

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO  
DIRETORIA DE TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO  
CURSO DE FÍSICA

**JOSEDISON MARTINS SILVA**

**O USO DO SIMULADOR MULTISIM COMO FERRAMENTA DIDÁTICA PARA O  
ENSINO DA PRIMEIRA LEI DE OHM**

SÃO LUÍS  
2021

**JOSEDISON MARTINS SILVA**

**O USO DO SIMULADOR MULTISIM COMO FERRAMENTA DIDÁTICA PARA O  
ENSINO DA PRIMEIRA LEI DE OHM**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
à Coordenação do Curso de Física da  
Universidade Federal do Maranhão como  
requisito parcial para obtenção do título de  
Licenciado em Física.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Targino Gurgel

SÃO LUÍS

2021

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo (a) autor (a).  
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

MARTINS SILVA, JOSEDISON.  
O USO DO SIMULADOR MULTISIM COMO  
FERRAMENTA DIDÁTICA PARA O ENSINO DA PRIMEIRA  
LEI DE OHM / JOSEDISON MARTINS SILVA. - 2021.  
83 p.

Orientador (a): THIAGO TARGINO GURGEL.  
Curso de Física, Universidade Federal do Maranhão, SÃO  
LUÍS-MA, 2021.

1. ELETRODINÂMICA. 2. ENSINAR. 3.  
SIMULAÇÃO. I.TARGINO GURGEL, THIAGO. II.

Título.

**JOSEDISON MARTINS SILVA**

**O USO DO SIMULADOR MULTISIM COMO FERRAMENTA DIDÁTICA PARA O  
ENSINO DA PRIMEIRA LEI DE OHM**

Monografia apresentada ao Curso de Física da  
Universidade Federal do Maranhão - UFMA, para  
conclusão do curso.

Aprovação em: / /

---

ORIENTADOR

---

1º EXAMINADOR

---

2º EXAMINADOR

## **AGRADECIMENTOS** (opcional)

- Agradeço ao professor Thiago Targino Gurgel, por ter sido meu orientador e ter desempenhado tal função com dedicação e foco.
- Agradeço aos professores, pelas correções e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação acadêmico ao longo do curso.
- Agradeço novamente aos professores, por todos os conselhos, pela ajuda e paciência com a qual guiaram o meu aprendizado.

## RESUMO

O ensino de Física tem exigido adequações, a fim de facilitar o processo de aprendizagem e diminuir as dificuldades e bloqueios dos quais os alunos sentem ao tentar assimilar os conteúdos da área. Desta forma, os óbices do aprendizado vieram como uma inspiração aos pesquisadores a estudar a criação, inserção e utilização de novas ferramentas educacionais que se enquadrem no ambiente escolar. Portanto, dentro desses métodos de ensino, destacamos os simuladores virtuais. O setor da educação pode fornecer a um país e a toda a humanidade o equilíbrio necessário para alcançar um mundo mais justo. O objetivo deste trabalho é contrapor os modelos tradicionais de ensino a fim de estabelecer uma parceria entre a simulação e o ensino de física como tecnologia disponível no ambiente escolar. Portanto, objetiva-se investigar a importância de se conceber uma cultura digital nas escolas, enfatizando a contribuição da simulação virtual para o ensino de física. O presente trabalho acadêmico compreende a verificação do processo de aprendizagem dos discentes no tocante ao assunto de eletrodinâmica e mais especificamente os conteúdos estudados na aplicação da primeira Lei de Ohm utilizados no cálculo de grandezas físicas elétricas em conjunto com a teoria da associação de resistores e seus efeitos presentes em circuitos elétricos resistivos, por meio do uso de um simulador de circuitos elétrico completo e intuitivo. Esta pesquisa foi realizada com revisão de literatura, por meio de levantamento de material bibliográfico, incluindo livros, artigos científicos, monografias, TCC, reportagens, revistas científicas, sejam os mesmos físicos ou através de sites. Teve como princípio a pesquisa bibliográfica de temas como inovações didáticas, simulador MULTISIM, primeira lei de OHM.

**Palavra Chave:** Primeira Lei de Ohm. Simulador MULTISIM. Eletrodinâmica.

## ABSTRACT

The teaching of Physics has the necessary adjustments, in order to facilitate the learning process and reduce the difficulties and obstacles that students experience when trying to assimilate the contents of the area. In this way, the learning obstacles incorporated as an inspiration to researchers to study the creation, insertion and use of new educational tools that fit into the school environment. Therefore, within these teaching methods, we highlight virtual simulators. The education sector can provide a country and all of humanity with the balance needed to achieve a fairer world. The objective of the work is to oppose the traditional models of this teaching in order to establish a partnership between simulation and physics teaching as a technology available in the school environment. Therefore, the objective is to investigate the importance of conceiving a digital culture in schools, emphasizing the contribution of virtual simulation to the teaching of physics. This academic work comprises the verification of the learning process of students regarding the subject of electrodynamics and more specifically the contents studied in the application of the first Ohm's Law used in the calculation of electrical physical quantities in conjunction with the theory of association of resistors and their effects present in resistive electrical circuits, through the use of a complete and intuitive electrical circuit simulator. This research was carried out with literature review, through a survey of bibliographic material, including books, scientific articles, monographs, TCC, reports, scientific journals, are the same physicists or through websites. Its principle was the bibliographical research on topics such as didactic innovations, MULTISIM simulator, the first OHM law.

**Keyword:** First Ohm's Law. Multisim simulator. Electrodynamics.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> - Vista noturna da cidade de São Luís- MA com o fornecimento de energia elétrica pelas usinas hidrelétricas e pelas baterias químicas .....	19
<b>Figura 2</b> - Inúmeros aparelhos que funcionam com o uso de eletricidade.....	20
<b>Figura 3</b> - Movimento desordenado de elétrons livres .....	21
<b>Figura 4</b> - movimento ordenado de elétrons livres, devido à (ddp) aplicada no elemento condutor.....	21
<b>Figura 5</b> - Sentidos real e convencional da corrente elétrica .....	22
<b>Figura 6</b> - Natureza da corrente elétrica .....	23
<b>Figura 7</b> - Natureza eletrônica da corrente elétrica.....	23
<b>Figura 8</b> - Intervalo de $\Delta t$ , n elétrons passam pela seção do condutor .....	24
<b>Figura 9</b> - Circuito elétrico.....	26
<b>Figura 10</b> - Gráfico da corrente ( I ) → em função do tempo (t) .....	26
<b>Figura 11</b> - gráfico da corrente (I) em função do tempo (t) tem-se: “área” =  Q  (A.s = C) .....	27
<b>Figura 12</b> - Gráfico da corrente contínua constante.....	28
<b>Figura 13</b> - Lanterna a pilha ligada por uma fonte de corrente constante.....	28
<b>Figura 14</b> - Forma de onda da corrente pulsante.....	28
<b>Figura 15</b> - Forma de onda da corrente alternada .....	29
<b>Figura 16</b> - Corrente contínua atravessando condutor .....	29
<b>Figura 17</b> - Corrente alternada atravessando condutor .....	29
<b>Figura 18</b> - Corrente alternada atravessando condutor .....	30
<b>Figura 19</b> - Fenômeno da primeira lei de ohm .....	30
<b>Figura 20</b> - Gráfico de um resistor ôhmico.....	31
<b>Figura 21</b> - Gráfico de um resistor ôhmico usando outro material condutor, mas preservando as mesmas condições .....	32
<b>Figura 22</b> - Curva de resistores não ôhmicos .....	34

<b>Figura 23</b> - Resistor de chuveiro, feito também de nicromo .....	35
<b>Figura 24</b> - Resistor de uma lâmpada de incandescência: um fino fio de tungstênio esticado .....	35
<b>Figura 25</b> - Imagem real de resistores convencionais de grafite.....	36
<b>Figura 26</b> - Simbologia do resistor.....	36
<b>Figura 27</b> - simbologia usual do resistor.....	36
<b>Figura 28</b> - Gráfico da curva característica do resistor ôhmico.....	37
<b>Figura 29</b> - associação em série de resistores .....	38
<b>Figura 30</b> - Associação de quatro lâmpadas em série.....	39
<b>Figura 31</b> - associação em paralelo de resistores .....	40
<b>Figura 32</b> - Associação de quatro lâmpadas em paralelo.....	40
<b>Figura 33</b> - Página inicial do multisim .....	45
<b>Figura 34</b> - Ferramentas editáveis.....	46
<b>Figura 35</b> - Inserindo componentes .....	46
<b>Figura 36</b> - Continuando inserindo dados.....	47
<b>Figura 37</b> - Opção dc power .....	48
<b>Figura 38</b> - Ground .....	49
<b>Figura 39</b> - Inserindo os componentes .....	50
<b>Figura 40</b> - Ligação entre os componentes .....	50
<b>Figura 41</b> - Cálculo das resistências equivalentes associados em série e paralelo .	51
<b>Figura 42</b> - Resultados das simulações resistivas associadas em série .....	51
<b>Figura 43</b> - Resultados das simulações resistivas associadas em paralelo .....	52
<b>Figura 44</b> - Resultados das simulações referente ao uso wattímetro no multisim ....	53

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>2 JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>12</b>
<b>3 OBJETIVOS</b> .....	<b>13</b>
3.1 OBJETIVOS GERAIS .....	13
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
<b>4 METODOLOGIA</b> .....	<b>14</b>
<b>5 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>17</b>
5.1 A ELETRICIDADE NOS DOCUMENTOS NORTEADORES .....	17
5.2 ESTUDOS DAS TEORIAS PRESENTES NA ELETRODINÂMICA.....	18
5.3 APLICAÇÕES DE SIMULAÇÕES NO ENSINO DA CIÊNCIA FÍSICA.....	42
<b>6 RESULTADOS</b> .....	<b>44</b>
6.1 COMO UTILIZAR O SIMULADOR MULTISIM PASSO-A-PASSO NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM DA FÍSICA .....	44
6.2 APLICAÇÕES DO ROTEIRO DETALHADO DA MONTAGEM E VALORES DE MEDIDAS DAS GRANDEZAS ELÉTRICAS ENVOLVIDAS NA 1° LEI DE OHM.....	57
<b>7 CONCLUSÃO</b> .....	<b>78</b>
<b>8 REFERÊNCIAS</b> .....	<b>80</b>
<b>8 REFERÊNCIAS</b> .....	<b>81</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O ensino de Física tem exigido adequações, a fim de facilitar o processo de aprendizagem e diminuir as dificuldades e bloqueios dos quais os alunos sentem ao tentar assimilar os conteúdos da área.

Desta forma, os óbices do aprendizado vieram como uma inspiração aos pesquisadores a estudar a criação, inserção e utilização de novas ferramentas educacionais que se enquadrem no ambiente escolar. Portanto, dentro desses métodos de ensino, destacamos os simuladores virtuais. O setor da educação pode fornecer a um país e a toda a humanidade o equilíbrio necessário para alcançar um mundo mais justo.

É notório que um dos grandes desafios na utilização de tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC's) em relação aos estudantes no ensino de Física é estimular o uso da informática como mecanismo cognitivo de aprendizagem de Física principalmente, no que diz respeito da aplicação de simulações virtuais, tornando as aulas mais dinâmicas e interessantes.

Diante dessa importância, insistir no avanço da tecnologia educacional significa para o professor investir em si mesmo e possibilitar que o outro obtenha informações e conhecimentos, transformando-o e tornando-o agente de mudança das duas histórias.

Os recursos tecnológicos da era moderna podem ser vistos pelos professores como facilitadores da aprendizagem, um dispositivo adicional que pode estimular o interesse por diferentes áreas do conhecimento.

Isso porque o papel do professor diante das novas tecnologias é essencial, ele se tornou um elo entre ensino/aprendizagem, ou mais precisamente, facilita a aquisição de conhecimentos a partir de ferramentas técnicas.

Sabe-se que o uso do laboratório virtual por meio de simulações, reproduzem situações de estudo da física que descomplicam o entendimento de um determinado fenômeno físico dentro do contexto escolar do ensino médio.

Diante do que foi exposto, podemos destacar uma ferramenta de fácil acesso e de muita eficiência que disponibiliza de forma temporária gratuitamente, ou é disponibilizada de maneira definitiva na modalidade paga, simulações de alta qualidade que é o caso do simulador MULTISIM, o qual é um simulador desenvolvido especificamente para os estudos de circuitos elétricos, possuindo uma

vantagem sobre os demais simuladores, quando nos referimos ao processo de ensino e aprendizagem de circuitos elétricos. O programa é um laboratório virtual que possui uma barra de instrumentos de medida virtuais que podem ser usados da mesma forma que o instrumento real além de possuir uma interface gráfica que permite ao aluno realiza experimentos virtuais como realizaria os reais nos laboratórios didáticos.

