioná-los no programa, com a ajuda do professor, tirando algumas dúvidas em utilizando a ferramentas, visando facilitar para a atividade do pós-teste.

Como apresentado no Capítulo 1, o mapa conceitual foi desenvolvido por Joseph Novak, baseado na teoria da aprendizagem significativa proposto por David Ausubel, ele advém de uma técnica que relaciona conceitos de um determinado tema, representando graficamente o conhecimento com o objetivo de alcançar a aprendizagem significativa. Esse processo ativo, cujo aluno organiza mentalmente o conteúdo relacionando os conceitos para conseguir uma aprendizagem significativa.

Neste trabalho, para construir os mapas conceituais, foi escolhido o software IHMC *Cmap Tools* para trabalhar com os alunos, fazendo uso de uma ferramenta tecnológica para o Produto Educacional (PE). O programa capacita os usuários a construir e organizar os mapas a partir de caixas de diálogos e linhas com frases de ligações entre os conceitos. Para a utilização deste, um tutorial básico foi apresentado aos alunos previamente.

3.3.1 TUTORIAL BÁSICO DO *CMAP TOOLS*

Para confeccionar os mapas conceituais, primeiramente, foi apresentado um tutorial básico para os alunos terem uma noção inicial para trabalhar com o programa. O tutorial segue abaixo: <<https://cmap.ihmc.us/cmaptools/cmaptools-download/>>. Ao acessar tal link em um navegador de internet, os alunos abriram a página da Figura 3.8. Para tanto, faz-se importante ressaltar que antes disso, foi preciso preencher, primeiramente, algumas informações básicas, e posteriormente escolher a versão mais adequada para o seu computador. Os alunos ficaram em dúvida se o software é

pago, pois o IHMC dá opções de doações, mas a ferramenta oferecida é gratuita.

Figura 3.8 – Cópia da tela de download do *Cmap*.

Government Agencies, and at this time the software is being offered free as a beta test version to other users, including commercial users.

Consider donating to keep CmapTools free for schools and universities. [Why donate?](#)

This single CmapTools download includes the following languages: English, Spanish, Italian, Portuguese, French, Greek, Catalan, Euskera, Turkish, Swedish, Finnish, Estonian, Dutch, German, Chinese, Galician, Japanese and Czech. After installed, the program will launch in the language of your Operating System, or in English by default. You can change the language in the Preferences panel once CmapTools is running.

Please fill the following information to obtain authorization to download the IHMC CmapTools:

*Email Address
If you previously registered, only the Email address is needed.

*First Name

*Last Name

*Organization Type

Organization

*Country

*Target OS

5 + 8 =
Please prove you are not a spambot.

Subscribe to the CmapTools mailing list

CmapTools Downloads
Latest version: 6.04

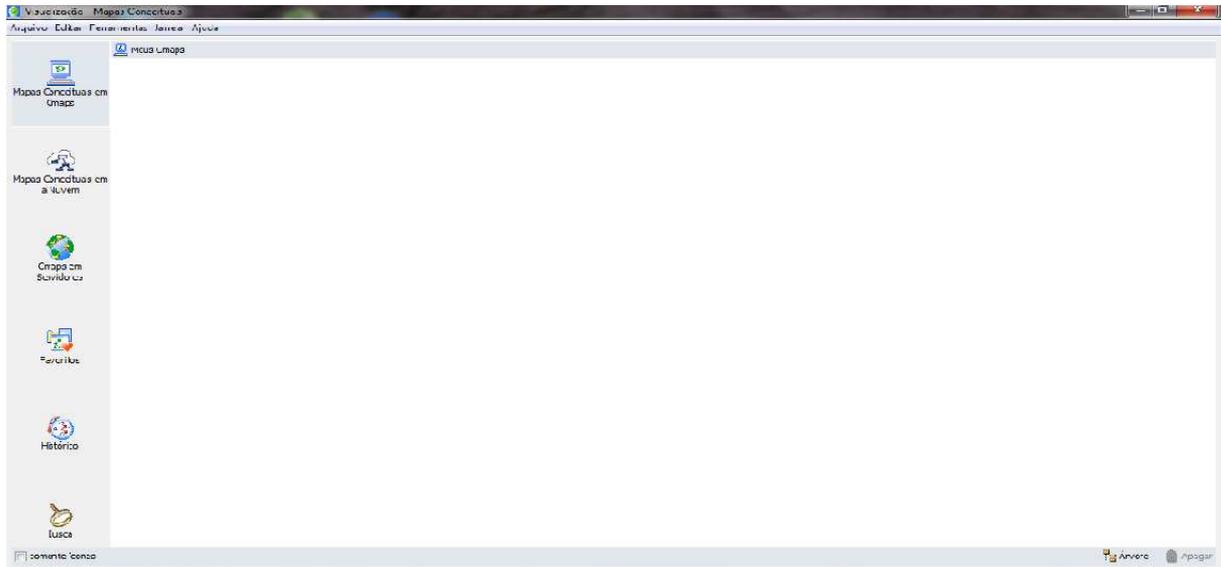
Complete the form to activate your download.

Fonte: <https://cmap.ihmc.us/cmaptools/cmaptools-download/>

No caso dos colégios públicos do Estado do Paraná, o software *Cmap Tools* já está previamente instalado pela SEED nos computadores do laboratório de informática. Isso facilita em mostrar o tutorial básico para os alunos em como confeccionar os mapas conceituais através das ferramentas disponíveis. Caso seja necessário que os alunos instalem em seus computadores pessoais, a partir da Figura 3.8 demonstra como fazer o *download*.

Ao abrir o programa, surgirá a tela inicial (Figura 3.9).

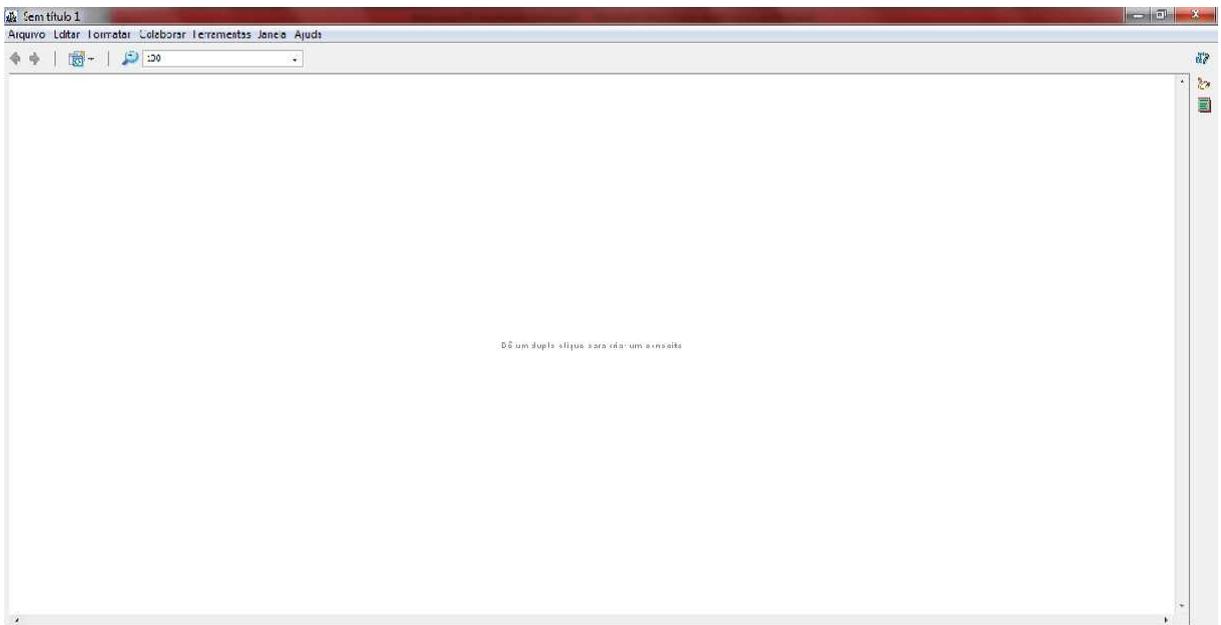
Figura 3.9 – Cópia de tela da imagem da tela inicial do *software Cmap Tools*.



Fonte: arquivos do autor.

Para abrir um novo arquivo (Figura 3.10), clique em “Arquivo”, no *Cmap Tools*.

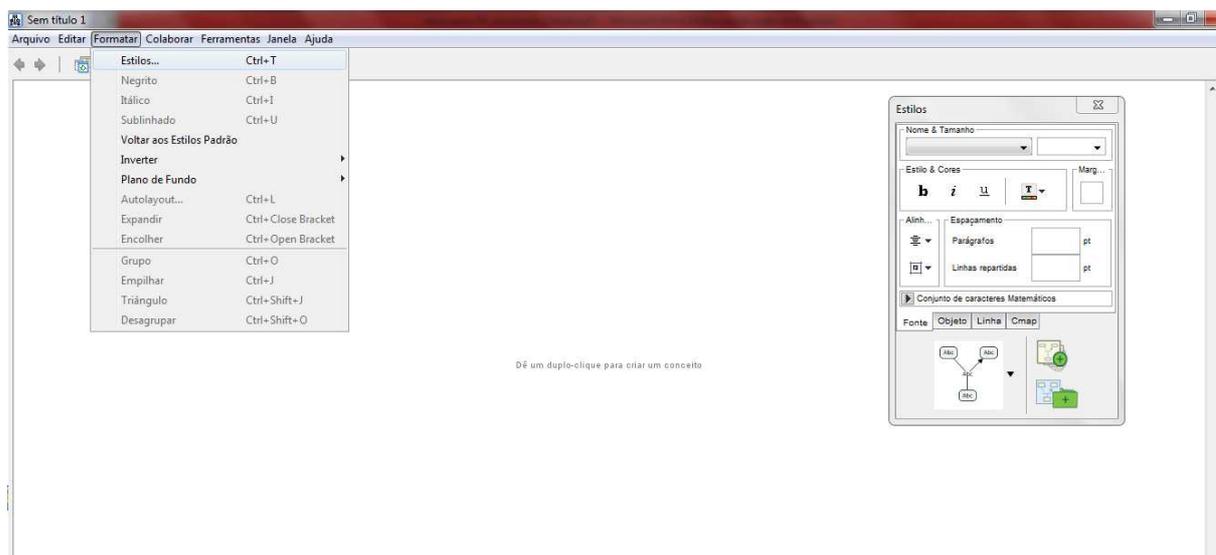
Figura 3.10 – Cópia de tela da imagem da tela inicial para um novo arquivo.



Fonte: arquivos do autor.

Clique em formatar estilo (Figura 3.11) e surgirá a barra de estilos na tela.

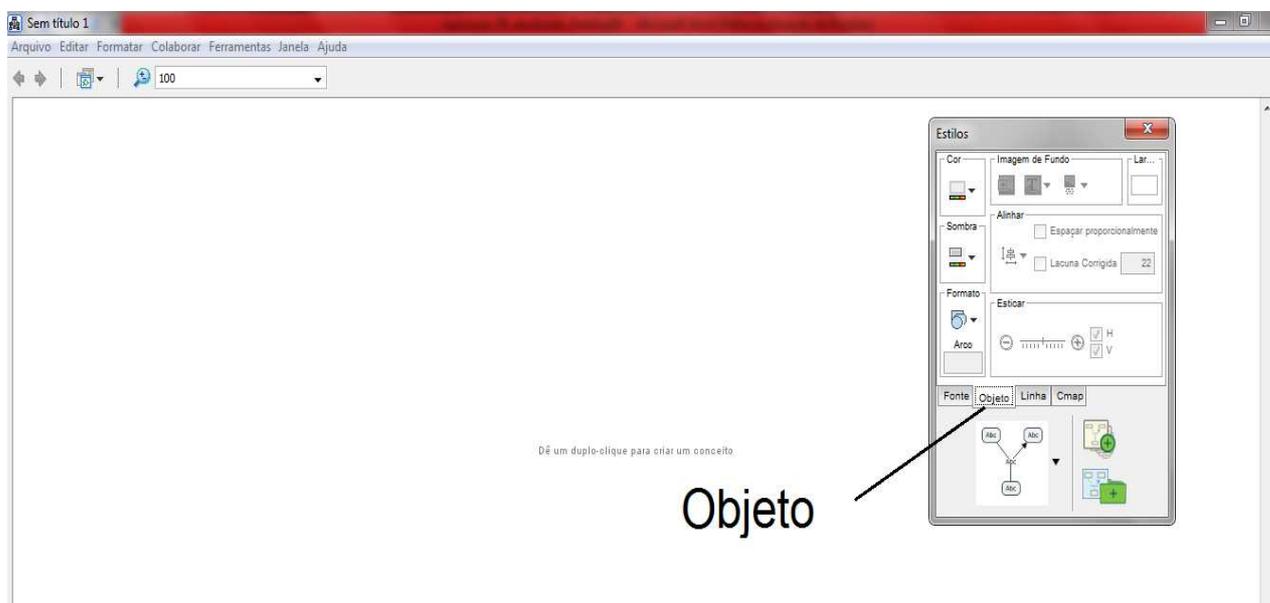
Figura 3.11 – Cópia de tela da imagem de formatação e a barra dos estilos.



Fonte: arquivos do autor.

Na aba objeto (Figura 3.12), há a possibilidade de formatar cor, sombra e o formato da caixa de diálogo.

Figura 3.12 - Cópia de tela da imagem da barra de estilos selecionada em “objeto”.



Fonte: arquivos do autor.

Com um duplo clique na tela (Figura 3.13), aparecerá a caixa de diálogo e na barra de estilos selecione a aba linha.

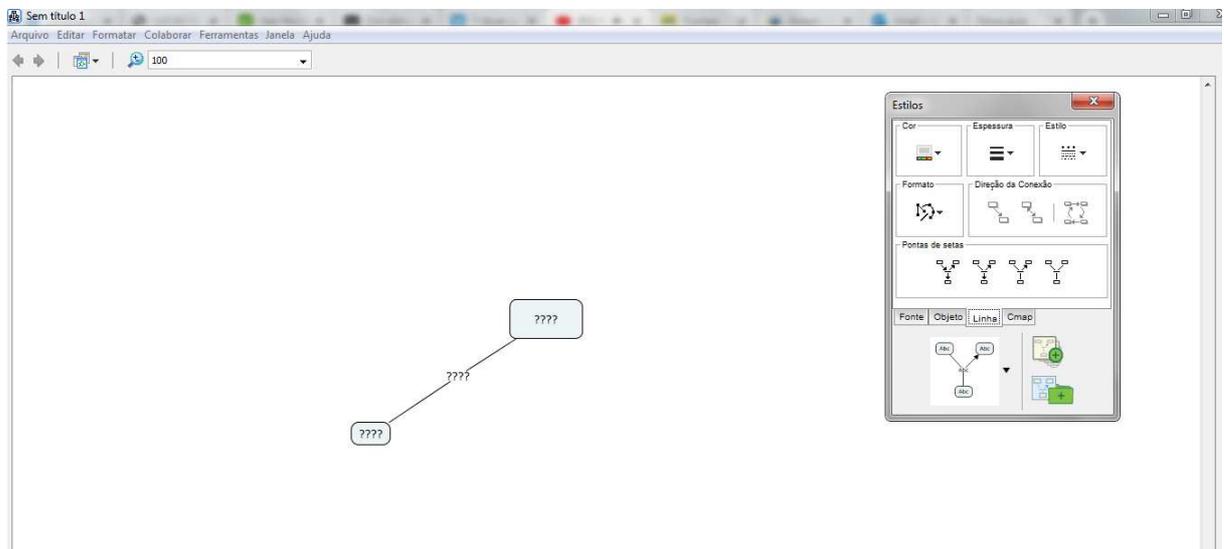
Figura 3.13 – Cópia de tela da imagem, após duplo clique na tela.



Fonte: arquivos do autor.

Clique na dupla seta mostrada acima com o botão esquerdo do mouse e arraste para formar outra caixa de diálogo (Figura 3.14).

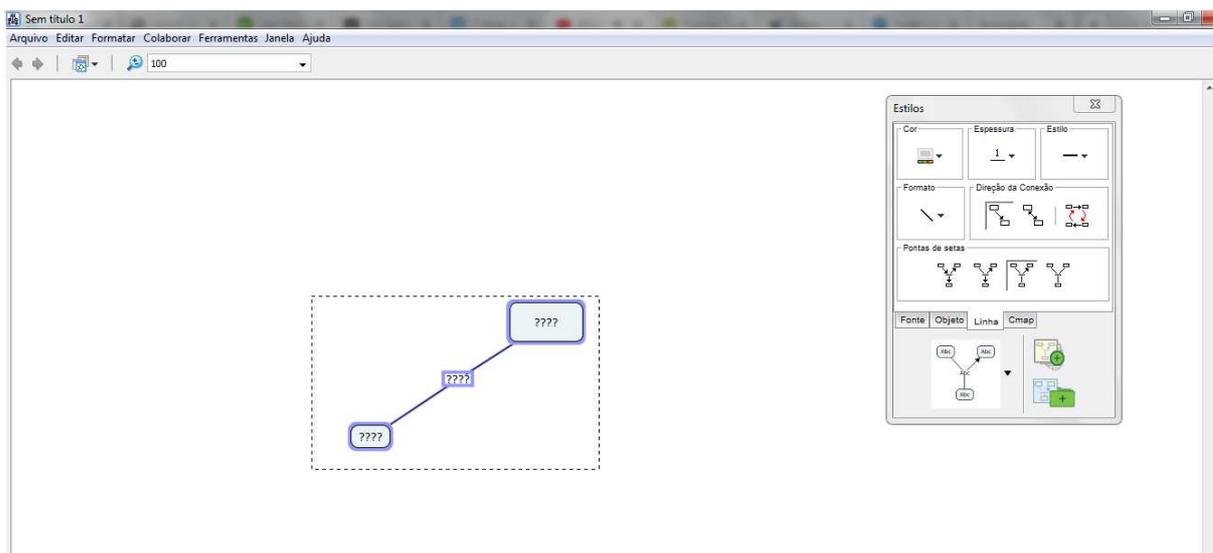
Figura 3.14 – Cópia de tela da imagem após criação de caixas de diálogo.



Fonte: arquivos do autor.

Com o *mouse* pressionado no botão esquerdo (Figura 3.15), selecione a área das caixas de diálogo.

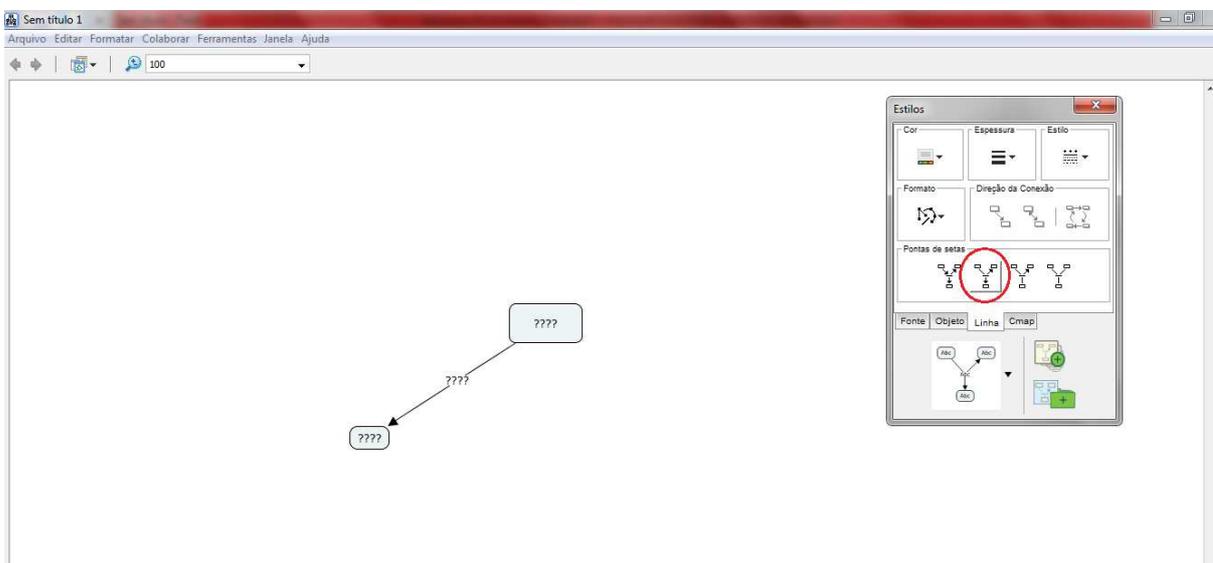
Figura 3.15 – Cópia de tela da imagem após selecionar as caixas de diálogo.



Fonte: arquivos do autor.

Selecione o segundo item da aba linha (Figura 3.16) para ter setas ligadas às linhas.

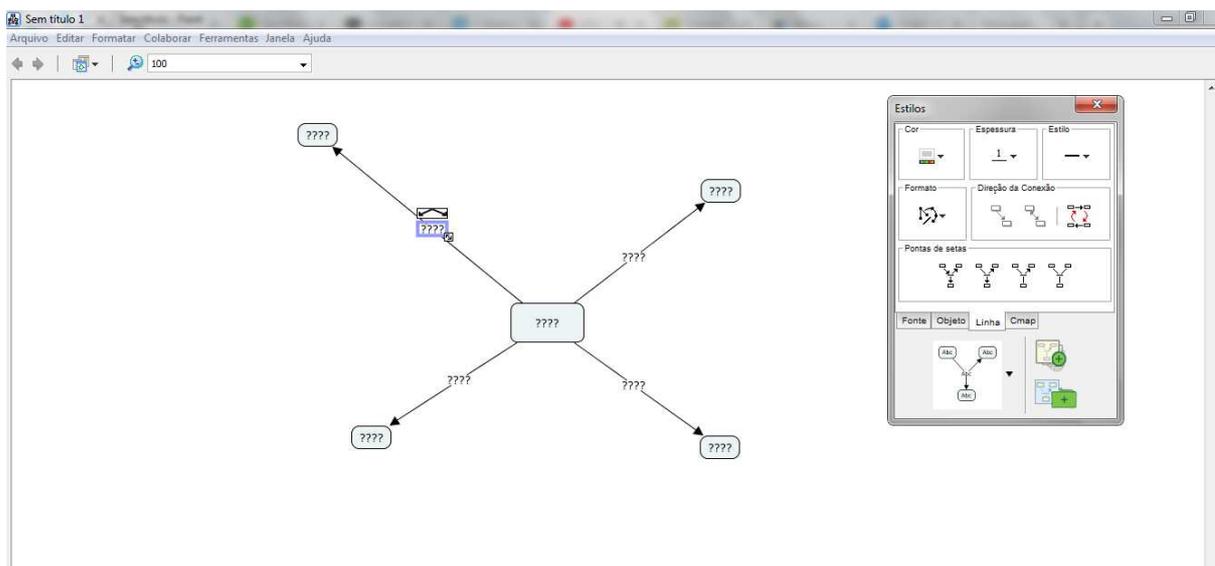
Figura 3.16 – Cópia de tela da imagem sobre a formatação da aba linha.



Fonte: arquivos do autor.

Após isso, poderá criar novas caixas de diálogos (Figura 3.17), como desejar.

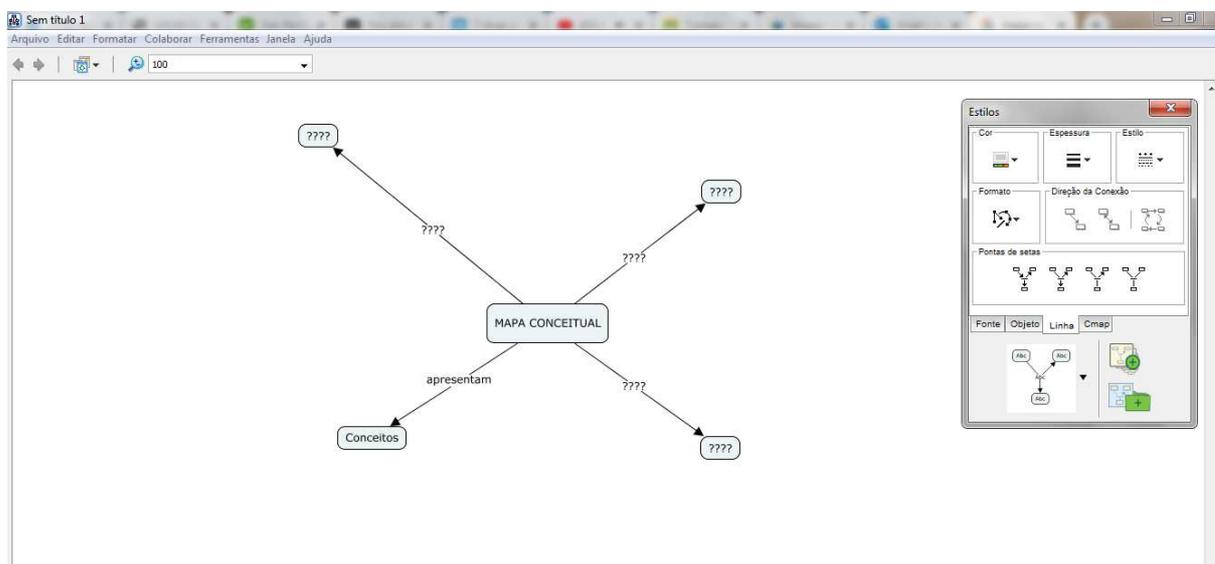
Figura 3.17 – Cópia de tela da imagem, criando outras caixas de diálogo.



Fonte: arquivos do autor.

Nas interrogações (Figura 3.18), preencha com as palavras para seu mapa.

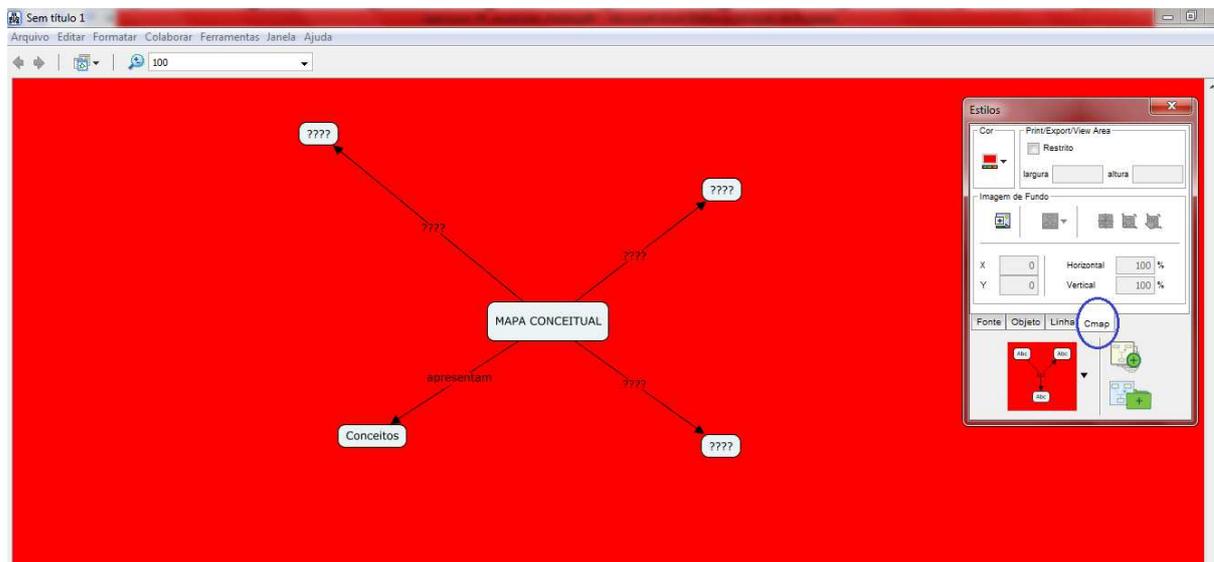
Figura 3.18 – Cópia de tela da imagem preenchendo as caixas de diálogo.



Fonte: arquivos do autor.

Na aba *Cmap* (Figura 3.19), pode-se formatar a cor da tela de fundo.

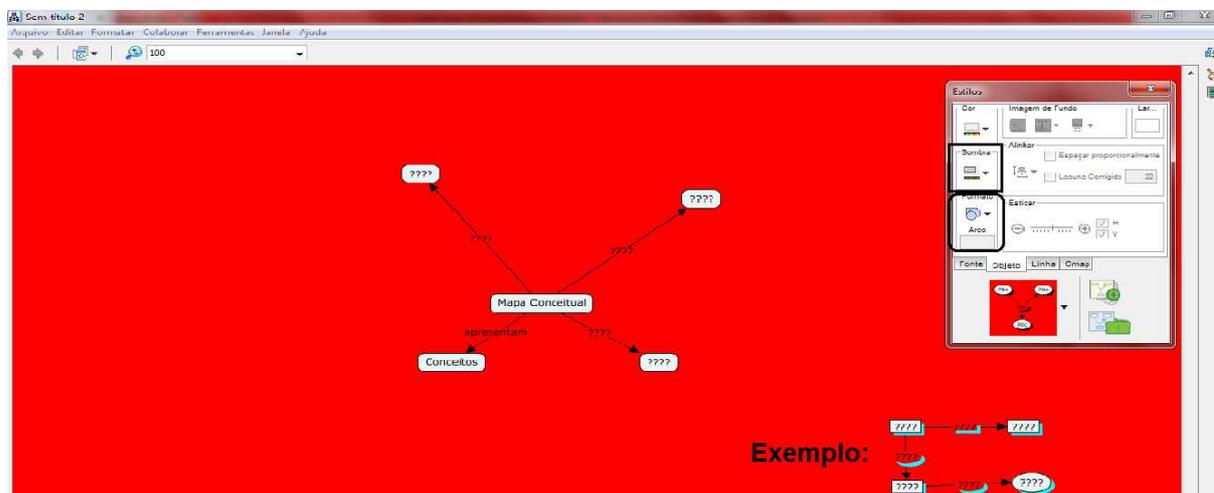
Figura 3.19 – Cópia de tela da imagem selecionando aba *Cmap* selecionando um fundo.



Fonte: arquivos do autor.

Na aba objeto (Figura 3.20), pode-se determinar a cor da caixa de diálogo e a sua forma.

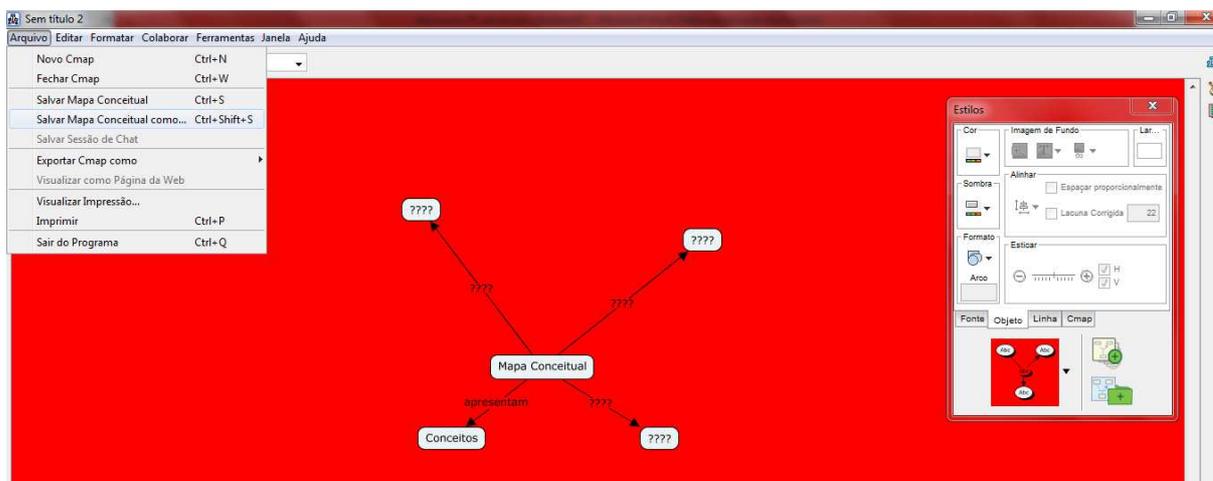
Figura 3.20 – Cópia de tela da imagem, formatando a cor de fundo e forma e cor da caixa de diálogo.



Fonte: arquivos do autor.

Para salvar o mapa conceitual (Figura 3.21), clique sob o ícone “Arquivos” e depois em “Salvar Mapa Conceitual”, que tudo o que foi feito ficará salvo no próprio programa, de modo que quando o *Cmap* for reaberto, o arquivo estará salvo.

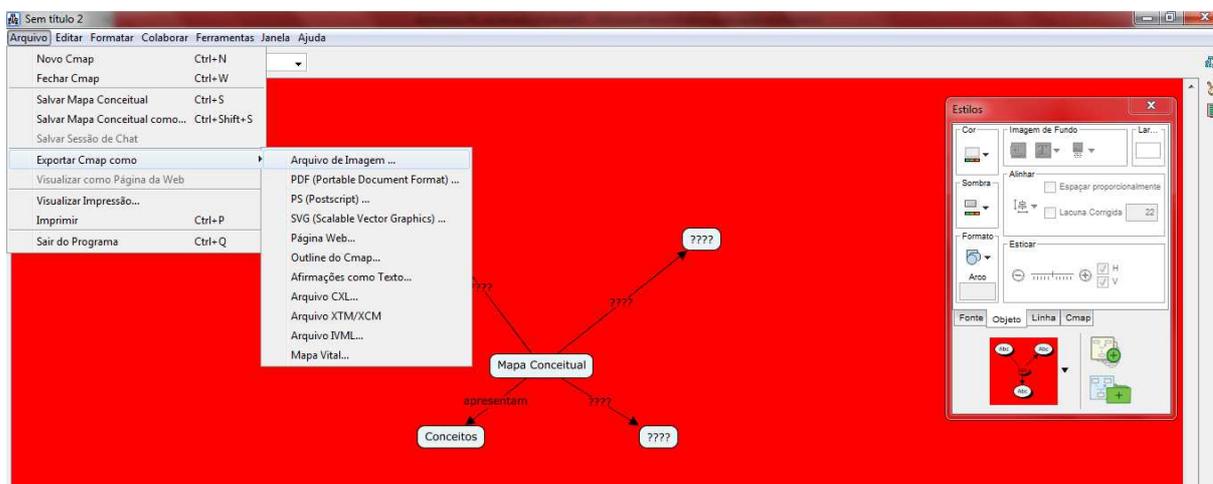
Figura 3.21 – Cópia de tela da imagem indicando os comandos de como salvar o mapa conceitual.



Fonte: arquivos do autor.

Para exportar como figura ou pdf (Figura 3.22), em “Arquivos” selecione “Salvar Mapa Conceitual como” e escolha uma das opções que estão disponíveis.

Figura 3.22 - Cópia de tela da imagem exportar mapa como figura ou pdf.



Fonte: arquivos do autor.

Após apresentar o tutorial básico do *Cmap Tools* aos alunos, no laboratório de informática do colégio, os alunos, divididos em seus respectivos grupos, realizaram a confecção do pré-teste no programa. Eles tiveram alguns empecilhos em formatar ou organizar o mapa pelo programa por falta de prática, mas tudo isso foi facilmente resolvido com a ajuda do professor, pois o *Cmap* é um software prático e de interface simples.

O laboratório de informática do colégio aplicado tinha computadores para todos

os alunos, a não ser por um detalhe: a sala é dividida em máquinas mais recentes (que não tem o *Cmap* instalado, sem permissão para instalar) e as máquinas antigas (com *Cmap* instalado). Duas fileiras de computadores não estavam funcionando (Figura 3.23) e, assim, os grupos se dividiram para fazer o mapa nas máquinas disponíveis.

Figura 3.23 – Imagem fotográfica dos alunos fazendo o pré-teste no *Cmap Tools* no laboratório de informática.



Fonte: arquivos do autor.

Houve grupos que optaram por fazer o mapa em seus computadores pessoais, já outros fizeram um rodízio com outros grupos, durante a aula, para confeccionar o mapa. De forma geral os alunos conseguiram fazer a atividade sem problemas aparentes, afinal, uma geração tecnológica não apresenta dificuldades em trabalhar com softwares novos, pois os jovens demonstram confiança e sabem o que estão fazendo, logo o tutorial básico é para apresentar o programa, visualizar e mostrar seus comandos. A partir disso, os alunos mostraram domínio e segurança ao usá-lo (Figura 3.24).

Figura 3.24 – Registro dos alunos fazendo o pré-teste no *Cmap Tools* no laboratório de informática, domínio ao trabalhar com o programa.