O objetivo deste trabalho é contrapor os modelos tradicionais de ensino a fim de estabelecer uma parceria entre a simulação e o ensino de física como tecnologia disponível no ambiente escolar. Portanto, objetiva-se investigar a importância de se conceber uma cultura digital nas escolas, enfatizando a contribuição da simulação virtual para o ensino de física.

O presente trabalho acadêmico compreende a verificação do processo de aprendizagem dos discentes no tocante ao assunto de eletrodinâmica e mais especificamente os conteúdos estudados na aplicação da primeira Lei de Ohm utilizados no cálculo de grandezas físicas elétricas em conjunto com a teoria da associação de resistores e seus efeitos presentes em circuitos elétricos resistivos, por meio do uso de um simulador de circuitos elétrico completo e intuitivo.

Para tanto, foi usado o eficiente simulador MULTISIM que ainda hoje é vendido pela National Instruments, juntamente com o emprego de uma atividade de averiguação de aprendizagem referente sobre medidas, montagens de circuitos, e valores de grandezas elétricas presente na primeira lei de Ohm. Sugerimos uma atividade que usa um artifício que se diferencia das práticas tradicionais apresentadas em sala de aula.

O intuito é apresentar ao discente algo que se distingue das metodologias básicas presentes em uma aprendizagem mecânica e tradicional, baseadas nos processos de reprodução e repetição dos métodos de memorização. Além da oportunidade de levar à sala de aula um laboratório didático virtual, já que podemos transportar os instrumentos de medida elétrica, tal como placas de associação de componentes elétricos de modo bem semelhante ao laboratório real, o que é algo distante da realidade da maioria das escolas. Particularmente em relação ao ensino de física básica, nota-se um destaque para a resolução de exercícios fundamentados na aplicação de fórmulas e decorebas.

O referido trabalho acadêmico será apresentado iniciando pela a eletricidade nos documentos norteadores, e na sequência será o momento do estudo das teorias

presentes na eletrodinâmica no ensino de Física. Mais precisamente, o estudo da primeira Lei de Ohm e suas propriedades elétricas. Em seguida, iremos falar sobre as aplicações de simulações no ensino da ciência Física, e posteriormente para facilitar o uso do simulador dedico um capítulo sobre o mesmo e como utilizá-lo passo-a-passo no processo de ensino e aprendizagem. Posteriormente, iremos aplicar um roteiro detalhado da montagem e valores de medidas das grandezas elétricas, e finalmente faremos da aplicação do simulador MULTISIM como ferramenta didática para o ensino da primeira Lei de Ohm e suas propriedades.

Esta pesquisa foi realizada com revisão de literatura, por meio de levantamento de material bibliográfico, incluindo livros, artigos científicos, monografias, TCC, reportagens, revistas científicas, sejam os mesmos físicos ou através de sites.

Teve como princípio a pesquisa bibliográfica de temas como inovações didáticas, simulador MULTISIM, primeira lei de OHM.

## 2 JUSTIFICATIVA

Este projeto foi desenvolvido pela necessidade de proporcionar aos alunos um conhecimento de Física mais dinâmico e atraente, fazendo o uso de um simulador virtual intuitivo e completo, neste caso estamos tratando do software MULTISIM. Particularmente em relação ao ensino de Física, as simulações proporcionam a execução de tarefas que transcendem o simples emprego de fórmulas e cálculo de parâmetros, como acontece no processo de ensino tradicional.

A utilização do simulador pelo docente possibilita que o professor mediador leve um laboratório de Física didático à sala de aula, visto que no caso de simulações as expressões matemáticas surgem depois da prática experimental e o entendimento da forma como as variáveis se articulam e interferem no fenômeno.

Os trabalhos pautados em software, além de serem interessantes e despertarem a curiosidade, possibilitam análise de situações e fenômenos físicos, aperfeiçoando a atribuição de significados. Desse modo, o discente é motivado a estudar as variáveis e as circunstâncias para o acontecimento de eventos contemplados no dia a dia, e a aprimorar a linguagem científica e raciocínio matemático-científico, posto que uma considerável parcela das simulações contenha representações gráficas, que mudam na proporção em que o discente aborda a simulação na prática.

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVOS GERAIS

Demonstrar a eficiência do emprego da metodologia didática computacional inserida no âmbito escolar, ressaltando a colaboração do simulador virtual MULTISIM no desenvolvimento de ensino e aprendizagem do estudo da Física.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

a) Usar o simulador virtual MULTISIM, como ferramenta para auxiliar no aperfeiçoamento da assimilação dos tópicos de eletrodinâmica.

b) Produzir roteiros com conhecimentos específicos apresentados no simulador virtual para uma boa compreensão de todo assunto de Física a ser ensaiado no simulador MULTISIM.

Ensinar aos alunos a como usar os instrumentos de medida, no tocante as grandezas físicas básicas envolvidas no estudo da primeira lei de OHM.

Explicar aos discentes a montagem dos circuitos elétricos usando o software, destacando o realismo que o simulador fornece na execução de tal explanação.

Auxiliar a prática docente em relação ao uso de simuladores computacionais em conjunto com os três momentos de aprendizagem conforme Delizoicov e Angotti, em especial nas aulas de Física.

#### 4 METODOLOGIA

Motivado pela demanda emergente de dinamizar o método de ensino e aprendizagem, introduzindo a utilização de tecnologias computacionais no processo de ensino, assim como, pelas adversidades demonstradas pelos alunos da escola-campo (COLUN) em relação à aprendizagem significativa dos conteúdos de Física se fez, necessária à indagação principal desta investigação: O uso do simulador virtual MULTISIM pode, efetivamente, colaborar para a melhoria da aprendizagem dos conteúdos de eletrodinâmica aplicados na escola (COLUN)?

O projeto de pesquisa intitulado: “O uso do simulador MULTISIM como ferramenta didática para o ensino da primeira lei Ohm”. Foi realizado como uma proposta a metodologia da utilização do MULTISIM referente ao ensino de Física, precisamente em relação ao trabalho pedagógico relacionado ao assunto de eletrodinâmica, como complemento didático à atividade teórica executada habitualmente em sala de aula com intuito de ajudar a melhorar a abordagem didática empregada nas aulas de Física pelos professores desta disciplina cuja maioria dos alunos considera muito complexa devido à abstração inerente a essa ciência da natureza.

A escola (COLUN) possui um corpo docente composto por oitenta (80) servidores docentes, sendo que destes, três (3) são professores de Física. Já quanto à infraestrutura o (COLUN), possui: 16 salas de aulas, sala de diretoria, sala de professores, laboratório de informática, laboratório de ciências, e dentre outras. Além disso, podemos ressaltar como fator positivo para a implantação do simulador MULTISIM a linha pedagógico-metodológica de ensino empregada na escola-campo. Pois, enquanto escola de aplicação, o Colégio Universitário é um estabelecimento de ensino que pode ser considerado como escola em que os docentes possuem autonomia para desenvolver metodologias de ensino que melhor se adequem à realidade vivida pelos discentes.

Sabe-se que a unidade didática tecnológica produzida possui a propositiva finalidade de auxiliar o trabalho do professor utilizando uma abordagem que proporcione a determinação do diálogo entre o docente e alunos, e por consequência destes em relação ao conteúdo sobre Física a ser compreendido, assim como referente aos fenômenos físicos presentes em seu cotidiano. Com essa intenção, visamos criar um material completo, com roteiros, manual situações

problemas, entre outros, onde este trabalho será repassado aos discentes para que os mesmos possam acompanhar de modo detalhado o processo de montagem e medições de grandezas elétricas utilizadas no estudo da primeira lei de Ohm. Isto oferece um melhor entendimento de cada conteúdo físico a ser estudado no simulador virtual MULTISIM. Ainda, ressaltamos determinados conteúdos da Física a ser esmiuçados no simulador virtual.

Evidenciamos determinados assuntos de estudo da física abordado neste presente trabalho acadêmico, como exemplo, temos: estudo de condutores e isolantes elétricos, conhecendo os elementos de um circuito elétrico através do uso do simulador MULTISIM e suas ferramentas, e a análise da primeira lei de Ohm por meio do simulador, assim como, instruções sobre a associação de resistores em série e paralelo, e ainda a análise sobre a manifestação da potência dissipada encima de um resistor elétrico e suas aplicações no cotidiano, foram abordados também o conteúdo sobre instrumentos de medidas de grandezas elétricas. A intenção é que os alunos ao usarem o simulador compreendem melhor as leis da Física, isto é, a proposta é que os estudantes consigam determinar a verdadeira relação entre a Física com os conceitos presentes de maneira comum vivenciado no seu cotidiano, o qual é marcado pelo uso constante de tecnologias eletrônicas, como por exemplo, simulações, jogos virtuais, e dentre outras.

O emprego dos simuladores virtuais em uma sala de aula referente ao conteúdo de eletrodinâmica foi organizado metodologicamente na proposta de Delizoicov e Angotti (1994), completando os três momentos pedagógicos, os quais foram fundamentados na abordagem de cada assunto de eletrodinâmica supracitado anteriormente. Onde, iniciamos com uma situação problema, a qual pode ser repassada aos professores de Física da escola-campo (COLUN), onde a mesma consiste no ensino da primeira Lei de OHM usando o simulador virtual MULTISIM.

Depois da problemática inicial verificada, já explorando o segundo momento pedagógico (Organização do conhecimento), nesta fase irá se realizar de fato a manipulação do simulador, sempre pautado em um roteiro que será previamente produzido, buscando manter a atenção na exploração do assunto de Física do ensino médio a ser analisado. Terminada a etapa de uso do simulador MULTISIM no estudo dos assuntos de eletrodinâmica. Os mediadores da transmissão do conhecimento darão início ao terceiro momento, o qual consiste na prática de fazer

indagações aos alunos, sobre fenômenos físicos presentes em seu cotidiano relacionados aos conteúdos trabalhados no simulador virtual MULTISIM.

## 5 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 5.1 A ELETRICIDADE NOS DOCUMENTOS NORTEADORES

As diretrizes que os professores devem considerar ao planejar as atividades são estabelecidas nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN). A principal recomendação dos (PCN) é contextualizar todas as competências em sala de aula, cabendo aos docentes e escolas decidir como e quais competências serão abordadas.

Os tópicos estruturados do (PCN) refletem os procedimentos que se espera que um indivíduo responsável e qualificado desempenhe funções básicas da sociedade, que incluem ler e interpretar códigos, gráficos, equipamentos, realizar pesquisas, argumentar e resolver problemas.

(PCN) propõe um ramo temático do ensino de física, cada um dos quais aborda um grupo de fenômenos relacionados:

1. Movimentos: variações e conservações.
2. Calor, ambiente e usos de energia.
3. Som, imagem e informação.
4. Equipamentos elétricos e telecomunicações.
5. Matéria e radiação.
6. Universo, Terra e vida.

Em todos os temas propostos, a prática do método científico, assim como a interação com o cotidiano de cada fenômeno analisado é posta em cada uma das suas unidades temáticas, que em síntese, enfim, é identificar as variáveis envolvidas e caracterizar a dependência entre as grandezas e a sua utilização. No que se refere à proposta deste trabalho, um tema que quero enfatizar é o tema quatro (4), intitulado: “Equipamentos Eletromagnéticos e Telecomunicações” - e sua primeira unidade temática, que tem como foco os aparelhos eletromagnéticos. Conforme o documento norteador da prática educacional (PCN), os objetivos relacionados a este tema são: No âmbito nacional, em resumo o (PCN), possui o objetivo de produzir estudantes capacitados para reconhecer e solucionar problemas. Também sugere a realização de atividades experimentais em sala de aula, com o fundamento de que o desempenho escolar é otimizado.

Nota-se que o (PCN) estimula a autonomia e desenvolvimentos dos alunos por meio de atividades experimentais. Assim como a contextualização dos conteúdos das aulas com as aplicações traz para a vida do estudante em processo de formação. Uma atividade experimental usando um simulador virtual intuitivo e realístico, como é o caso do software MULTISIM, que é uma excelente ferramenta tecnológica de suporte didático, e que quando trabalhando em conjunto com o um roteiro detalhado de como usar o software para se chegar a um resultado desejado que confirme ainda mais a simulação como uma ferramenta didática de grande potencial.

Complementar a esta metodologia de ensino, o documento norteador propõe uma contextualização dos temas propostos deixando evidente a relevância de reconhecer como e onde o tema é empregado nas atividades cotidianas. E baseado nisso, podemos ressaltar o aperfeiçoamento dos fenômenos elétricos e magnéticos, tal como, pode ser direcionado para o entendimento dos equipamentos eletromagnéticos que habitam em nosso cotidiano, desde aqueles de utilização doméstica aos geradores e motores de uso industrial, fornecendo capacitação para utilizá-los, e investigar situações de sua utilização. Simultaneamente, esses mesmos fenômenos podem esclarecer os mecanismos de transmissão de informações, desenvolvendo habilidades para lidar com as questões referentes às telecomunicações. Desse modo, a tendência para o estudo da eletricidade pode ser estruturada em função dos equipamentos eletromagnéticos e telecomunicações.

## 5.2 ESTUDOS DAS TEORIAS PRESENTES NA ELETRODINÂMICA

Neste capítulo, no entanto, vamos estudar circunstâncias na qual os portadores de carga elétrica que fluem em sentido preferencial. Falamos, nessas condições, que os condutores são percorridos por correntes elétricas.

Os estudos das cargas elétricas em movimento são baseados no estudo das correntes elétricas, suas causas e os efeitos que produzem no “caminho” por onde percorrem os transportadores de carga elétrica livres. As correntes elétricas possuem função essencial no mundo contemporâneo, fazendo-se presente no processo de iluminação residencial, nos eletrodomésticos de um modo em geral, nos avanços industriais, e dentre outros.

Para notarmos a relevância do conteúdo, podemos simplesmente idealizar a desordem que aconteceria no caso das fontes de energia elétrica interrompa o funcionamento e, decorrente disso, não pudéssemos mais produzir correntes elétricas.

Sabe-se que essa dependência tecnológica se iniciou no fim do século XIX, no momento em que as primeiras lâmpadas clareavam, sem muita força, um número reduzido de centros mundiais relevantes. Eram lâmpadas de custo elevado, nocivas e de baixa vida útil. Foi o pesquisador e empresário norte-americano Thomas Alva Edison quem, após anos incessantes de pesquisas, construiu em 1879, uma lâmpada formada por uma ampola de vidro dentro da qual se geravam muito vácuo, (GUALTER; NEWTON; E HELOU, 2012, p. 112).

A **Figura 1** mostra uma determinada cidade com o fornecimento de energia elétrica pelas usinas e pelas baterias. Sabe-se que no Brasil a maior parte do abastecimento de energia é proveniente de usinas hidrelétricas e de baterias que utilizam a transformação da energia química em elétrica. Onde provavelmente estes são os tipos de geradores usados para iluminar a cidade de São Luís, capital do estado do Maranhão na **Figura 1** abaixo.

**Figura 1** - Vista noturna da cidade de São Luís- MA com o fornecimento de energia elétrica pelas usinas hidrelétricas e baterias de soluções químicas



**Fonte:** [https://www.tripadvisor.com.br/LocationPhotoDirectLink-g673267-d7621358-i238044812-Espigao\\_Costeiro-Sao\\_Luis\\_State\\_of\\_Maranhao.html](https://www.tripadvisor.com.br/LocationPhotoDirectLink-g673267-d7621358-i238044812-Espigao_Costeiro-Sao_Luis_State_of_Maranhao.html)

Certamente, uma das mais importantes novidades tecnológicas já fornecidas pela humanidade é o controle da energia elétrica, e ainda é a que gerou um dos maiores impactos em nossa maneira de viver. A **Figura 2** mostra aparelhos que são utilizados em casa e no serviço.

**Figura 2** - Inúmeros aparelhos que funcionam com o uso de eletricidade



**Fonte:** Elaborado pelo autor

É notório que basta observar nos eletrodomésticos presentes em nossa própria residência para listar vários dispositivos que funcionam com o uso de eletricidade, e como esse número vem aumentando. As invenções de Thomas Edison são verdadeiras aplicações de vários fenômenos físicos, principalmente **mecânicos** e **elétricos**. Entre suas diversas contribuições científico-tecnológicas, estão o gramofone, microfones específicos para telefone, máquinas de votar, **bateria** para carros, embalagens a vácuo, fonógrafo, e dentre outras. Diante de suas várias invenções, Edison foi considerado um dos maiores responsáveis pela **Revolução Tecnológica do Século XX**.

Thomas Edison ficou bastante conhecido como o inventor da lâmpada como já foi mencionado anteriormente, talvez sua invenção mais famosa. Em 1878, depois de diversas tentativas, Edison criou o filamento da **lâmpada incandescente**, gerando luz através de **corrente elétrica**. **Tomas Edison** inventou a corrente **contínua**, enquanto **Tesla** inventou a corrente **alternada** que é responsável pelo **funcionamento dos eletrodomésticos**.

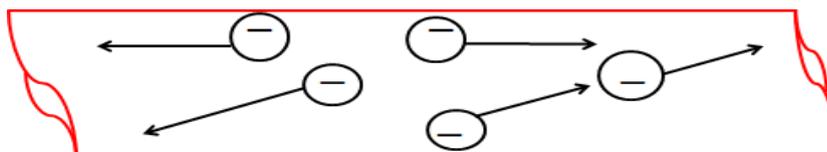
Sabe-se que esses aparelhos são úteis e nos trazem conforto e/ou entretenimento, mas como funcionam? Cada um deles, quando ligado a uma bateria ou rede de eletricidade, será percorrido por elétrons munidos de energia elétrica. Os elétrons passam pelo dispositivo, perdem energia e são direcionados a uma fonte de energia (que chamaremos mais tarde de gerador) para serem novamente energizados.

Todo o processo é cíclico e completado por fios condutores, o dispositivo e os fios formam um circuito. O movimento contínuo e ordenado dos elétrons no circuito

constitui uma corrente elétrica. Seu estudo é destinado a um ramo específico da física denominado eletrodinâmica, (KAZUHITO E FUKU, 2016, p. 96).

Podemos definir corrente elétrica considerando-se o fio metálico da figura 3 abaixo. Sendo um componente condutor, esse fio possui uma elevada quantidade de elétrons livres, que se movimentam de modo desordenado no seu interior.

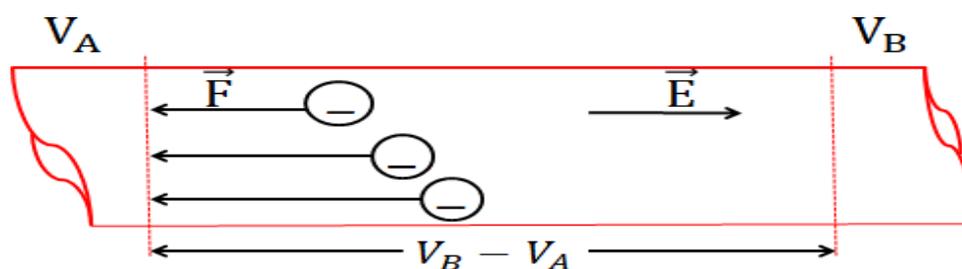
**Figura 3** - Movimento desordenado de elétrons livres



Fonte: Elaborado pelo autor

Sabemos que para conseguirmos alcançar um movimento ordenado como mostra a **Figura 4**, determina-se entre dois pontos distintos do condutor uma diferença de potencial (ddp) ou tensão elétrica, a qual produz no seu interior o campo elétrico  $\vec{E}$ . Assim, esse campo exerce em cada elétron livre uma força  $\vec{F}$ , capaz de movimentar esse elétron no sentido contrário ao do campo elétrico, visto que a carga  $q$  dos elétrons é negativa e  $\vec{F} = q \cdot \vec{E}$ , (BONJORNO E CLINTON, 1999, p. 486).

**Figura 4** - movimento ordenado de elétrons livres, devido à (ddp) aplicada no elemento condutor.



Fonte: Elaborado pelo autor

Ao movimento ordenado dos elétrons livres portador de cargas elétricas, devido à ação de um campo elétrico, dá-se o nome de corrente elétrica.

Para determinar uma corrente elétrica em um fio condutor utiliza-se um gerador, como, por exemplo, uma pilha ou bateria, que mantém entre seus terminais uma (ddp) constante.

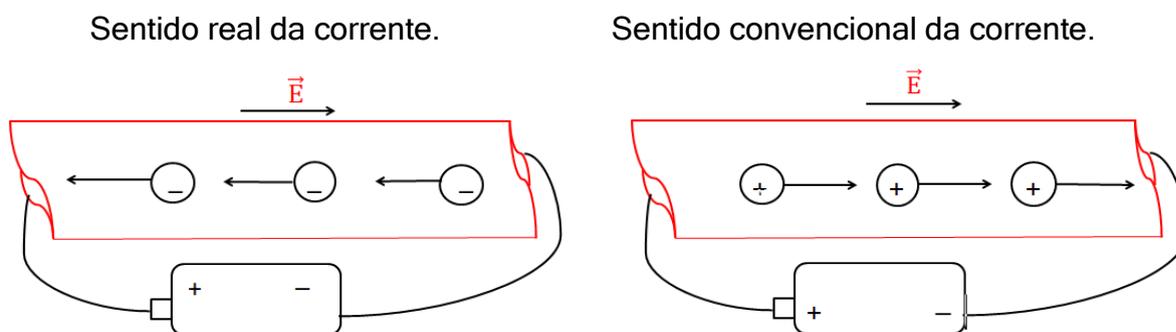
Sabe-se que a origem da palavra corrente está relacionada a uma analogia que os primeiros físicos faziam entre a eletricidade e a água. Eles pensavam que a eletricidade se comportava como a água, ou seja, um fluido que escoava como a água corrente. Os mesmos imaginavam que os fios eram os escoamentos por onde percorria essa corrente de eletricidade, (BONJORNO E CLINTON, 1999, p. 486).

E como até o momento já abordamos o conceito e a causa da corrente elétrica pode-se ressaltar outras características importantes no estudo da corrente elétrica, que são o sentido da corrente elétrica, a natureza desta, a intensidade média da corrente elétrica, e o tipo de corrente elétrica.

O sentido da corrente elétrica nos condutores sólidos é o sentido do movimento dos elétrons no seu interior. Esse é considerado o sentido real da corrente elétrica.

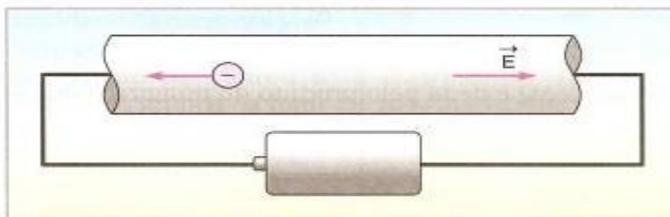
É notório que no estudo da eletricidade, porém, adota-se um sentido convencional, que é caracterizado pelo movimento das cargas positivas, isto é, os prótons, e que equivale ao sentido do campo elétrico  $\vec{E}$  no interior do condutor, mostrado na **Figura 5**, (BONJORNO E CLINTON, 1999, p. 486).

**Figura 5** - Sentidos real e convencional da corrente elétrica



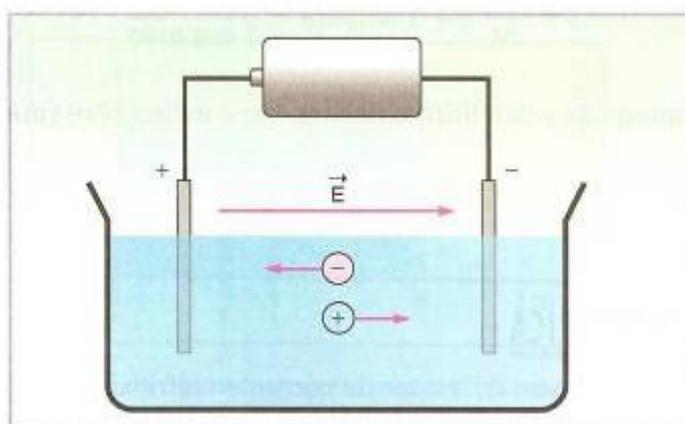
**Fonte:** Elaborado pelo autor

No que tange a natureza da corrente elétrica, pode ser classificada em **eletrônica** e iônica. Corrente eletrônica é aquela produzida pelo fluxo dos elétrons livres. Acontece, principalmente, nos condutores metálicos. Desse modo podemos dizer que a natureza da corrente elétrica dos circuitos elétricos e eletrodomésticos é de origem eletrônica. A **Figura 6** mostra sobre a natureza eletrônica da corrente elétrica.