Fonte: arquivos do autor.

3.4 Aulas 4 e 5 - Atividade 4 - Aplicação do Aparato experimental

Objetivo:

Aplicar um equipamento para apresentação gráfica das curvas de corrente pela tensão de diferentes componentes (resistores, lâmpadas, LDR, termistores, diodos, LEDs, transistores).

Essa atividade foi realizada nos dias 28/10/2019 e 31/10/2019, com os alunos do 3º ano A e B. Os alunos em seus respectivos grupos aplicaram o experimento com resistores e LEDs variando a tensão pelo *Joystick*, observava o gráfico no *display*.

Os grupos foram divididos em 3 ou 4 alunos, com os materiais dispostos em uma mesa central, aplicaram experimentalmente no circuito resistores e LEDs, como na Figura 3.25 uma integrante mostra o *display* para as demais do grupo, com a supervisão do professor.

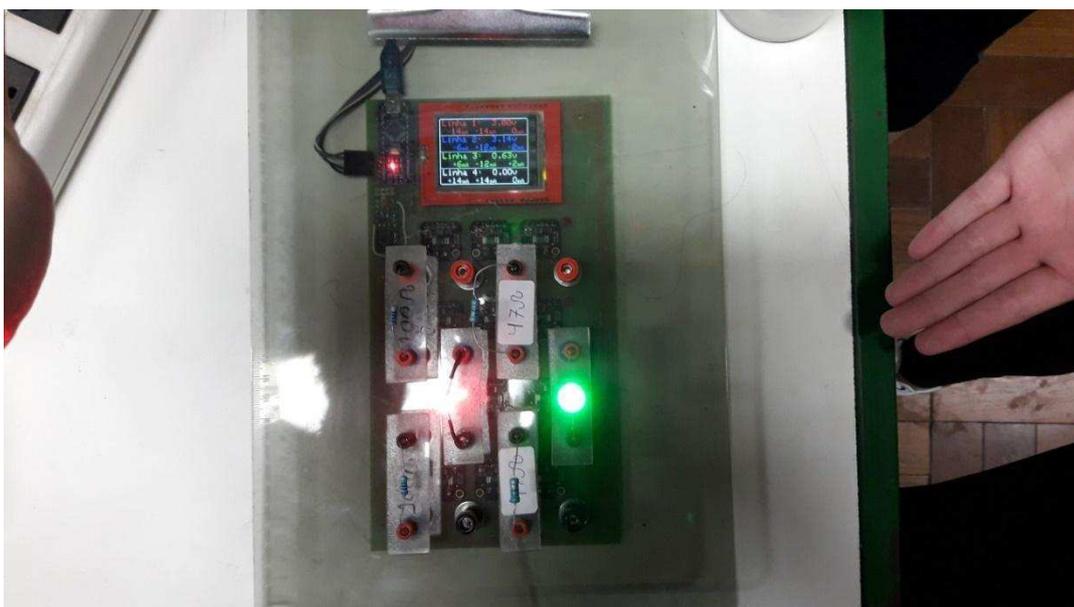
Figura 3.25 – Registro da aplicação do PE, o grupo realizou o experimento e observou o resultado no *display*.



Fonte: arquivos do autor.

Os alunos estavam livres para montar o circuito com apenas resistores, ou também com os LEDs. Na Figura 3.26 tem a configuração de uma montagem com resistores e LEDs verde e vermelho, com o *display* mostrando a intensidade da corrente elétrica e a tensão em cada uma das linhas.

Figura 3.26 – Registro da aplicação do PE, o circuito montado com resistores e LEDs.



Fonte: arquivos do autor.

Outro grupo montou o circuito com apenas resistores (Figura 3.27), variando a tensão através do Joystick e observando a leitura da intensidade de corrente elétrica e a tensão nas linhas pelo *display*. Os alunos montaram o circuito com resistores de baixa e alta resistência.

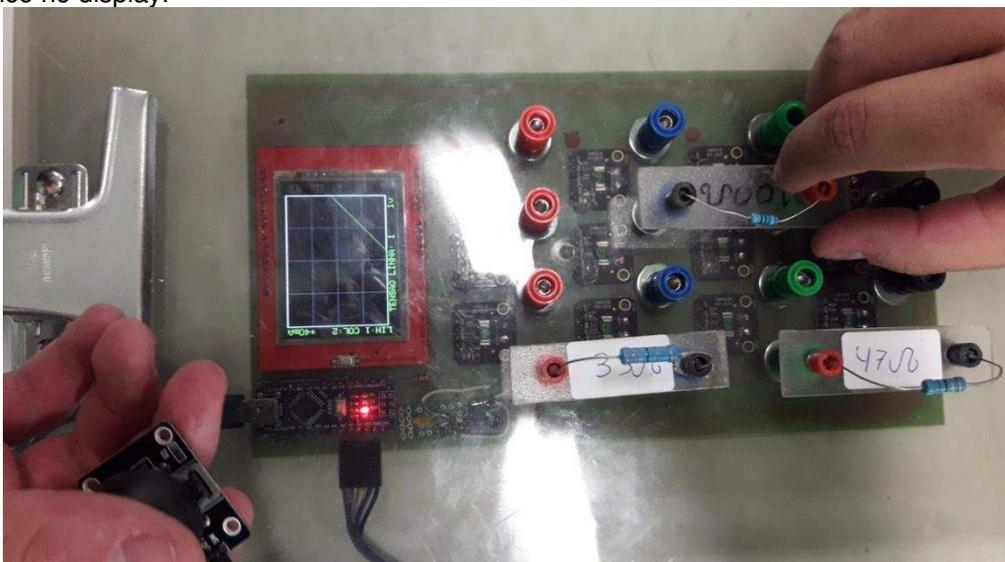
Figura 3.27 – Registro da aplicação do PE, circuito montado com resistores de resistência variada.



Fonte: arquivos do autor.

Na parte experimental, muitos alunos queriam visualizar o melhor gráfico, e assim começavam a montagem com apenas resistores, testando com resistores de resistências diversas e com uso do Joystick variando e mudando os gráficos (Figura 3.28) pelas linhas do circuito.

Figura 3.28 – Aplicação do PE, circuito montado com resistores e o gráfico no display.



Fonte: arquivos do autor.

3.5 Aulas 6 e 7 - Atividade 5 - Construção do mapa conceitual

Objetivo:

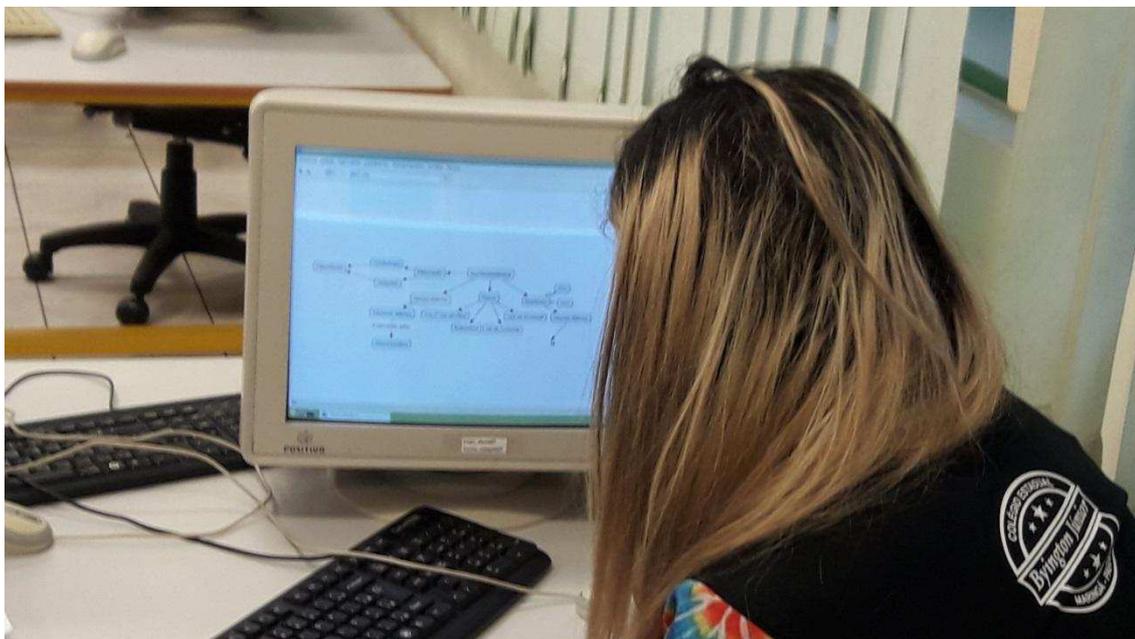
Confeccionar os mapas conceituais (Pós-Teste) no programa.

Essa atividade foi realizada no dia 04/11/2019, com os alunos do 3º ano A e B. Os alunos em seus respectivos grupos construíram os mapas conceituais diretamente no programa *Cmap Tools*, após a atividade anterior (Atividade 4) de aplicação do experimento.

Após o pré-teste feito em uma folha de papel e ter sido repassado para o *Cmap*, o pós-teste foi realizado direto no programa, pois já praticaram anteriormente e não apresentaram dificuldades em fazer diretamente no software. Os alunos acharam isso mais prático, pois na folha é preciso apagar e arrumar, deixando borrado, já no *Cmap*, apagar e organizar o mapa é mais fácil.

Na Figura 3.29, vemos a aluna concentrada fazendo seu pós-teste com tranquilidade para ser realizada em 2 aulas. Muitos não precisam desse tempo, mas como alguns computadores reiniciam sozinhos e perdiam o mapa, pois não salva automaticamente, mas o tempo para confecção foi suficiente.

Figura 3.29 – Registro do Pós-Teste do mapa conceitual no *Cmap Tools*.



Fonte: arquivos do autor.

3.6 Aula 9 - Atividade 6 - Pós-Teste

Essa atividade serviu para verificação da aprendizagem significativa após a construção do mapa conceitual pelo aluno. Assim, analisou-se os mapas, discutiu-se sobre os mapas com a turma, sanando algumas dúvidas e fazendo algumas correções com a ajuda dos alunos do mesmo grupo, ou de outro. A participação de todos teve um ótimo resultado, pois puderam corrigir alguns equívocos ou até mesmo sugerir algumas mudanças para melhorar os mapas.

Capítulo 4 - Resultados e Análise dos Resultados

Neste capítulo são narrados os resultados e análise dos resultados, baseado nos mapas conceituais confeccionados no *Cmap Tools* como Pré-Teste e Pós-Teste, diante de toda a dificuldade ocorrida na aplicação do PE. A aplicação do PE resultou em algumas dificuldades durante o processo. A principal foi o uso do laboratório de informática, apenas metade dos computadores tinha o *software Cmap Tools* instalado, e menos da metade funcionava, precisando de muita paciência e mais tempo. A situação foi contornada com uma iniciativa dos alunos, alguns optaram por fazer em seu próprio computador em casa, mas como havia alunos que só teriam acesso no colégio, estes utilizaram os que estavam funcionando adequadamente.

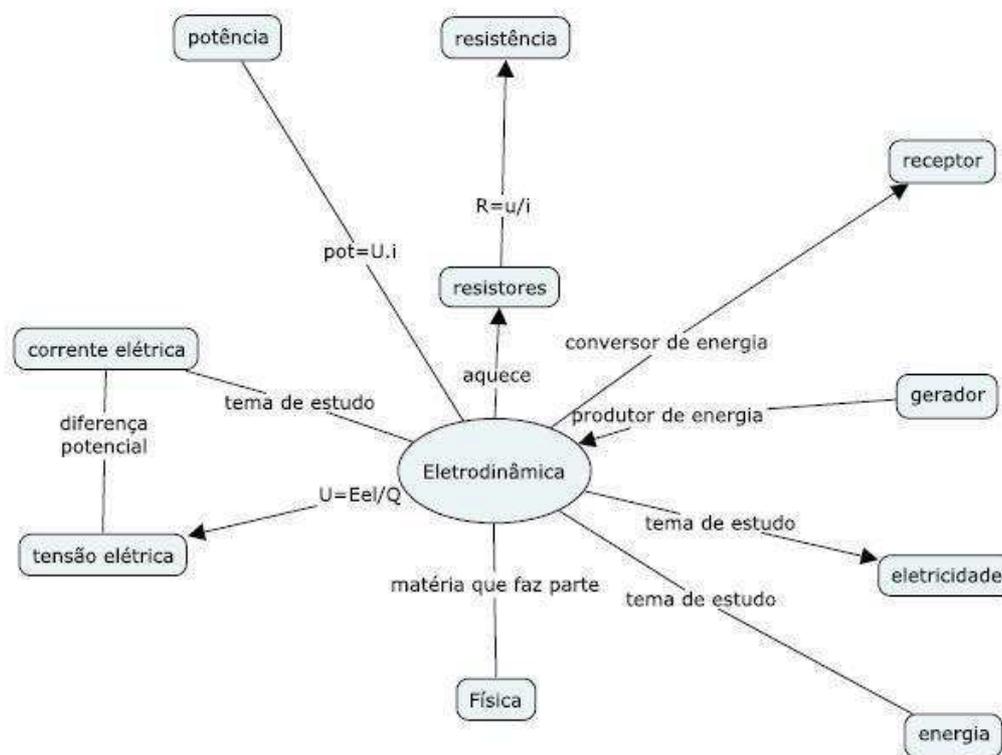
Na atividade experimental o que mais me chamou atenção, como docente, foi a curiosidade e participação daqueles alunos que normalmente não se manifestavam nas aulas tradicionais expositivas. Na conversa com outros colegas docentes, ficaram sabendo que iria aplicar meu produto nessas turmas, indagaram se daria certo, pois eram turmas desinteressadas em suas aulas, era mais um motivo desafiador em saber se a proposta didática poderia ser potencialmente significativa.

A intenção de testar resistores e LEDs diferentes, assim como uma corrente elétrica com valores diferentes, para visualizar o que de diferente aconteceria no gráfico mostrado no *display*. Desafiá-los a montar circuitos em série e paralelo, acender os LEDs, aumentar o brilho dos mesmos.

Somente lembrando que no ensino médio da ddp/tensão é anotada pela letra U e não como V conforme foi utilizado no Capítulo 1 e 2.

O **Grupo A** confeccionou um mapa tipo radial, na atividade 2 em sala de aula, feito em uma folha separada ou no caderno, pois era um processo de entendimento como é confeccionado um mapa conceitual e posteriormente realizaria o Pré-Teste no *Cmap*. Indicando as palavras ligadas com a Eletrodinâmica (Figura 4.1) de acordo com seu conhecimento prévio, os subsunçores. Sendo estes: à ESQUERDA: Potência, corrente elétrica, tensão elétrica e à DIREITA: Receptor, gerador, eletricidade, energia e SUPERIOR: Resistores, resistência e INFERIOR: Física.

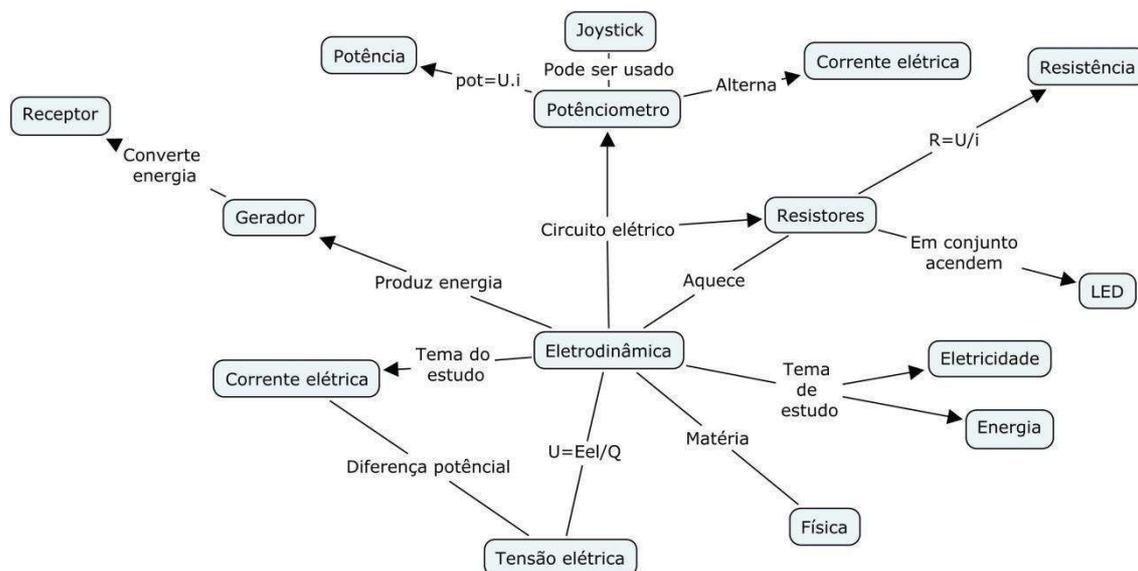
Figura 4.1 – Cópia do Pré-Teste do Grupo A de um mapa conceitual “Eletrodinâmica”.



Fonte: arquivos do autor.

O **Grupo A** confeccionou um mapa com algumas palavras de ligação no Pré-Teste e após a aplicação do experimento foi confeccionado um Pós-Teste (Figura 4.2). Indicando as palavras ligadas com a Eletrodinâmica de acordo com seu conhecimento prévio, os subsunçores. Sendo estes: à ESQUERDA: Potência, gerador, corrente elétrica, receptor e à DIREITA: Corrente elétrica, resistores, Física, eletricidade, energia, resistência, LED e SUPERIOR: Potenciômetro, Joystick e INFERIOR: Tensão elétrica.

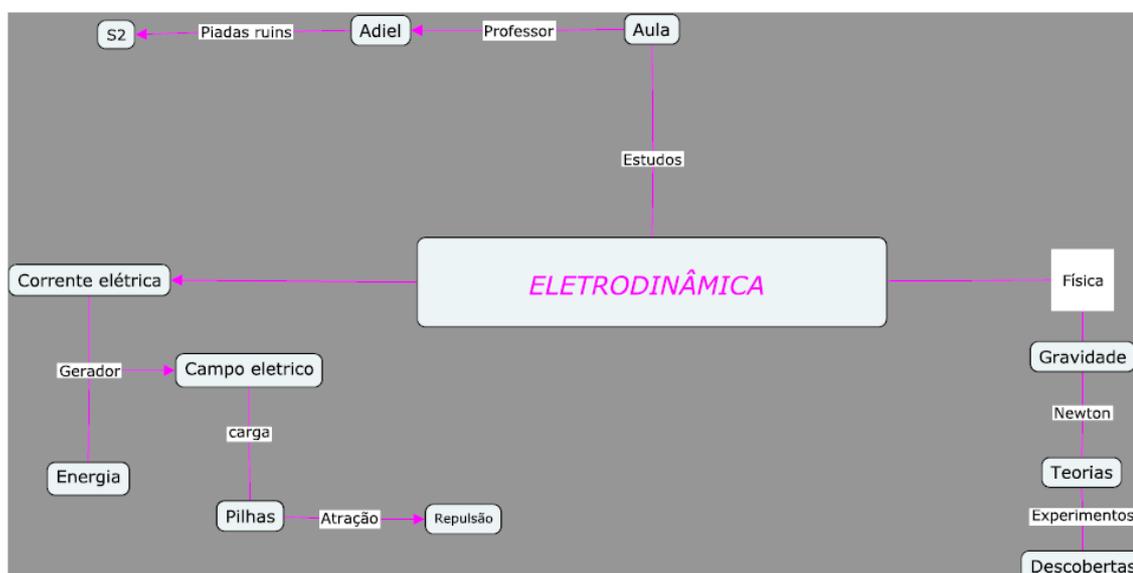
Figura 4.2 – Cópia do Pós -Teste Grupo A após aplicação do produto educacional.



Fonte: arquivos do autor.

O **Grupo B** confeccionou um mapa conceitual mais direto, como se fosse um mapa mental, indicando as palavras ligadas com a Eletrodinâmica (Figura 4.3) de acordo com seu conhecimento prévio, os subsunçores. Sendo estes: SUPERIOR: Aula, Adiel (se referindo ao professor) à ESQUERDA: Corrente elétrica, energia, campo elétrico, repulsão, pilhas, S2 e à DIREITA: Física, gravidade, teorias, descobertas. Nesse pré-teste percebe-se a sinceridade da aluna em lembrar-se das piadas, ao fazer o mapa. E também, reservou um espaço para outras vertentes da Física, como a gravidade.

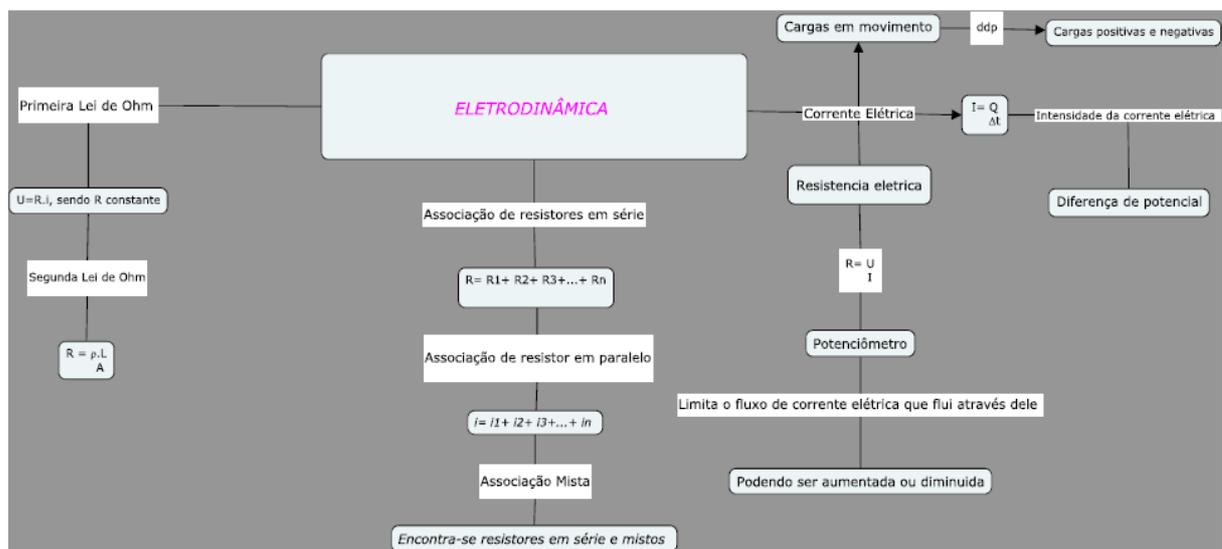
Figura 4.3 – Cópia do Pré-Teste do Grupo B de um mapa conceitual “Eletrodinâmica”.



Fonte: arquivos do autor.

O **Grupo B** confeccionou um mapa conceitual indicando as palavras ligadas com a Eletrodinâmica (Figura 4.4) de acordo com seu conhecimento prévio, os subsunçores. Sendo estes: INFERIOR: $R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$, $i = i_1 + i_2 + i_3 + \dots + i_n$, Encontram-se resistores em série e mistos à ESQUERDA: $U = Ri$, sendo R constante, $R = \rho \frac{L}{A}$, e à DIREITA: Cargas em movimento, resistência elétrica, potenciômetro, podendo ser aumentada ou diminuída, cargas positivas e negativas, diferença de potencial, $i = \frac{Q}{\Delta t}$.

Figura 4.4 - Cópia do Pós -Teste Grupo B após aplicação do produto educacional.



Fonte: arquivos do autor.

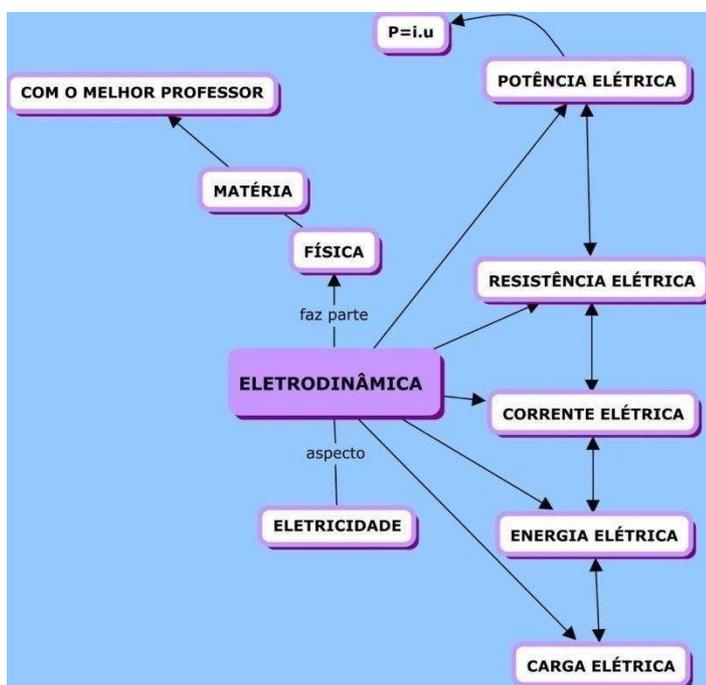
No pós-teste sobre o mapa conceitual, comparando com o pré-teste, foi possível concluir que os alunos têm enraizado que o conhecimento no âmbito da Física se resume em saber suas equações que os mesmos chamam por “fórmulas”. Isso tudo deve ao fato de como a disciplina foi estudada durante o ensino médio, fórmulas, exercícios e sempre de uma maneira mecanizada, a aprendizagem mecânica. Assim, percebe-se a dificuldade em quebrar esse padrão e ver a Física por uma visão conceitual.

Os alunos com essas características têm pavor das disciplinas de exatas, pois tudo que envolve cálculo evita ao máximo. Esse desânimo corta a possibilidade da predisposição a aprender e posteriormente a aprendizagem significativa, mas com materiais potencialmente significativos facilita esse processo para resgatar esse aluno, mas é evidente que não é fácil, pois colocou uma barreira em seus significados,

sendo necessário criar pontes para alcançar sentido nesses alunos.

Neste próximo pré-teste (Figura 4.5), realizado pelo **Grupo C**, manteve-se o mapa realizado em sala de aula em uma folha, sem alterações. Esse grupo confeccionou um mapa conceitual indicando as palavras ligadas com a Eletrodinâmica de acordo com seu conhecimento prévio, os subsunçores. Sendo estes: SUPERIOR: Física, matéria, com o melhor professor, INFERIOR: Eletricidade e à DIREITA: Carga elétrica, energia elétrica, corrente elétrica, resistência elétrica, potência elétrica, $P = iU$.

Figura 4.5 – Transcrição feita pelo autor do Pré-Teste do Grupo C de um mapa conceitual “Eletrodinâmica”.



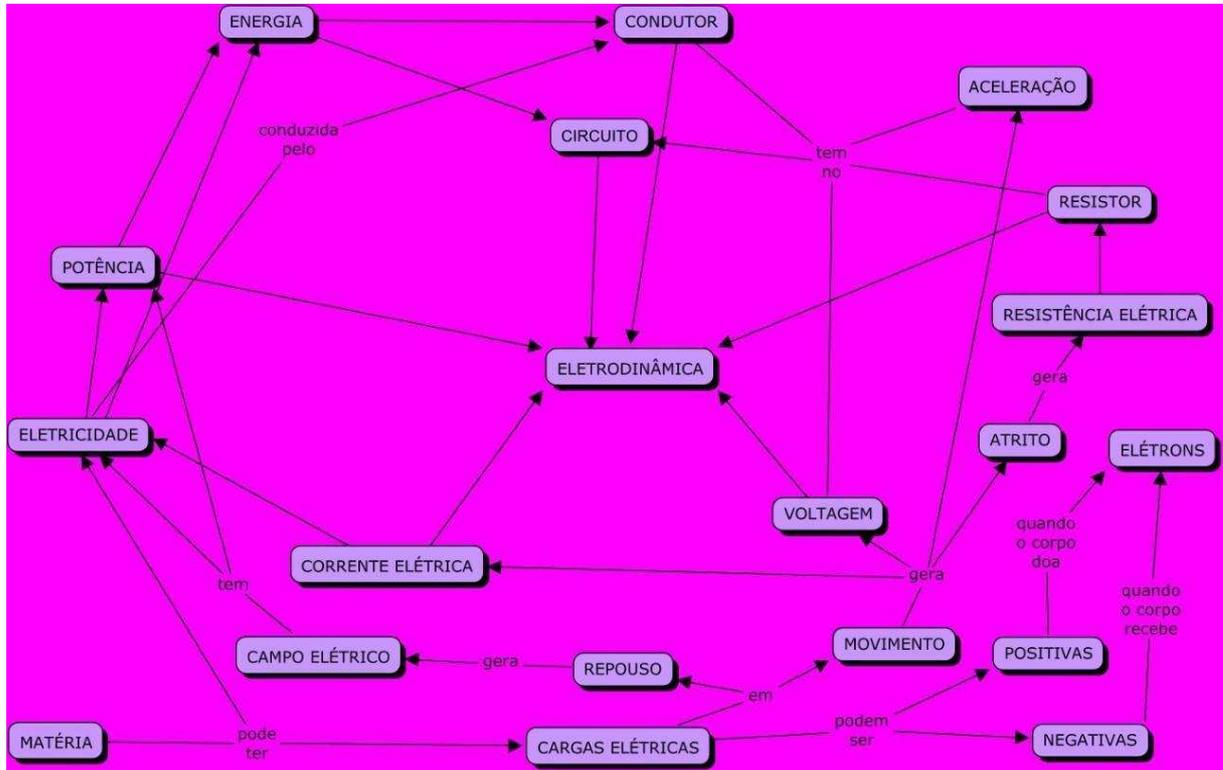
Fonte: arquivos do autor.

O **Grupo C** confeccionou um mapa com algumas palavras de ligação no Pré-Teste e após a aplicação do experimento foi confeccionado um Pós-Teste (Figura 4.6). Indicando as palavras ligadas com a Eletrodinâmica de acordo com seu conhecimento prévio, os subsunçores. Sendo estes: à ESQUERDA: Energia, potência, eletricidade, corrente elétrica, campo elétrico, matéria e à DIREITA: aceleração, resistor, resistência elétrica, atrito, voltagem, movimento, positivas, negativas, elétrons e SUPERIOR: Circuito, condutor e INFERIOR: Repouso e cargas elétricas.

Observa-se que o mapa conceitual teve um aumento nos conceitos derivados da eletrodinâmica. As palavras de ligação entre os conceitos sempre tentando relacioná-los como uma teia. Comparando com o pré-teste, renovou seu mapa

conceitual, diferente da anterior que manteve seu padrão, utilizando também recursos do Cmap como escolhendo uma cor de fundo para o mapa, demonstrando como se sentiu à vontade em explorar suas funções.

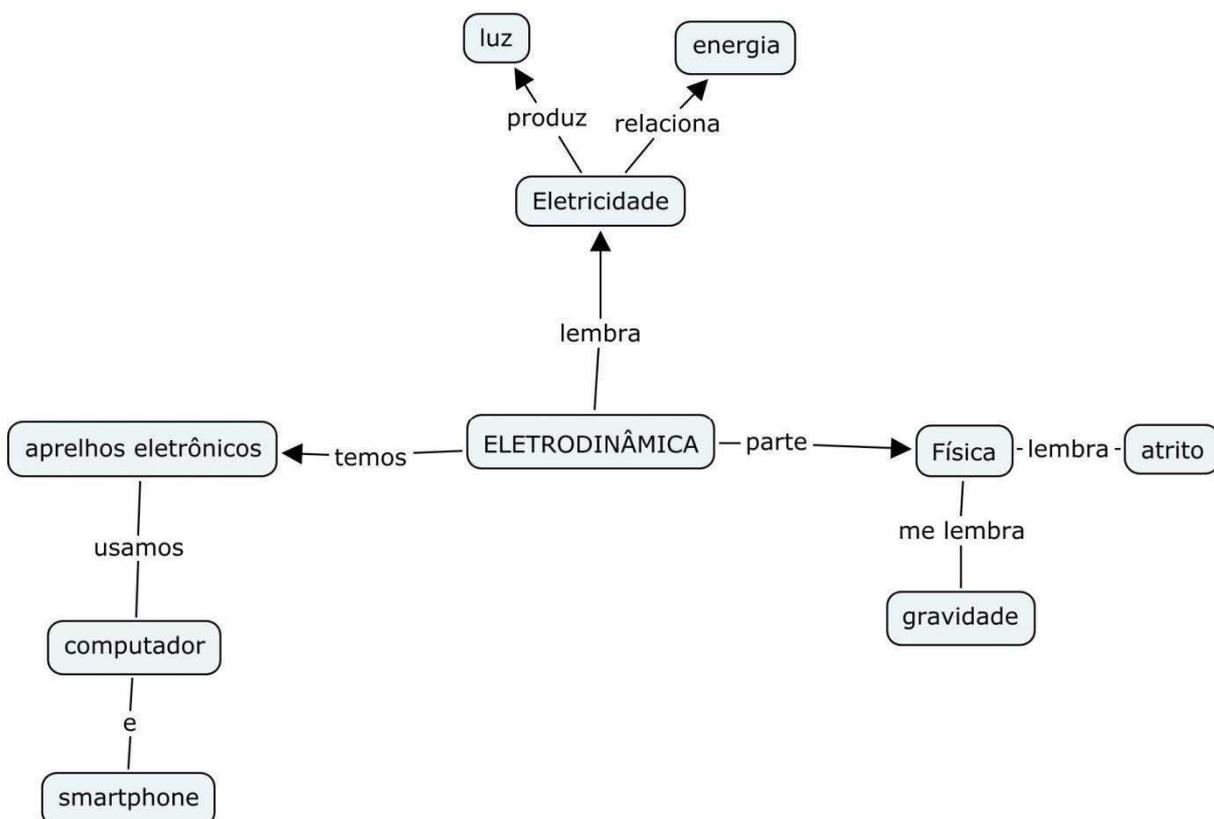
Figura 4.6 - Cópia do Pós -Teste Grupo C após aplicação do produto educacional.



Fonte: arquivos do autor.

O **Grupo D** confeccionou um mapa conceitual com palavras de ligação entre os conceitos indicando as palavras ligadas com a Eletrodinâmica (Figura 4.7) e chama atenção na parte esquerda do mapa o grupo mencionou aparelhos relacionados a TDICs e de acordo com seu conhecimento prévio, os subsunçores. Sendo estes: SUPERIOR: Eletricidade, energia, luz, à ESQUERDA: aparelhos eletrônicos, computador, smartphone e à DIREITA: Física, gravidade e atrito.

Figura 4.7 – Cópia do Pré-Teste do Grupo D de um mapa conceitual “Eletrodinâmica”.

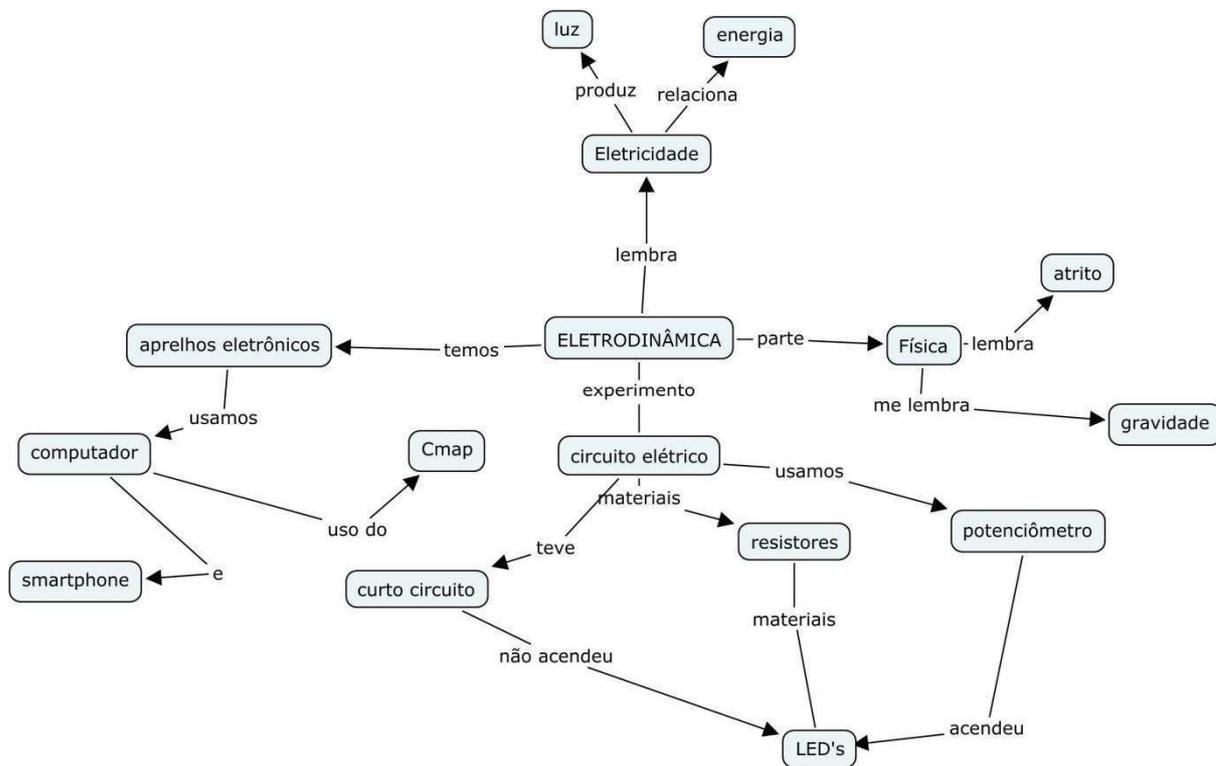


Fonte: arquivos do autor.

No pós-teste (Figura 4.8) do **Grupo D**, o mapa conceitual teve um aumento dos conceitos derivados da eletrodinâmica, com palavras de ligação entre os conceitos. Comparando com o pré-teste, no mapa permaneceram como base os conceitos estabelecidos no pré-teste, após a aplicação do experimento, percebe-se novos conceitos derivando do tema central relacionado com o produto educacional utilizando também recursos do *Cmap* para organizar seu esquema com conceitos e palavras de ligação mais próxima do que espalhado como no pré-teste.

Percebem-se mais informações derivadas do tema central e, além disso, alguns conceitos usados na aplicação do experimento como circuito elétrico, curto circuito, resistores, LEDs, potenciômetro e do lado esquerdo relacionado *Cmap* as TDICs.

Figura 4.8 – Cópia do Pós -Teste Grupo D após aplicação do produto educacional.

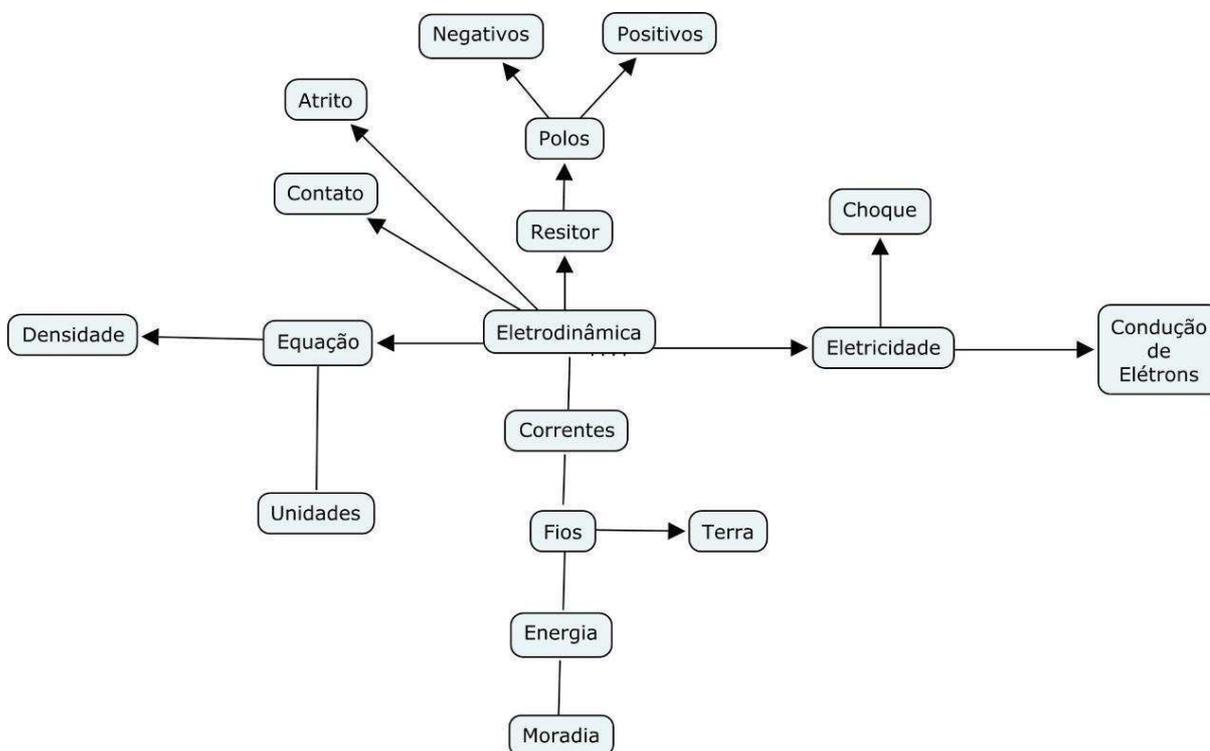


Fonte: arquivos do autor.

O **Grupo E** confeccionou um mapa conceitual sem palavras de ligação entre os conceitos com a Eletrodinâmica de acordo com seu conhecimento prévio, os subsunçores. Figura 4.9. Sendo estes: SUPERIOR: Resistor, polos, negativos, positivos e INFERIOR: Correntes, fios, terra, energia, moradia e à DIREITA: Eletricidade, choque, condução de elétrons e à ESQUERDA: Contato, atrito, equação, unidades e densidade.

Esse mapa sem palavras de ligação reflete e reforça como a Física é passada na escola de uma forma expositiva e com ensino tradicionalista em favorecer a resolução de exercícios a partir de equações, pois “Equação” e “unidades” foram relacionadas ao tema central Eletrodinâmica.

Figura 4.9 – Cópia do Pré-Teste do Grupo E de um mapa conceitual “Eletrodinâmica”.

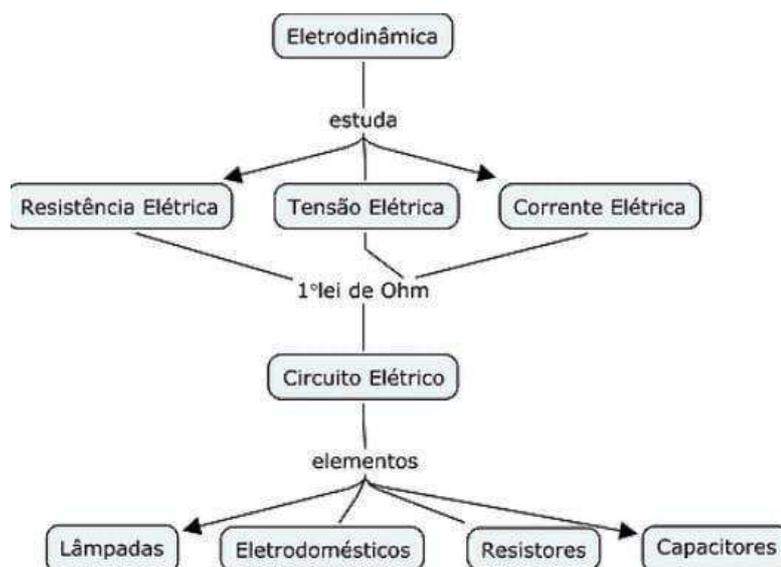


Fonte: arquivos do autor.

O **Grupo E** confeccionou um mapa mental no Pré-Teste e após a aplicação do experimento foi confeccionado um Pós-Teste (Figura 4.10). Indicando as palavras ligadas com a Eletrodinâmica de acordo com seu conhecimento prévio, os subsunçores. Sendo estes: à ESQUERDA: resistência elétrica, lâmpadas e à DIREITA: corrente elétrica, resistores, capacitores e INFERIOR: Tensão elétrica, circuito elétrico e eletrodomésticos.

No Pós-teste da Figura 4.10, percebe-se como estavam acostumados a fazer um mapa mental em outras disciplinas e por falta de prática em fazer mapas conceituais apresentou dificuldade que inibiram em confeccioná-los, o tema “Eletrodinâmica” foi colocado na parte superior e os demais conceitos abaixo dele, mas alguns conceitos usados na aplicação do experimento foram registrados no pós-teste e também abrangendo aparelhos do seu cotidiano.

Figura 4.10 – Cópia do Pós-teste do Grupo E após aplicação do produto educacional.



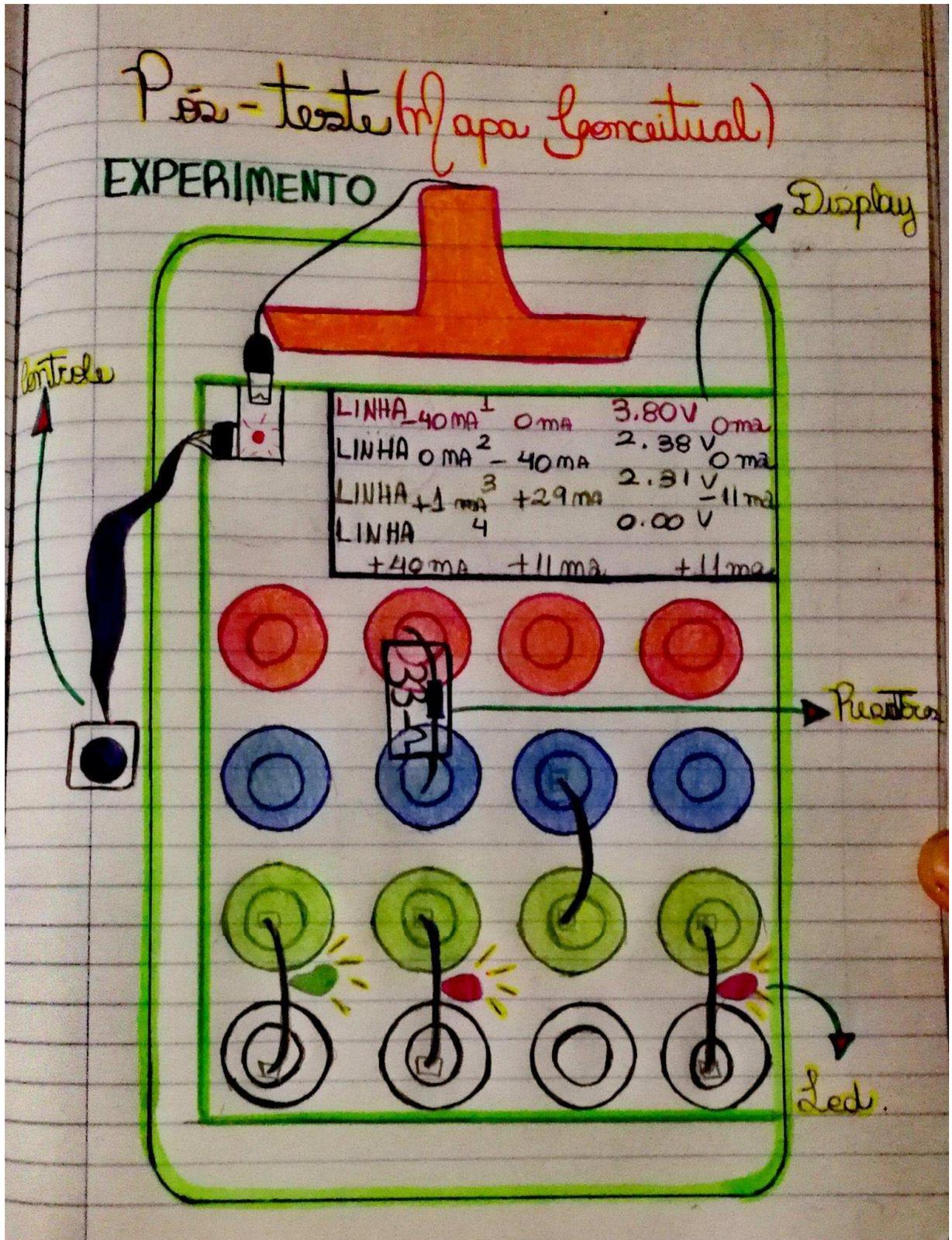
Fonte: arquivos do autor.

Analisando de forma geral a evolução dos mapas conceituais, percebeu-se um engrandecimento nos pós-teste em comparação aos pré-testes. Os primeiros mapas tiveram um domínio em mapa mental, os pós-teste, na sua maioria, evoluíram para um mapa conceitual, com frases de ligação e qualitativamente novos conceitos “ancorados” em subsunçores existentes.

Fechando esta análise afirmando que o equipamento eletrônico aguçou a curiosidade dos alunos, ilustraram a montagem do experimento no aparato experimental, Figura 4.11, questionaram, testaram a montagem do experimento de várias formas possíveis, analisando no *display* os valores, os gráficos, com isso aumentou o vínculo e despertou uma experiência afetiva positiva na relação professor-aluno. Os alunos puderam pensar, sentir e agir com esse “novo dispositivo tecnológico”.

Pode-se concluir que, diante desse processo, o aprendiz tem a possibilidade de sentir que está aprendendo um novo conhecimento, acontece o engrandecimento humano com a predisposição em aprender (entre pensamentos, sentimentos e ações) o material potencialmente significativo no evento educativo que facilita uma aprendizagem significativa.

Figura 4.11 – Representação dos alunos após aplicação do produto educacional.



Fonte: arquivos do autor.

Considerações Finais

Este trabalho teve como objetivo a elaboração e aplicação de uma Proposta Didática, com uso de um aparato experimental constituído de um circuito elétrico programado por meio do Arduino Nano. E que, por meio de um *display* de LCD mostrar variação da corrente x tensão via gráficos, utilizando componentes ôhmicos e não ôhmicos, contribuindo nos estudos de Eletrodinâmica.

O estudo de gráficos experimentais de componentes ôhmicos e não-ôhmicos utilizando fontes reguláveis e medidores de correntes é um processo lento. Da mesma forma, as TDICs, como o Arduino, é um recurso para minimizar o tempo na aplicação experimental.

Diante disso, deixamos claro que a experimentação de fácil acesso na sala de aula, é apenas mais um recurso a ser utilizado pelo professor, não excluindo o uso de quadro e giz, vídeos, explicações teóricas e resoluções de exercícios. Todavia, tudo que seja possível aliar essas metodologias com as atividades experimentais é válido para conseguir bons resultados ao ensinar Física.

O presente trabalho mostrou que é possível explorar os conceitos físicos da eletrodinâmica e relacionar com o aparato experimental, em que os alunos podem ir observando o que ocorre ao incluir resistores em série e/ou paralelo, além da inclusão de LEDs. E de que a avaliação utilizando mapas conceituais, seja manual ou por meio do *Cmap tools*, permite-se acompanhar a evolução do aprendizado do aluno.

Segundo Giovani (1998), não basta simplesmente propor aos professores, alternativas pedagógicas mais viáveis para seu trabalho se estas não forem coerentes com seu referencial prático, nem corresponderem a um esforço de compreensão teórica. Isso é o que justifica fazer este trabalho, para que ações efetivas que possam contribuir para tornar a Física mais atrativa para o aluno e, assim, potencializar a sua aprendizagem e sua formação humana.

Em relação ao público alvo, as atividades (aplicação do Produto Educacional) foram aplicadas em turmas do 3º Ano do Ensino Médio, Colégio Estadual Alberto Jackson Byington Junior, Maringá no estado do Paraná. Destaca-se nesta aplicação, o comportamento dos estudantes ao longo de todo processo, o empenho e curiosidade que teve uma resposta bem positiva no ensino-aprendizagem.

Além disso, acredita-se ainda que a aplicação desta proposta contribuiu para uma Aprendizagem Significativa dos estudantes envolvidos e poderá contribuir com o Ensino de Física, em diversos níveis de ensino, acrescentando material didático para futuras práticas docentes e contribuindo como referencial de pesquisa. Acreditamos que a valorização da criatividade e da inovação, através das ações e temas propostos neste trabalho, pode criar um clima mais favorável à inovação nas escolas e ao desenvolvimento pleno de nossos alunos e, por conseguinte, de nossa sociedade como um todo.

Referências Bibliográfica

ARDUINO, Projeto. **Home Page**. <www.Arduino.cc>. Acesso em: 24/01/2022.

ASTRATH, E. A. C., **Princípios de uma usina fotovoltaica: uma aplicação ao ensino médio**; 125 fs. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Exatas, Departamento de Física, Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física em Rede Nacional, 2015.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**- Segunda Edição. MEC. Brasília, DF, 2016.

CALLISTER, Jr., W. D. **Ciência e Engenharia de Materiais :Uma Introdução**. LTC Editora, Rio de Janeiro, 7a Edição, 2008.

Cmap Tools Downloads. Disponível em: <cmap.ihmc.us/download/>, Acesso em:24/01/2022.

CORREIA, E. de S.; DANTAS, J. de M.; de ANDRADE, J. E. **Considerações acerca dos conceitos de condutores, isolantes e semicondutores nos livros de Ensino Médio sob um olhar da teoria de bandas de energia**. Scientia Plena, v.13, n. 01, p. 012716 – 1 a 7, 2017; DOI: 10.1408/sci.plena.2017.012716. Disponível em: file:///C:/Users/Master/Downloads/3485-Texto%20do%20Artigo-1423811020170108%20(2).pdf. Acesso em 21/03/2021.

ENITEC Junior, **Entenda: Diodo Emissor de Luz (LED)**, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, disponível em: <https://www.ufrgs.br/enitecjunior/blog/diodo-emissor-de-luz-led/>. Acesso: 05/02/2022.

GIOVANI, L. M. **Do professor informante ao professor parceiro**: Reflexões sobre o papel da universidade para o desenvolvimento profissional de professores e as mudanças na escola. Caderno CEDES, Campinas, v. 19, n. 44, 1998.

MARTINS, R. S., **CONDUZ OU NÃO CONDUZ? UMA FORMA LÚDICA DE INCENTIVAR O PROCESSO ENSINO-APRENDIZAGEM DA ELETRODINÂMICA**, Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Exatas, Departamento de Física, Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física em Rede Nacional, 2021.

MOREIRA, M.A. (2006). **APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: da visão clássica à visão crítica**. Madrid.

MOREIRA, M.A. (2010). **O Que é Afinal Aprendizagem Significativa?** Cuiabá: UFMT.

MOREIRA, M.A. (2013). **Aprendizagem Significativa em Mapas Conceituais**. Brasília: Editora da UnB. 130p.

NOVAK, D. N; CANÃS, A. J. A **Teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los**. In: Práxis Educativa. Ponta Grossa, v. 5, n.1, p.9-29, jan-jun. 2010. Disponível em: <<https://revistas2.uepg.br/index.php/praxiseducativa/article/view/1298/944>>. Acesso em: 24/01/2022

NUSSENZVEIG, M. **Física Básica**, vol. 3, **Eletromagnetismo**, Editora Edgard Blücher. Brasil, 2015.

RAMALHO, Jr, F; IVAN J., C.S.; NICOLAU, G. F.; e TOLEDO S., P. A. - **Os Fundamentos da Física - Vol. 3 - Eletricidade e Física Moderna**, 1ª. edição - Ed. Moderna. São Paulo, 1977.

SABINO, A. C. **Placa Automatizada para Medições de Tensão e Corrente em Circuitos Elétricos (Multi-Circuito)**. 2017 V, 48. Monografia apresentada ao curso de Física. Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Exatas, Departamento de Física, 2017, Maringá-PR. Disponível em: <http://site.dfi.uem.br/wp-content/uploads/2018/01/01-Ana-Claudia-Sabino-Licenciatura-2017.pdf>. Acesso: 15/03/2018.

SCHWAB, J. (1973). **The practical 3: translation into curriculum**. School Review, 81(4): 501-522.

TOLEDO, E. M.; OLIVEIRA, J. S., **Apostila Física Experimental – Atividades de Eletricidade** – Centro Universitário de Anápolis – 2019. Disponível em: http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/1159/1/Apost_Fisica_Exp3_Goian%C3%A9sia.pdf ; Acesso em: 22 de fevereiro de 2022.

YOUNG, H. D. & FREEDMAN, R. A., **"Física III: Eletromagnetismo**, 12a. ed." Pearson, São Paulo, Brasil, 2009

Apêndice A - Investimento

Neste apêndice estão apresentados, no Quadro A1, os valores unitários referentes à lista de materiais apresentados no Capítulo 02 - seção 2.1.1. Valor atualizado em 05/2019. O valor total dos componentes para o equipamento didático, considerando os 12 sensores de corrente INA219, era de aproximadamente R\$ 420,00.

Quadro A1 - Lista dos materiais utilizados na construção do experimento, o valor unitários de cada material, em 05/2019.

| Material Utilizado | Valor Unitário Aproximado |
|---|---|
| Placa para multicircuito (Micropress Circuitos Impressos) | R\$ 21,44 (na confecção de 10 peças) |
| Arduino Nano | R\$ 25,00 |
| Joystick | R\$ 10,00 |
| Sensor de corrente INA219 | R\$ 20,00 |
| <i>Display LCD</i> colorido | R\$ 60,00 |
| Prancheta Acrílica | R\$ 10,00 |
| Resistores, Capacitores, Transistor, Amplificador Operacional, etc | R\$ 50,00 |

Fonte: o autor.

Apêndice B - Produto Educacional

Neste apêndice, apresenta-se o material técnico gerado desse trabalho de Mestrado, sendo este um material didático-pedagógico com o objetivo de ser utilizado separadamente da dissertação.



PRODUTO EDUCACIONAL - Material Didático-Pedagógico

PRANCHETA EDUCATIVA - EXPLORANDO GRÁFICOS de CORRENTE X TENSÃO NO ÂMBITO DA ELETRODINÂMICA

Adiel de Matos, Ronaldo Celso Viscovini, Hatsumi Mukai, Ana Cláudia Sabino

Produto Educacional da Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - Polo UEM, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador - Ronaldo Celso Viscovini
Coorientadora – Profa. Dra. Hatsumi Mukai
Participante externo: Ana Cláudia Sabino

Maringá - PR
Maio, 2022

Apresentação

Prezado Professor,

Este material contém um guia para realização de uma prática pedagógica, que utilizam as fases de montagem de um experimento para eletrodinâmica com um circuito elétrico com auxílio de recursos TDICs como Arduino nano, *display* LCD juntamente com uma proposta didática voltada para o Ensino Médio.

O texto tem como objetivo relacionar os recursos didáticos-tecnológico com os conceitos prévios apresentados nas aulas de Eletrodinâmica, ao longo do 3º ano do Ensino Médio, conforme preveem os parâmetros curriculares (PCN's); e apresentar a tecnologia empregada no funcionamento do circuito elétrico.

Inicialmente apresentamos todo processo dos materiais relacionados às TDICs, com a programação a ser utilizada na proposta do trabalho, e a funcionalidade de cada ferramenta no circuito, após isso a montagem experimental para dar consistência e relevância a este trabalho. Em seguida, apresenta-se uma proposta didática para apresentação em sala de aula. Esta proposta é prevista para duração de 08 aulas com duração de 50 minutos, cada, tempo que julgamos adequado para aplicação do experimento.

Este material estará disponível para *download* na página do MNPEF/DFI/UEM(<http://www.dfi.uem.br/dfimestrado/?q=node/60>) e pode ser adaptado de acordo com a realidade de cada série pelo docente interessado.

Maringá, março de 2022.

Os autores

Sumário

| | |
|---|-----|
| Introdução | 83 |
| Capítulo 1 - TEXTO DE APOIO | 85 |
| 1.1 CORRENTE ELÉTRICA | 85 |
| 1.2 RESISTÊNCIA ELÉTRICA | 87 |
| 1.3 RESISTIVIDADE E CONDUTIVIDADE DE UM MATERIAL | 88 |
| 1.4 CORRENTE ELÉTRICA | 89 |
| 1.4.1 ASSOCIAÇÃO EM SÉRIE E EM PARALELO DE RESISTORES | 90 |
| 1.4.2 RESISTORES E LEI DE OHM | 91 |
| 1.5 LED'S | 9 |
| Capítulo 2 - APARATO EXPERIMENTAL (AE) | 95 |
| 2.1 OBJETIVOS | 95 |
| 2.2 MATERIAIS UTILIZADOS | 95 |
| 2.3 ARDUINO NANO | 97 |
| 2.4 COMUNICAÇÃO I ² C (INTER-INTEGRATED CIRCUIT) | 101 |
| 2.5 MOSTRADOR DE CRISTAL LÍQUIDO - LCD | 103 |
| 2.6 MULTI-CIRCUITO | 109 |
| 2.7 UTILIZAÇÃO DO APARATO EXPERIMENTAL | 114 |
| 2.7.1 OBJETIVOS | 114 |
| 2.7.2 MATERIAL UTILIZADO | 115 |
| 2.7.3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL | 115 |
| 2.7.4 ASSOCIAÇÃO EM SÉRIE DE RESISTORES | 116 |
| 2.7.5 ASSOCIAÇÃO EM PARALELO DE RESISTORES | 118 |
| 2.7.6 CIRCUITO COM LEDS | 119 |
| 2.8 SOBRE OS RESULTADOS E SUA INTERPRETAÇÃO | 120 |
| Capítulo 3 - Proposta Didática (PD) | 124 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS | 128 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA | 129 |
| APÊNDICE I - Programação do Arduino | 131 |
| APÊNDICE II - MATERIAL COMPLEMENTAR | 140 |
| II.1 TEORIA DA APRENDIAGEM DE AUSUBEL | 140 |
| II.2 TEORIA DA EDUCAÇÃO DE NOVAK | 142 |
| II.3 TUTORIAL PARA O USO DO CMAP TOOLS | 146 |

Introdução

O Produto Educacional (PE) proposto é sobre um circuito elétrico com resistores e LEDs e a utilização de Arduino com mostrador (*display*) para um experimento de Eletrodinâmica.

A eletricidade e a eletrônica tornaram-se centrais para o desenvolvimento científico e tecnológico moderno. Esse assunto é tão importante que mereceu uma unidade própria na Base Nacional Comum Curricular de Física do Ensino Médio:

“Unidade 4 - Eletromagnetismo - Materiais e Equipamentos. A eletricidade é tratada desde sua constituição básica, e seu emprego é compreendido em baterias, geradores, motores, lâmpadas, sistemas de comunicação e de informação, relacionando características, circunstâncias e potências envolvidas. Conceitos e leis do eletromagnetismo são ambientados, ao se lidar com geração elétrica e sua utilização mecânica e na transmissão e recepção de sinais. Promove-se uma investigação analítica dos equipamentos clássicos e de suas versões contemporâneas, que usam dispositivos quânticos, como semicondutores e lasers.” (BRASIL, 2018)

Na unidade 4 de Eletromagnetismo - Materiais e Equipamentos, a abordagem desse tema no ensino é de forma abstrata em uma aula expositiva. Para reduzir isso, um experimento com materiais contemporâneos e usando a tecnologia de fácil acesso, permite melhorar o ensino-aprendizagem por deixar mais palpável para o aluno.

A própria Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2018) enfatiza o conteúdo de eletromagnetismo e da eletricidade aplicada na disciplina de Física do Ensino Médio. Para tanto ela apresenta a Unidade Curricular Eletromagnetismo - Material e Equipamento, que tem como objetivos:

- Compreender e explicar o funcionamento de circuitos elétricos simples de equipamentos do cotidiano, como chuveiros, aquecedores e lâmpadas, a partir de princípios gerais e modelos simples, associando suas tensões, resistências e potências.*
- Estabelecer as relações entre campos elétricos e magnéticos, em suas variações no tempo e no espaço, identificando os princípios de funcionamento de equipamentos e sistemas, tais como eletroímãs, motores, geradores, transformadores, microfones, alto-falantes.*
- Compreender a relação entre o desenvolvimento do eletromagnetismo e a Segunda Revolução Industrial, assim como avaliar seus impactos ambientais, sociais e culturais.*
- Construir equipamentos simples de sentido prático ou lúdico, a partir de*

componentes de fácil acesso, explicitando os fenômenos elétricos e magnéticos envolvidos em cada parte do seu arranjo.

- Analisar o funcionamento de usinas elétricas, comparando as de fonte hídrica, térmica ou de diferentes coletores solares; estudar a distribuição e o consumo de energia elétrica, com seu alcance econômico e seus impactos ambientais e sociais.

- Interpretar e relacionar propriedades elétricas, magnéticas e óticas, como condutibilidade, magnetização, opacidade ou transparência, de materiais como metais, dielétricos e semicondutores interpretando-as a partir de modelos da mobilidade eletrônica.

- Descrever e explicar dispositivos semicondutores e lasers, em termos dos princípios físicos que presidem sua operação, e revelar suas propriedades funcionais para uso em equipamentos e sistemas.

- Interpretar ou produzir textos de caráter prático, com informações em gráficos, diagramas, ilustrações e tabelas, fazendo uso de símbolos e códigos, para identificar grandezas elétricas, magnéticas e suas variações".
(BRASIL,2018)

Neste trabalho, temos a montagem do PE, a parte experimental, a proposta didática da aplicação e a ferramenta do *Cmap Tools*, por estar lidando com um experimento tecnológico, fundamental os mapas serem confeccionados com o uso da tecnologia.

A proposta deste trabalho está baseada na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel sua avaliação pelos mapas conceituais em um programa proposto por Joseph Novak, então, os conhecimentos prévios dos alunos são avaliados em um pré-teste e um pós-teste, após a aplicação do PE pelos mapas conceituais confeccionados pelos alunos no *Cmap Tools*.

Capítulo 1 – Texto de Apoio

A Eletrodinâmica estuda o comportamento das cargas elétricas em movimento. É por meio dela que é possível compreender por que um aparelho elétrico/eletrônico liga ao ser conectado a uma tomada.

Inicialmente abordaremos alguns conceitos como corrente elétrica, resistência elétrica, resistores, associação em série e paralelo de resistores.

1.1 Corrente Elétrica

A corrente elétrica é o movimento de cargas ordenada de uma região para outra. Quando esse movimento ocorre ao longo de uma trajetória que forma um circuito fechado, denomina-se circuito elétrico. A corrente elétrica é definida como o fluxo de carga elétrica através em um condutor.

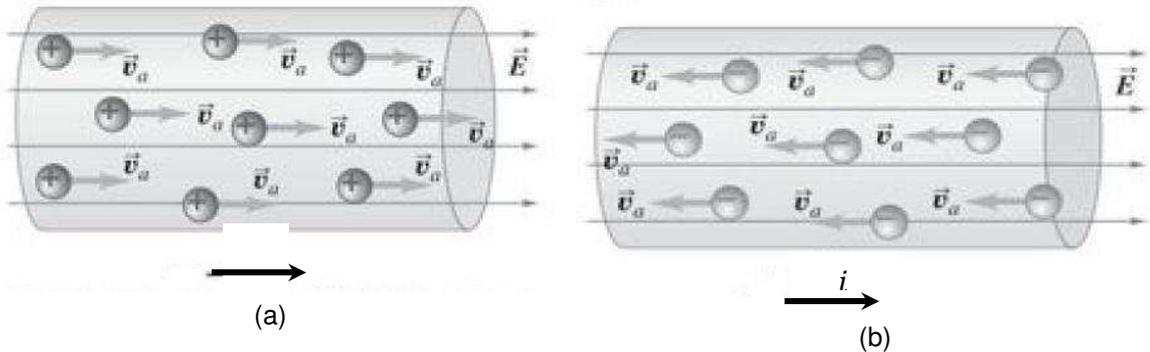
A intensidade i da corrente através de uma dada seção do fio condutor é definida como a quantidade de carga (ΔQ) que atravessa esta seção por unidade de tempo (Δt):

$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t}. \quad (1.1)$$

A unidade de corrente no sistema internacional SI é *Ampère*, A , igual a um Coulomb por segundo ($1A = C/s$).

Na Figura 1.1 (a) apresenta um desenho esquemático pictórico indicando que as cargas que se deslocam são positivas, no sentido do campo elétrico \vec{E} , com a velocidade de arraste \vec{v}_a da esquerda para a direita, e a corrente é definida como i no sentido do movimento de cargas positivas, e na Figura 1.1 (b), que as cargas em movimento são elétrons (negativas), e a corrente ainda aponta no sentido do movimento das cargas positivas, ou seja, em ambos os tipos de carga a corrente aponta na direção do campo elétrico.

Figura 1.1 - Representação pictórica do movimento em um fio condutor (a) das cargas positivas, no sentido do campo elétrico \vec{E} , com uma velocidade de arraste \vec{v}_a e o sentido da corrente da esquerda para a direita. (b) cargas negativas, no sentido oposto a do campo elétrico \vec{E} , com uma velocidade de arraste \vec{v}_a para a esquerda e o sentido da corrente é mantido, como em (a)..



Fonte: H. D. Young & R. A. Freedman, "Física III: Eletromagnetismo, 12a. ed." Pearson, São Paulo, Brasil, 2009.

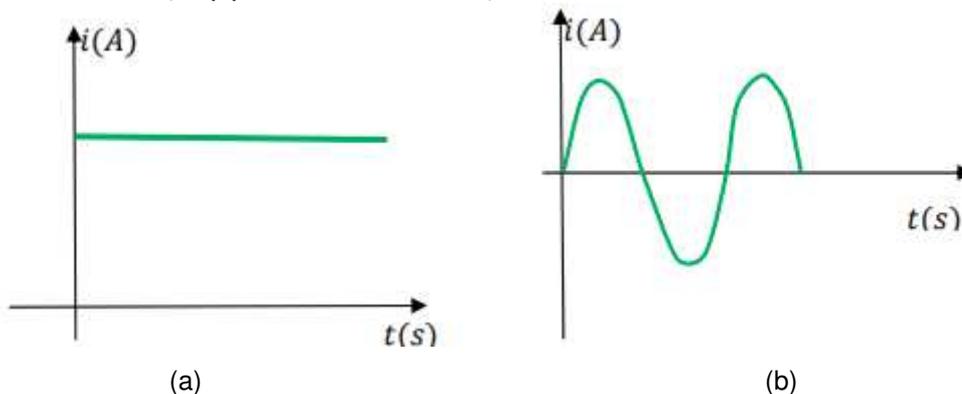
Uma corrente convencional é tratada como um fluxo de cargas positivas, não importando se as cargas livres no condutor são positivas, negativas ou ambas. De forma que o sentido da corrente elétrica ocorre do potencial mais elevado para o de menor potencial.

De forma que se o campo elétrico externo

- for sempre no mesmo sentido tem-se a denominada corrente contínua (CC);
- tiver seu sentido invertido periodicamente tem-se a denominada corrente alternada (CA);

A corrente de pilhas e baterias é do tipo contínuo (Figura 1.2 (a)) e no caso da rede elétrica (Figura 1.2(b)) é do tipo alternada com uma frequência de 60 Hz.

Figura 1.2 - Esboço de um gráfico de corrente por tempo mostrando o comportamento de uma (a) corrente contínua, e (b) corrente alternada,



Fonte: reproduzida de Ramalho, 1977.

1.2 Resistência Elétrica

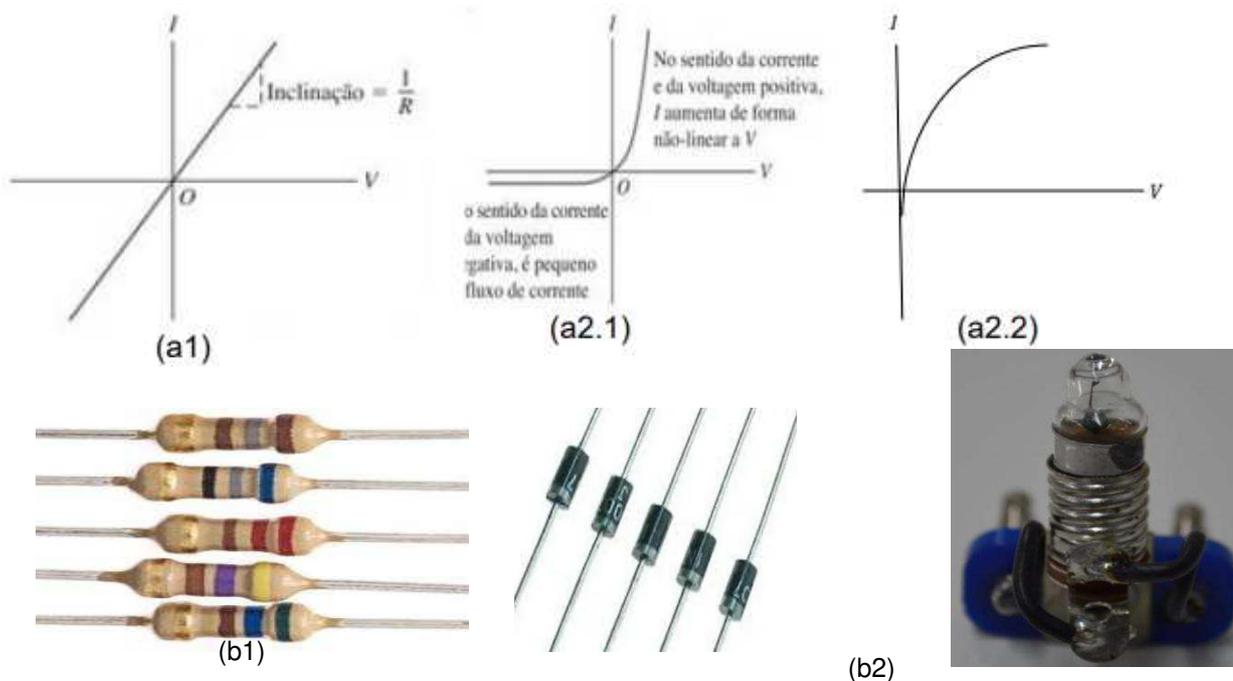
Para os materiais que obedecem à lei de Ohm, a diferença de potencial V é proporcional à corrente i . A unidade SI de resistência é Ohm ($1\Omega = 1V/A$), temos a equação:

$$V = Ri. \quad (1.3)$$

A Lei de Ohm (equação (1.3)) não é uma lei fundamental da natureza, como a Lei de Newton ou as leis da Termodinâmica, mas representa a descrição empírica de uma propriedade pertinente a muitos materiais.