**Figura 6 - Natureza eletrônica da corrente elétrica**

Fonte: Bonjorno e Clinton (1999, p. 487)

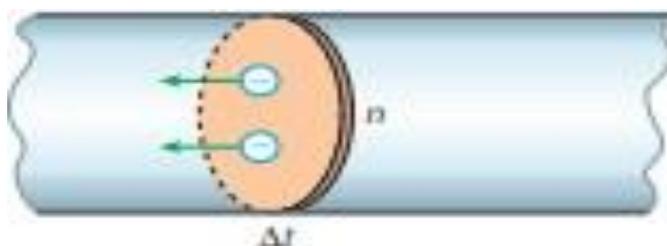
Já em relação à natureza da corrente elétrica iônica, que é aquela produzida pelo fluxo dos íons positivos e negativos, movendo-se ao mesmo tempo em sentidos contrários. Ocorre nas soluções eletrolíticas, soluções de ácidos, sais ou bases, e nos gases ionizados, lâmpadas fluorescentes. A **Figura 7** mostra outro exemplo de natureza iônica da corrente elétrica.

**Figura 7- Natureza iônica da corrente elétrica**

Fonte: Bonjorno e Clinton (1999, p. 487)

Nota-se que nas soluções eletrolíticas, as partículas portadoras de carga são os íons, os quais se deslocam sob a ação da força do campo elétrico. De tal modo que, os íons positivos se movimentam no mesmo sentido do campo elétrico  $\vec{E}$ , enquanto os negativos se deslocam no sentido contrário ao do campo elétrico  $\vec{E}$ , (BONJORNO E CLINTON, 1999, p. 487).

**Figura 8** - observam-se os intervalos de tempo dos elétrons que passam pela seção do condutor.



**Fonte:** Ramalho; Nicolau e Toledo (2009, p. 113)

No que se refere à intensidade de corrente elétrica, consideremos um condutor metálico, com seus contatos ligados aos terminais de uma fonte de tensão, onde  $n$  elétrons atravessa a seção transversal desse condutor desde o instante inicial  $t$  até o instante final  $t + \Delta t$ . Como cada elétron apresenta uma carga elementar igual a: ( $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  C). Logo, em um intervalo de tempo  $\Delta t$  passa por essa seção transversal uma quantidade de carga elétrica ( $\Delta Q$ ) cujo valor absoluto é representado por:

$$\Delta Q = n \cdot e \quad \text{Eq. 1}$$

Define-se intensidade média de corrente elétrica, no intervalo de tempo  $t$  a  $t + \Delta t$ , como a razão:

$$I_m = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad \text{Eq. 2}$$

Quando a corrente varia com o tempo, define-se intensidade de corrente em um dado instante  $t$  como sendo o limite para o qual tende a intensidade média, quando o intervalo de tempo  $\Delta t$  tende a zero:

$$I = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad \text{Eq. 3}$$

Chamamos de corrente contínua constante toda corrente de sentido e intensidade constantes em relação ao tempo. Nesse caso, a intensidade média da

corrente elétrica  $\vec{i}_m$  em qualquer intervalo de tempo  $\Delta t$  é a mesma e, portanto, igual à intensidade  $\vec{i}$  em qualquer instante de tempo  $t$ . Logo, temos:

$$\vec{i}_m = \vec{i}, \quad \text{Eq. 4}$$

No Sistema Internacional de Unidades (SI), temos como unidade de medida da intensidade de corrente elétrica o ampère, que possui o seu símbolo representado pela letra *a* maiúscula, ou seja, (A), o nome dessa unidade foi dado em homenagem ao físico francês, chamado: André Marie Ampère (1775-1836). No entanto podemos afirmar que uma corrente elétrica constante possui intensidade igual a 1 A (um Ampère), caso em cada segundo fluir pela seção transversal uma carga elétrica em módulo igual a 1 C (um Coulomb). Isso só não deve ser considerado como definição da unidade ampère porque esta é uma unidade primitiva, sendo o Coulomb uma unidade derivada do ampère, (GUALTER; NEWTON; E HELOU, 2012, p. 116).

Fazendo-se  $\Delta t = 1\text{s}$  e  $|Q| = 1\text{C}$ . Logo, na expressão em função de  $i$ , temos:

$$[I] = \frac{[C]}{[s]} \Rightarrow \text{C/s} = \text{A (ampères)} \quad \text{Eq. 5}$$

Caso em um fio da parte elétrica de um carro, por exemplo, transita uma corrente elétrica de intensidade igual a 15 A, isso significa que fluem 15 C de carga elétrica através de uma bitola por segundo.

Nota-se que alguns submúltiplos da unidade ampère habitualmente aparecem frequentemente em cálculos envolvendo intensidade de corrente elétrica, como por exemplo, temos:

$$\text{mA} = 10^{-3} \text{ A (miliampère)}$$

$$\mu\text{A} = 10^{-6} \text{ A (microampère)}$$

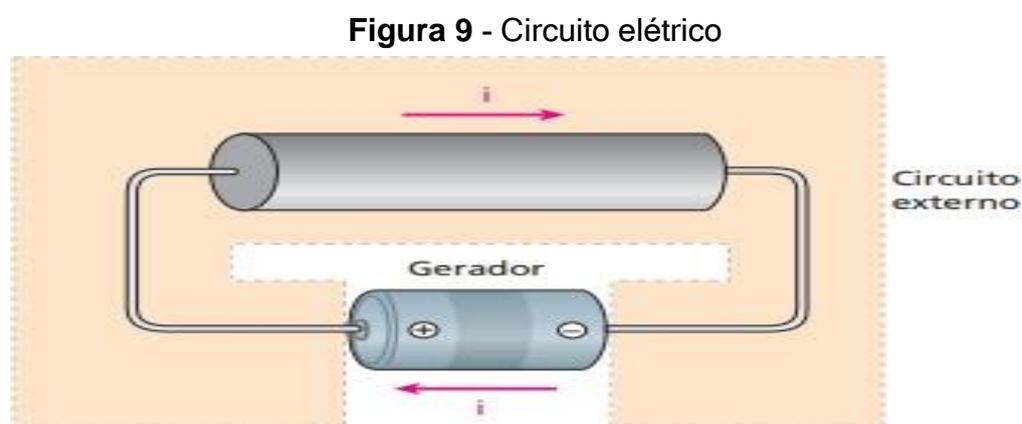
$$\text{nA} = 10^{-9} \text{ A (nanoampère)}$$

$$\text{pA} = 10^{-12} \text{ A (picoampère)}$$

Além disso, abordaremos a classificação da corrente elétrica quanto ao tipo, para isso precisamos analisar as correntes elétricas através de um gráfico, que ainda possibilita classificá-las.

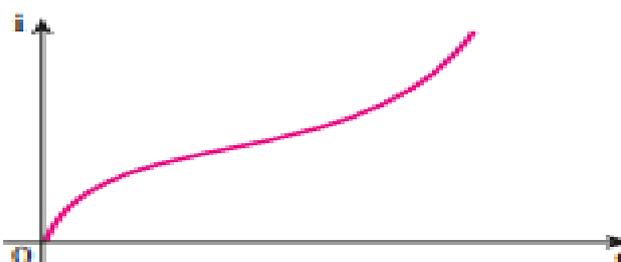
Visualize, a seguir, a representação gráfica da intensidade  $\vec{i}$  de uma corrente elétrica em função do tempo  $t$ .

No que diz respeito ao conceito de circuito elétrico podemos dizer que um circuito elétrico é um caminho fechado como mostra a **Figura 9**. Este começa e termina no mesmo ponto e é constituído por diversos componentes que se ligam e, desse modo, possibilitam a passagem da corrente elétrica. É comum na Física nomearmos a parte do circuito elétrico localizado fora do gerador de circuito externo. É relevante destacar que, seja qual for o condutor conectado ao gerador, sabe-se que a corrente em um circuito externo circula do polo positivo (+) para o negativo (-). Assim sendo, no gerador, a corrente circula do polo negativo (-) para o positivo (+), (GUALTER; NEWTON; E HELOU, 2012, p. 117).



Fonte: Gualter; Newton e Helou (2012, p. 117)

**Figura 10 - Gráfico da corrente ( $i$ ) em função do tempo ( $t$ )**

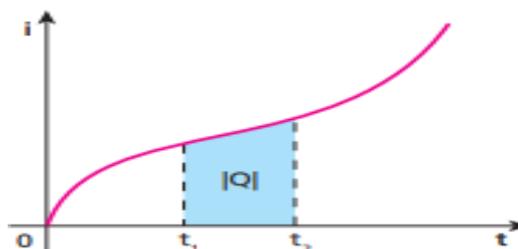


Fonte: Gualter; Newton e Helou (2012, p. 117)

A representação gráfica da **Figura 11** possui a seguinte propriedade:

A área abrangida entre o gráfico e o eixo dos tempos, calculada em determinado espaço de tempo  $\Delta t$ , fornece o módulo da carga elétrica que percorreu uma seção transversal do condutor no referido intervalo de tempo, (GUALTER; NEWTON; E HELOU, 2012, p. 117).

**Figura 11** - gráfico da corrente ( $\vec{i}$ ) em função do tempo ( $t$ ) tem-se: “área” =  $|Q|$  (A.s = C).



Fonte: Gualter; Newton e Helou (2012, p. 117)

No tocante a classificação das correntes elétricas quanto à forma do gráfico ( $\vec{i}$ ) em função de ( $t$ ). Neste tipo de gráfico quando a corrente muda de sentido, convencionam-se considerá-la positiva em um sentido e negativa no sentido oposto. Quando usamos essa convenção, necessitamos nomear ( $\vec{i}$ ) de valor algébrico da corrente elétrica, ao invés de intensidade.

Em relação à forma do gráfico ( $\vec{i}$ ) em função de ( $t$ ), podemos classificar as correntes em contínuas e alternadas (ou alternantes).

Iremos observar, em seguida, os casos mais frequentes de corrente contínua e alternada, (GUALTER; NEWTON; E HELOU, 2012, p. 117).

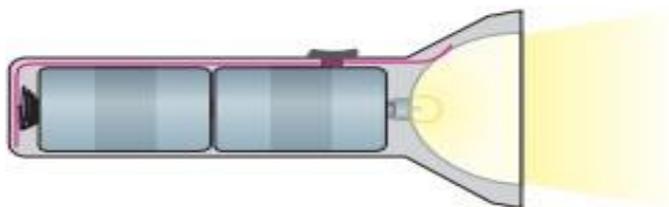
Iniciamos com o estudo do tipo de corrente contínua constante é aquela na qual os elétrons movem-se em com um sentido e intensidade constantes no transcorrer do tempo. Logo, seu gráfico ( $\vec{i}$ ) versus ( $t$ ) é um segmento de reta paralelo ao eixo dos tempos.

Percebe-se que no caso de corrente contínua constante, sua intensidade média converge com a intensidade instantânea, (GUALTER; NEWTON; E HELOU, 2012, p. 117).

**Figura 12** - Gráfico da corrente contínua constante

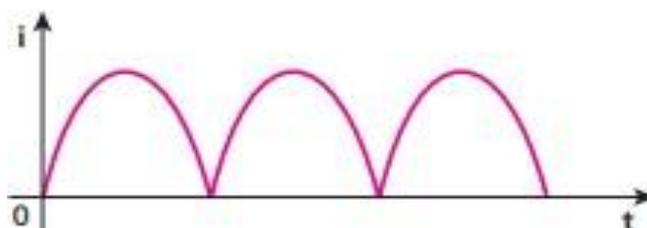
**Fonte:** Gualter; Newton e Helou (2012, p. 117)

Um excelente exemplo de corrente elétrica contínua constante é a produzida por pilhas, usadas em controles remotos de aparelhos eletroeletrônicos. Como por exemplo, na lâmpada de uma lanterna ligada mostrada na **Figura 13**, (GUALTER; NEWTON; E HELOU, 2012, p. 117).