Para um resistor que obedece à Lei de Ohm, um gráfico da corrente em função da diferença de potencial (Voltagem) é uma linha reta crescente (Figura 1.3 (a1)). A inclinação da reta (coeficiente angular) é igual a $1/R$. Exemplo: resistores de cerâmica (Figura 1.3 (b1)).

Figura 1.3 - Esboço do comportamento gráfico de um (a1) Resistor Ôhmico: A corrente (i) é proporcional à ddp (voltagem) V , e Resistor não- Ôhmico: a corrente i não é proporcional a V : (a2.1) diodos e (a2.2) lâmpadas. E, imagem fotográfica de um (b1) resistor Ohmico: cerâmica, e (b2) de um diodo e lâmpadas incandescentes.



Fontes: (a1) e (a2.1) H. D. Young & R. A. Freedman, "**Física III: Eletromagnetismo**, 12a. ed." Pearson, São Paulo, Brasil, 2009; (a2.2) o autor. (b1) site comercial; (b2) site comercial e < http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/1159/1/Apost_Fisica_Exp3_Goian%C3%A9sia.pdf>

Nos dispositivos que não obedecem à Lei de Ohm (Figura 1.3 (a2.1) e (a2.2)), a corrente não cresce linearmente com a voltagem, não sendo possível encontrar um único coeficiente angular para toda curva. Exemplo: diodo – semicondutor, ou mini lâmpadas incandescentes (Figura 1.3 (b2)).

1.3 – Resistividade e Condutividade de um material

É interessante analisar como a mobilidade das cargas em um material está ligada à resistividade que o mesmo apresenta.

A segunda Lei de Ohm é escrita como,

$$\rho = R \frac{A}{L}, \quad (1.4)$$

depende da resistência R , da área de seção transversal A e do comprimento do fio L . O termo ρ é denominado de resistividade do material, o inverso da resistividade é a sua condutividade, denotado pela letra σ .

Conforme citado em Martins (2021), os materiais em relação às suas propriedades elétricas são classificados como:

- Condutores – materiais com transferência de elétrons com facilidade, de forma que os elétrons possuem facilidade de se mover nesse material;
- Isolantes ou dielétricos – são materiais que dificultam em que essa mobilidade de elétrons livres, eles oferecem resistência a passagem de corrente elétrica;
- Semicondutores – são materiais com baixo elétrons de condução, como no caso do diodo ou diodo LED.

Somente a título de informação, há ainda os supercondutores, que são materiais que não oferecem nenhuma resistência à condução de corrente, e essa é feita sem perda de energia. São materiais que devem ser resfriado, por exemplo, com Nitrogênio Líquido, a temperatura extremamente baixa, no caso $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$, e não são materiais existentes em sua forma natural. Um exemplo pode ser visto na apresentação da aula ministrada pelo Prof. Luis Gregório Dias, no tema Supercondutividade, na disciplina de Estrutura da Matéria, disponível no link: <https://www.youtube.com/watch?v=tbHECEypeco>.

Na Tabela 1.1, apresentam-se a classificação quanto a resistividades de alguns

materiais dielétricos (isolantes), semicondutores e condutores.

Tabela 1.1- Resistividade de alguns materiais.

| Material | Resistividade (Ωcm) |
|-------------------------|-------------------------------------|
| Dielétricos | |
| Al_2O_3 | $>10^{14}$ |
| SiO_2 | $>10^{14}$ |
| Si_3N_4 | $>10^{14}$ |
| MgO | $>10^{14}$ |
| Borracha vulcanizada | 10^{14} |
| Nylon | 10^{14} |
| Teflon | 10^{16} |
| Semicondutores | |
| <i>Ge</i> | 40 |
| <i>SiC</i> | 10 |
| B_4C | 0,5 |
| Condutores | |
| Grafite ou Grafita | $3,5 \times 10^{-3}$ |
| Prata | $1,5 \times 10^{-6}$ |
| Au | $2,44 \times 10^{-6}$ |
| Fe | 13×10^{-6} |
| Cu | $1,72 \times 10^{-6}$ |
| Al | $2,8 \times 10^{-6}$ |

Fonte: adaptado de Padilha (2000) e Rolim, p. 7 (2002), apud MARTINS, (2021).

Portanto, em um circuito deve-se analisar o material que fará parte do mesmo, em que normalmente são utilizados fios de cobre por ter uma baixa resistividade e consequentemente uma boa condutividade, $5,8 \times 10^7 \frac{\text{S}}{\text{m}}$. $1 \text{ S} = \text{A/V}$.

1.4 Circuito Elétrico

Um circuito elétrico é um sistema fechado em que se conectam dispositivos eletrônicos por meio de fios condutores, de acordo com a sua finalidade, e necessita de uma fonte de energia elétrica para seu funcionamento.

Um dos elementos que compõem um circuito elétrico são os resistores, e esses podem estar dispostos de 3 formas, em série, em paralelo, e mistos. Vejamos dois deles, pois o terceiro é uma combinação dos outros dois.

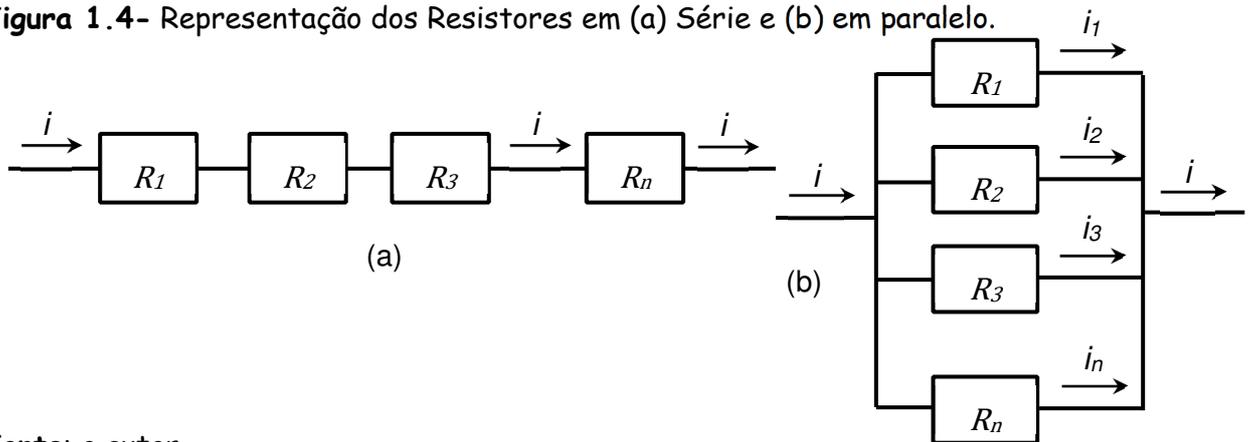
1.4.1 - Associação em série e em paralelo de resistores

Quando diversos resistores $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$ (com n resistores) são conectados em série, a corrente (i) que passa através de todos os resistores é a mesma (Figura 1.4), enquanto a tensão total (V) é a soma das tensões individuais:

$$i = i_1 = i_2 = i_3 = \dots = i_n, \quad (1.5 (a))$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n. \quad (1.5 (b))$$

Figura 1.4- Representação dos Resistores em (a) Série e (b) em paralelo.



Fonte: o autor.

Usando a equação (1.1) para cada resistor,

$$V_1 = R_1 i_1; V_2 = R_2 i_2; V_3 = R_3 i_3; \dots; V_n = R_n i_n$$

na equação (1.5), temos:

$$V = R_1 i_1 + R_2 i_2 + R_3 i_3 + \dots + R_n i_n$$

$$V = R_1 i + R_2 i + R_3 i + \dots + R_n i$$

$$V = (R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n) i$$

$$V = R_{eq} i. \quad (1.6 (a))$$

Portanto resistência equivalente (R_{eq}) é igual a soma das resistências individuais:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n. \quad (1.6 (b))$$

No caso de diversos resistores conectados em paralelo, conforme mostrado na Figura 1.4 (b), a tensão aplicada é a mesma em todos e a corrente elétrica total é a soma das correntes individuais,:

$$V = V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_n. \quad (1.7 (a))$$

$$i = i_1 + i_2 + i_3 + \dots + i_n. \quad (1.7 (b))$$

Como:

$$i_1 = \frac{V_1}{R_1}; i_2 = \frac{V_2}{R_2}; i_3 = \frac{V_3}{R_3}; \dots; i_n = \frac{V_n}{R_n}$$

Temos:

$$i = \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3} + \dots + \frac{V_n}{R_n},$$

como a tensão é a mesma

$$\begin{aligned} i &= \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} + \dots + \frac{V}{R_n} \\ i &= \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n} \right) V \\ i &= \frac{1}{R_{eq}} V. \end{aligned} \tag{1.8 (a)}$$

Portanto o inverso da resistência equivalente R_{eq} é a soma dos inversos das resistências individuais:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}. \tag{1.8 (b)}$$

Quando o circuito envolve ligações e elementos em série e paralelo, são chamados de circuitos mistos. Resolve-se primeiramente os elementos em paralelo e o resultado desses em série. Há também a Lei de Kirchhoff ou a Lei dos Nós. Sendo um nó o ponto de junção entre duas componentes do circuito elétrico. A lei informa que o somatório das correntes que chegam a um nó é nula,

$$\sum i = 0.$$

Utilizada sempre que houver ligações em paralelo.

1.4.2 Resistores e Lei de Ohm

Conforme citado por Ramalho et al, (1977, p.128): “Denomina-se resistor todo condutor, no qual a energia elétrica consumida é transformada, exclusivamente em calor”. Exemplo mais comum de resistores, são as espirais de chuveiros que popularmente é chamado de resistência.

Sabemos da mecânica que a potência é definida como a taxa de trabalho realizado em um determinado tempo,

$$P = \frac{\Delta W}{\Delta t}. \tag{1.9}$$

E o trabalho de uma carga Q se mover, em um tempo Δt , num campo elétrico de intensidade E de um ponto A até um ponto B, d , é dado por

$$\frac{\Delta W}{\Delta t} = Ed \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

Logo,

$$P = Ed \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

Usando a equação (1.1) e que a ddp, $V = Ed$,

$$P = Vi. \quad (1.10)$$

Considerando a lei de Ohm, equação (1.3),

$$P = Ri^2. \quad (1.11)$$

A equação (1.11) conhecida como Lei de Joule, para uma ddp (V) constante, é a expressão que fornece a potência dissipada em calor, e depende do valor da resistência elétrica e da intensidade de corrente que passa por ela.

Observando a lei de Ohm, na forma

$$i = V/R$$

Vemos que quanto maior R menos corrente i passa no circuito, de forma que uma resistência também tem o papel de limitar a corrente em um circuito, ou seja, oferecer resistência à passagem de corrente, por isso o seu nome *resistência*.

Os resistores mais utilizados em circuitos elétricos são divididos em,

- Resistores Fixos: de filme de carbono, filme metálico e o de fio (alta potência);
- Resistores variáveis: potenciômetro, *trimpot*; Reostato;
- Resistores que dependem de condições físicas: os NTC e PTC mudam conforme a temperatura; o LDR (foto-resistor) muda de acordo com o nível da incidência de luz, e o VDR (varistor) que muda de acordo com a tensão.

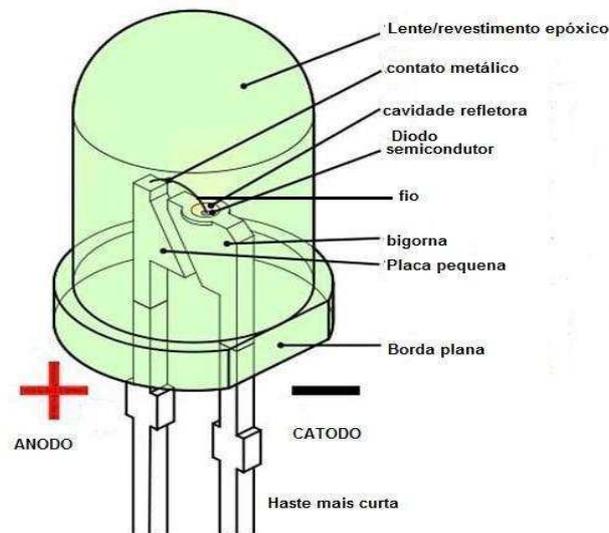
1.5 LED's

LED é acrônimo de *Light Emission Diode* ou Diodo Emissor de Luz. E, o diodo é um elemento eletrônico fabricado com material semicondutor, como o Silício e o Germânio, e conduz corrente elétrica em apenas uma polarização, que converte

corrente alternada em corrente contínua e extrai informações de um sinal modulado em amplitude. No caso do LED, quando percorridos por uma corrente elétrica emitem luz

Uma imagem das partes do LED, estão apresentadas na Figura 1.5 contendo, o Anodo (+), o catodo (-); o encapsulamento epóxico que funciona como uma lente, o contato metálico, uma cavidade refletora, diodo semiconductor, placa pequena, bigorna (devido ao formato) e a borda plana.

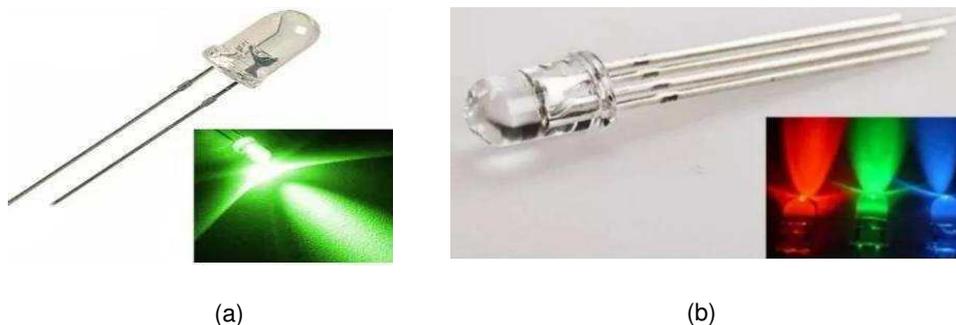
Figura 1.5 – Desenho ilustrativo indicando as partes de um LED.



Fonte: tradução nossa de <https://www.casadarobotica.com/componentes-eletronicos/led-s/alto-brilho/1000-x-led-5mm-rgb-4-terminais-catodo-comum>

O diodo barra a passagem de corrente dependendo de um sentido específico, e quando se polariza de uma determinada forma ocorre à passagem de corrente e emitirá luz apresentam-se dois tipos de LED, o **RGB** que emite em vermelho, verde e azul, Figura 1.6(a), com uma haste para cada cor e a mais curta sendo o negativo, e outro com dois terminais emitindo no verde, Figura 1.6(b). Processo chamado de eletroluminescência, e que depende do tipo de impureza utilizado. O que faz com que o comprimento de onda seja diferente, emitindo cores diferentes. Na Tabela 1.2 estão apresentados materiais de dopantes.

Figura 1.6 - Imagem (a) LED emitindo na cor verde, e (b) um LED RGB.



Fonte: <https://www.desterroelectricidade.com.br/blog/eletrica/diodos-quase-tudo-que-voce-precisasaber-sobre/>;

O que faz com que o comprimento de onda seja diferente, emitindo cores diferentes. Na Tabela 1.2 estão apresentados materiais dopantes, o seu respectivo comprimento de onda, e a cor emitida.

Tabela 1.2 – dados do dopante e o comprimento de onda emitido e a cor equivalente.

| Semicondutor | $\lambda(mm)$ | cor |
|------------------------------------|---------------|---------------|
| Arseniato de gálio e alumínio | 880 | infravermelha |
| | 645 | Vermelha |
| Fosfato de alumínio, índio e gálio | 595 | Amarela |
| Fosfato de gálio | 565 | Verde |
| Nitreto de gálio | 430 | Azul |

Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Diodo_emissor_de_luz

Capítulo 2- APARATO EXPERIMENTAL

Com objetivo de utilizar a tecnologia com materiais de fácil acesso, e assim simplificar a montagem do PE.

2.1 Objetivos

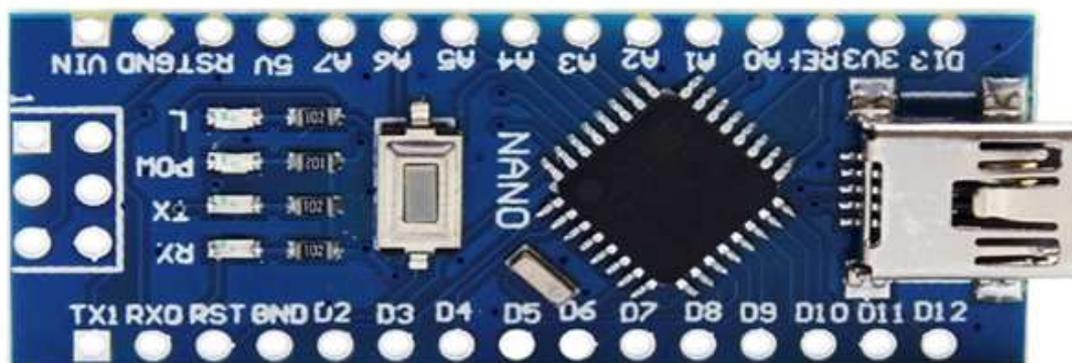
O objetivo deste trabalho é desenvolver e aplicar um equipamento para apresentação gráfica das curvas de corrente pela tensão de diferentes componentes (resistores, lâmpadas, LDR (resistor dependente de luz), termistores, diodos, LEDs, transistores).

2.2 Materiais Utilizados

Apresentam-se nesta subseção os materiais para a montagem do equipamento com uso do Arduino.

Os principais componentes do equipamento proposto neste trabalho são a placa de microprocessamento Arduino Nano (Figura 2.1), o *display* LCD colorido (Figura 2.2), os sensores de corrente e tensão INA219 e a fonte de tensão ajustável microcontrolada (Figura 2.3).

Figura 2.1 - Imagem ampliada do Arduino Nano parte frontal.



Fonte: arquivos do autor.

A plataforma microprocessada Arduino Nano utiliza um microprocessador de 8bits e uma interface USB-Serial integrada. O display LCD colorido (ILI 9341) (Figura

2.2) tem resolução de 320 x 240 pixels coloridos (16 bits).

Figura 2.2 – Imagem do Display LCD Colorido (ILI 9341)



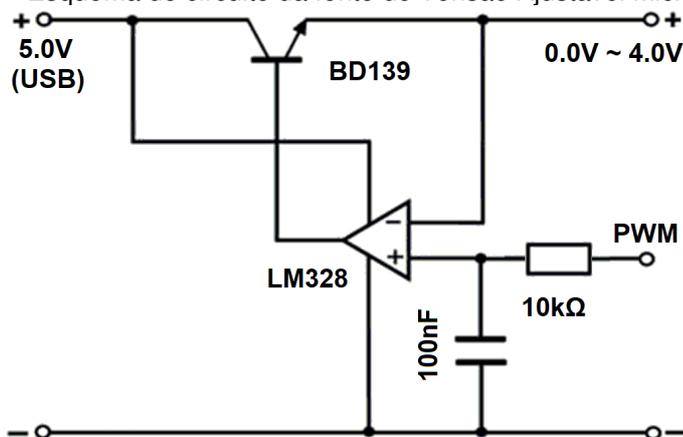
Fonte: arquivos do autor.

O INA219 é circuito integrado de oito pinos que permite medir correntes e tensões elétricas. Para facilitar, será utilizada uma placa que além do INA219 tem um resistor de carga de $0,1\Omega$, que permite medir correntes de até $3,2A$, com uma resolução de até $0,1mA$ e precisão de 1%. O INA219 também pode medir tensões de até $26V$ com uma resolução de $4mV$. A comunicação entre o Arduino Nano e o INA219 é por I²C (*Inter-Integrated Circuit*), que é um barramento de dois fios (SDA e SCL).

A alimentação ($5V$) do Arduino, do *display* e do INA219 pode ser oriunda da interface USB, carregador portátil (*power bank*) ou fonte externa, pois a placa do Arduino Nano possui um regulador de tensão próprio.

A fonte de tensão ajustável microcontrolada, mostrada na Figura 2.3, permite tensões de saída entre $0,0V$ e $4,0V$, a partir de uma referência analógica obtida pela filtragem do sinal por pulso modulado (*Pulse Width Modulation – PWM*) gerado pelo próprio Arduino. Com ela é possível que o equipamento possa variar automaticamente a tensão para obtenção de gráficos de corrente x tensão.

Figura 2.3 – Esquema do circuito da fonte de Tensão Ajustável Microcontrolada



Fonte: arquivos do autor.

2.3 Arduino Nano

Os Arduinos são plataformas de prototipagem eletrônicas, com *hardware* livre geralmente em placa única. Segundo CAVALCANTE, TAVOLARO e MOLISANI (2011):

A possibilidade de escrever e ler em portas digitais do Arduino abre uma infinidade de aplicações para a experimentação em física e consideramos que sua inserção em sala de aula representa um passo importante para maior apropriação da tecnologia na construção do conhecimento. (CAVALCANTI, TAVOLARO e MOLISANI, 2011, 4503-6)

Nesta montagem é utilizado um Arduino Nano, que usa o mesmo microprocessador do Arduino Uno, mas numa placa muito menor (18×45) mm. Na Figura 2.4 é mostrado o tamanho comparativo entre os Arduinos Uno e Nano e uma moeda de R\$ 1,00.

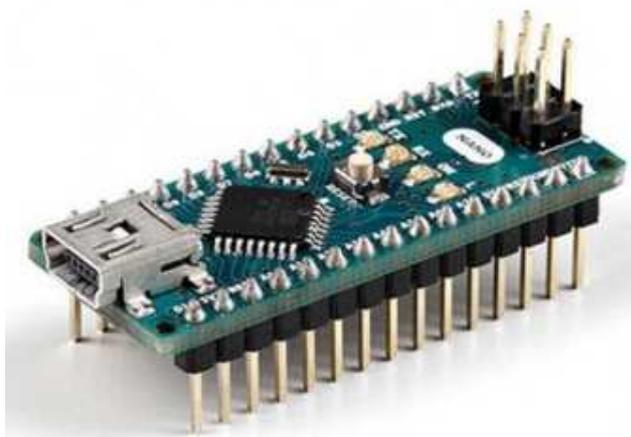
Figura 2.4 – Imagem do Tamanho Comparativo entre Arduinos Uno e Nano e uma moeda de R\$ 1,00.



Fonte: SABINO, 2017

Na Figura 2.5 temos o Arduino Nano com seus pinos e com as portas de entrada e saída de dados / sinais. Após o comparativo de tamanho entre os Arduinos Uno e Nano, a escolha foi feita pelo Nano por facilitar a montagem da placa Multi-Circuito.

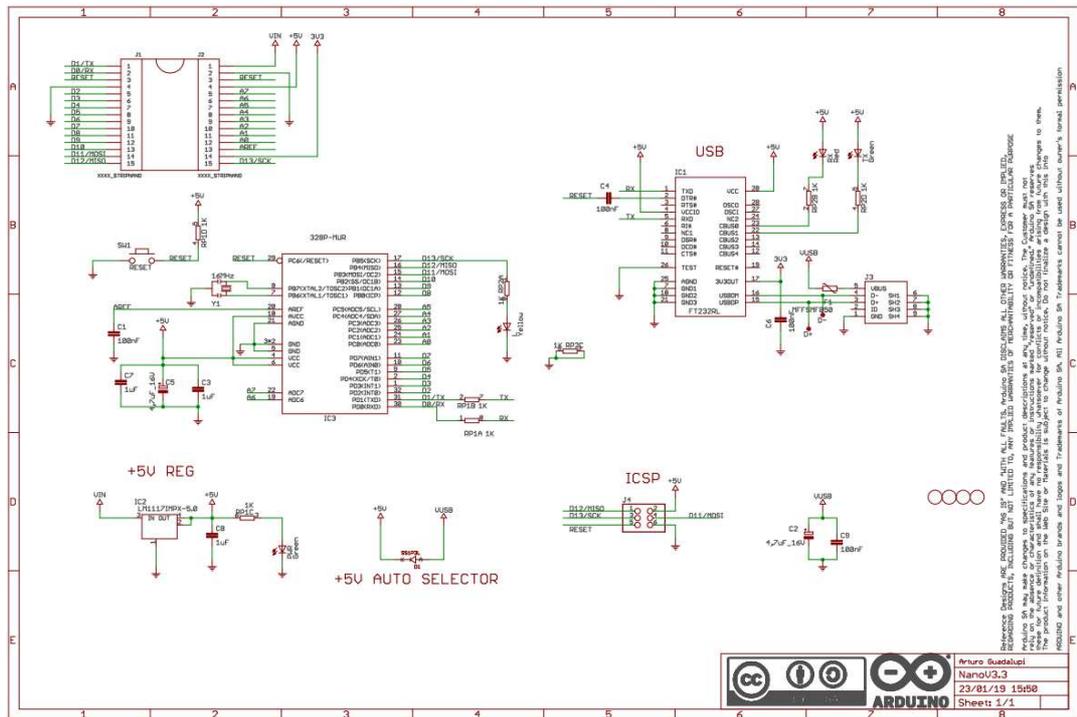
Figura 2.5 – Imagem do Arduino Nano em uma visão frontal da sua pinagem.



Fonte: <https://store.Arduino.cc/usa/Arduino-nano>

Na Figura 2.6 temos o esquema eletrônico completo do Arduino Nano para facilitar seu entendimento para explorar seu recurso para alcançar os objetivos.

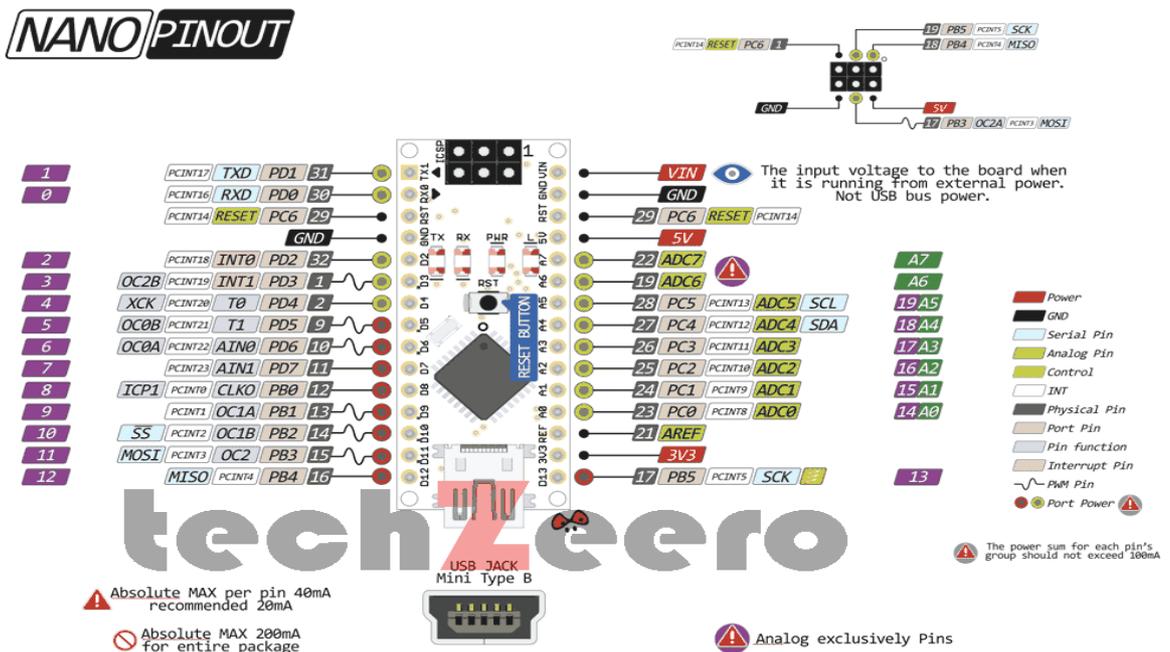
Figura 2.6 - Esquema eletrônico completo do Arduino Nano.



Fonte: <https://store.Arduino.cc/usa/Arduino-nano>

Na Figura 2.7 temos o mapa de pinagem do Arduino Nano com as portas de entrada e saída de dados / sinais. O mapa é um guia colorido que auxilia a entender e visualizar cada entrada e saída.

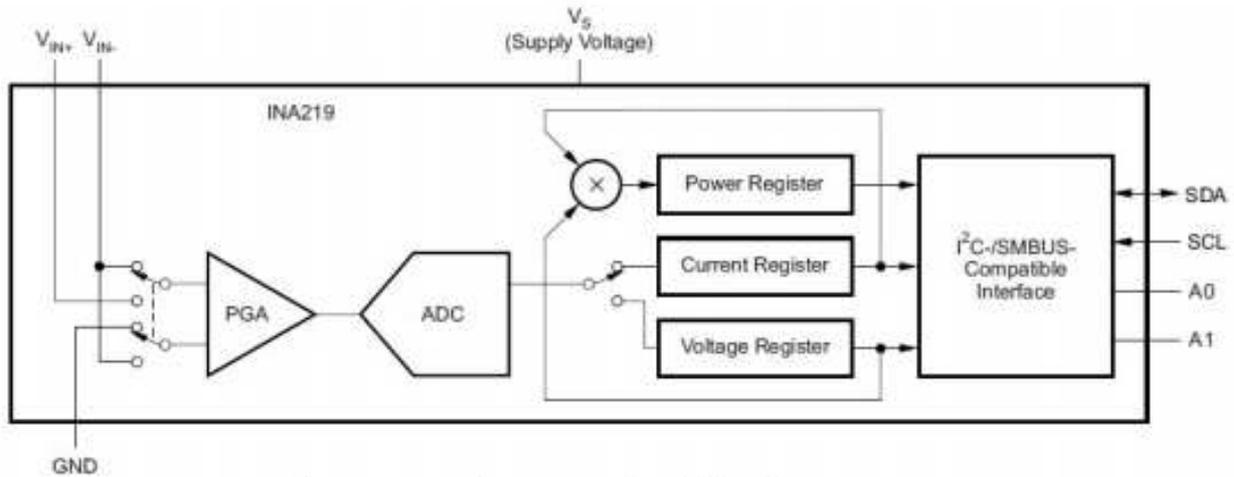
Figura 2.7- Mapa de pinagem do Arduino Nano



Fonte: <https://techzeero.com/iot-devices/arduino/arduino-nano/>

O diagrama simplificado do INA219 é apresentado na Figura 2.8.

Figura 2.8 - Diagrama Simplificado do INA219.



Fonte: Texas Instruments (INA219, 2017)

Usando os pinos de endereço A0 e A1, até 16 circuitos INA219 podem ser ligados em uma rede de comunicação I²C, cada qual com seu endereço próprio. Para isso é necessário apenas conectar A0 e A1 nos pinos GND, V_s, SDA ou SCL. Na Tabela 2.1 são mostrados os endereços dos INA219, conforme os pinos de endereçamento A0 e A1.

Tabela 2.1 - Endereços do INA219 conforme conexão dos pinos A0 e A1.

| Pinos | | Endereço | |
|----------------|----------------|----------|----------------|
| A1 | A0 | Decimal | Hexadecimal |
| Gnd | Gnd | 64 | 40 |
| Gnd | V _s | 65 | 41 |
| Gnd | SDA | 66 | 42 |
| Gnd | SCL | 67 | 43 |
| V _s | Gnd | 68 | 44 |
| V _s | V _s | 69 | 45 |
| V _s | SDA | 70 | 46 |
| V _s | SCL | 71 | 47 |
| SDA | Gnd | 72 | 48 |
| DAS | V _s | 73 | 49 |
| DAS | SDA | 74 | 4 ^a |

| | | | |
|-----|-----|----|----|
| DAS | SCL | 75 | 4B |
| SCL | Gnd | 76 | 4C |
| SCL | Vs | 77 | 4D |
| SCL | SDA | 78 | 4E |
| SCL | SCL | 79 | 4F |

Fonte: www.ti.com/lit/ds/symlink/ina219.pdf

A programação básica de um INA219 consiste configurar seus parâmetros de funcionamento (*Configuration*), ler a Tensão (*Bus Voltage*), ler a Corrente (*Current*) e, se houver interesse, ler a Potência (*Power*) e ajustar o Fator de Calibração (*Calibration*).

Para simplificar e facilitar a montagem foram utilizadas placas prontas com o circuito integrado INA219, como a mostrada na Figura 2.9. Além do INA219 (assinalado como B219), essas placas possuem resistores de referência de precisão de 0,100Ω (assinalado como R100), conexão para medir tensão e corrente (VIN+ e VIN-), de alimentação (Vcc e GND), de comunicação (SDA e SCL) e de Endereçamento (A0 e A1).

Figura 2.9 - Imagem de uma Placa com o INA219 GY-219



Fonte: arquivos do autor.

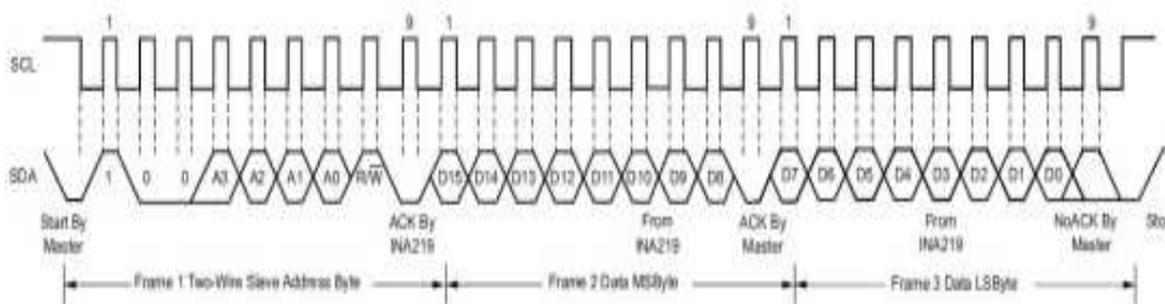
2.4 Comunicação I²C (*Inter-Integrated Circuit*)

A comunicação I²C foi projetada pela Philips no início dos anos 80 para permitir uma comunicação fácil entre componentes numa mesma placa de circuito digital. A

Philips Semiconductors migrou para a NXP em 2006. A velocidade de comunicação original foi definida com um máximo de 100 kbit/s, suficiente para muitas aplicações. Atualmente existem modos rápidos de I²C de 400 kbit/s e 3,4 Mbit/s.

Esse protocolo de comunicação é muito utilizado, mas requer um complexo sincronismo entre os sinais SDA e SCL. Na Figura 2.10 é mostrada, como exemplo, a sequência temporal necessária para enviar um dado de 16 bits para um INA219.

Figura 2.10 – Esquema sobre a Transmissão I²C de dado de 16 bits para o INA219.