**Figura 13** - Lanterna a pilha ligada por uma fonte de corrente constante

**Fonte:** Gualter; Newton e Helou (2012, p. 117)

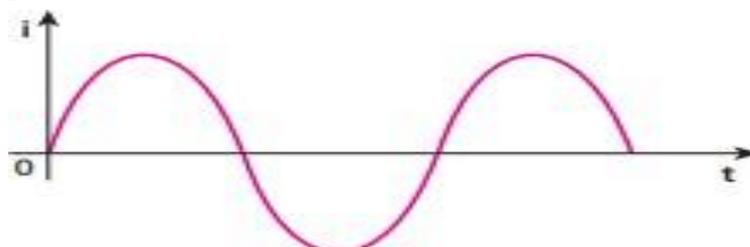
Outra classificação do tipo de corrente existente seria a corrente contínua pulsante mostrado na **Figura 14**, que é a qual oscila de intensidade, a pesar de manter o sentido sempre constante. Nota-se que na penúltima etapa do processo de retificação de uma corrente de onda alternada a corrente apresentada é pulsante, (GUALTER; NEWTON; E HELOU, 2012, p. 118).

**Figura 14-** Forma de onda da corrente pulsante

**Fonte:** Gualter; Newton e Helou (2012, p. 118)

Existe ainda a corrente alternada (ou alternante) que é a qual inverte o sentido de maneira periódica, como é observada na **Figura 15**, abaixo, (GUALTER; NEWTON; E HELOU, 2012, p. 118).

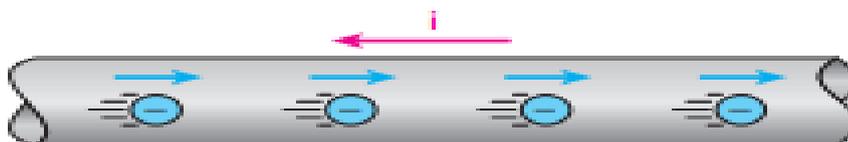
**Figura 15** - Forma de onda da corrente alternada



**Fonte:** Gualter; Newton e Helou (2012, p. 118)

Observamos que, em um condutor de metal percorrido por corrente contínua, o movimento ordenado dos elétrons livres acontece sempre no mesmo sentido, o que já não acontece no caso da corrente alternada, (GUALTER; NEWTON; E HELOU, 2012, p. 118). A **Figura 16** mostra um exemplo de corrente contínua atravessando o condutor.

**Figura 16-** Corrente contínua atravessando condutor



**Fonte:** Gualter; Newton e Helou (2012, p. 118)

Na existência de um condutor que seja percorrido por uma corrente alternada, ou alternante, os elétrons simplesmente fluem em torno de algumas posições, realizando movimento em sentidos contrários de ir e vir repetidas vezes mostrado na **Figura 17**, (GUALTER; NEWTON; E HELOU, 2012, p. 118).

**Figura 17** - Corrente alternada atravessando condutor

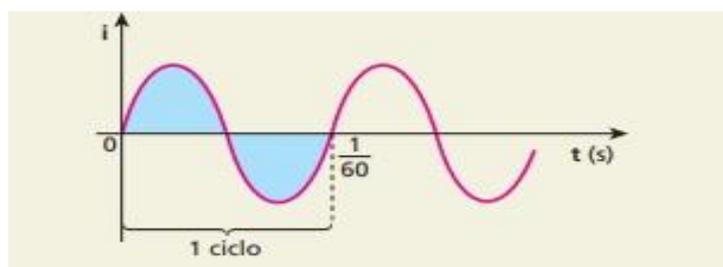


**Fonte:** Gualter; Newton e Helou (2012, p. 118)

No estudo da eletrodinâmica, conservaremos nossas mentes focadas quase integralmente na teoria da corrente contínua constante. E ainda, em relação à

propriedade da frequência apresentada pela rede elétrica brasileira, sabemos que a mesma possui uma frequência de 60 Hz (sessenta hertz). Isso implica que, por exemplo: em uma lâmpada elétrica ligada, o valor algébrico da corrente muda ao passar do tempo, isto é, a frequência mede geralmente as oscilações de algumas propriedades, como por exemplo, a corrente elétrica alternada varia em função do tempo de acordo com um tipo do gráfico abaixo mostrado na **Figura 18**.

**Figura 18** - Corrente alternada atravessando condutor



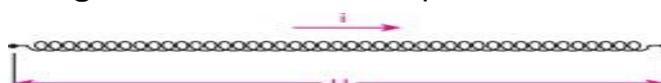
**Fonte:** Gualter; Newton e Helou (2012, p. 119)

Nesse sentido, pode-se representar a frequência pela letra ( $f$ ), e a sua unidade de medida é o hertz (Hz), que corresponde à quantidade de ciclos por segundo, dessa forma, dizemos que uma lâmpada apaga e ascende 60 vezes por segundo, ou seja, ela oscila 60 vezes a cada segundo, (GUALTER; NEWTON; E HELOU, 2012, p. 118).

Outro fenômeno bastante interessante estudado na eletrodinâmica trata-se do efeito Joule que é um fenômeno pertencente à Física, o qual implica na transformação de energia elétrica em energia térmica (calor). Este também é conhecido como efeito térmico, o mesmo não absorve o calor, mas sim o produz.

Agora, vejamos a relação entre a diferença de potencial aplicada ao condutor e a intensidade de corrente que ele causa. Para fazer isso, considere o seguinte experimento: Por exemplo, um fio de metal de tungstênio é submetido por uma diferença de potencial (ddp)  $U$ , na qual uma corrente de intensidade  $i$  é estabelecida. Suponha que o sistema de resfriamento mantenha uma temperatura constante do fio, (GUALTER; NEWTON; E HELOU, 2012, p. 127).

**Figura 19** - Fenômeno da primeira lei de ohm



**Fonte:** Gualter; Newton e Helou (2012, p. 127)

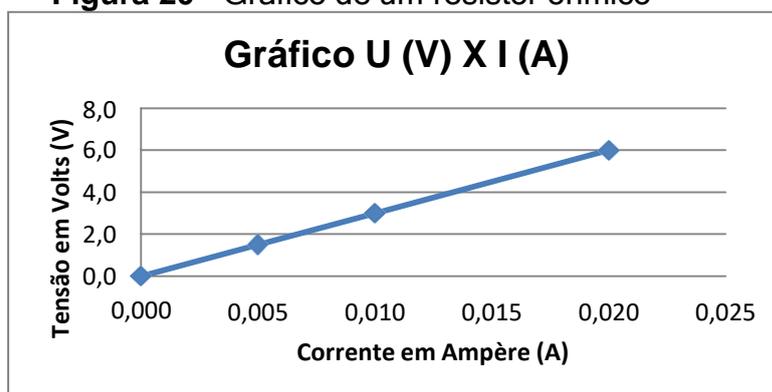
Usando-se uma pilha comum, de forma a se possuir uma tensão no valor de 1,5 V, considerando-se que seja  $\vec{i}$  igual a 0,1 A. Utilizando-se duas pilhas comuns, interligadas de forma adequada. Assim, temos: **U** igual a 3,0 V e nesse contexto, percebemos uma corrente de intensidade  $\vec{i}$  igual a 0,2 A. Observe que **U** dobrou de 1,5 V para 3,0 V, o que se repetiu com  $\vec{i}$ , que da mesma forma dobrou de valor, de 0,1 A para 0,2 A. Caso seja usada uma bateria de 6,0 V, constataremos que a corrente passará a valer 0,4 A. Percebe-se novamente, que **U** quadruplicou o valor, de 1,5 V para 6,0 V, o mesmo acontecendo com  $\vec{i}$ .

Nota-se que o referido resultado experimental, o qual ainda pode ser demonstrado por teoria, cuja evidencia que a (ddp) e a intensidade de corrente elétrica são grandezas diretamente proporcional, isto é:

$$\frac{U}{i} = \frac{1,5 \text{ V}}{0,1 \text{ A}} = \frac{3,0 \text{ V}}{0,2 \text{ A}} = \frac{6,0 \text{ V}}{0,4 \text{ A}} = 15 \text{ V/A.} \quad \text{Eq. 6}$$

Perceba, assim, que:  $\frac{U}{i} = \text{constante}$ . A proporcionalidade entre **U** e  $i$  também pode ser observada através da **Figura 20** a seguir, esboçado por meio dos valores citados no texto, (GUALTER; NEWTON; E HELOU, 2012, p. 127).

**Figura 20** - Gráfico de um resistor ôhmico



**Fonte:** Elaborado pelo autor

A constante de proporcionalidade é denominada de resistência elétrica de um condutor, o qual é simbolizado por R.

Caso repetirmos o experimento utilizando um fio condutor de outro metal, como por exemplo, o nicromo (liga que é constituída por níquel e cromo), com as mesmas dimensões que o fio de tungstênio e na mesma temperatura constante, alcançará os seguintes resultados:

$$U \Rightarrow 1,5 \text{ V} \Rightarrow i = 0,005 \text{ A} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

$$U \Rightarrow 3,0 \text{ V} \Rightarrow i = 0,010 \text{ A} = 10 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

$$U \Rightarrow 6,0 \text{ V} \Rightarrow i = 0,020 \text{ A} = 20 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

Outra vez concluímos que **U** e **i** são grandezas diretamente proporcionais:

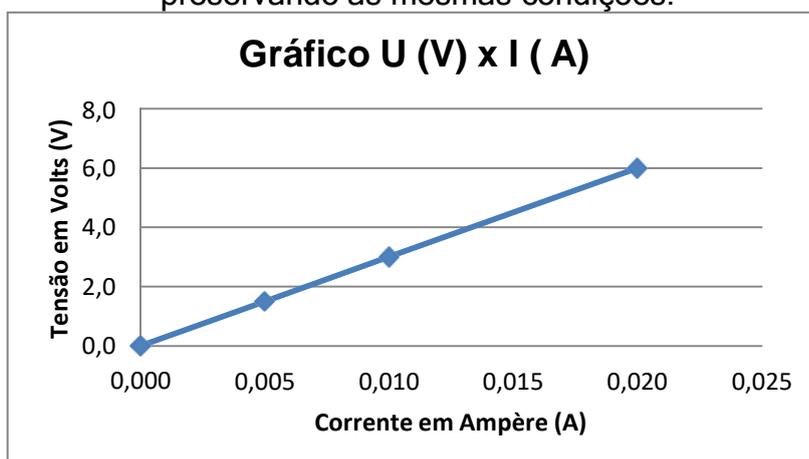
$$\frac{U}{i} = \frac{1,5 \text{ V}}{0,005 \text{ A}} = \frac{3,0 \text{ V}}{0,010 \text{ A}} = \frac{6,0 \text{ V}}{0,020 \text{ A}} = 300 \text{ V/A}; \text{ sendo assim, novamente: } \frac{U}{i} =$$

constante.

A constante identificada é nomeada de resistência elétrica de um condutor, a qual vai se representar por **R**, (GUALTER; NEWTON; E HELOU, 2012, p. 128).

A **Figura 21** mostra um gráfico de resistor ôhmico utilizando outro material condutor.

**Figura 21** - Gráfico de um resistor ôhmico usando outro material condutor, mas preservando as mesmas condições.



Fonte: Elaborado pelo autor

Percebe-se que essa nomenclatura é sugestiva, porque em um condutor que possui resistência **R** maior será mais complicado para determinar uma mesma intensidade de corrente: observa-se que nos experimentos apresentados, o fio de nicromo necessita de 300 V para que se tenha uma corrente de 1 A, ao mesmo tempo em que o de tungstênio precisa de 15 V.

Diante do que foram expostos, os condutores para os quais é validada a proporcionalidade entre  $U$  e  $i$ , que é os casos dos metais supracitados, são denominados de condutores ôhmicos, e a expressão  $\frac{U}{i} = R$ , sendo uma constante de proporcionalidade em relação a uma temperatura também constante, Esse é o conceito teórico da Primeira Lei de OHM, que são frutos dos trabalhos do físico alemão Georg Simon Ohm (1787-1854).

Essa Lei é expressa do seguinte modo:

É notório que em um condutor ôhmico conservado a temperatura constante, a intensidade de corrente elétrica é proporcional à tensão aplicada nos seus terminais:

$$\frac{U}{i} = R \Rightarrow U = Ri; \quad \text{Eq. 7}$$

No Sistema Internacional de Unidade (SI), a unidade de medida da resistência elétrica é o OHM, cujo símbolo é  $\Omega$ . Logo, para os fios de tungstênio e de nicromo mencionados nos experimentos, temos:

$$R_{\text{tungstênio}} = 15 \text{ V/A} = 15 \Omega; \quad R_{\text{nicromo}} = 300 \text{ V/A} = 300 \Omega.$$

As condições que interferem na resistência elétrica de um condutor que é abordada, no estudo da segunda lei de ohm, que não é assunto deste referido trabalho acadêmico. Mas, podemos adiantar que uma delas é a temperatura. Dessa forma, para  $R$  ser uma constante, em relação à Primeira Lei de OHM, temos de aceitar a temperatura como sendo constante.

Com uma determinada frequência, iremos notar a utilização de dois importantes múltiplos da unidade OHM. Assim, temos:

$$\text{Quilo-ohm (K}\Omega) = 10^3 \Omega.$$

$$\text{Mega-ohm (M}\Omega) = 10^6 \Omega.$$

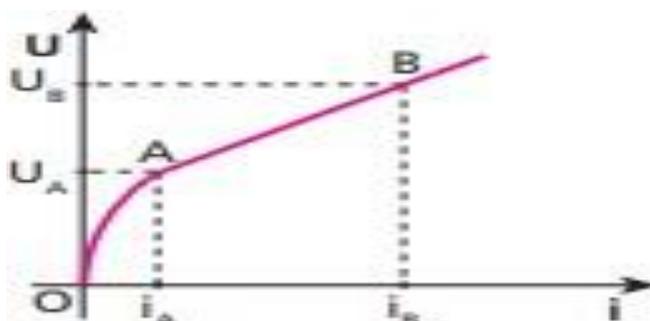
Por vezes ainda costuma aparecer o submúltiplo denominado miliohm ( $m\Omega$ ), que corresponde a  $10^{-3} \Omega$ . Georg Simon Ohm determinou a ideia de resistência elétrica e divulgou suas observações, em 1827, em um trabalho intitulado. O circuito galvânico matematicamente analisado. Nesse estudo, expressou os fundamentos

dos futuros conceitos teóricos dos circuitos elétricos, (GUALTER; NEWTON; E HELOU, 2012, p. 128).

Observa-se que há resistência elétrica de condutores não ôhmicos, a qual é representada pela expressão:  $R = \frac{U}{i}$ ; pode ainda conceituar a resistência elétrica de um condutor qualquer, mesmo os não ôhmicos. Porém, na circunstância dos condutores elétricos não ôhmicos, a razão  $\frac{U}{i}$ ; já não será uma constante, ainda que a temperatura seja. Desse modo, para cada par de valores de tensão e corrente, teremos uma medida de resistência distinta.

Nota-se que a **Figura 22** a seguir, por exemplo, relaciona **U** com **i** em um diodo semiconductor, componente eletrônico essencial na transformação de corrente alternada em corrente contínua, (GUALTER; NEWTON; E HELOU, 2012, p. 129).

**Figura 22-** Curva de resistores não ôhmicos



**Fonte:** Gualter; Newton e Helou (2012, p. 129)

Suas resistências elétricas nas condições correspondentes aos pontos A e B são  $R_A = \frac{U_A}{i_A}$  e  $R_B = \frac{U_B}{i_B}$ , sendo  $R_A$  diferente de  $R_B$ , porque **U** e **i** não são diretamente proporcionais.

Sendo que a resistência elétrica é a oposição ao fluxo de corrente, o inverso da resistência é a facilidade com que a corrente flui em uma resistência. O inverso da resistência é chamado de condutância, tem como símbolo a letra G e, que é iguala:  $G = \frac{1}{R}$ ; que possui como unidade no (SI), o Siemens (símbolo; S):  $1S = \frac{1}{\Omega} = 1\Omega^{-1}$ , (GUALTER; NEWTON; E HELOU, 2012, p. 129).

Uns importantes aspectos do estudo dos resistores são função e curva característica do resistor. Anteriormente já abordamos o estudo do efeito Joule.

Existem circunstâncias na qual esse efeito é indesejável porque proporciona desperdícios de energia elétrica, bem como pode danificar condutores elétricos.

É a situação das instalações elétricas e das linhas de transmissão de energia elétrica, na qual são utilizados fios de cobre e alumínio, que diminuem o efeito Joule por serem ótimos condutores. Ou de motores elétricos, no qual os enrolamentos também são produzidos por fios de cobre, reduzindo o aquecimento.

Há também condutores produzidos com intuito exclusivo de transformar energia elétrica em energia térmica, isto é, de aproveitar o efeito Joule. Esses condutores são denominados de resistores.

O filamento de uma lâmpada de incandescência, por exemplo, é um tipo de resistor. Encontramos ainda resistores nos aquecedores elétricos de ambiente, nos ferros elétricos de passar roupa, nos chuveiros elétricos, e entre outros. Os fusíveis utilizados para proteção de circuitos e instalações também são resistores. Observem nas imagens abaixo alguns exemplos de resistores, (GUALTER; NEWTON; E HELOU, 2012, p. 132).

A **Figura 23** mostra um resistor de chuveiro feito de nicromo.

**Figura 23** - Resistor de chuveiro, feito também de nicromo



Fonte: Gualter; Newton e Helou (2012, p. 132)

A **Figura 24** mostra uma lâmpada incandescente com fio de tungstênio esticado.

**Figura 24** - Resistor de uma lâmpada de incandescência: um fino fio de tungstênio esticado



Fonte: Gualter; Newton e Helou (2012, p. 132)

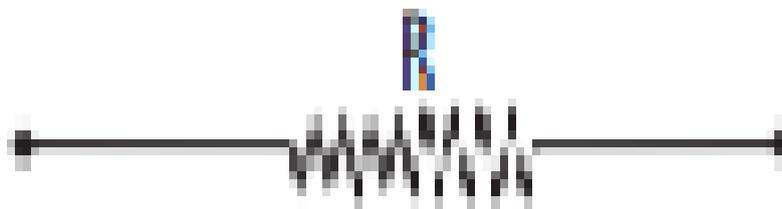
**Figura 25** - Imagem real de resistores convencionais de grafite



**Fonte:** Gualter; Newton e Helou (2012, p. 132)

Nota-se que em um circuito elétrico, o resistor é representado pela simbologia da resistência elétrica, assim temos na **Figura 26**:

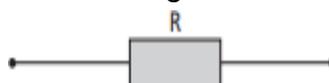
**Figura 26** - Simbologia do resistor



**Fonte:** Gualter; Newton e Helou (2012, p. 133)

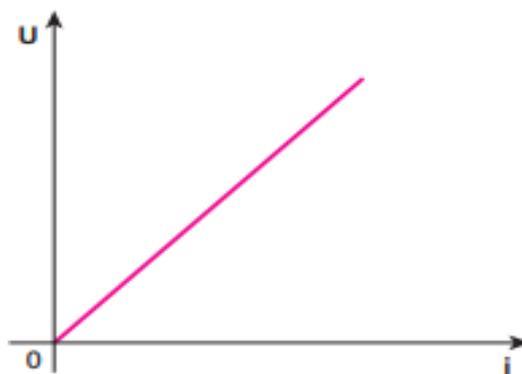
Podendo também ser representado na **Figura 27**:

**Figura 27** - simbologia usual do resistor



**Fonte:** Gualter; Newton e Helou (2012, p. 133)

Para o efeito da Lei de Ohm estudaremos os resistores considerando-os condutores ôhmicos. Como estudamos na primeira Lei de Ohm, o gráfico que associam a diferença de potencial  $U$  entre os terminais de um resistor com a intensidade de corrente elétrica  $\vec{I}$  nele determinado é um segmento de reta como o demonstrado na **Figura 28** abaixo.

**Figura 28** - Gráfico da curva característica do resistor ôhmico

Fonte: Gualter; Newton e Helou (2012, p. 133)

Sabemos que existe um fenômeno de dissipação de potência sobre um resistor, a mesma pode ser representada por expressões específicas desse estudo. Dentre tantos fatores relevantes, temos: que como já foi abordada anteriormente, a potência elétrica dissipada sobre um resistor, como no filamento de uma lâmpada, por exemplo, esta pode ser encontrada pela equação  $Pot = U \cdot i$ . No entanto, utilizando a Primeira Lei de OHM nessa expressão, encontramos outras que, em vários eventos, aceleram cálculos e conclusões, (GUALTER; NEWTON; E HELOU, 2012, p. 133).

Fazendo-se  $U = R \cdot i$ , temos:

$$Pot = U \cdot i = R \cdot i \cdot i \Rightarrow Pot = R \cdot i^2 \quad \text{Eq. 8}$$

Fazendo  $i = \frac{U}{R}$ , encontramos outra expressão:

$$Pot = U \cdot i = U \cdot \frac{U}{R} \Rightarrow Pot = \frac{U^2}{R} \quad \text{Eq. 9}$$

É notório que o fator de potência é calculado através do quociente entre a potência ativa que é medida (W), e a potencia aparente é dada em (VA). O valor ideal do fator de potência é um (1). Ressaltando que esse valor é admissional, (GUALTER; NEWTON; E HELOU, 2012, p. 133).

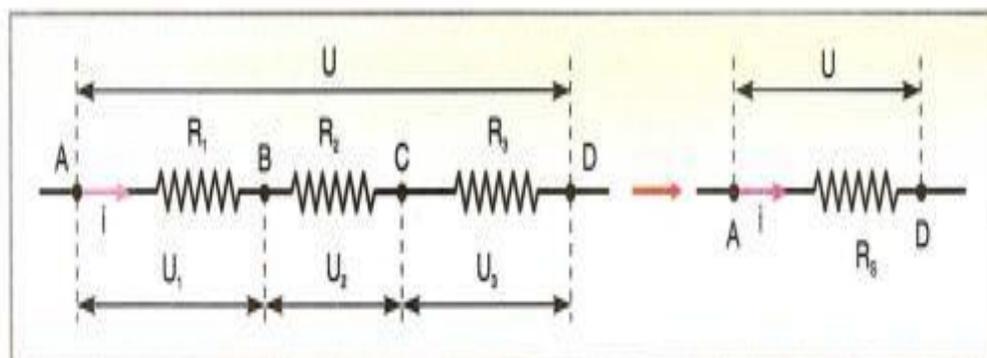
Neste tópico iremos discorrer sobre o conteúdo associação de resistores, o qual é o circuito elétrico formado por dois ou mais componentes de resistência elétrica ôhmica (constante), ligada em série, paralela ou ainda, em uma associação mista. Quando ligados em série, os resistores são percorridos pela mesma corrente elétrica, quando associado em paralelo, o potencial elétrico é igual para todos os resistores associados.

Quando um resistor apresenta resistência elétrica constante, para quaisquer valores de potencial elétrico que for aplicado entre os seus terminais, dizemos que se trata de um resistor ôhmico.

O resistor equivalente de uma associação é o resistor que gera o mesmo efeito que a associação, isto é, submetida à mesma (ddp) da associação, deixar fluir uma corrente elétrica de mesma intensidade.

Observa-se que na associação em série na **Figura 29**, o qual e caracterizado por ser um circuito elétrico com resistores conectados um em seguida ao outro, de tal maneira a fornecer um único caminho para a corrente fluir pelos resistores, este é nomeado circuito em série resistivo, (BONJORNO E CLINTON, 1999, p. 511).

**Figura 29** - associação em série de resistores



**Fonte:** Gualter; Newton e Helou (1999, p. 512)

Onde:  $R_s$  é o resistor equivalente da associação.

Sabe-se que no circuito abaixo na **Figura 30** formado por quatro lâmpadas ligadas em série e percorridas por uma mesma corrente elétrica. Se uma única lâmpada queimar, todas se apagam, (BONJORNO E CLINTON, 1999, p. 512).

**Figura 30** - Associação de quatro lâmpadas em série

Fonte: Gualter; Newton e Helou (1999, p. 512)

Características da associação resistiva em série:

- A intensidade da corrente elétrica  $i$  é a mesma em todos os resistores, pois eles conectados um após o outro;
- A tensão  $U$  na associação é igual à soma das tensões em cada resistor.

$$U = U_1 + U_2 + U_3 \quad \text{Eq. 10}$$

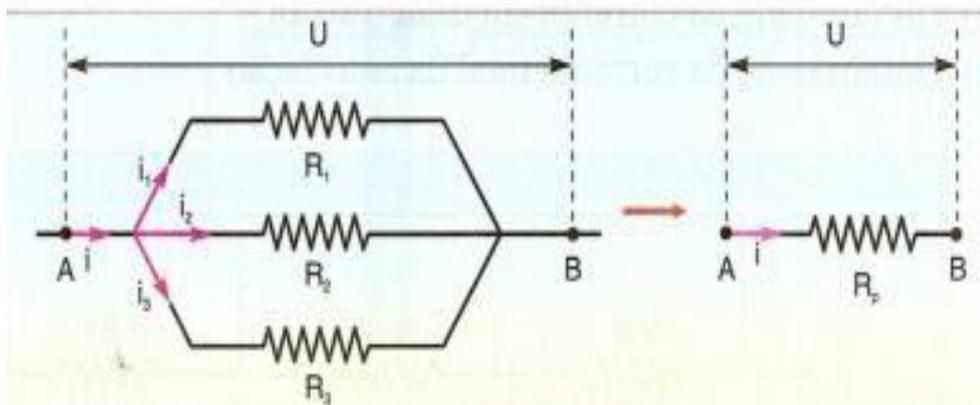
Aplicando-se a primeira Lei de OHM a cada um dos resistores, podemos calcular a resistência do resistor equivalente da associação, da seguinte forma:

$$\begin{aligned} U = U_1 + U_2 + U_3 &\rightarrow R_S \cdot i = R_1 \cdot i + R_2 \cdot i + R_3 \cdot i \\ R_S \cdot i &= i (R_1 + R_2 + R_3) \\ R &= R_1 + R_2 + R_3. \end{aligned} \quad \text{Eq. 11}$$

Perceba que o resistor equivalente a uma associação de resistores em série possui uma resistência elétrica igual à soma das resistências elétricas de todos os resistores pertencentes à associação, ou seja, dois ou mais resistores.