Fonte: www.ti.com/lit/ds/symlink/ina219.pdf

Um aspecto positivo, a ser considerado, é que o microprocessador (ATmega328) do Arduino Nano tem um controlador dedicado para comunicação I²C, com portas próprias: A4 para SDA e A5 para SCL. Para facilitar o uso desse recurso, existe uma biblioteca Arduino (*wire.h*) com funções internas específicas para a comunicação I²C (*begin*, *begin Transmission*, *end Transmission*, *read*, *write*, *request From*). Utilizando-se dessas funções internas foi possível criar as funções para escrita (*write_I2C*) e leitura (*read_I2C*) para os registradores do INA219, mostradas a seguir:

```
//----- Bibliotecas Utilizadas -----//
#include <Wire.h>

//-----//
// - Escrita I2C: (iAddr) iReg:=iValor -//
void write_I2C(byte iAddr, byte iReg,
uint16_t iValor){
Wire.beginTransmission(iAddr);
Wire.write(iReg);
Wire.write(iValor>>8);
Wire.write(iValor);
```

```

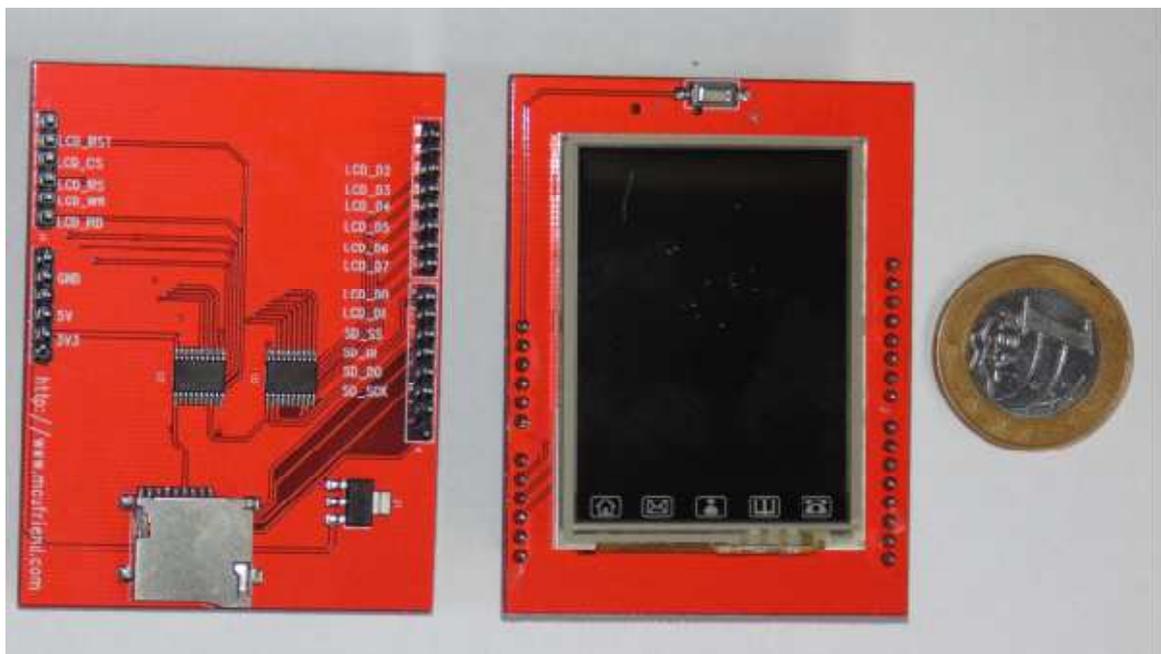
Wire.endTransmission(); }
//-----//
//----- Leitura I2C:(iAddr) iReg -----//
uint16_t read_I2C(byte iAddr,byte iReg){
const byte nBytes = 2;
Wire.beginTransmission(iAddr);
Wire.write(iReg);
Wire.endTransmission();
Wire.requestFrom(iAddr, nBytes);
return (Wire.read()<<8)+Wire.read(); }
//-----//

```

2.5 Mostrador de Cristal Líquido - LCD

Na montagem foi utilizada uma tela LCD (*Liquid Crystal Display*), com tecnologia TFT (*Thin Film Transistor*), com 2,4 polegadas de diagonal, resolução de (320 x 240) pixels com 65535 cores. Esse mostrador (*display*) está contido numa placa de circuito impresso, feita para encaixar no Arduino Uno, formando um escudo (*shield*). Na Figura 2.11 é mostrada uma placa com o LCD.

Figura 2.11 – Imagem da Placa TFT *Display* Frente e verso comparado com uma moeda de R\$ 1,00.



Fonte: SABINO, 2017.

Além do *display*, essa placa (*Shield*) tem um sensor de toque (*Touch Screen*)

e uma entrada para cartões de memória (*Memory Card*). O sensor de toque é utilizado no Controlador de Tensão. A entrada para cartões de memória não é utilizada.

Para a comunicação com o LCD são necessárias oito Linhas de Dados (LCD_D0 ... LCD_D7) e cinco linhas de controle (LCD_CS, LCD_RS, LCD_WR, LCD_RD e LCD_RST). Para o sensor de toque são necessárias quatro linhas (X+, Y+, X-, Y-) de controle (TOUCH_XP, TOUCH_YP, TOUCH_XM e TOUCH_YM). Como não será acessado o LCD enquanto estiver sendo lido o sensor de toque e vice-versa, esses dispositivos podem utilizar as mesmas portas, desde que tenha cuidado para evitar conflito de dados. A seguir é apresentada as definições das portas no programa do Arduino Nano utilizadas pela placa de *display* e sensor de toque:

```
//-- Definição dos pinos de Arduino --//
#define LCD_D08 // DO no Digital_8
#define LCD_D19 // D1 no Digital_9
#define LCD_D22 // D2 no Digital_2
#define LCD_D33 // D3 no Digital_3
#define LCD_D44 // D4 no Digital_4
#define LCD_D55 // D5 no Digital_5
#define LCD_D66 // D6 no Digital_6
#define LCD_D77 // D7 no Digital_7
#define LCD_CSA3 // CS no Analog_3
#define LCD_RSA2 // A2 no Analog_2
#define LCD_WRA1 // A1 no Analog_1
#define LCD_RDA0 // A0 no Analog_0
#define LCD_RST10 // Reset Digital_10
#define POWER11 // PWM Signal Out
```

O controle desta placa é relativamente complexo, mas existem bibliotecas que facilitam a programação. Neste trabalho foram utilizadas as bibliotecas escritas pela empresa Adafruit (www.adafruit.com). Para utilizá-las devem ser incluídas no programa e criados dois objetos (LCD e *Touch*), como segue:

```
//----- Bibliotecas Utilizadas -----//
#include "Adafruit_GFX.h"
#include "Adafruit_TFTLCD.h"
//-- Cria Classe de Controle do LCD --//
Adafruit_TFTLCD Lcd(
LCD_RD, LCD_WR, LCD_RS, LCD_CS, LCD_RST);
```

O LCD é colorido, com resolução de 16 bits. Nesse equipamento serão utilizadas apenas as cores básicas (branco, preto, vermelho, verde e azul) definidas como para cada linha de dados:

```
//-----//
//- Definicao cores 16 Bits (R5G6B5) -//
#define BLACK0x0000 // Branco
#define RED 0xF800 // Vermelho
#define BLUE 0x001F // Azul
#define GREEN 0x07E0 // Verde
#define GRAY 0xC618 // Cinza
#define WHITE 0xFFFF // Branco
const uint16_t colorLine[] =
    {WHITE, GREEN, BLUE, RED};
```

A função `read_VA`, permite a leitura e atualização dos valores de tensão e corrente:

```
//--- Leitura e Atualização Valores ---//
void readVA(uint8_t setVoltage) {
    uint16_t tRed = (read_I2C(0x49,2)>>3)+
        (read_I2C(0x4A,2)>>3)+
        (read_I2C(0x4B,2)>>3);
    if (setVoltage==0) {
        OCR2A= 255; }
    else if (tRed>75*setVoltage) {
        if (OCR2A<255) ++OCR2A; }
    else if (tRed<75*setVoltage) {
        if (OCR2A>0) --OCR2A; }
    sumRed = (3*sumRed)/4 + tRed;
    sumBlue = (3*sumBlue)/4+
        (read_I2C(0x46,2)>>3)+
        (read_I2C(0x47,2)>>3)+
        (read_I2C(0x48,2)>>3);
    sumGreen = (3*sumGreen)/4+
        (read_I2C(0x43,2)>>3)+
        (read_I2C(0x44,2)>>3)+
        (read_I2C(0x45,2)>>3);
    for (byte b=0; b<12; ++b)
        sumCurr[b]=(3*sumCurr[b])/4+
        read_I2C(0x40+b,1); }
```

A função `print_V`, escreve o valor da tensão medida (`iVal`) numa determinada posição (`x, y`) do LCD, seguido pela unidade de tensão (`v`). Valor da tensão é expresso em centésimos de Volts, por isso precisa ser multiplicada por 0,01. Para facilitar a leitura, os dígitos 0 são substituídos pela letra o. A função

Lcd.fillRect apaga a escrita anterior.

```
//---- Escreve Tensão Posição x,y ----//
void printV(int x, int y, int iVal) {
    String sTemp = String (0.01*iVal);
    byte iTemp = sTemp.length();
    Lcd.fillRect(x, y, 90, 21, BLACK);
    if (iTemp < 6) {
        sTemp.replace('0', 'O');
        iTemp = (5 - iTemp) * 19;
        Lcd.setCursor(x + iTemp, y);
        Lcd.print(sTemp); } }
```

A função `print_A`, escreve o valor da corrente medida (`iVal`) numa determinada posição (`x, y`) do LCD, seguido pela unidade de corrente (`mA`). Se a corrente for positiva o valor será precedida pelo sinal `+`, se for negativa pelo sinal `-`, e se for nula não terá nenhum sinal. Para economizar espaço do LCD a unidade `mA` e os sinais é escrita em tamanho menor, com `setTextSize(2)`. A função `Lcd.fillRect` apaga a escrita anterior.

```
//--- Escreve Corrente Posição x,y ---//
void printA(int x, int y, int iVal) {
    String sTemp = String (abs(iVal));
    byte iTemp = sTemp.length();
    Lcd.fillRect(x, y, 70, 21, BLACK);
    for (byte i = 0; i < iTemp; ++i)
        if (sTemp[i]!='0') sTemp[i] = 'O';
    iTemp = (3 - iTemp) * 19;
    Lcd.setCursor(x + iTemp, y + 4);
    Lcd.setTextSize(2);
    if (iVal==0) Lcd.print(' ');
    else if (iVal > 0) Lcd.print('+');
    else Lcd.print('-');
    iTemp += 14;
    Lcd.setCursor(x + iTemp, y);
    Lcd.setTextSize(3);
    Lcd.print(sTemp);
    Lcd.setCursor(x + 70, y + 7);
    Lcd.setTextSize(2);
    Lcd.print("mA");
    Lcd.setTextSize(3); }
```

A função `drawValueText` escreve as quatro linhas de dados (*Red*, *Blue*, *Green* e *White*):

```

void drawValueText () {
  Lcd.setTextColor (RED);
  printV (170, 4, tData.vRed);
  printA (10, 34, tData.col [0].iRed);
  printA (110, 34, tData.col [1].iRed);
  printA (210, 34, tData.col [2].iRed);
  Lcd.setTextColor (BLUE);
  printV (170, 64, tData.vBlue);
  printA (10, 94, tData.col [0].iBlue);
  printA (110, 94, tData.col [1].iBlue);
  printA (210, 94, tData.col [2].iBlue);
  Lcd.setTextColor (GREEN);
  printV (170, 124, tData.vGreen);
  printA (10, 154, tData.col [0].iGreen);
  printA (110, 154, tData.col [1].iGreen);
  printA (210, 154, tData.col [2].iGreen);
  Lcd.setTextColor (WHITE);
  printA (10, 214, tData.col [0].iWhite);
  printA (110, 214, tData.col [1].iWhite);
  printA (210, 214, tData.col [2].iWhite); }

```

Por fim, a função drawGraphic desenha os gráficos de dados:

```

//----- Desenha em Modo Gráfico -----//
uint16_t maxVoltage;
int16_t maxCurrent;
float xScale = 1.0;
float yScale = 1.0;
void drawGraphic(
byte vLin, byte iLin, byte iCol) {
  Lcd.setRotation (1);
  Lcd.setTextSize (2);
  Lcd.fillScreen (BLACK);
  Lcd.drawRect (18, 0, 302, 222, WHITE);
  Lcd.drawRect (19, 1, 300, 220, WHITE);
  Lcd.drawFastVLine (94, 1, 220, GRAY);
  Lcd.drawFastVLine (169, 1, 220, GRAY);
  Lcd.drawFastVLine (244, 1, 220, GRAY);
  Lcd.drawFastHLine (19, 56, 320, GRAY);
  Lcd.drawFastHLine (19, 111, 320, GRAY);
  Lcd.drawFastHLine (19, 166, 320, GRAY);
  maxVoltage = 0;
  for (byte b=0; b<=endVoltage; ++b) {
    if (maxVoltage < vVal (b, vLin))
      maxVoltage = vVal (b, vLin); }
  maxCurrent = 0;
  for (byte b=0; b<=endVoltage; ++b) {

```

```

if (abs(maxCurrent) <
abs(iVal(b,iLin,iCol)))
maxCurrent = iVal(b,iLin,iCol); }
Lcd.setRotation(0);
Lcd.setCursor(0,0);
Lcd.setTextColor(colorLine[iLin]);
Lcd.print(F(" LIN:"));
Lcd.print(iLin);
Lcd.print(F(" COL:"));
Lcd.print(iCol+1);
if (maxCurrent<-400) {
yScale = -220.0/1000;
Lcd.print(F("    -1A")); }
else if (maxCurrent<-200) {
yScale = -220.0/400;
Lcd.print(F("  -400mA")); }
else if (maxCurrent<-100) {
yScale = -220.0/200;
Lcd.print(F("  -200mA")); }
else if (maxCurrent<-40) {
yScale = -220.0/100;
Lcd.print(F("  -100mA")); }
else if (maxCurrent<-20) {
yScale = -220.0/40;
Lcd.print(F("   -40mA")); }
else if (maxCurrent<-10) {
yScale = -220.0/20;
Lcd.print(F("   -20mA")); }
else if (maxCurrent<0) {
yScale = -220.0/10;
Lcd.print(F("   -10mA")); }
else if (maxCurrent<=10) {
yScale = 220.0/10;
Lcd.print(F("   +10mA")); }
else if (maxCurrent<=20) {
yScale = 220.0/20;
Lcd.print(F("   +20mA")); }
else if (maxCurrent<=40) {
yScale = 220.0/40;
Lcd.print(F("   +40mA")); }
else if (maxCurrent<=100) {
yScale = 220.0/100;
Lcd.print(F("  +100mA")); }
else if (maxCurrent<=200) {
yScale = 220.0/200;
Lcd.print(F("  +200mA")); }
else if (maxCurrent<=400) {
yScale = 220.0/400;
Lcd.print(F("  +400mA")); }
else if (maxCurrent<=1000) {

```

```

yScale = 220.0/1000;
LCD.print(F("    +1A")); }
LCD.setRotation(1);
LCD.setCursor(50,225);
LCD.setTextColor(colorLine[vLin]);
LCD.print(F("TENSAO LINHA: "));
LCD.print(vLin);
LCD.setCursor(290,225);
if (maxVoltage<=100) {
xScale = 300.0/100;
LCD.print(F("1v")); }
else if (maxVoltage<=200) {
xScale = 300.0/200;
LCD.print(F("2v")); }
else if (maxVoltage<=400) {
xScale = 300.0/400;
LCD.print(F("4v")); }
for (byte b=1; b<=endVoltage; ++b) {
LCD.writeLine(
    19+xScale*vVal(b-1,vLin),
    220-yScale*iVal(b-1,iLin,iCol),
    19+xScale*vVal(b,vLin),
    220-yScale*iVal(b,iLin,iCol),
    colorLine[iLin]); } }

```

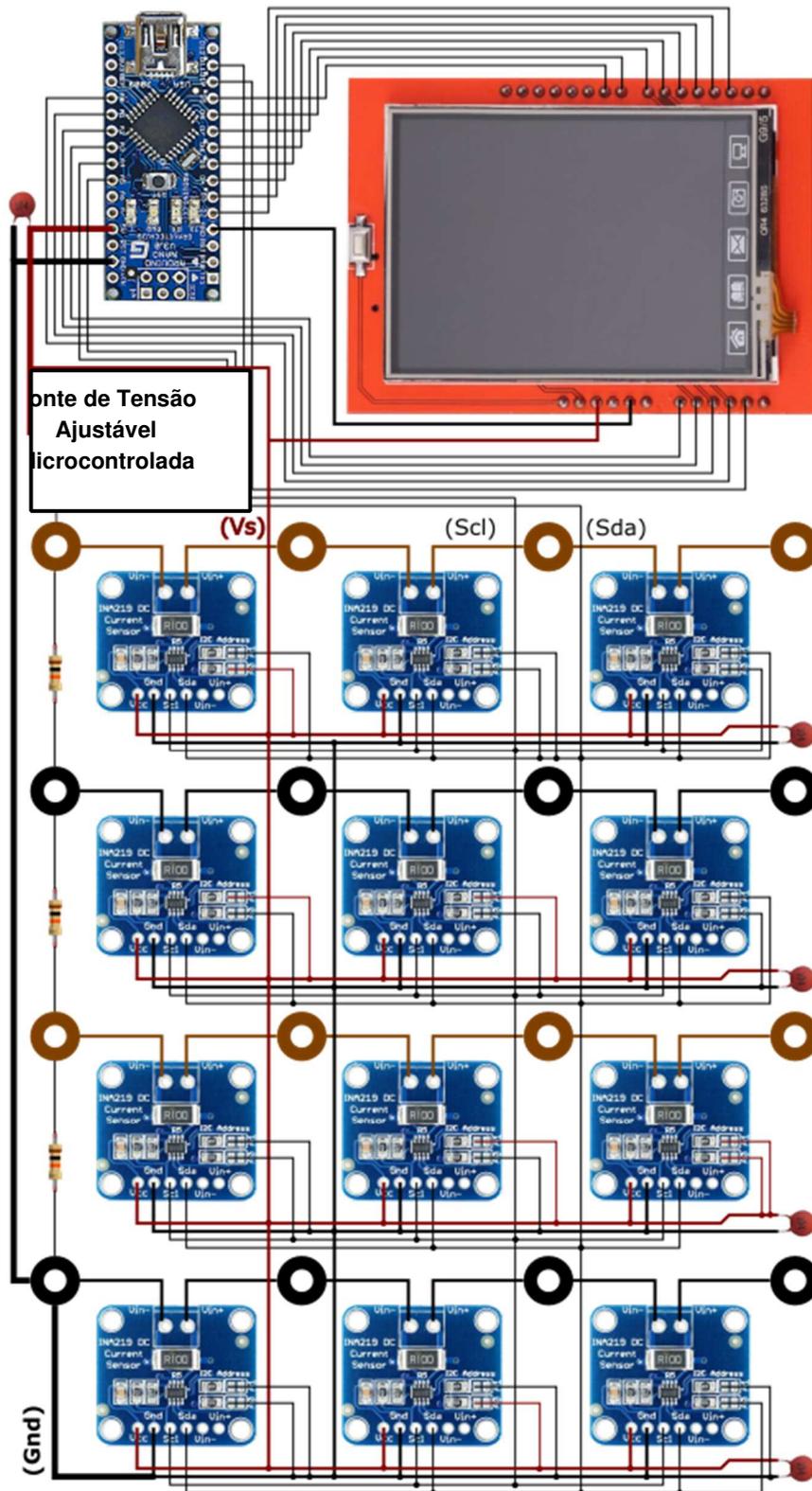
Outras funções acessórias completam a programação, que é apresentada na íntegra no Apêndice I.

2.6 Multi-Circuito

Nesta subseção será abordada a montagem do multi-circuito após serem apresentados e discutidos os materiais necessários para isso.

Este equipamento foi baseado no Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) da acadêmica Ana Cláudio Sabino (SABINO 2017), com a inclusão da Fonte de Tensão Ajustável Microcontrolada (Figura 2.12).

Figura 2.12 - Circuito Eletrônico Completo do Multi-Circuito

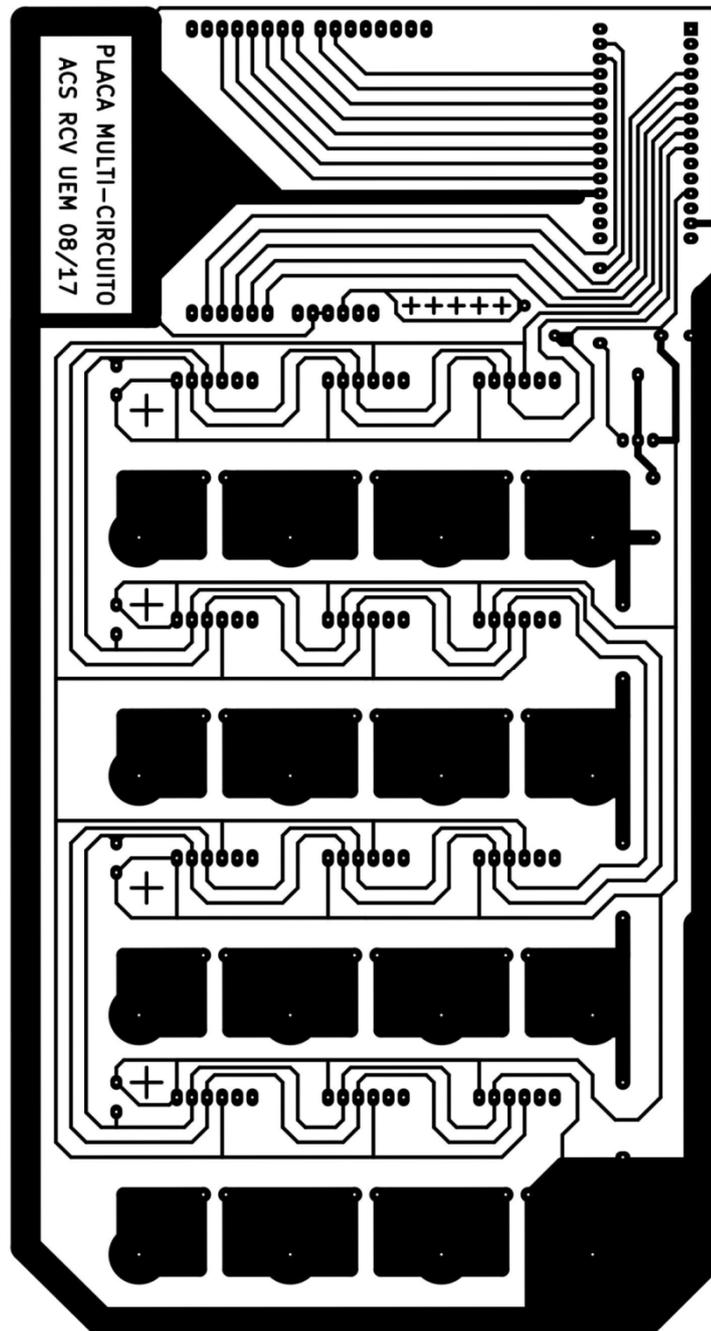


Fonte: <http://site.dfi.uem.br/wp-content/uploads/2018/01/01-Ana-Claudia-Sabino-Licenciatura-2017.pdf>

Adaptado

Para interconectar os componentes da montagem, foi desenhada uma placa de circuito impresso (PCI), utilizando o software livre *KiCad*. A imagem da PCI, fora de escala, é mostrada na Figura 2.13.

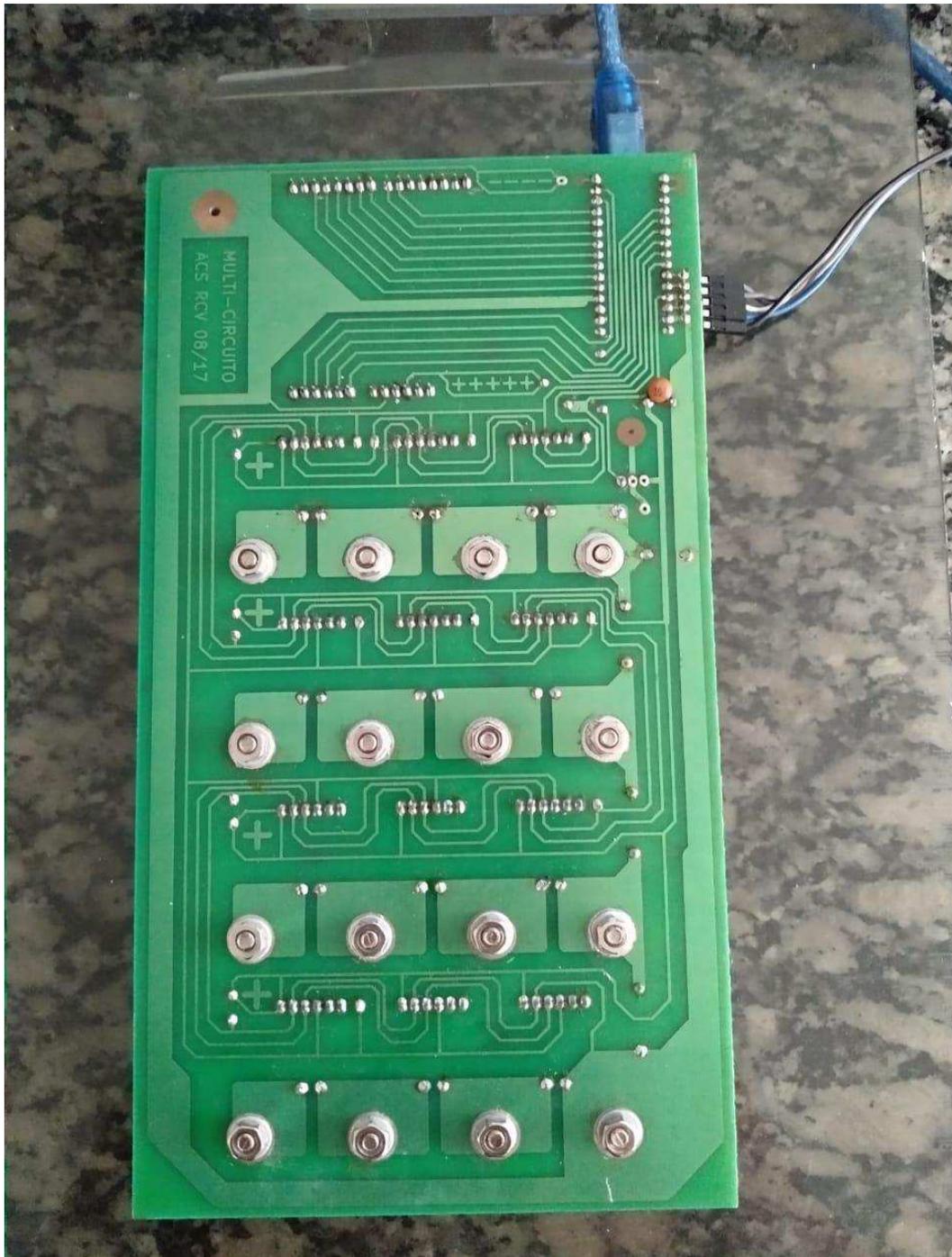
Figura 2.13 – Desenho da Placa de Circuito Impresso para o Multi-Circuito.



Fonte: <http://site.dfi.uem.br/wp-content/uploads/2018/01/01-Ana-Claudia-Sabino-Licenciatura-2017.pdf>

A versão final da placa foi produzida pela empresa Micropress Circuitos Impressos, mostrada na Figura 2.14 com os componentes soldados:

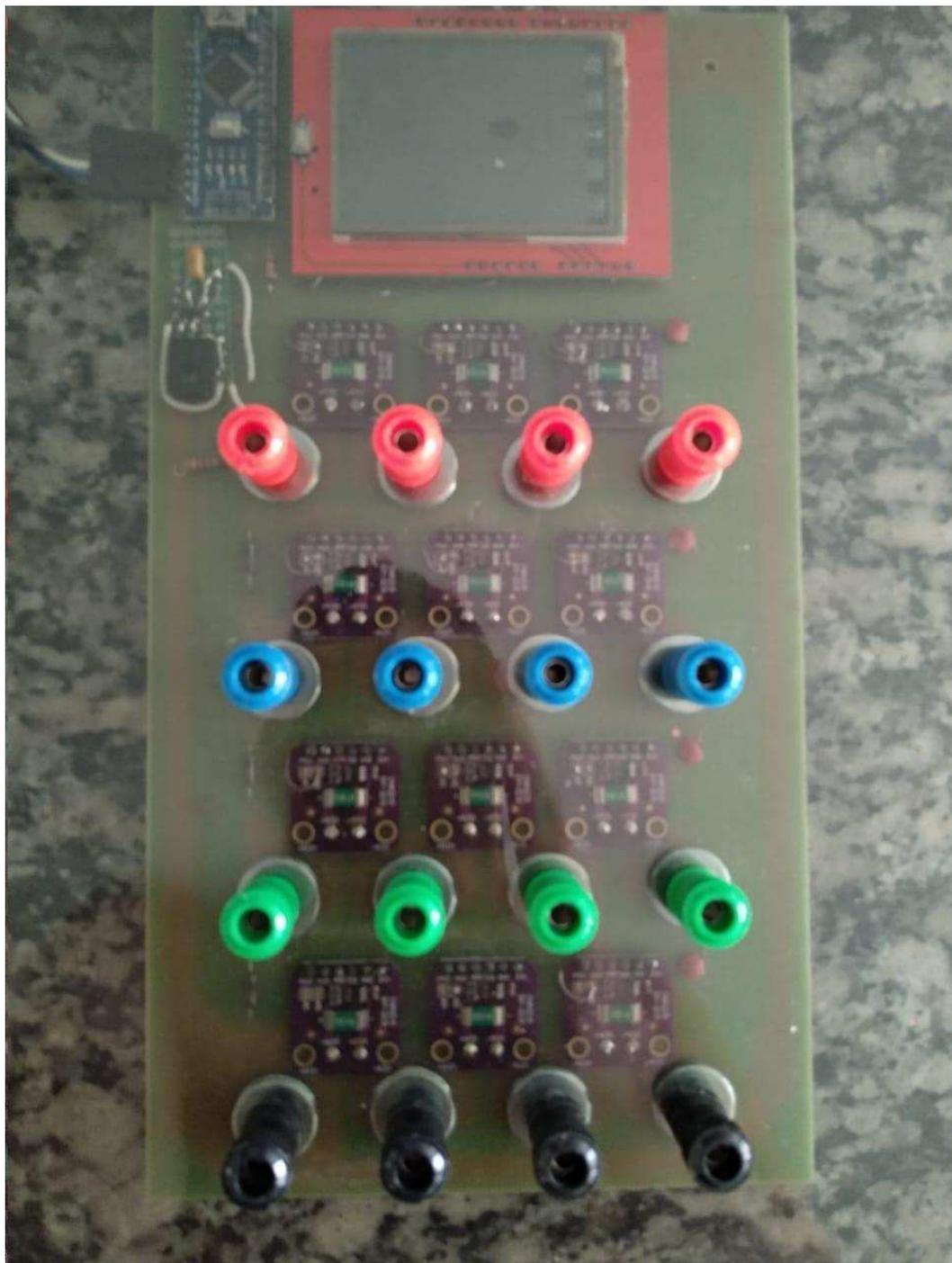
Figura 2.14 – Imagem da Placa de Circuito Impresso para o Multi-Circuito com os Componentes Soldados.



Fonte: arquivos do autor.

A placa montada foi presa numa prancheta de acrílico, com corte para o *display* e furos para os conectores banana fêmea, conforme mostrado na Figura 2.15.

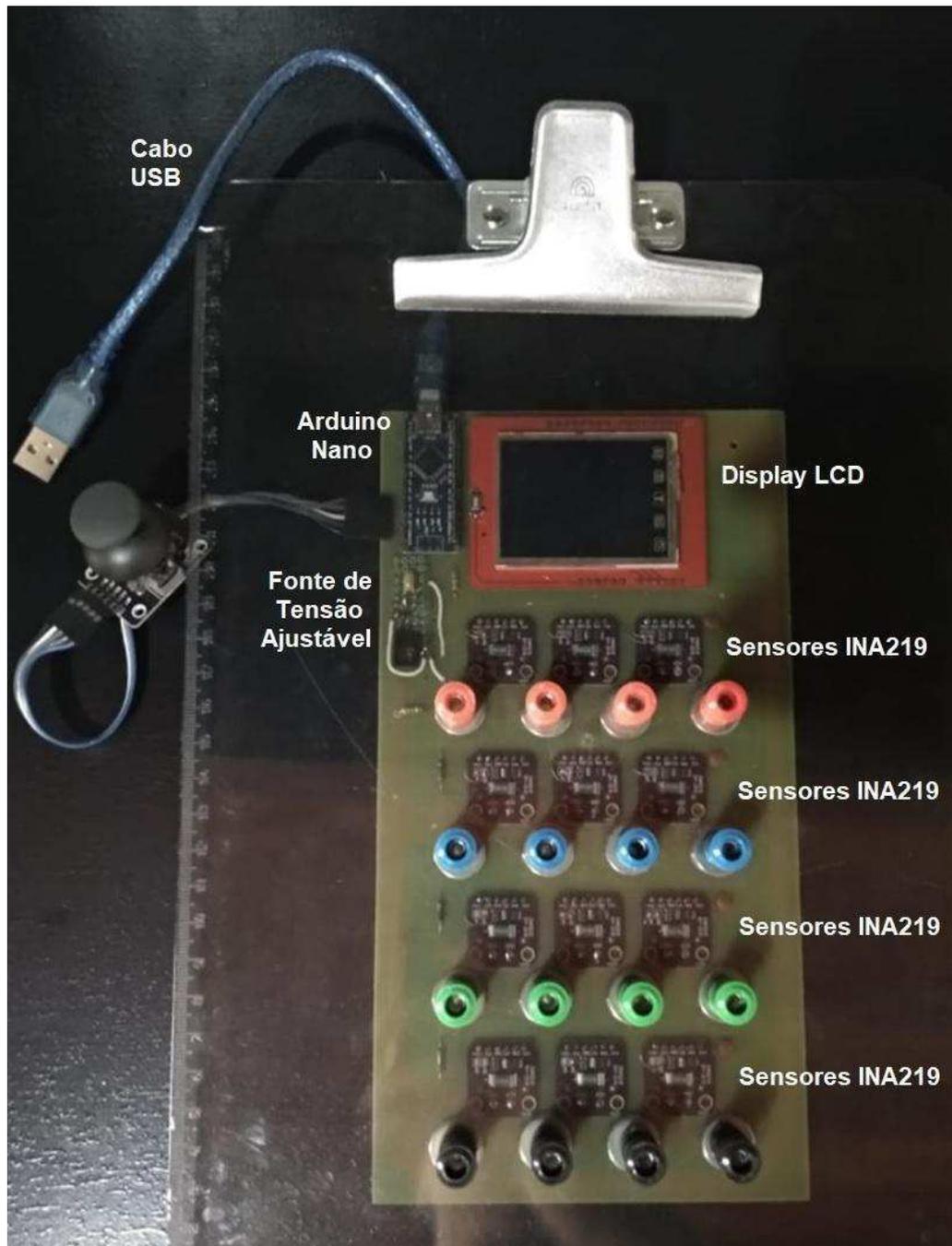
Figura 2.15 – Imagem da Placa Multi-Circuito vista por cima.



Fonte: arquivos do autor.

Na Figura 2.16 a placa Multi-Circuito com os nomes destacados de seus principais componentes.

Figura 2.16 – Imagem da Placa Multi-Circuito com seus principais componentes.



Fonte: arquivos do autor.

2.7 Utilização do Aparato Experimental

Nesta seção será apresentado como utilizar o aparato experimental "Placa Multi Circuito" apresentado na Figura 2.16.

2.7.1 Objetivos

Apresentação gráfica das curvas de corrente pela tensão de diferentes componentes (resistores, lâmpadas, LDR, termistores, diodos, LEDs, transistores).

2.7.2 Materiais utilizados

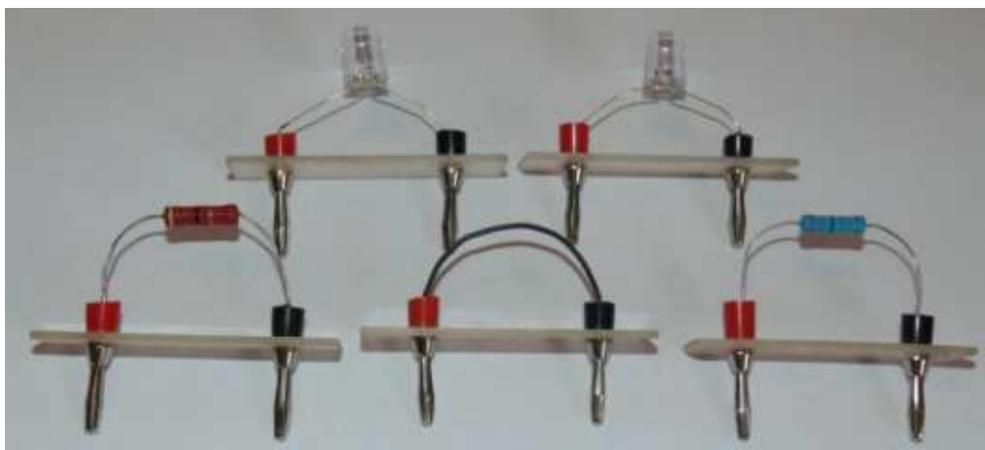
Prancheta (circuito com Arduino + Joystick), cabo USB, computador, resistores e LEDs.

2.7.3 Procedimento

O circuito está disposto de 4 linhas e 4 colunas. Nesse circuito será possível trabalhar com resistores e LEDs, como pode ser visto na Figura 2.16.

Neste capítulo são sugeridos, como exemplo, circuitos elétricos com resistores e LEDs (*Light Emitting Diode*). Os resistores utilizados têm valores entre $10\ \Omega$ e $100\ \Omega$ e potências de dissipação de $3W$ ou mais. Os LEDs são de tamanho grande ($10mm$), transparentes e de cores diversas (vermelho e verde). São utilizados fios condutores (resistência desprezível). Esses componentes são soldados em pinos bananas machos e presos em pequenas placas de acrílico, conforme mostrado na Figura 2.17, para facilitar a colocação e retirada dos mesmos na prancheta do Multi-Circuito. Com esses circuitos é possível verificar a lei de Ohms e de Kirchhoff, os valores de resistência equivalente (R_{eq}) em associações de resistores em série, em paralelo ou em configuração mista.

Figura 2.17 – Imagem dos componentes (resistores, LEDs e Fio) para os circuitos.



Fonte: SABINO, 2017.

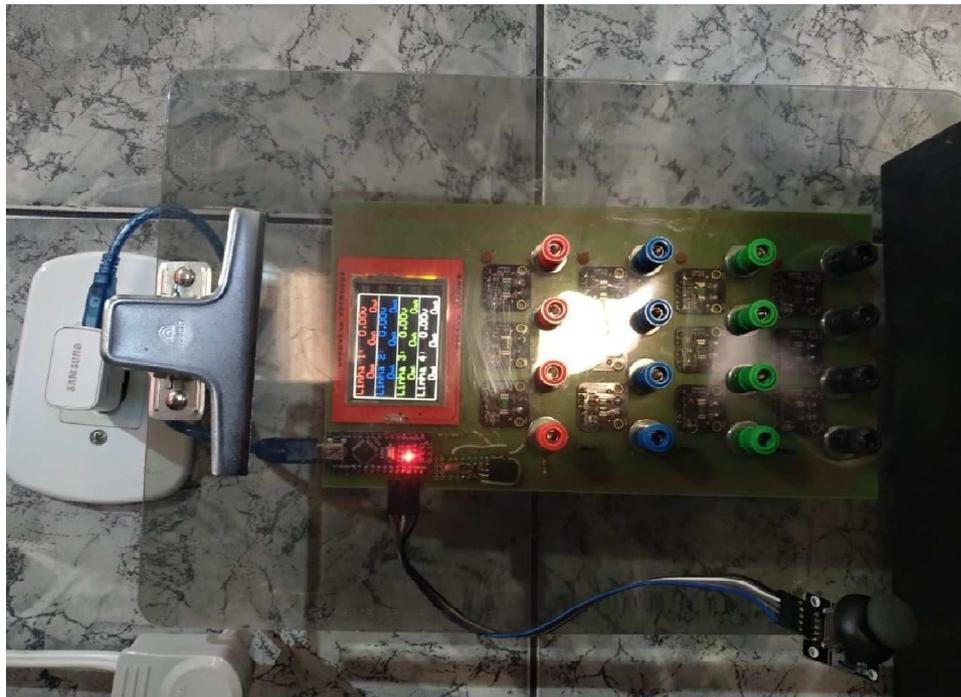
Utilizando LEDs pode-se verificar duas importantes características dos semicondutores de junção: a condução em sentido único e a queda de potencial na junção.

Com uso do Joystick tem-se a condição de aumentar ou reduzir os valores da tensão e corrente e também mudar a tela no display para visualizar o gráfico após a montagem do circuito.

2.7.4 Circuito com Associação em Série de Resistores

Ligue o circuito no computador com a entrada USB ou com plug (carregador de celular) diretamente na tomada (Figura 2.18), na aplicação em sala de aula foi usado uma extensão de tomada para proporcionar a ligação do Multi-Circuito em uma mesa centralizada para os grupos realizarem a experimentação.

Figura 2.18 – Imagem do Multi-Circuito ligado com plugue do carregador de celular.

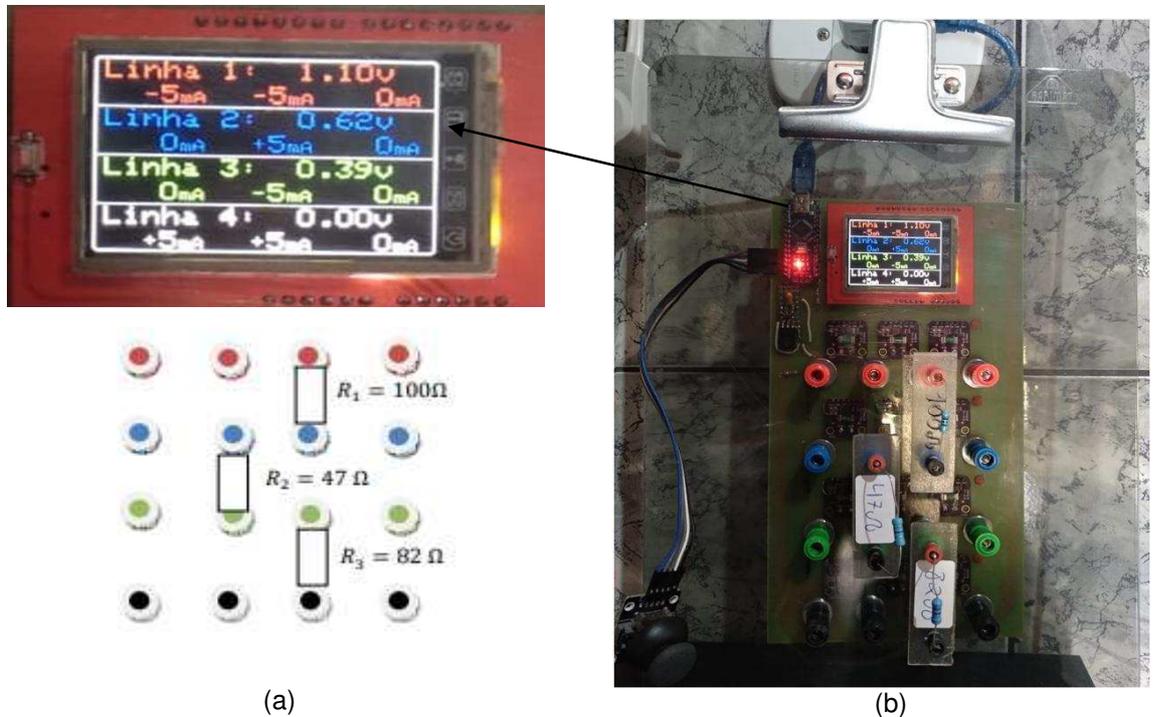


Fonte: arquivos do autor.

Este circuito é feito com três resistores associados em série (R_1 , R_2 e R_3), conforme mostra a Figura 2.19. Com ele é possível verificar a lei de Ohm ($V = Ri$) equação (1.3) em cada um dos resistores e o valor da resistência equivalente (R_{eq})

aos três resistores em série, eq. (1.6(b)) para 3 resistências: $R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$.

Figura 2.19 – (a) Desenho esquemático do circuito realizado em (b) imagem do Circuito com Resistores Associados em Série, e ao lado a ampliação das informações no *display*.

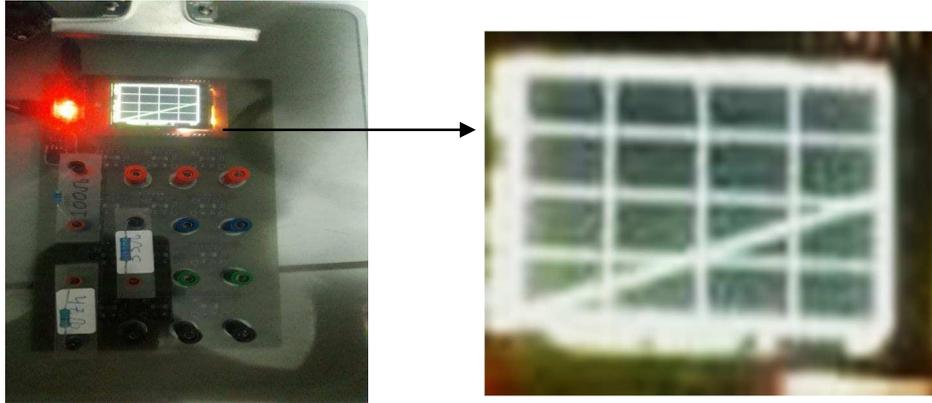


Fonte: (a) elaborado e cedido por H. Mukai e (b) arquivos do autor.

No Multi-Circuito foi realizada a montagem do circuito em série da mesma forma apresentada na imagem (Figura 2.19 (a)) com os 3 resistores dispostos em série foi alimentado utilizando o Joystick para aumentar os valores da corrente e tensão (Figura 2.19 em destaque) no *display* pode-se visualizar os valores em cada linha.

Distribua os resistores no circuito, um a um, começando pela linha 1 e com Joystick, aumentará aos poucos a corrente que passa por essa linha, com a intensidade adequada, aperte para baixo no Joystick para visualizar o gráfico formado no display, como na Figura 2.20.

Figura 2.20 - Imagem do Gráfico dos resistores da associação em série da Figura 2.19 (a).

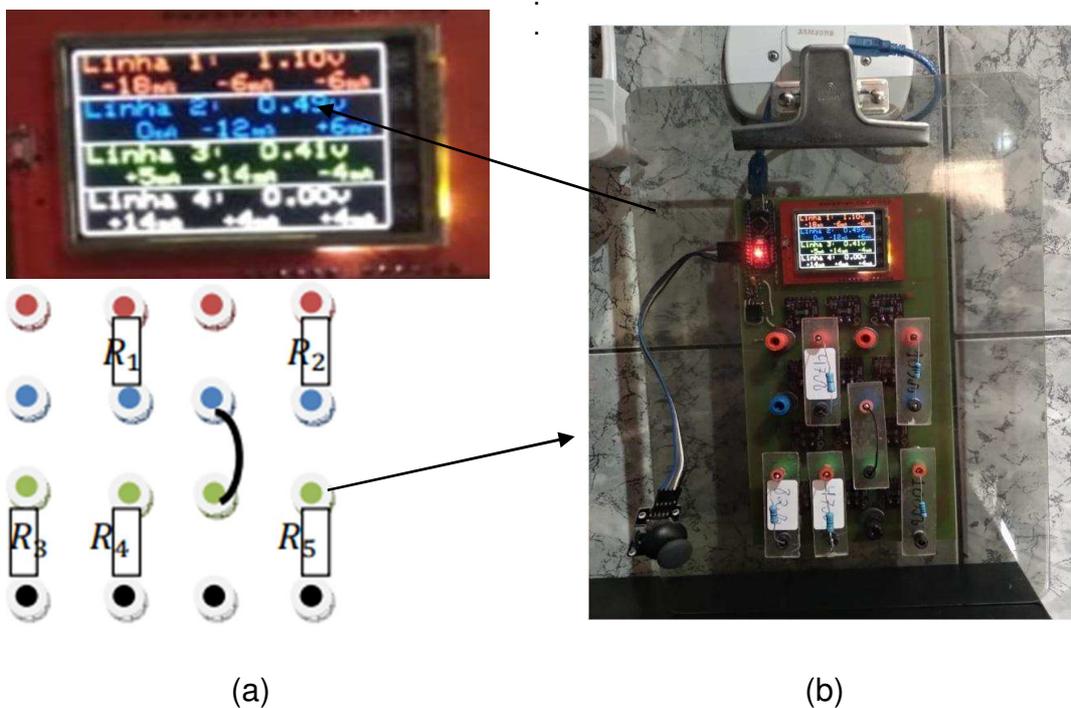


Fonte: arquivos do autor.

2.7.5 Circuito com Associação em Paralelo de Resistores

Este circuito é feito com dois conjuntos de resistores em paralelo, sendo um com dois resistores (R_1 e R_2) e outro com três resistores (R_3 , R_4 e R_5), conforme mostra a Figura 2.21. Com ele é possível verificar a lei de Kirchhoff e o valor da resistência equivalente (R_{eq}) de resistores em paralelo.

Figura 2.21 – (a) Desenho esquemático e (b) a montagem do Circuito com Resistores Associados em Paralelo.



Fonte: (a) elaborado e cedido por H. Mukai e (b) arquivos do autor.

Na Figura 2.21 (b) temos a montagem do circuito associados em paralelos representados no Multi-Circuito. Ressaltando que o fio condutor com resistência desprezível para fazer a montagem do circuito em paralelo.

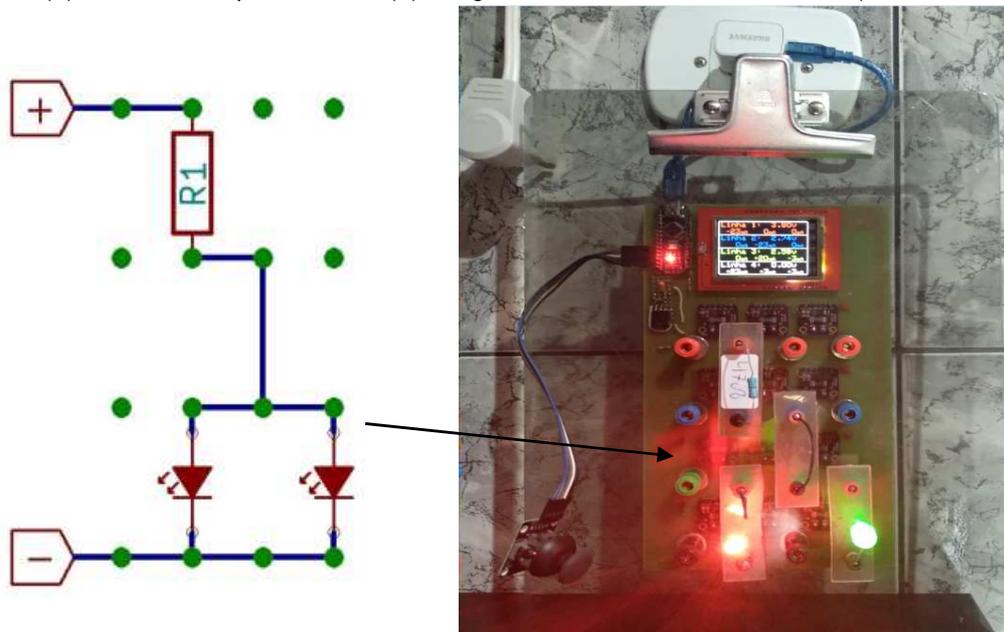
A equação para obter a resistência equivalente no caso de elementos resistivos em paralelo é a equação 1.8(b).

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$$

2.7.6 Circuito com LEDs

Este circuito pode ser utilizado para estudar algumas características dos LEDs (semicondutor). Na Figura 2.22 (b) temos a montagem do circuito com os dois LEDs (vermelho e verde) representados no Multi-Circuito. O fio condutor é um com resistência desprezível para fazer a montagem do circuito com LEDs.

Figura 2.22 – (a) Desenho esquemático e (b) imagem do Circuito com dois LEDs (cores diferentes).



Fonte: Sabino, 2017.

Com tensão ajustada para valores baixos (~1,5V) nenhum LED acende. Aumentando a tensão com Joystick verifica-se que o LED vermelho acende. Quanto maior a tensão, maior a corrente, maior o brilho do LED vermelho. O LED verde necessita de uma tensão maior para acender, portanto existe uma faixa de tensão que

apenas o LED vermelho fica aceso. Um desafio interessante ao ser lançado para os alunos, não apenas fazer a montagem do circuito, mas também fazer com que acenda um LED e posteriormente encontre a condição adequada para acender os dois LEDs.

2.8 Sobre os resultados e sua interpretação

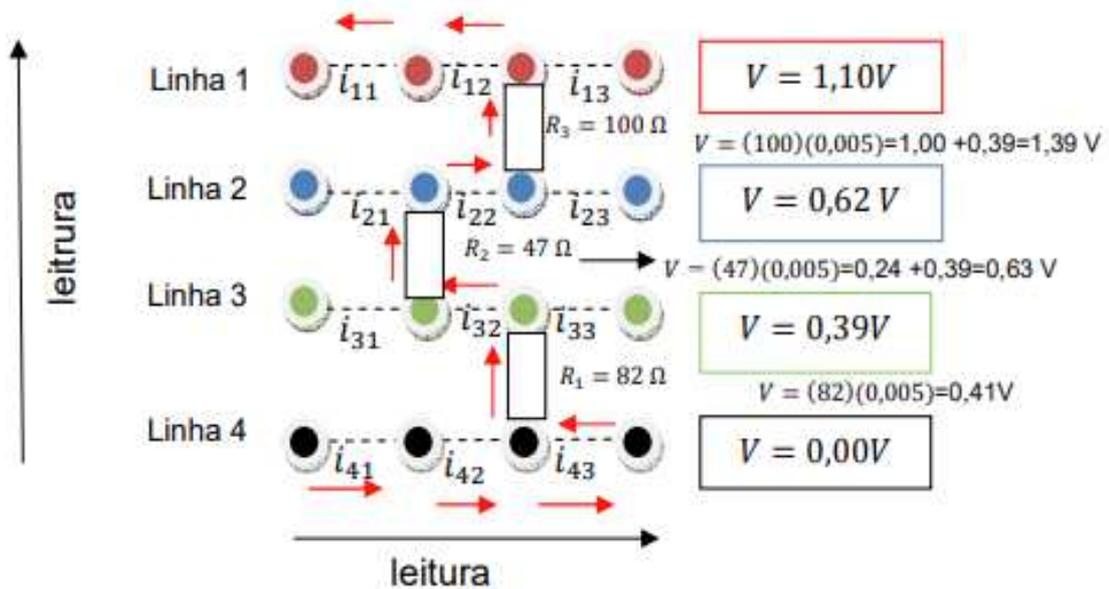
Para estudar os fenômenos elétricos e suas aplicações é preciso entender seus conceitos fundamentais (Tensão e Corrente Elétricas) e suas inter-relações (como a lei de Ohm), conforme apresentado de uma forma direta no Capítulo 1.

Tem-se ainda os dados apresentados a cada linha a respectiva tensão e corrente, por exemplo, na associação em série aparece (Figura 2.6),

- ✓ Linha 4: tensão $V = 0,00V$, e 3 valores de corrente $i_{41} = +5 \text{ mA}$; $i_{42} = +5 \text{ mA}$; $i_{43} = 0 \text{ mA}$;
- ✓ Linha 3: tensão $V = 0,39 \text{ V}$, e 3 valores de corrente $i_{31} = 0 \text{ mA}$; $i_{32} = -5 \text{ mA}$; $i_{33} = 0 \text{ mA}$;
- ✓ Linha 2: tensão $V = 0,62 \text{ V}$, e 3 valores de corrente $i_{21} = 0 \text{ mA}$; $i_{22} = +5 \text{ mA}$; $i_{23} = 0 \text{ mA}$;
- ✓ Linha 1: tensão $V = 1,10 \text{ V}$, e 3 valores de corrente $i_{11} = -5 \text{ mA}$; $i_{12} = -5 \text{ mA}$; $i_{13} = 0 \text{ mA}$;

Analisando a malha do circuito, apresentado na Figura 2.23. A leitura inicia-se da linha 4, considerando positivo o sentido da corrente da esquerda para a direita. Quando a corrente aparece com o sinal negativo indica que está no sentido oposto, da direita para a esquerda. Cada linha possui a sua tensão, que vai se acumulando de baixo para cima, com o valor da tensão na resistência intermediária que conecta uma linha com a outra.

Figura 2.23 – Desenho esquemático representando como fazer a leitura da corrente entre cada ponto e tensão por linha.



Fonte: cedido por H. Mukai.

A tensão na linha 1 é o referente a resistência equivalente,

$$R_{eq} = 82 + 47 + 100 = 229 \Omega,$$

em que a corrente será de $5mA = 0,005 A$, fornecendo uma tensão de

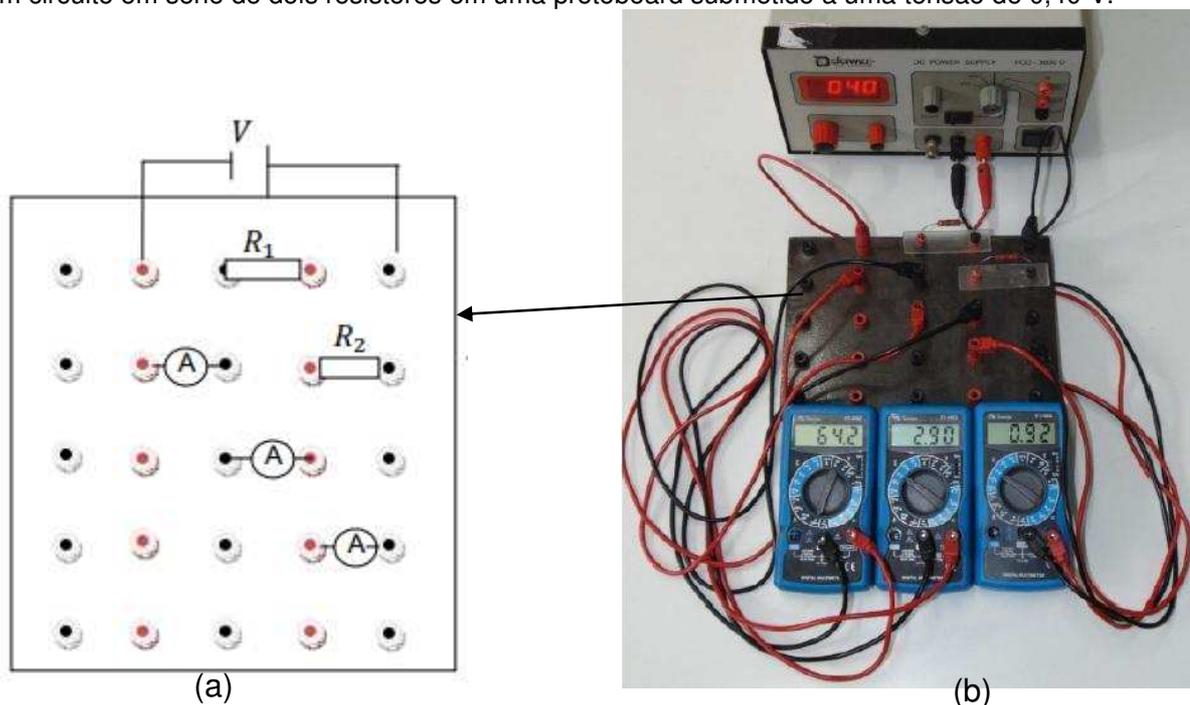
$$V = Ri = 229 (0,005) = 1,15 V.$$

Nos demais circuitos em paralelo e misto, onde vale a lei de Kirchhoff, a forma de analisar segue o mesmo raciocínio.

O aparato experimental fornece desta forma uma maneira de compreender estas equações, de forma gráfica, interpretando a cada linha de acordo com o elemento utilizado, o seu comportamento de forma rápida e obtendo a tensão de saída. É indicado utilizar elementos resistivos da ordem de décimos de Ohms, e a corrente será da ordem de mA .

Caso fosse medir a corrente para os intervalos supondo o sistema 4×4 como uma protoboard simples, seriam necessários 3 multímetros (na escala de Ampère), ligados em série a cada intervalo no circuito, como demonstrado por Sabino, 2017 (Figura 2.24).

Figura 2.24 – (a) Desenho esquemático da conexão da Figura b: Imagem fotográfica das medidas das correntes entre cada ponto com três multímetros cada um ligado em série para medir a corrente, para um circuito em série de dois resistores em uma protoboard submetido a uma tensão de 0,40 V.



Fonte: (a) os autores, (b) SABINO, 2017.

No caso da prancheta multi-circuito educativa, entre cada dois pontos na horizontal há um dispositivo que faz o papel do multímetro na escala em Ampère.

Relações muito interessantes, e úteis, podem ser representadas pelos gráficos de corrente em função da tensão. Dependendo do circuito e dos componentes a corrente em função da tensão pode ser linear (componentes ôhmicos) ou não (componentes não ôhmicos). Nas Figuras 1.2 (a, (b) e (c) tem, como exemplo, os gráficos de resistor (ôhmico), lâmpadas não LEDs e diodos.

Na Figura 2.24 apresenta-se um resultado típico de uma associação de resistores ôhmicos e fixos, cujo comportamento é o mesmo do descrito na Figura 1.2(a). A mudança da parte de dados para a de gráfico, que não existia também no trabalho de Sabino (2017), se faz por meio do Joystick. Outra diferença é a possibilidade de variação da tensão e corrente, com uma tensão máxima de aproximadamente 4 Volts e a corrente limitada pela porta USB.

Montagens experimentais para estudar os gráficos de correntes por tensão não são complexas, demandando apenas fontes ajustáveis de tensão e medidores de correntes. No entanto, medir um número interessante de valores (corrente x tensão) para um gráfico demandaria um tempo razoável. Atualmente as escolas públicas do

Paraná tem 2 h/a de Física por semana ou 80 h/a por ano. Por isso, fica muito difícil conseguir encaixar no cronograma escolar a obtenção e o estudo de gráficos experimentais de componentes ôhmicos e não ôhmicos utilizando fontes reguláveis e medidores de correntes.

Nesse trabalho é proposto o desenvolvimento e a aplicação de um equipamento que incorpora uma fonte ajustável, medidores de corrente e um display gráfico, permitindo o levantamento da curva de corrente pela tensão de circuitos e componentes de forma rápida e simples. Tal equipamento poderá ser muito útil em aulas experimentais e/ou demonstrativas sobre o assunto.

Por meio dos dados obtidos das tensões pela intensidade de corrente em cada linha e os gráficos espera-se que os alunos diferenciam a curva de resistores e LEDs.

Compreenda a utilização de um potenciômetro para variar a corrente e tensão. Deixando de lado uma aula expositiva e abstrata, para uma aula experimental e mais palpável para alcançar a aprendizagem significativa nos alunos.

A título de completeza, e aos interessados, apresenta-se na Tabela 2.1 o investimento da prancheta multi-circuito educativa. Valor atualizado em 05/2019. O valor total dos componentes para o equipamento didático, considerando os 12 sensores de corrente INA219, era de aproximadamente R\$ 420,00.

Tabela 2.1 - Lista dos materiais utilizados na construção do experimento, o valor unitários de cada material, em 05/2019.

| Material Utilizado | Valor Unitário Aproximado |
|---|---|
| Placa para multicircuito (Micropress Circuitos Impressos) | R\$ 21,44 (na confecção de 10 peças) |
| Arduino Nano | R\$ 25,00 |
| Joystick | R\$ 10,00 |
| Sensor de corrente INA219 | R\$ 20,00 |
| <i>Display LCD</i> colorido | R\$ 60,00 |
| Prancheta Acrílica | R\$ 10,00 |
| Resistores, Capacitores, Transistor, Amplificador Operacional, etc | R\$ 50,00 |

Fonte: o autor.

Capítulo 3-Proposta Didática (PD)

Neste capítulo apresenta-se uma proposta didática (PD) com etapas e informações mais detalhadas a partir do Quadro 3.1 que está distribuído a organização da proposta, têm-se as 6 atividades propostas em 8 aulas de 50 minutos.

No Apêndice II está apresentado um material complementar contendo a teoria de aprendizagem significativa, Mapas conceituais, seguidas de um tutorial de como utilizar o *Cmap Tools*.

Quadro 3.1 - Organização da Proposta Didática, relacionando a aula, a ação e outras possibilidades.

| ETAPA | AÇÃO | TEMPO | OUTRAS POSSIBILIDADES |
|-------|--|-------------------------|---|
| 1º | Explicar aos alunos sobre mapas conceituais. | 1 hora/aula | O professor poderá construir junto com os alunos, um mapa conceitual sobre outro tema a fim de que entendam, na prática, sobre como funciona essa construção. |
| 2ª | Fazer um mapa conceitual sobre o tema a ser estudado. “ELETRODINÂMICA” | 1 hora/aula | Criar e aplicar um pré-teste |
| 3ª | Instalar o programa <i>Cmap Tools</i> nos computadores que serão utilizados. | A ser feito previamente | Caso não haja a possibilidade de utilização de computadores (laboratório de informática), os alunos poderão desenhar nos seus cadernos ou em folha separada. |
| 4ª | Ensinar os alunos a utilizar o programa <i>Cmap Tools</i> . | 1 hora/aula | Caso os alunos tenham facilidade de acesso a um computador em casa, eles poderão aprender a lidar com o programa antes da aula tutorial. |
| 5ª | Aplicação do experimento | 2 horas/aula | Dividir os grupos da melhor forma, visando a participação de todos. |

| | | | |
|----|---|--------------|--|
| 6ª | Construção de um mapa conceitual do conteúdo estudado. | 2 horas/aula | Os alunos que não tiverem acesso ao programa <i>Cmap Tools</i> , poderão fazê-lo em uma folha separada. |
| 7ª | Rever o mapa conceitual da turma e sanar todas as dúvidas que os alunos apresentarem. | 1 hora/aula | Essa atividade poderá ser realizada tanto por meio digital quanto impresso e servirá para verificação da aprendizagem significativa após a construção do mapa conceitual pelo aluno. |

Fonte: arquivo do autor.

Atividade 1 - Mapas conceituais

Objetivo:

Explicar o que é e ensinar como fazer um mapa conceitual.

Metodologia:

- ◆ Uso de um exemplo de um mapa conceitual;
- ◆ Construção de um mapa com tema distinto a ser trabalhado, (por exemplo: Corinthians”);
- ◆ Mostrar e ensinar um tutorial do programa Cmap Tools, gratuito e disponível em <http://cmap.ihmc.us>;
- ◆ Posteriormente, participação individual e estimulada (dirigida) dos alunos, com respostas e considerações.

Duração: 1 aula (50 minutos)

No Apêndice II há um material complementar e a seção I e II trata de mapas conceituais e na seção III um tutorial sobre o uso do *Cmap Tools*.

Atividade 2 - Programa *Cmap Tools*.

Objetivo:

Instalar e ensinar os alunos a utilizar o programa *Cmap Tools*

Metodologia:

- ◆ Instalar previamente o programa;

- ♦Passar um tutorial para utilizar o *Cmap Tools* (disponível no Apêndice II);
- ♦Os alunos serão reunidos em grupo de 4 ou 5 integrantes;

Duração: 1 aula (50 minutos)

Atividade 3: Pré-Teste - Mapa Conceitual

Objetivo:

Como pré-teste os alunos irão fazer um mapa conceitual do tema, no caso Eletrodinâmica.

Metodologia:

- ♦Uso de folha ou do programa *Cmap Tools*;
- ♦Os alunos serão reunidos em grupo de 4 ou 5 integrantes;
- ♦ Os integrantes dos grupos debaterão sobre o tema;
- ♦Depois todos os grupos farão um debate aberto.

Duração: 1 aula (50 minutos)

Atividade 4: Aplicação do experimento.

Objetivo:

Aplicar um equipamento para apresentação gráfica das curvas de corrente pela tensão de diferentes componentes (resistores, lâmpadas, LDR, termistores, diodos, LEDs, transistores).

Metodologia:

- ♦Os principais componentes do equipamento proposto nesse trabalho são a placa de microprocessamento Arduino Uno (Figura 1), o display LCD colorido (Figura 2) e os sensores de corrente e tensão INA219 (Figura 3);
- ♦Os alunos serão reunidos em grupo de 4 ou 5 integrantes;
- ♦ Os integrantes dos grupos realizarão o experimento;

Duração: 2 aulas (100 minutos)

Atividade 5: Construção do Mapa Conceitual.

Objetivo:

Avaliar a aprendizagem significativa dos alunos por meio dos mapas conceituais.

Metodologia:

- ◆ Uso do programa *Cmap Tools*;
- ◆ Os alunos serão reunidos em grupo de 4 ou 5 integrantes;
- ◆ Os integrantes dos grupos debaterão sobre o tema;
- ◆ Depois todos os grupos farão um debate aberto.

Duração: 2 aulas (100 minutos)

Atividade 6: Pós-Teste.

Objetivo:

Debater e analisar os mapas conceituais dos alunos.

Metodologia:

- ◆ Verificação da aprendizagem significativa após a construção do mapa conceitual pelo aluno;
- ◆ Sanar e corrigir as dúvidas dos alunos;
- ◆ Os alunos serão reunidos em grupo de 4 ou 5 integrantes;
- ◆ Os integrantes dos grupos debaterão cada questão apresentada pelo professor;
- ◆ Depois todos os grupos farão um debate aberto.

Duração: 1 aula (50 minutos)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A elaboração deste Produto Educacional teve como objetivo principal reduzir a abstração da Eletrodinâmica e abordar conceitos com montagem experimental que não utilizasse muito tempo, como por exemplo, medição de vários valores de (corrente x tensão) requer tempo e no Estado do Paraná a disciplina de Física tem 2 h/a semanais. Por isso, fica muito difícil conseguir encaixar no cronograma escolar a obtenção e o estudo de gráficos experimentais de componentes ôhmicos e não ôhmicos utilizando fontes reguláveis e medidores de correntes.

Com o uso da tecnologia para ser mais plausível a aplicação com Arduino para fazer a leitura, obter os valores de corrente e tensão no display e o uso de computadores para confeccionar os mapas conceituais no *Cmap Tools* reduziu o plano de aula para 8 aulas.

Diante disso, deixamos claro que a experimentação de fácil acesso na sala de aula, é apenas mais um recurso a ser utilizado pelo professor, não excluindo o uso de quadro e giz, vídeos, explicações teóricas e resoluções de exercícios, todavia, tudo que seja possível aliar essas metodologias com as atividades experimentais é válido para conseguir bons resultados ao ensinar Física.

Segundo Giovani (1998) não basta simplesmente propor aos professores, alternativas pedagógicas mais viáveis para seu trabalho se estas não forem coerentes com seu referencial prático, nem corresponderem a um esforço de compreensão teórica. Isso é o que justifica fazer este trabalho, para que ações efetivas que possam contribuir para tornar a Física mais atrativa para o aluno e, assim, potencializar a sua aprendizagem e sua formação humana.

Referências Bibliográfica

ARDUINO. Home Page. Disponível em: <<http://www.Arduino.cc>>. Acessado em 4 de Novembro de 2017.

CAVALCANTE, M.A., TAVOLARO, C.R.C.; MOLISANI, E. Física com Arduino para iniciantes. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 33, n. 4, 4503, 2011.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular (BNCC) - Segunda Edição. MEC. Brasília, DF, 2016.

GIOVANI, L. M. Do professor informante ao professor parceiro: Reflexões sobre o papel da universidade para o desenvolvimento profissional de professores e as mudanças na escola. **Caderno CEDES**, Campinas, v. 19, n. 44, 1998.

MATOS, A. (2022), **EXPLORANDO GRÁFICOS: CORRENTE X TENSÃO - UMA APLICAÇÃO DE TDICs NO ENSINO MÉDIO**, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Departamento de Física – Universidade Estadual de Maringá. **Será publicado** em: <<http://www.dfi.uem.br/dfimestrado/?q=node/57>>.

RAMALHO, Jr, F; IVAN J., C.S.; NICOLAU, G. F.; e TOLEDO S., P. A. - **Os Fundamentos da Física - Vol. 3 - Eletricidade e Física Moderna**, 1ª. edição - Ed. Moderna. São Paulo, 1977.

SABINO, A. C. **Placa Automatizada para Medições de Tensão e Corrente em Circuitos Elétricos (Multi-Circuito)**.2017 V, 48. Monografia apresentada ao curso de Física. Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Exatas, Departamento de Física, 2017, Maringá-PR.

SOUZA, A.R.; PAIXÃO, A.C.; UZÊDA, D.D.; DIAS, M.A.; DUARTE, S.; AMORIM, H.S. A placa Arduíno: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 33, 1702, 2011.