Para iluminar uma árvore de Natal, por exemplo, utilizam-se lâmpadas de baixa tensão associadas em série, (BONJORN E CLINTON, 1999, p. 512).

Nota-se que quando dois ou mais resistores estão ligados por meio de dois pontos em comum no circuito, ou seja, os resistores possuem os terminais ligados à mesma diferença de potencial, de maneira a proporcionar caminhos separados para a corrente, nesse caso, temos um circuito resistivo em paralelo, mostrado na **Figura 31**, (BONJORN E CLINTON, 1999, p. 515).

**Figura 31** - associação em paralelo de resistores

**Fonte:** Gualter; Newton e Helou (1999, p. 515)

Percebe-se que  $R_p$  corresponde ao resistor equivalente da associação em paralelo.

Sabemos que no circuito abaixo na **Figura 32** constituído por quatro lâmpadas ligadas em paralelo e submetidas à mesma (ddp). Se uma lâmpada queimar as outras permanecem acesas.

**Figura 32** - Associação de quatro lâmpadas em paralelo

**Fonte:** Gualter; Newton e Helou (1999, p. 515)

Características da associação em paralelo:

- A tensão  $U$  é a mesma em todos os resistores, pois estão conectados aos mesmos terminais A e B;
- A corrente  $i$  na associação em paralelo é igual à soma das correntes em cada resistor.

$$\vec{i} = \vec{i}_1 + \vec{i}_2 + \vec{i}_3 \quad \text{Eq. 12}$$

Aplicando-se a primeira Lei de Ohm a cada um dos resistores, podemos estabelecer a resistência do resistor equivalente:

$$\begin{aligned} \vec{i} = \vec{i}_1 + \vec{i}_2 + \vec{i}_3 \rightarrow \frac{U}{R_p} &= \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3} \\ \frac{U}{R_p} &= U \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \\ \frac{1}{R_p} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}. \end{aligned} \quad \text{Eq. 13}$$

Perceba que o resistor equivalente a uma associação em paralelo o inverso da resistência equivalente é igual à soma dos inversos das resistências associadas.

Caso existir apenas dois resistores em paralelo, de resistências  $R_1$  e  $R_2$ , a resistência equivalente  $R_p$  dessa associação pode ser estabelecida por:

$$R_p = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} \quad \text{Eq. 14}$$

Outro caso específico, é aquele em que  $N$  resistores idênticos encontram-se ligados em paralelo. Nesse caso, para calcularmos a resistência equivalente do circuito, basta que se divida o valor da resistência individual pelo número de resistores, (BONJORNO E CLINTON, 1999, p. 515).

$$R_p = \frac{R}{n}, \quad \text{Eq. 15}$$

Existe ainda uma associação mista de resistores, na qual pode haver tanto ligações em série quanto ligações em paralelo de resistores. No entanto, este assunto não é pauta do presente trabalho acadêmico, (BONJORNO E CLINTON, 1999, p. 519).

### 5.3 APLICAÇÕES DE SIMULAÇÕES NO ENSINO DA CIÊNCIA FÍSICA

De acordo com o Dicionário Houaiss (2012, p. 719) simulação é uma imitação de situações reais realizadas por computadores, utilizando técnicas matemáticas que possibilitam a imitação parcial ou total de processos do mundo real.

Podemos entender a simulação virtual como um processo capaz de construir um modelo, e uma ferramenta metodológica que visa compreender o comportamento de algumas situações do mundo real reproduzidas em um simulador, levando em consideração observações durante experimentos para analisar e construir teorias, (FILHO SCARPAPELINI, 2017).

Existem diversos tipos de simuladores virtuais que podem ser inseridos no ensino, alguns dos quais possuem uma ampla gama de utilizações e abrangem diversos campos educacionais, e ainda há alguns simuladores virtuais com funções limitadas desenvolvidas para fins específicos, bem como, para uma determinada área particular da educação.

Desta forma, os professores poderão envolver os alunos em experiências virtuais e conceitos de fenômeno pertencente à eletrodinâmica. Simuladores virtuais podem proporcionar aos alunos uma compreensão desses conceitos e ajudar os professores a inserir conteúdos mais complexos.

Além dessas possibilidades, os professores também podem utilizar os simuladores virtuais como ferramenta introdutória ao ensino de laboratórios, o qual pode ser usado como uma parte integrante curricular do ensino de ciências nas escolas básicas, para que os alunos possam participar de experiências reais baseadas em conceitos científicos.

Embora alguns simuladores virtuais para o ensino de física sejam mais complexos, não podemos deixar de descartar essas ferramentas tecnológicas de ensino. Ainda que alguns softwares sejam complexos e outros simples, ambos podem criar um ambiente onde os usuários possam interagir com experimentos virtuais para atender ao máximo as necessidades de laboratórios de ensino. Dessa forma, a simulação virtual é uma excelente ferramenta complementar ao ensino de física.

A necessidade de soluções modernas e eficientes nos levou ao conceito de simulação virtual. O desenvolvimento de um sistema que crie um ambiente no qual o usuário seja capaz de modelar, visualizar e interagir com a simulação virtual proposta, com base em experimentos físicos teóricos (reais), pode ser visto como uma solução para as necessidades de ensino do laboratório no processo de ensino e aprendizagem. Tal sistema consiste em uma ferramenta complementar para a pesquisa em física, pois experimentos "virtuais" podem ser realizados para esclarecer e fortalecer o

conhecimento teórico da física, (SANTOS; SANTOS; FRAGA, 2002, p. 186-187).

Nos trabalhos acadêmicos que envolvem simulação virtual no Ensino de Física, encontra-se o uso frequente dos seguintes simuladores: Phet Colorado, MULTISIM, e dentre outros. O próximo capítulo trará uma descrição detalhada de como utilizar no processo de ensino e aprendizagem o simulador virtual MULTISIM.

## 6 RESULTADOS

No presente trabalho foi discutido sobre as teorias da Eletrodinâmica e mostrado de modo prático sobre a utilização destes conceitos no software MULTISIM para melhor entendimento dos alunos são apresentados alguns exemplos práticos utilizando tal programa.

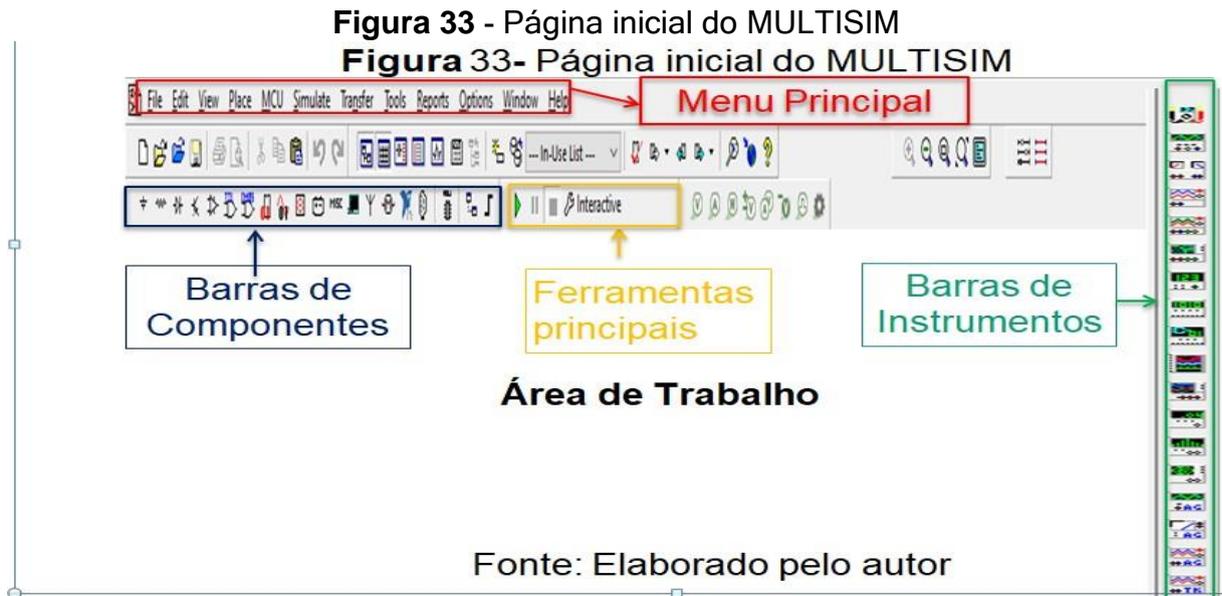
### 6.1 COMO UTILIZAR O SIMULADOR MULTISIM PASSO-A-PASSO NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM DA FÍSICA

O software MULTISIM possui um ambiente de simulação interativo integrado que permite aos usuários (escolher e soltar) componentes e conectá-los facilmente em um espaço virtual. A interface do Multisim é intuitiva o suficiente para que os alunos possam encontrar resultados de simulação mais eficientes sem perder tempo devido a configurações demoradas de parâmetros.

Portanto, usando o software Multisim, obtivemos os benefícios do projeto auxiliado por computador e simulação e simulação de diagrama de circuito digital, analógico, cálculo, análise de resposta transitória e permanente, função de transferência, forma de onda e o circuito de simulação de medição de parâmetros elétricos importantes.

Portanto, não é necessário conhecimento de linguagens de programação para usar este software. A versão estudante do programa MULTISIM pode ser baixada no seguinte link: <https://www.ni.com/pt-br/support/downloads/software-products/download.multisim.html#312060> e realize o download do simulador virtual em seu computador.

O simulador virtual MULTISIM apresenta a tela principal abaixo na **Figura 33**



MULTISIM é um software para a montagem de circuitos eletrônicos analógicos que contém todas as ferramentas necessárias para a montagem destes circuitos, tais como resistências, condensadores, díodos, transístores, portas lógicas digitais, circuitos integrados (CI's) com circuitos já montados internamente, e brevemente. Este tutorial visa fornecer orientações para simulações relacionadas à prática experimental, mas como sabemos, a prática e a pesquisa podem atingir a perfeição.

Na barra de menu temos as seguintes opções:

- 1 - File: Para criar um novo arquivo ou projeto, abrir, salvar, imprimir, fechar, e dentre outros;
- 2 - Edit: Para recortar, copiar, colar, selecionar, apagar, e entre outros;
- 3 - View: Para zoom, grade, barra de ferramentas, e entre outros;
- 4- Place: Inserir um componente, fio, junção ou circuito na área de trabalho, além de criar blocos hierárquicos;
- 5 - (MCU): Opção relacionada à microcontroladores, o qual não será abordado nesse trabalho acadêmico;
- 6 - Simulate: Iniciar, carregar ou salvar informações, para análise. Permite configurar componentes digitais (usar o ideal). Introdução de instrumentos;
- 7 - Transfer: Produzir arquivos para construção de placas de circuito impresso;

8 - Tools: Banco de dados com vários componentes específicos. Checagem da conexão de fios, manipulação de vários componentes além de símbolos de blocos lógicos;

9 - Report: Produção de Netlist, estatísticas e referencias cruzadas;

10 - Options: Espécie de folha de dados e configuração do software;

11 - Window: Para ajustar as janelas;

12 - Help: Ajuda.