Cmap Tools. Disponível em: <http://cmap.ihmc.us>. Acessado 07/10/2019.

Mapas Conceituais. Disponível em: <https://www.infoescola.com/pedagogia/mapas-conceituais-no-processo-de-ensino-aprendizagem-aspectos-teoricos/> - Acessado: 21/05/2019.

Teoria de Aprendizagem Significativa. Disponível em: <https://hypescience.com/aprendizagem-significativa-teoria-de-ausubel-novak/> - Acesso: 20/05/2019

Biografia J. Novak. Disponível em: http://novakupn.blogspot.com.br/2010/04/biografia-del-autor_17.html - Acesso: 21/05/2019

Mapas Conceituais - Novak e Gowin. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/LeoDuarte4/ppt-novak-e-gowin> - Acesso: 23/05/2019

Apêndice I - Programação do Arduino

```
//-----//
//-- Definição dos pinos de Arduino --//
#define LCD_D0      8  // D0 no Digital_8
#define LCD_D1      9  // D1 no Digital_9
#define LCD_D2      2  // D2 no Digital_2
#define LCD_D3      3  // D3 no Digital_3
#define LCD_D4      4  // D4 no Digital_4
#define LCD_D5      5  // D5 no Digital_5
#define LCD_D6      6  // D6 no Digital_6
#define LCD_D7      7  // D7 no Digital_7
#define LCD_CS     A3  // CS no Analog_3
#define LCD_RS     A2  // A2 no Analog_2
#define LCD_WR     A1  // A1 no Analog_1
#define LCD_RD     A0  // A0 no Analog_0
#define LCD_RST    10  // Reset Digital_10
#define POWER      11  // PWM Signal Out
//-----//
//----- Bibliotecas Utilizadas -----//
#include <Wire.h>
#include "Adafruit_GFX.h"
#include "Adafruit_TFTLCD.h"
//-- Cria Classe de Controle do LCD --//
Adafruit_TFTLCD Lcd(
    LCD_RD, LCD_WR, LCD_RS, LCD_CS, LCD_RST);
//-----//
//-- Definição cores 16 Bits (R5G6B5) --//
#define BLACK      0x0000  // Branco
#define RED        0xF800  // Vermelho
#define BLUE       0x001F  // Azul
#define GREEN      0x07E0  // Verde
#define GRAY       0xC618  // Cinza
#define WHITE      0xFFFF  // Branco
const uint16_t colorLine[] =
    {WHITE, GREEN, BLUE, RED};
//-----//
//-- Definições da Matriz de Valores --//
#define MAX_DATAS 40 // 4.0V
int16_t  sumCurr[12];
uint16_t sumRed;
uint16_t sumBlue;
uint16_t sumGreen;
struct strCol {
    int iRed: 12;
    int iBlue: 12;
    int iGreen: 12;
    int iWhite: 12;
};
```

```

} tCol;
struct strData {
int vRed: 12;
int vBlue: 12;
int vGreen: 12;
strCol col[3];
} tData, mData[MAX_DATAS+1];
int8_t setVoltage = 0;
int8_t endVoltage = 0;
//-----//
//---- Arrendonda o Último Dígito ----//
int16_t lRound(int16_t value) {
if (value>0) return (value+5)/10;
else return (value-5)/10; }
//-----//
//- Escrita I2C:(iAddr) iReg:=iValor -//
void write_I2C(byte iAddr, byte iReg,
uint16_t iValor){
Wire.beginTransmission(iAddr);
Wire.write(iReg);
Wire.write(iValor>>8);
Wire.write(iValor);
Wire.endTransmission(); }
//-----//
//---- Leitura I2C:(iAddr) iReg ----//
uint16_t read_I2C(byte iAddr,byte iReg){
const byte nBytes = 2;
Wire.beginTransmission(iAddr);
Wire.write(iReg);
Wire.endTransmission();
Wire.requestFrom(iAddr, nBytes);
return (Wire.read()<<8)+Wire.read(); }
//-----//
//--- Leitura e Atualização Valores --//
void readVA(uint8_t setVoltage) {
uint16_t tRed = (read_I2C(0x49,2)>>3)+
(read_I2C(0x4A,2)>>3)+
(read_I2C(0x4B,2)>>3);
if (setVoltage==0) {
OCR2A = 255; }
else if (tRed>75*setVoltage) {
if (OCR2A<255) ++OCR2A; }
else if (tRed<75*setVoltage) {
if (OCR2A>0) --OCR2A; }
sumRed = (3*sumRed)/4 + tRed;
sumBlue = (3*sumBlue)/4+
(read_I2C(0x46,2)>>3)+
(read_I2C(0x47,2)>>3)+
(read_I2C(0x48,2)>>3);
sumGreen = (3*sumGreen)/4+
(read_I2C(0x43,2)>>3)+

```

```

                (read_I2C(0x44,2)>>3)+
                (read_I2C(0x45,2)>>3);
for (byte b=0; b<12; ++b)
sumCurr[b]=(3*sumCurr[b])/4+
            read_I2C(0x40+b,1); }
//-----//
//----- Envia Valores pela Serial -----//
void sendLine(strData &data) {
Serial.print(0.01*data.vRed);
Serial.print('\t');
Serial.print(0.01*data.vBlue);
Serial.print('\t');
Serial.print(0.01*data.vGreen);
for (byte b=0; b<3; ++b) {
Serial.print('\t');
Serial.print(data.col[b].iRed); }
for (byte b=0; b<3; ++b) {
Serial.print('\t');
Serial.print(data.col[b].iBlue); }
for (byte b=0; b<3; ++b) {
Serial.print('\t');
Serial.print(data.col[b].iGreen); }
for (byte b=0; b<3; ++b) {
Serial.print('\t');
Serial.print(data.col[b].iWhite); }
Serial.print('\n'); }
//-----//
//----- Desenha Fundo do Modo Texto ----//
void drawGroundText() {
Lcd.setRotation(1);
Lcd.setTextSize(3);
Lcd.fillScreen(BLACK);
Lcd.drawRoundRect(
    0, 0, 319, 239, 5, WHITE);
Lcd.drawRoundRect(
    1, 1, 317, 237, 5, WHITE);
Lcd.drawFastHLine(0, 60, 319, WHITE);
Lcd.drawFastHLine(0, 120, 319, WHITE);
Lcd.drawFastHLine(0, 180, 319, WHITE);
Lcd.setTextColor(colorLine[3]);
Lcd.setCursor(10, 4);
Lcd.print(F("Linha 1: 0.00v"));
Lcd.setTextColor(colorLine[2]);
Lcd.setCursor(10, 64);
Lcd.print(F("Linha 2: 0.00v"));
Lcd.setTextColor(colorLine[1]);
Lcd.setCursor(10, 124);
Lcd.print(F("Linha 3: 0.00v"));
Lcd.setTextColor(colorLine[0]);
Lcd.setCursor(10, 184);
Lcd.print(F("Linha 4: 0.00v")); }

```

```

//-----//
//--- Escreve Valores do Modo Texto ---//
void drawValueText() {
  Lcd.setTextColor(RED);
  printV(170,4,tData.vRed);
  printA(10,34,tData.col[0].iRed);
  printA(110,34,tData.col[1].iRed);
  printA(210,34,tData.col[2].iRed);
  Lcd.setTextColor(BLUE);
  printV(170,64,tData.vBlue);
  printA(10,94,tData.col[0].iBlue);
  printA(110,94,tData.col[1].iBlue);
  printA(210,94,tData.col[2].iBlue);
  Lcd.setTextColor(GREEN);
  printV(170,124,tData.vGreen);
  printA(10,154,tData.col[0].iGreen);
  printA(110,154,tData.col[1].iGreen);
  printA(210,154,tData.col[2].iGreen);
  Lcd.setTextColor(WHITE);
  printA(10,214,tData.col[0].iWhite);
  printA(110,214,tData.col[1].iWhite);
  printA(210,214,tData.col[2].iWhite); }
//---- Escreve Tensão Posição x,y ----//
void printV(int x, int y, int iVal) {
  String sTemp = String (0.01*iVal);
  byte iTemp = sTemp.length();
  Lcd.fillRect(x, y, 90, 21, BLACK);
  if (iTemp < 6) {
    sTemp.replace('0', 'O');
    iTemp = (5 - iTemp) * 19;
    Lcd.setCursor(x + iTemp, y);
    Lcd.print(sTemp); } }
//--- Escreve Corrente Posição x,y ---//
void printA(int x, int y, int iVal) {
  String sTemp = String (abs(iVal));
  byte iTemp = sTemp.length();
  Lcd.fillRect(x, y, 70, 21, BLACK);
  for (byte i = 0; i < iTemp; ++i)
  if (sTemp[i]!='0') sTemp[i] = 'O';
  iTemp = (3 - iTemp) * 19;
  Lcd.setCursor(x + iTemp, y + 4);
  Lcd.setTextSize(2);
  if (iVal==0) Lcd.print(' ');
  else if (iVal > 0) Lcd.print('+');
  else Lcd.print('-');
  iTemp += 14;
  Lcd.setCursor(x + iTemp, y);
  Lcd.setTextSize(3);
  Lcd.print(sTemp);
  Lcd.setCursor(x + 70, y + 7);
  Lcd.setTextSize(2);

```

```

Lcd.print("mA");
Lcd.setTextSize(3); }
//-----//
//----- Desenha em Modo Gráfico -----//
uint16_t maxVoltage;
int16_t  maxCurrent;
float   xScale = 1.0;
float   yScale = 1.0;
void drawGraphic(
byte vLin, byte iLin, byte iCol) {
Lcd.setRotation(1);
Lcd.setTextSize(2);
Lcd.fillRect(BLACK);
Lcd.drawRect(18, 0, 302, 222, WHITE);
Lcd.drawRect(19, 1, 300, 220, WHITE);
Lcd.drawFastVLine(94, 1, 220, GRAY);
Lcd.drawFastVLine(169, 1, 220, GRAY);
Lcd.drawFastVLine(244, 1, 220, GRAY);
Lcd.drawFastHLine(19, 56, 320, GRAY);
Lcd.drawFastHLine(19, 111, 320, GRAY);
Lcd.drawFastHLine(19, 166, 320, GRAY);
maxVoltage = 0;
for (byte b=0; b<=endVoltage; ++b) {
if (maxVoltage < vVal(b, vLin))
maxVoltage = vVal(b, vLin); }
maxCurrent = 0;
for (byte b=0; b<=endVoltage; ++b) {
if (abs(maxCurrent) <
abs(iVal(b, iLin, iCol)))
maxCurrent = iVal(b, iLin, iCol); }
Lcd.setRotation(0);
Lcd.setCursor(0, 0);
Lcd.setTextColor(colorLine[iLin]);
Lcd.print(F(" LIN:"));
Lcd.print(iLin);
Lcd.print(F(" COL:"));
Lcd.print(iCol+1);
if (maxCurrent<-400) {
yScale = -220.0/1000;
Lcd.print(F("    -1A")); }
else if (maxCurrent<-200) {
yScale = -220.0/400;
Lcd.print(F("  -400mA")); }
else if (maxCurrent<-100) {
yScale = -220.0/200;
Lcd.print(F(" -200mA")); }
else if (maxCurrent<-40) {
yScale = -220.0/100;
Lcd.print(F(" -100mA")); }
else if (maxCurrent<-20) {
yScale = -220.0/40;

```

```

    Lcd.print(F("  -40mA")); }
    else if (maxCurrent<-10) {
    yScale = -220.0/20;
    Lcd.print(F("  -20mA")); }
    else if (maxCurrent<0) {
    yScale = -220.0/10;
    Lcd.print(F("  -10mA")); }
    else if (maxCurrent<=10) {
    yScale = 220.0/10;
    Lcd.print(F("  +10mA")); }
    else if (maxCurrent<=20) {
    yScale = 220.0/20;
    Lcd.print(F("  +20mA")); }
    else if (maxCurrent<=40) {
    yScale = 220.0/40;
    Lcd.print(F("  +40mA")); }
    else if (maxCurrent<=100) {
    yScale = 220.0/100;
    Lcd.print(F(" +100mA")); }
    else if (maxCurrent<=200) {
    yScale = 220.0/200;
    Lcd.print(F(" +200mA")); }
    else if (maxCurrent<=400) {
    yScale = 220.0/400;
    Lcd.print(F(" +400mA")); }
    else if (maxCurrent<=1000) {
    yScale = 220.0/1000;
    Lcd.print(F("  +1A")); }
    Lcd.setRotation(1);
    Lcd.setCursor(50,225);
    Lcd.setTextColor(colorLine[vLin]);
    Lcd.print(F("TENSAO LINHA: "));
    Lcd.print(vLin);
    Lcd.setCursor(290,225);
    if (maxVoltage<=100) {
    xScale = 300.0/100;
    Lcd.print(F("1v")); }
    else if (maxVoltage<=200) {
    xScale = 300.0/200;
    Lcd.print(F("2v")); }
    else if (maxVoltage<=400) {
    xScale = 300.0/400;
    Lcd.print(F("4v")); }
    for (byte b=1; b<=endVoltage; ++b) {
    Lcd.writeLine(
        19+xScale*vVal(b-1,vLin),
        220-yScale*iVal(b-1,iLin,iCol),
        19+xScale*vVal(b,vLin),
        220-yScale*iVal(b,iLin,iCol),
        colorLine[iLin]); } }
//-----//

```

```

//--- Valores da Matriz de Corrente ---//
int16_t iVal(byte i, byte y, byte x) {
  if (y==0)
  return mData[i].col[x].iWhite;
  else if (y==1)
  return mData[i].col[x].iGreen;
  else if (y==2)
  return mData[i].col[x].iBlue;
  else if (y==3)
  return mData[i].col[x].iRed;
  else return 0; }
//-----//
//--- Valores da Matriz de Tensão ---//
int16_t vVal(byte i, byte y) {
  if (y==1)
  return mData[i].vGreen;
  else if (y==2)
  return mData[i].vBlue;
  else if (y==3)
  return mData[i].vRed;
  else return 0; }
//===== S E T U P =====//
boolean textMode = true;
int8_t vLin = 1;
int8_t iLin = 0;
int8_t iCol = 0;
unsigned long lMilliseconds;
void setup(void) {
  Serial.begin(9600);
  TCCR2A = _BV(COM2A1) | _BV(COM2A0) |
           _BV(WGM21) | _BV(WGM20);
  TCCR2B = _BV(CS20);
  OCR2A = 255;
  pinMode(POWER, OUTPUT);
  Wire.begin();
  //- Configura INA219: 16V e ±800mV -//
  for (byte b=0x40; b<0x4C; ++b)
    write_I2C(b, 0, 0x99F);
  Lcd.reset();
  Lcd.begin(0x9325);
  setVoltage = 0;
  endVoltage = 0;
  readVA(setVoltage);
  drawGroundText();
  lMilliseconds=millis()-1000; }
//===== L O O P =====//
void loop() {
  //===== Modo Operação TEXT =====//
  if (textMode) {
  readVA(setVoltage);
    //---- Atualiza Display Texto ----//

```

```

if (millis()-lMilliseconds>1000) {
    //--- Calcula Valores Médios ---//
    tData.vRed = 10*lRound(sumRed/30);
    tData.vBlue = min(tData.vRed,
lRound(sumBlue/3));
    tData.vGreen= min(tData.vRed,
lRound(sumGreen/3));
for (byte b=0; b<3; ++b) {
    tData.col[b].iRed =
        -lRound(sumCurr[b+9]/4);
    tData.col[b].iBlue =
        -lRound(sumCurr[b+6]/4);
    tData.col[b].iGreen =
        -lRound(sumCurr[b+3]/4);
    tData.col[b].iWhite =
        -lRound(sumCurr[b]/4); }
drawValueText();
byte vIndex = tData.vRed/10;
memcpy(&mData[vIndex],
&tData, sizeof(strData));
endVoltage=max(endVoltage,
vIndex);
if ((MAX_DATAS-vIndex>1)&
    (analogRead(A6)<250))
setVoltage=vIndex+1;
else if ((vIndex>0)&
    (analogRead(A6)>750))
setVoltage=vIndex-1;
if (analogRead(A7)<250) {
for (byte b=0; b<=endVoltage; ++b)
if ((b==0) | (mData[b].vRed>0))
sendLine(mData[b]); }
else if (analogRead(A7)>750) {
drawGraphic(vLin,iLin,iCol);
textMode = false; }
lMilliseconds+=1000; } }
    //==== Modo Operação GRAPHIC =====//
else {
if (analogRead(A6)<250) {
    ++iCol;
if (iCol > 2) {
iCol = 0;
if (iLin < 3) ++iLin; }
drawGraphic(vLin,iLin,iCol);
delay(1000); }
else if (analogRead(A6)>750) {
    --iCol;
if (iCol < 0) {
iCol = 2;
if (iLin > 0) --iLin; }
drawGraphic(vLin,iLin,iCol);

```

```
delay(1000); }
else if (analogRead(A7)<250) {
drawGroundText();
lMilliseconds=millis()-1000;
textMode = true; }
else if (analogRead(A7)>750) {
if (vLin < 3) ++vLin;
else vLin = 1;
drawGraphic(vLin,iLin,iCol);
delay(1000); } } }
```

Apêndice II - Material Complementar

Neste apêndice apresenta-se a forma metodológica utilizada como base para a estruturação da aplicação e análise deste produto educacional, que foram a teoria de aprendizagem significativa proposta por David Ausubel, em 1968. Embora já se tenha passado 50 anos em relação a aplicação deste PE, essa teoria é bem atual quanto ao seu uso no processo ensino-aprendizagem. O outro é a Teoria da Educação de Novak, baseada em mapas conceituais, essa deve ter desde o seu início uns 30 anos de sua publicação. Ainda em outra seção apresenta-se como confeccionar mapas conceituais utilizando a tecnologia, ou seja, por meio de um software que facilita a sua elaboração, que é o *Cmap Tools*.

II -1 Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel

A aprendizagem significativa é uma teoria cognitivista em que uma nova informação relaciona-se com o que o indivíduo já sabe, e que Ausubel chamou de "subsunção". A aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação tem um processo de "ancoragem" dando significado entre os conhecimentos prévios e a nova informação.

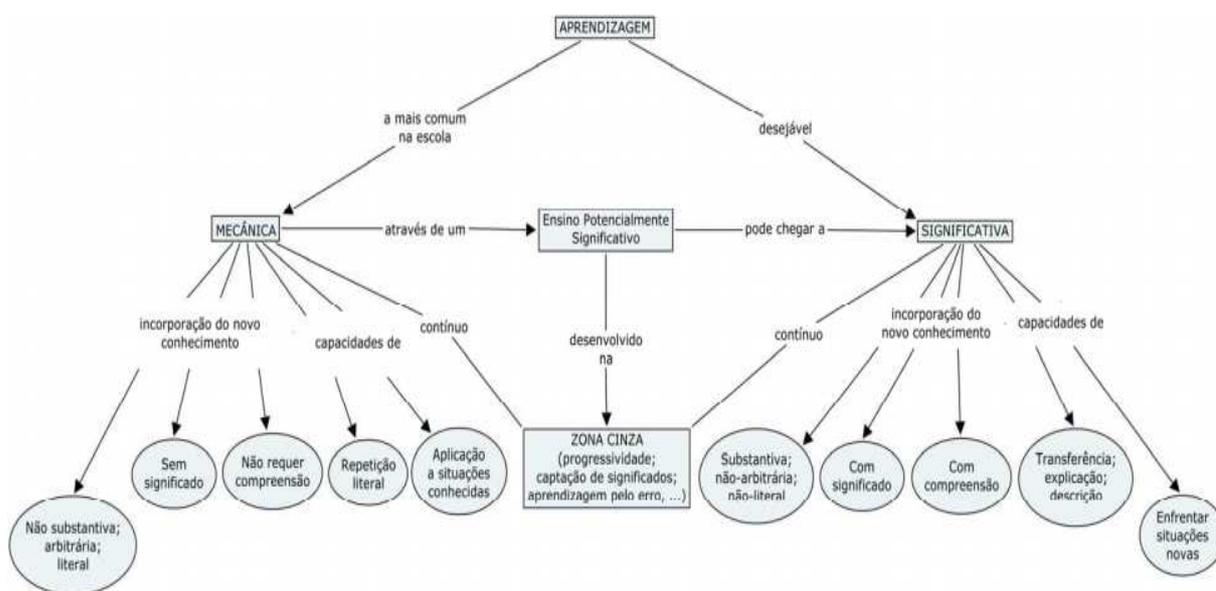
É importante reiterar que a aprendizagem significativa se caracteriza pela interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos, e que essa interação é não-litera e não-arbitrária. Nesse processo, os novos conhecimentos adquirem significado para o sujeito e os conhecimentos prévios adquirem novos significados ou maior estabilidade cognitiva. (MOREIRA, 2010, p. 2)

Oposto a aprendizagem significativa temos a aprendizagem mecânica que é muito comum no meio escolar, pois a nova informação não está relacionada com o que o aluno já sabe. Essa nova informação não tem significado e acontece uma

"decora" e com o passar do tempo, ela é esquecida pelo indivíduo. As avaliações tradicionais contribuem para a aprendizagem mecânica e memorística.

Na Figura II.1 é apresentado um mapa conceitual, confeccionado pelo professor Marcos Antônio Moreira (MOREIRA, 2013), que hierarquiza as características da aprendizagem mecânica e da significativa.

Figura II.1 - Mapa conceitual com características das aprendizagens mecânicas e significativas.



Fonte: Moreira 2013

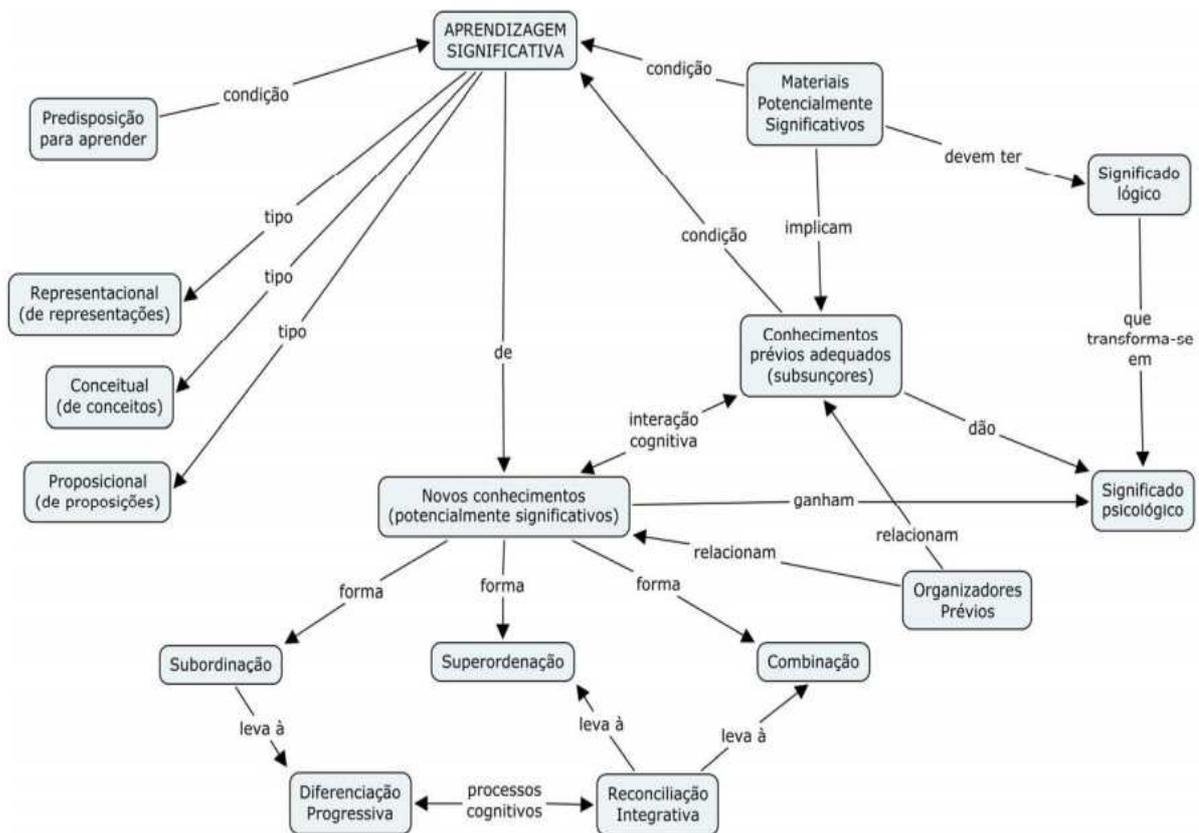
A ocorrência da aprendizagem significativa depende de duas condições importantes, a primeira é que o material a ser trabalhado com os alunos seja potencialmente significativo com significado lógico e assim implicam em novos conhecimentos para serem relacionados com os subsunçores existentes. A segunda condição é a predisposição para aprender que é a maneira de como o aluno vai relacionar, dar significado a partir do material potencialmente significativo com sua estrutura cognitiva. Se o aluno tiver apenas a disposição para memorizar, a aprendizagem será mecânica e não significativa.

Na Figura II.2 é apresentado um mapa conceitual com tema central

"Aprendizagem Significativa" de Ausubel.

Para a sua leitura, observar o sentido das setas de ligação e os termos que os conectam.

Figura II.2 - Um mapa conceitual para a aprendizagem significativa de Ausubel.



Fonte: Moreira 2013

II.2 - Teoria da Educação de Novak

Essa teoria é centrada no humanismo e não somente focada no cognitivismo de Ausubel, sendo uma teoria mais ampla. O humanismo é uma corrente psicológica na qual a ênfase está na pessoa como um todo, pensamentos, sentimentos e ações integrados. Os seres humanos fazem três coisas: pensam, sentem e atuam (fazem). A interação professor-aluno é importante, mas não garante a aprendizagem significativa. Qualquer evento educativo é uma ação para trocar significados (pensar) e sentimentos entre o professor e aluno.

A visão de Novak é que a aprendizagem significativa subjaz à integração positiva construtiva de pensamentos, sentimentos e ações que leva ao engrandecimento (*empowerment*) humano (MOREIRA, 2013).

O conjunto de experiências (cognitivas, afetivas e psicomotoras) facilita a aprendizagem significativa, com experiências afetivas positivas. Quando o aprendiz sente que está aprendendo um novo conhecimento, acontece o engrandecimento humano com a predisposição em aprender (entre pensamentos, sentimentos e ações). Mas quando o aluno não percebe o aprendizado de um novo conhecimento, a experiência afetiva é negativa, dificultando a aprendizagem significativa.

Isso mostra a importância do material potencialmente significativo no evento educativo com a troca de significados e também a troca de sentimentos, e essa predisposição do aluno para aprender está intimamente relacionada com a experiência afetiva que teve no evento.

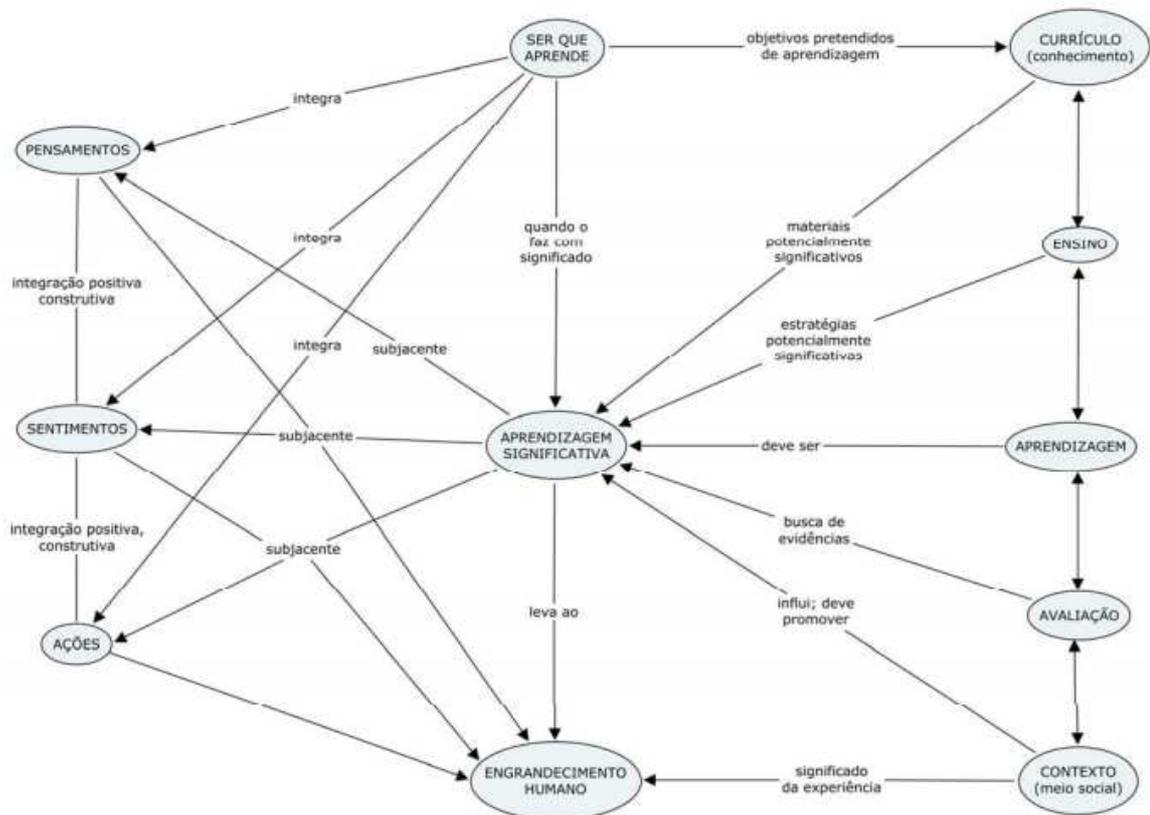
A perspectiva de Novak é que quando a aprendizagem é significativa o aprendiz cresce, tem uma sensação boa e se predispõe a novas aprendizagens na área. Mas o corolário disso é que quando a aprendizagem é sempre mecânica o sujeito acaba por desenvolver uma atitude de recusa à matéria de ensino e não se predispõe à aprendizagem significativa. Muito do que se passa nas situações de ensino e aprendizagem ocorre entre esses dois extremos. A visão de Novak é importante por que a predisposição para aprendizagem é umas das condições da aprendizagem significativa e certamente tem a ver com a integração de pensamentos, sentimentos e ações. (MOREIRA, 2006, p. 4)

A proposta de Schwab (1973) para a educação estabelecia que fenômeno educativo inclui direta ou indiretamente quatro elementos, que ele chamou de lugares comuns, o aprendiz (aprendizagem), o professor (ensino), matéria de ensino (currículo) e matriz social (meio, contexto). Novak utilizou essa teoria e ampliou, pois, como qualquer evento educativo depende de uma avaliação, a esses quatro elementos, acrescentou-a. Fez também algumas mudanças como o termo

conhecimento em vez de matéria e elemento em vez de lugar comum. Portanto, os cinco elementos de Novak são: aprendiz, professor, conhecimento, contexto e avaliação. E estão integrados na aprendizagem significativa.

Na Figura II.3 temos um mapa conceitual com o tema central "Aprendizagem Significativa" na visão humanista de Novak.

Figura II.3 - Mapa conceitual da TAS na visão humanista de Novak.



Fonte: Moreira, 2013

Assim, os Mapas Conceituais são estruturas esquemáticas que representam conjuntos de conceitos dispostos em uma estrutura hierárquica, com palavras e/ou frases de ligação entre os conceitos, de modo a apresentar mais claramente a exposição do conhecimento.

Como se pode observar por meio da Figura II.3 um mapa conceitual é uma técnica desenvolvida por Joseph Novak e seus colaboradores na Universidade de

Cornell, nos Estados Unidos, baseada na teoria da aprendizagem significativa proposto por David Ausubel. Ela relaciona conceitos de um determinado tema, representando graficamente a inter-relação com outros conhecimentos. Nesse processo ativo, o aluno organiza mentalmente o conteúdo, relacionando conceitos (subsunçores), buscando uma aprendizagem significativa. Os mapas conceituais podem ser definidos como:

[...] ferramentas gráficas para a organização e representação do conhecimento. Eles incluem conceito, geralmente dentro de círculos ou quadros de alguma espécie, e relações entre conceitos, que são indicadas por linhas que os interligam. As palavras sobre essas linhas que são palavras ou frases de ligação especificam os relacionamentos entre dois conceitos. (NOVAK; CANÃS, 2010, p. 10)

Vale ressaltar que Ausubel nunca falou de mapas conceituais em sua teoria e essa é uma contribuição de Novak na teoria da aprendizagem significativa (TAS). A saber, Novak foi aluno de Pós-graduação de Ausubel, o que faz sentido a sua contribuição ter sido na TAS.

O uso de mapas conceituais potencializa a aprendizagem significativa, deixa de lado o "dar matéria" mostrar um "mapa pronto" que se enquadram na aprendizagem mecânica. Os alunos por meio dos mapas conceituais passam a enxergar os conceitos de maneira menos repetitiva e mais de maneira hierarquizada, relacionada por meio dos conhecimentos prévios relevantes e a predisposição a aprender do estudante.

No presente trabalho foi escolhido o *software* IHMC Cmap Tools, disponível no endereço eletrônico: <https://cmap.ihmc.us/> , para construir os mapas conceituais com os alunos. O uso desta ferramenta tecnológica facilita a confecção dos mapas, permitindo mudanças e atualizações durante o processo de construção dos mapas. Ela permite construir e organizar os mapas a partir de caixas de

diálogos e linhas com frases de ligações entre os conceitos. Um tutorial básico será apresentado na próxima seção.

II.3 – Tutorial para uso do CMap Tools

Para confeccionar os mapas conceituais, primeiramente, foi apresentado um tutorial básico para os alunos terem uma noção básica de como trabalhar com o programa. Na sequência apresentamos o tutorial.

Acessar no navegador <<https://cmap.ihmc.us/cmaptools/cmaptools-download/>> abrirá a página da Figura III.4, importante ressaltar que precisa preencher informações básicas, posteriormente escolherá a versão mais adequada para seu computador. Alunos ficam em dúvida se o software é pago, IHMC dá opções de doações, mas a ferramenta oferecida é gratuita.

Figura II.4 - Imagem da Tela de Download do Cmap Tools.

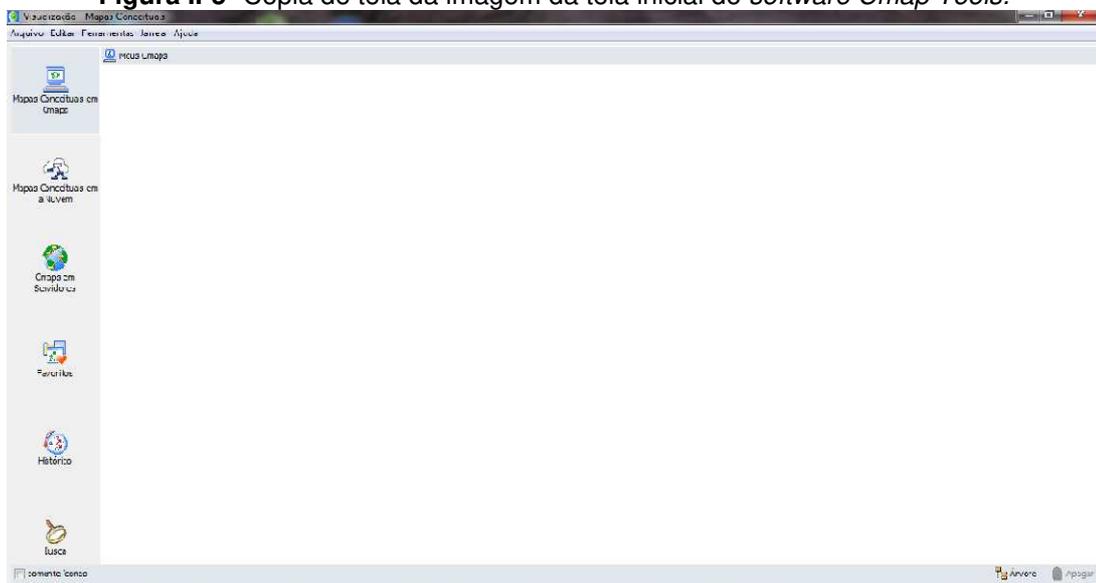
The screenshot shows the CmapTools download page. At the top, there is a navigation bar with links for Products, Learn, Docs & Support, Publications, Why Donate?, and Search. The IHMC logo is in the top right corner. A 'Donate' button is visible on the left. The main content area contains a form for registration. The form includes fields for Email Address, First Name, Last Name, Organization Type (a dropdown menu), Organization Name, Country (a dropdown menu), and Target OS (a dropdown menu). There is also a CAPTCHA question '5 + 8 =' and a checkbox for 'Subscribe to the CmapTools mailing list'. A 'Submit' button is at the bottom of the form. To the right of the form, there is a section titled 'CmapTools Downloads Latest version: 6.04' with a list of download options: Windows (32 bits), Windows (64 bits), Mac OS X, Mac OS X (v6.00 for 10.7), Linux (32 bits), Linux (64 bits), FTP, and Alt Download. A text box above the download options explains that the software is offered free as a beta test version to other users, including commercial users, and encourages donations to keep the software free for schools and universities.

Fonte: <https://cmap.ihmc.us/cmaptools/cmaptools-download/>

No caso dos colégios públicos do Estado do Paraná, o *software Cmap Tools* já está previamente instalado pela SEED nos computadores do laboratório de informática. Isso facilita em mostrar o tutorial básico para os alunos em como confeccionar os mapas conceituais por meio das ferramentas disponíveis. Caso necessário os alunos precisarem instalar em seu computador pessoal, a partir da Figura II.5 auxilia como fazer o *download*.

Ao abrir o programa, abrirá a tela inicial (Figura II.5).

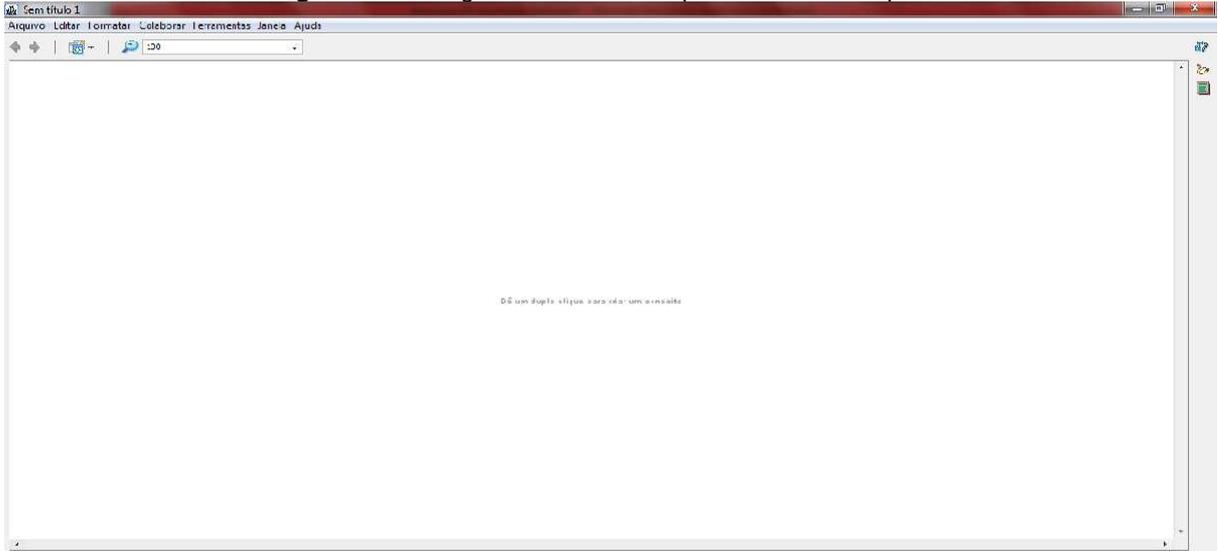
Figura II-5- Cópia de tela da imagem da tela inicial do *software Cmap Tools*.



Fonte: arquivo do autor.

Para abrir um novo arquivo (Figura II-6), vá a arquivo, *Cmap Tools*.

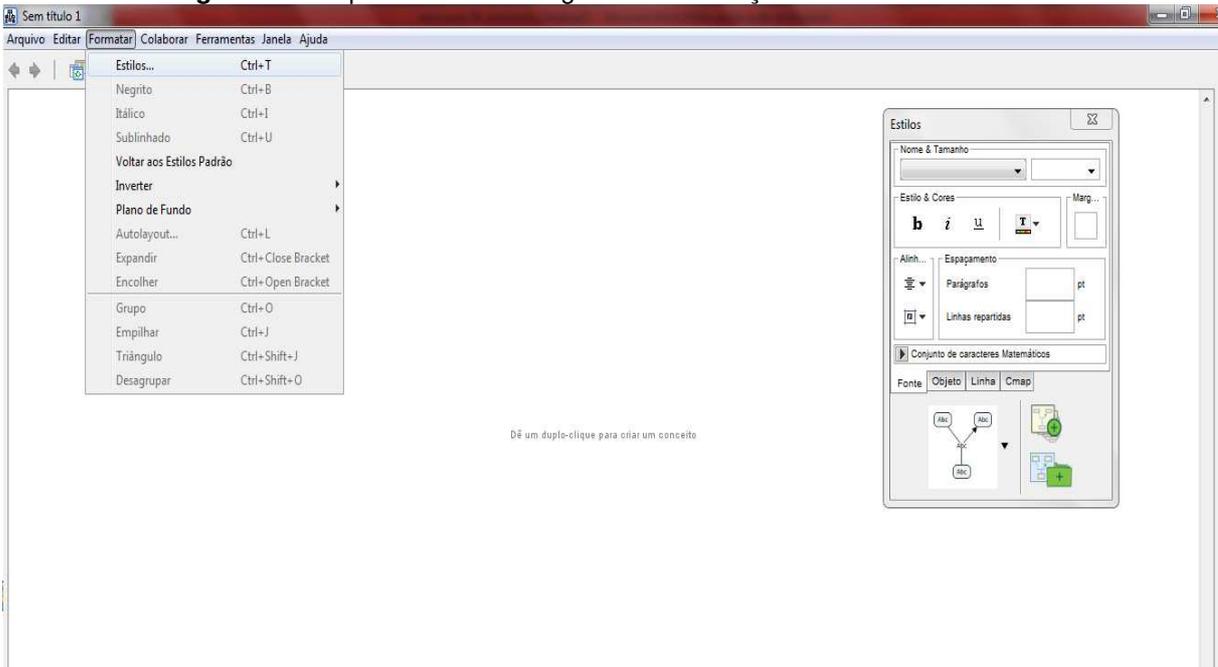
Figura II-6- Imagem da tela inicial para um novo arquivo.



Fonte: arquivo do autor.

Clique em formatar (Figura II.7), estilo e terá a barra de estilos na tela.

Figura II.7- Cópia de tela da imagem de formatação e a barra dos estilos.



Fonte: arquivo do autor.

Na aba objeto (Figura II-8) poderá formatar cor, sombra e o formato da caixa de diálogo.

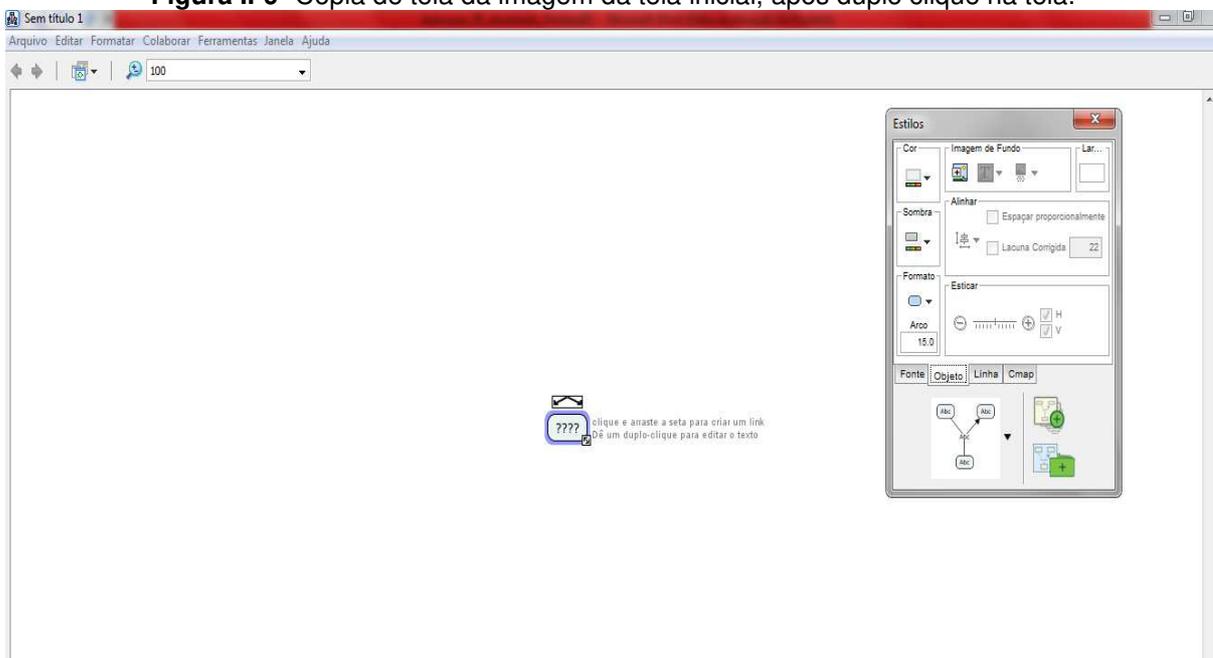
Figura II-8- Cópia de tela da imagem da barra de estilos selecionada em “objeto”.



Fonte: arquivo do autor.

Com um duplo clique na tela (Figura II-9), aparecerá a caixa de diálogo e na barra de estilos selecione a aba linha.

Figura II-9- Cópia de tela da imagem da tela inicial, após duplo clique na tela.

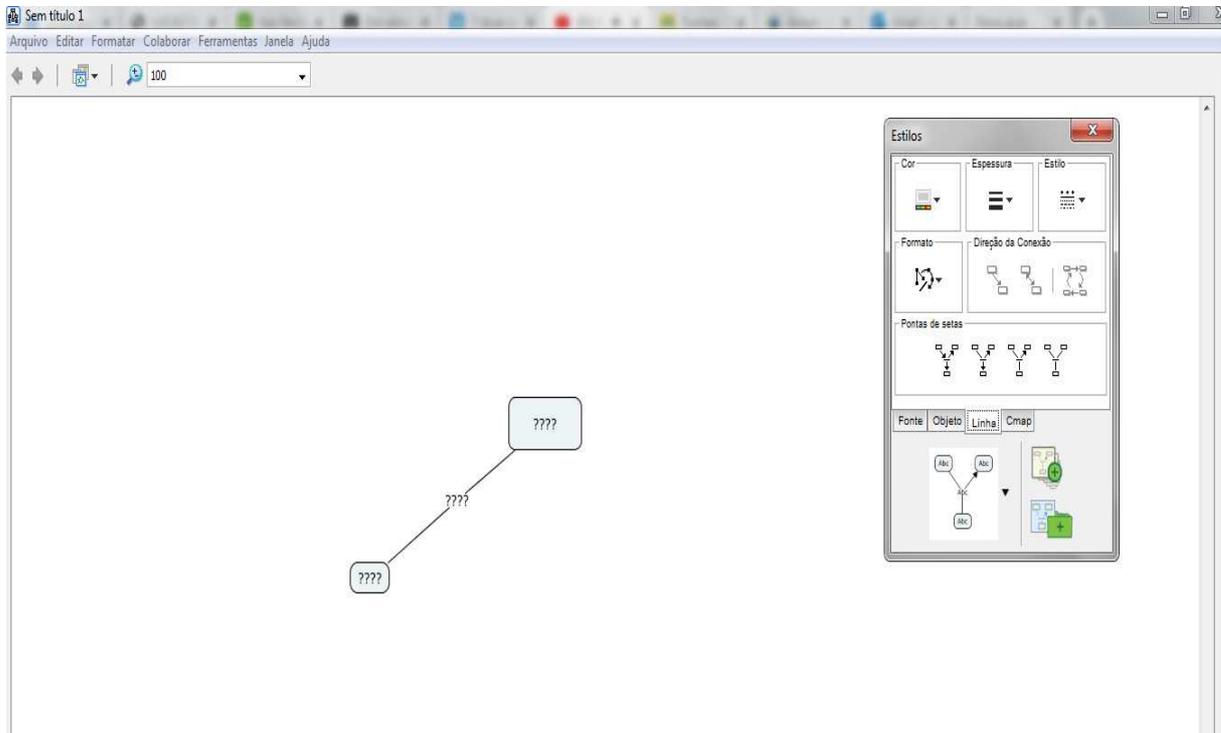


Fonte: arquivo do autor.

Clique na dupla seta mostrada acima da pequena caixa com interrogação da Figura II. 9 com o botão esquerdo do mouse e arraste para formar outra caixa de

diálogo (Figura II.10). Observe que aparece uma pequena caixa no meio da seta que é para escrever o termo de ligação, normalmente uma preposição.

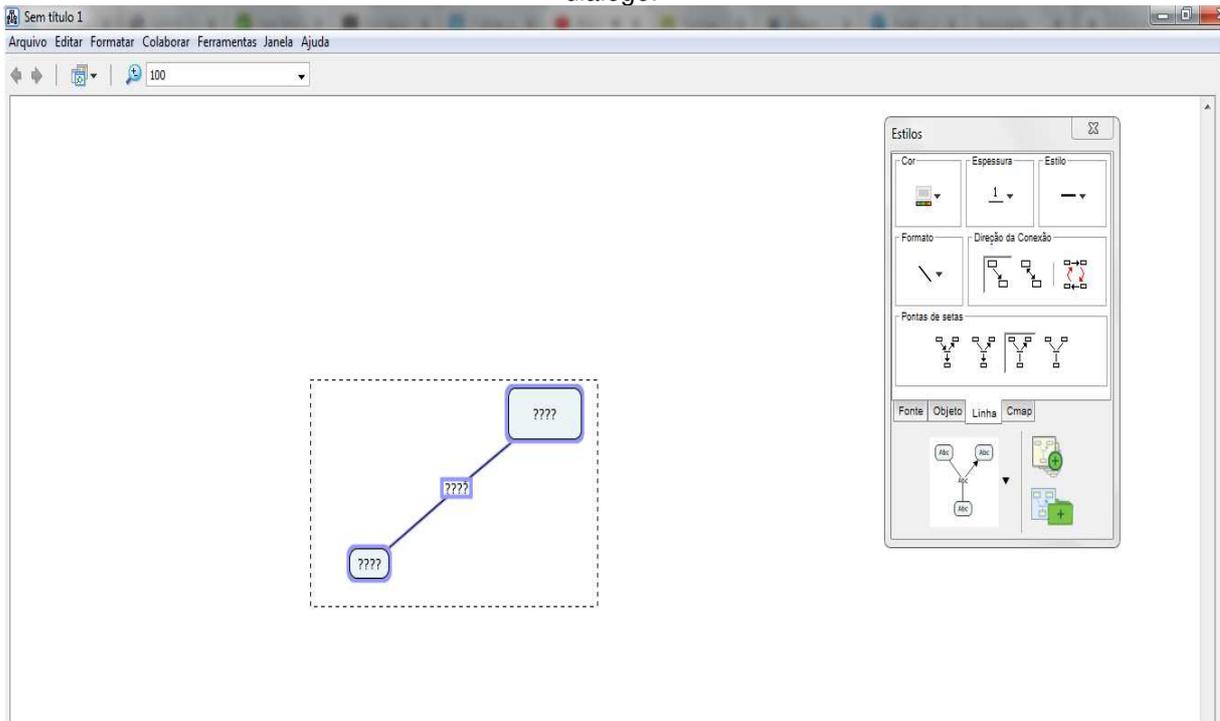
Figura II.10- Cópia de tela, para inclusão da seta, o termo de ligação e a próxima caixa.



Fonte: arquivo do autor.

Com o mouse pressionado no botão esquerdo, selecione a área das caixas de diálogo (Figura II.11).

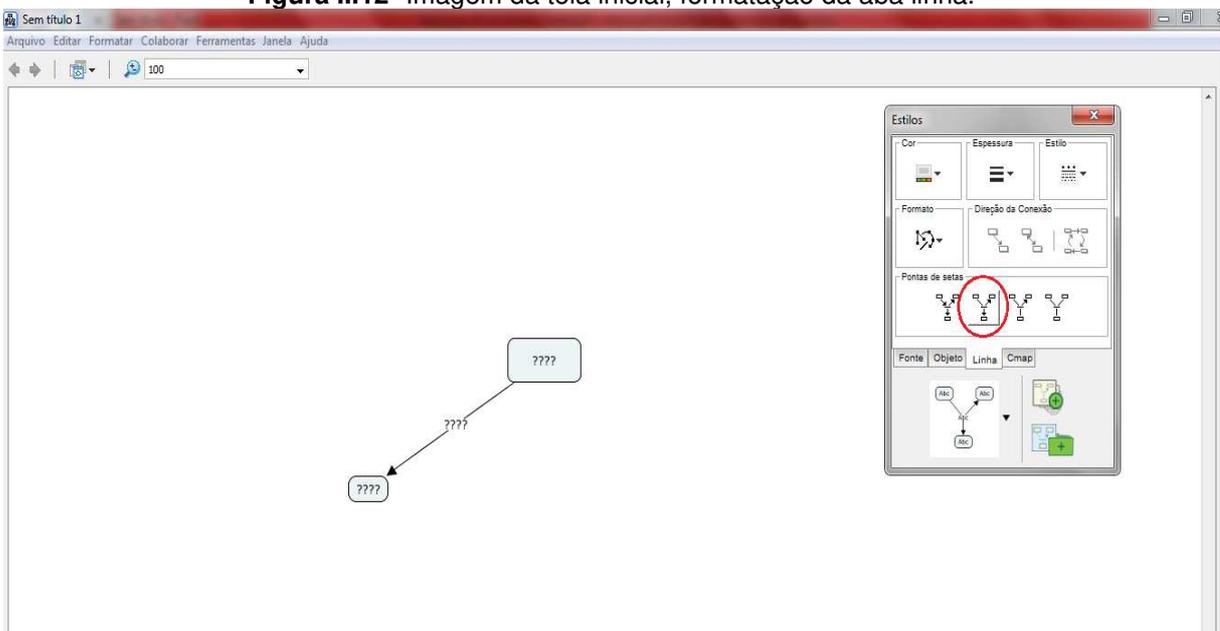
Figura II.11- Cópia de tela indicando como fica apresentada a tela após selecionar as caixas de diálogo.



Fonte: arquivo do autor.

Selecione o segundo item da aba linha (Figura II.12) para ter setas ligadas às linhas.

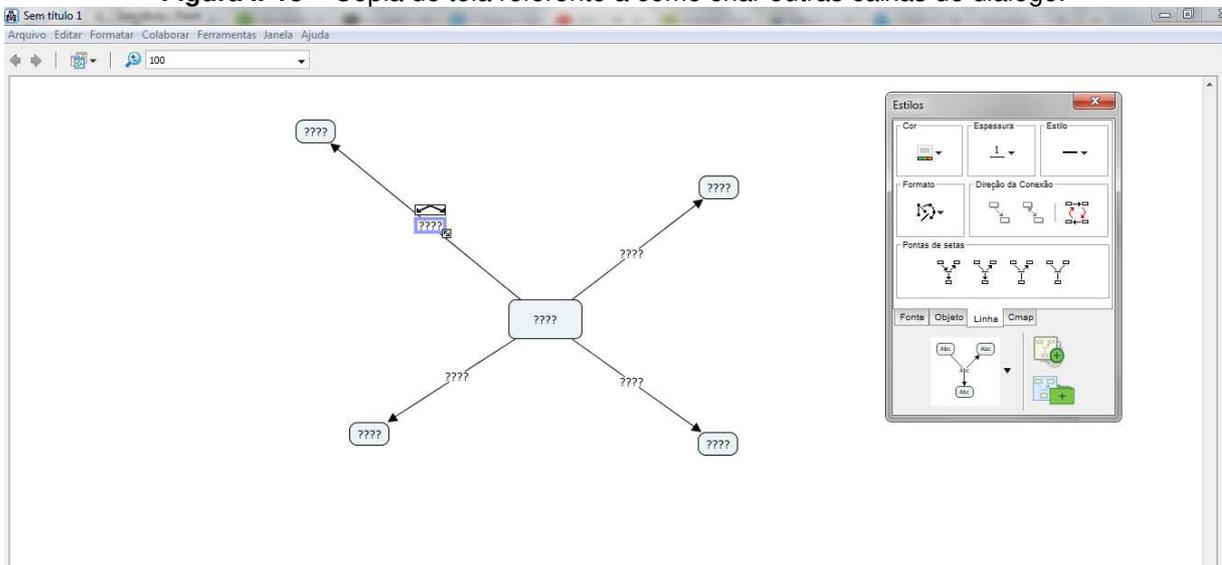
Figura II.12- Imagem da tela inicial, formatação da aba linha.



Fonte: arquivos do autor.

Após isso, poderá criar novas caixas de diálogos (Figura II.13), como desejar.

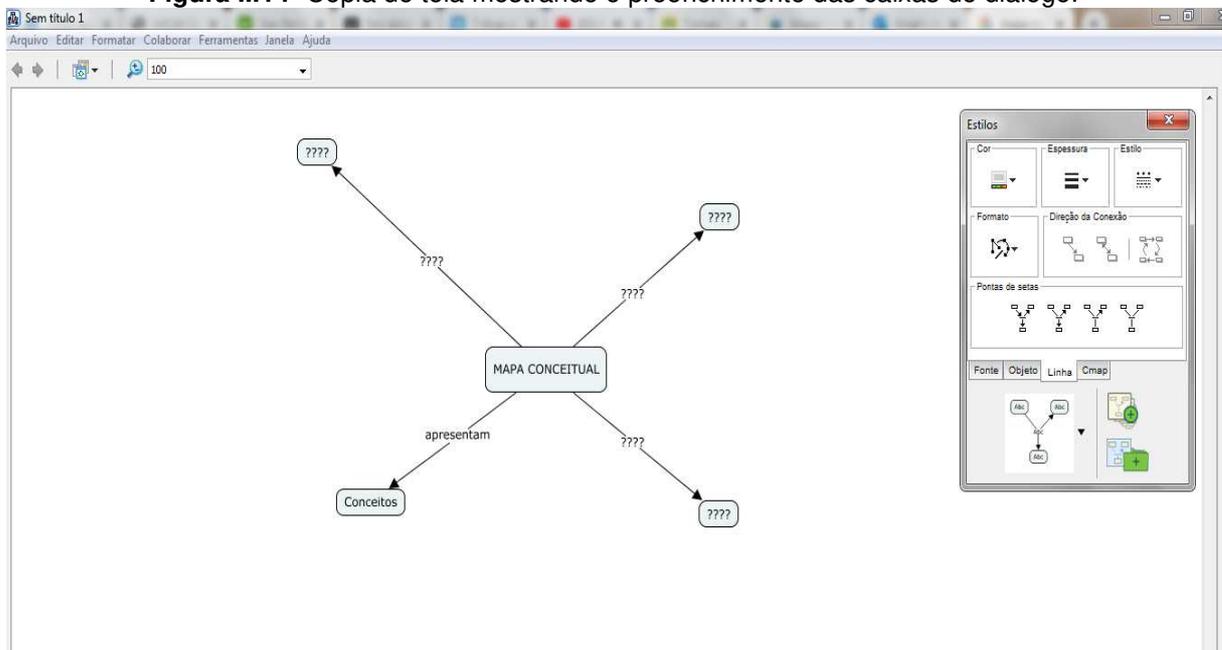
Figura II-13 – Cópia de tela referente a como criar outras caixas de diálogo.



Fonte: arquivo do autor.

Nas interrogações (Figura II.14) preencha com as palavras para seu mapa.

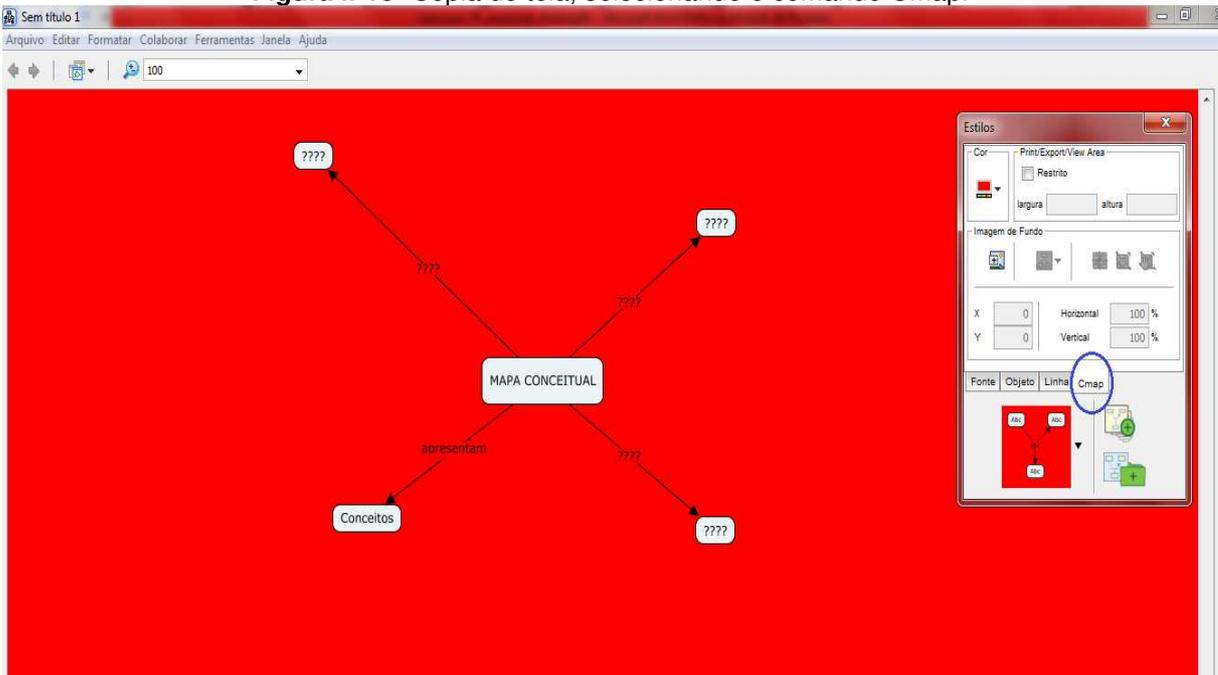
Figura II.14- Cópia de tela mostrando o preenchimento das caixas de diálogo.



Fonte: arquivo do autor.

Na aba Cmap (Figura II.15), pode formatar a cor da tela de fundo.

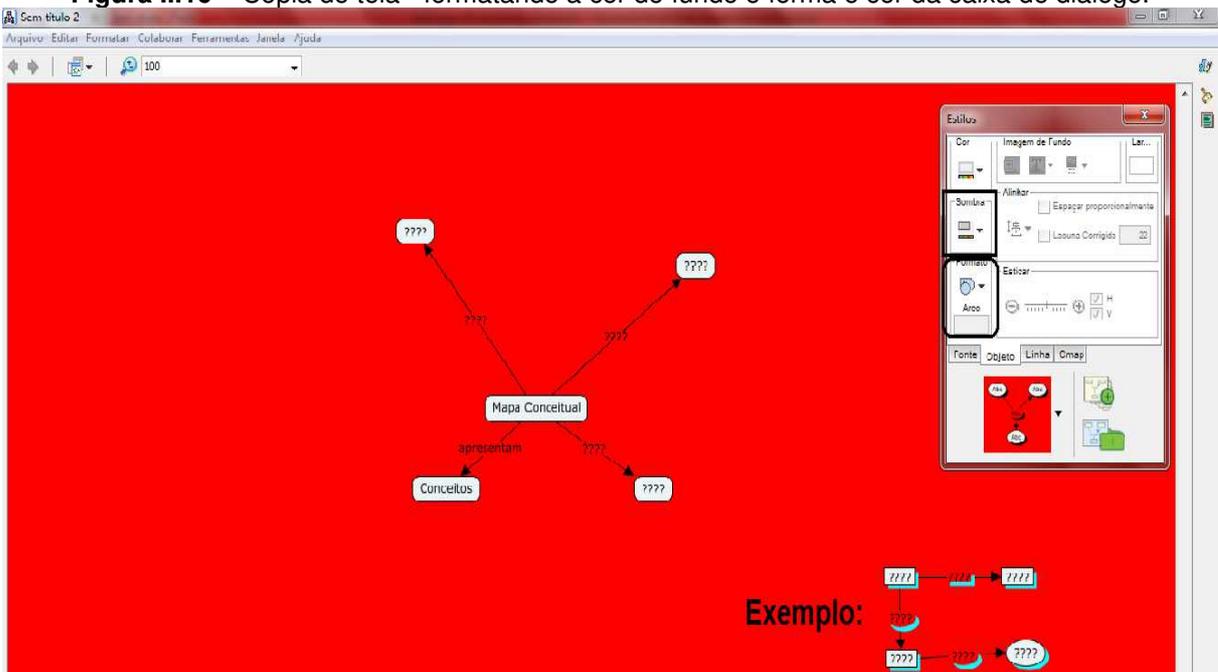
Figura II-15- Cópia de tela, selecionando o comando Cmap.



Fonte: arquivo do autor.

Na aba objeto (Figura II.16) pode determinar a cor da caixa de diálogo e a sua forma.

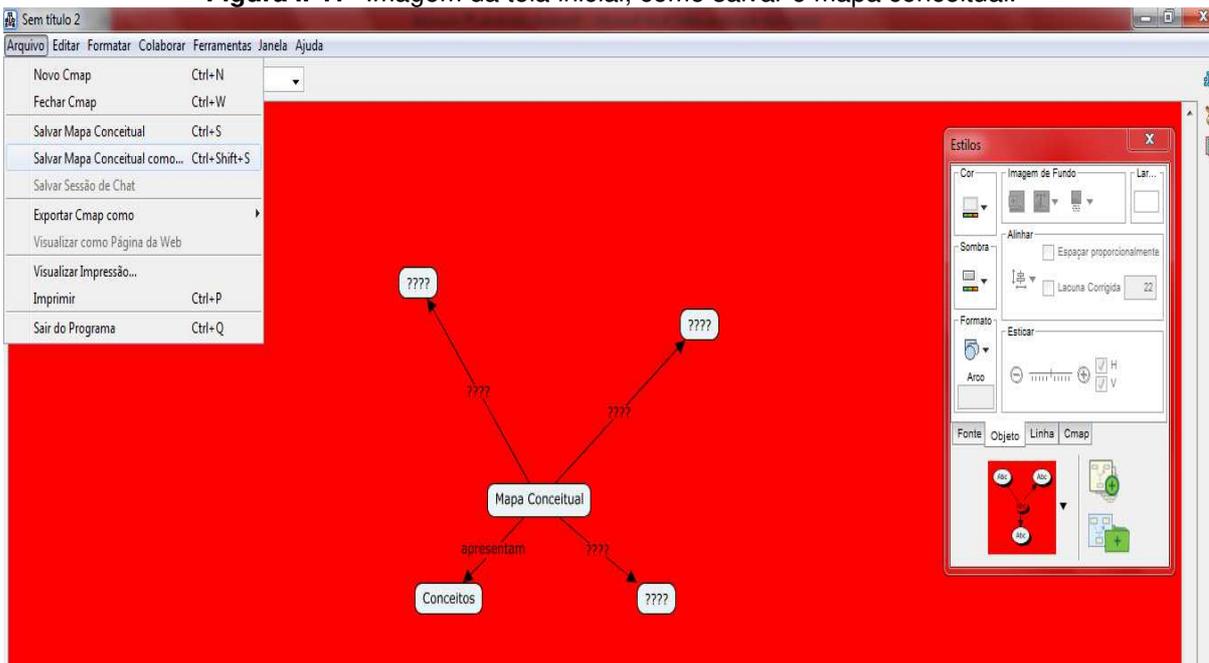
Figura II.16 – Cópia de tela - formatando a cor de fundo e forma e cor da caixa de diálogo.



Fonte: arquivo do autor.

Para salvar o mapa conceitual (Figura II.17), vá em arquivos e depois salvar o mapa conceitual, ficará salvo no próprio programa, quando abrir o Cmap estará salvo.

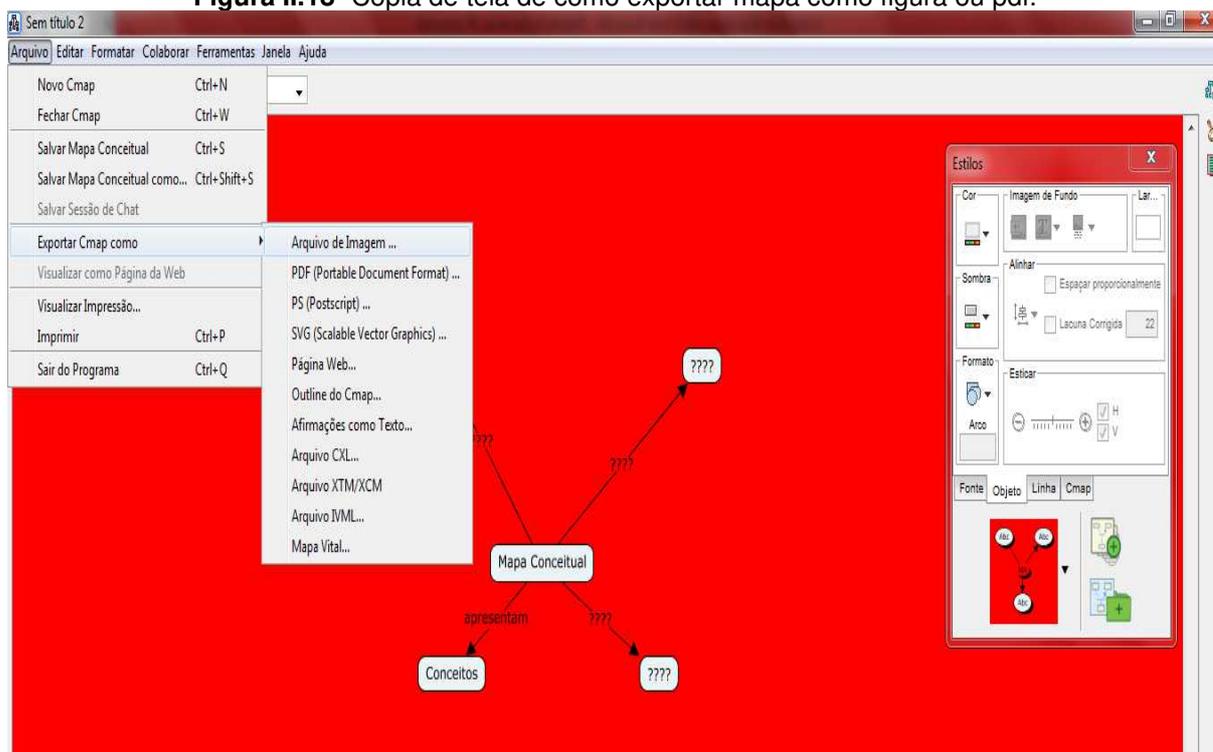
Figura II-17- Imagem da tela inicial, como salvar o mapa conceitual.



Fonte: arquivo do autor.

Para exportar como figura ou pdf (Figura II.18), em arquivos selecione, salvar Mapa Conceitual como e escolher das opções disponíveis.

Figura II.18- Cópia de tela de como exportar mapa como figura ou pdf.



Fonte: arquivo do autor.

Referências

Cmap Tools ; <http://cmap.ihmc.us>. Acessado 07/10/2019.

MATOS, A. (2022), **EXPLORANDO GRÁFICOS: CORRENTE X TENSÃO - UMA APLICAÇÃO DE TDICs NO ENSINO MÉDIO**, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - Departamento de Física - Universidade Estadual de Maringá. **Será publicado em:** < <http://www.dfi.uem.br/dfimestrado/?q=node/57>>.

MOREIRA, M.A. (2006). **APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: da visão clássica à visão crítica**. Madrid.

MOREIRA, M.A. (2010). **O Que é Afinal Aprendizagem Significativa?** Cuiabá: UFMT.

MOREIRA, M.A. (2013). **Aprendizagem Significativa em Mapas Conceituais**. Brasília: Editora da UnB. 130p.

NOVAK, D. N; CANÃS, A. J. **A Teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los**. In: *Práxis Educativa*. Ponta Grossa, v. 5, n.1, p.9-29, jan-jun. 2010. Disponível em: <<https://revistas2.uepg.br/index.php/praxiseducativa/article/view/1298/944>>. Acesso em: 24/01/2022

SCHWAB, J. (1973). **The practical 3: translation into curriculum**. *School Review*, 81(4): 501-522.