Existem ainda os botões da barra de ferramentas editáveis mostradas na **Figura 34** para maior facilidade de manuseio do simulador. Abaixo temos alguns deles:

**Figura 34-** Ferramentas editáveis



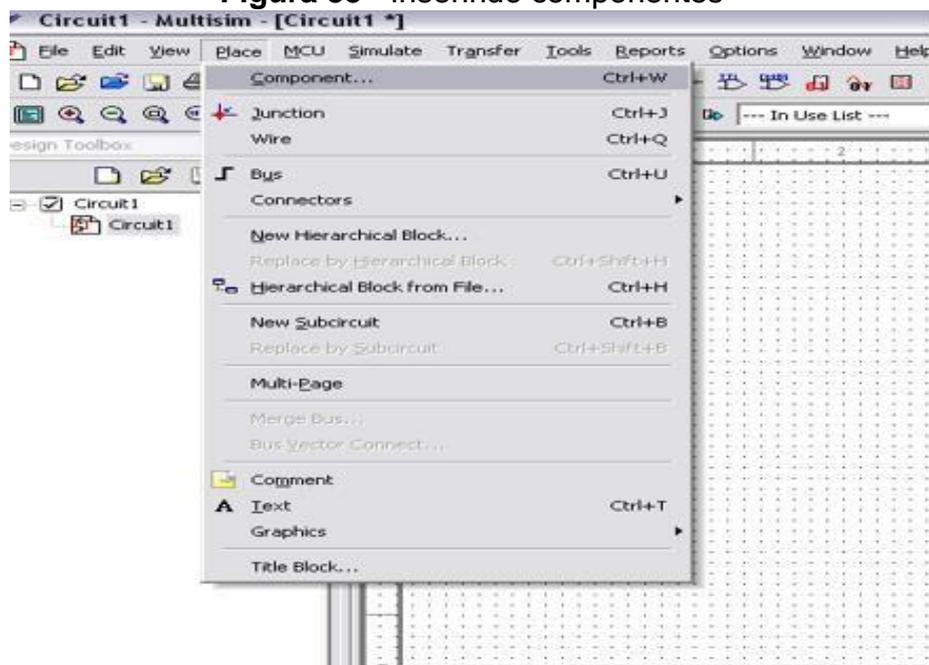
Fonte: Elaborado pelo autor

### Inserindo Componentes

A inserção de componentes é feita de várias formas:

→ Barra de menu → Place → Component, em seguida há várias famílias de componentes a serem selecionados, como mostra a **Figura 35**.

**Figura 35 -** Inserindo componentes

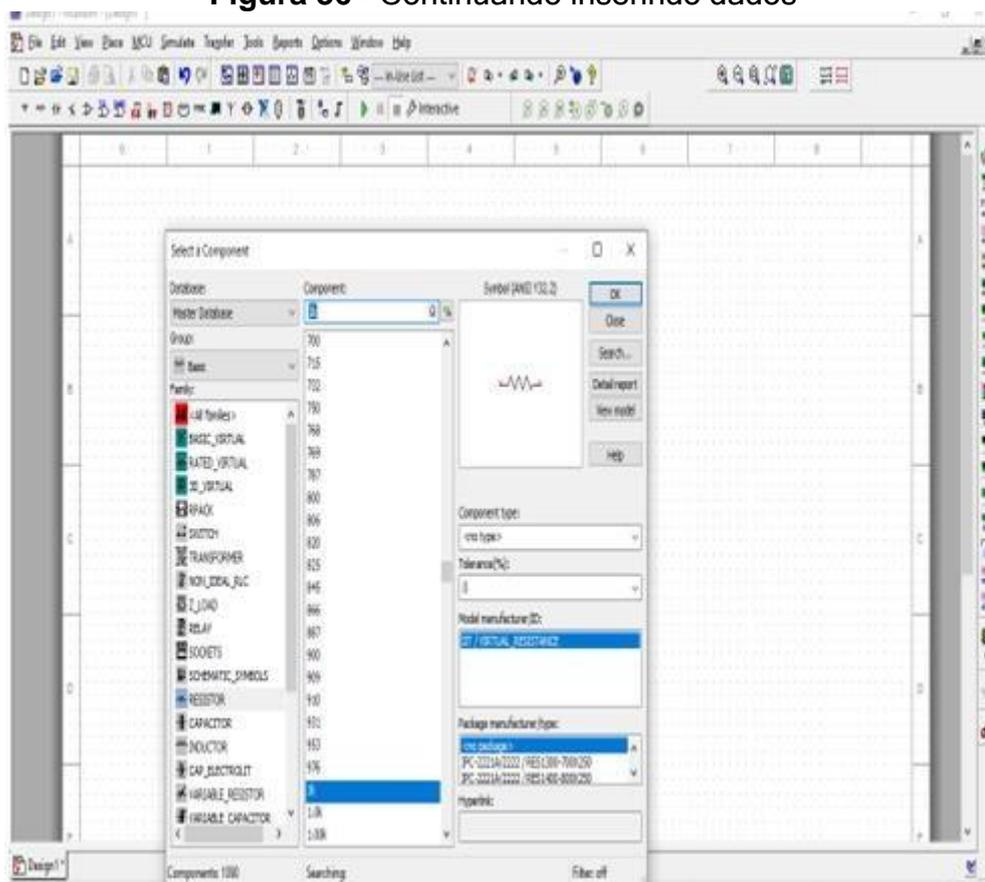


Fonte: Elaborado pelo autor

No entanto, em relação à referida aplicação experimental certamente, a maneira mais prática de se inserir os componentes que iremos usar para realizar as simulações é acessando a barra de componentes que está indicada na cor vermelha: Interface do Software MULTISIM. Em seguida entramos na opção Place Basic, a qual é caracterizada pela simbologia de uma resistência elétrica presente na barra de componentes. Como é observada na figura abaixo.

Além disso, outro procedimento relevante que podemos ressaltar é mudar o valor nominal do resistor, e também da fonte de tensão contínua. Para realizar essa ação no simulador basta executar dois cliques com o botão esquerdo do mouse em cima dos valores nominais dos componentes e posteriormente devemos apenas digitar o valor nominal desejado das resistências elétricas e da fonte de tensão contínua. A **Figura 36**, mostra sobre a inserção de dados no programa.

**Figura 36** - Continuando inserindo dados

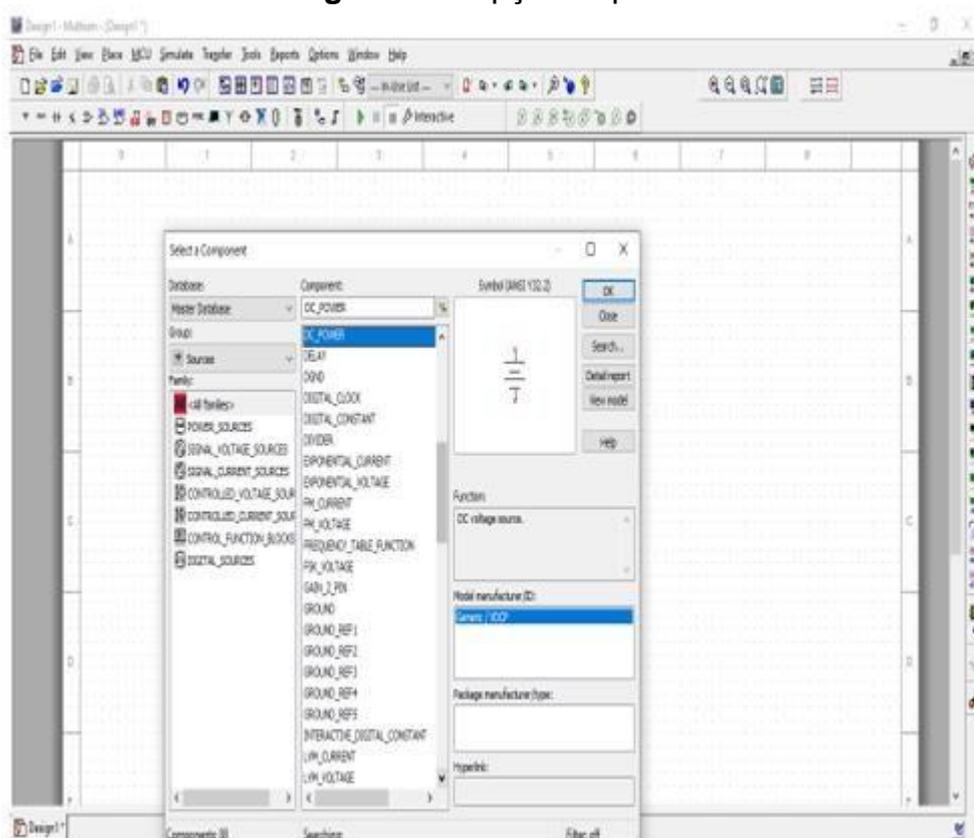


Fonte: Elaborado pelo autor

E dando continuidade à inserção dos componentes necessários para montarmos os nossos experimentos através do software MULTISIM. Devemos clicar

com o botão esquerdo do mouse, do mesmo modo que fizemos para inserir o resistor anteriormente, na mesma barra de componente onde encontramos o resistor na figura acima na opção Place Source, o qual possui uma grande parte dos elementos que compõem as nossas simulações, como por exemplo, a fonte de tensão contínua, alternada, e o aterramento analógico do circuito que é essencial para a simulação funcionar normalmente. Como visualizamos na **Figura 37** abaixo:

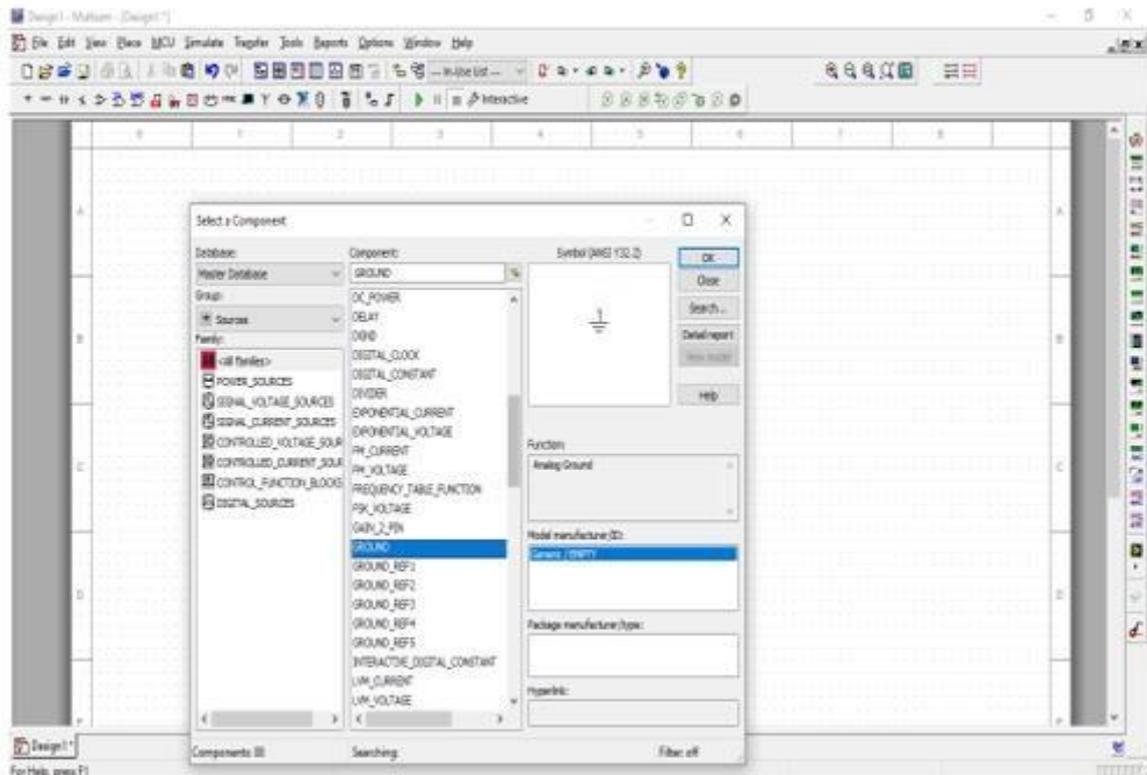
**Figura 37** - Opção dc power



**Fonte:** Elaborado pelo autor

Nota-se que a opção DC\_POWER, que significa fonte de tensão contínua está selecionada, bem como, mais abaixo existe outra opção muito importante chamada GROUND, mostrado na **Figura 38** a qual possuía a função de aterramento do circuito que é imprescindível para o correto funcionamento de qualquer simulação apresentada no programa MULTISIM.

**Figura 38 - Ground**



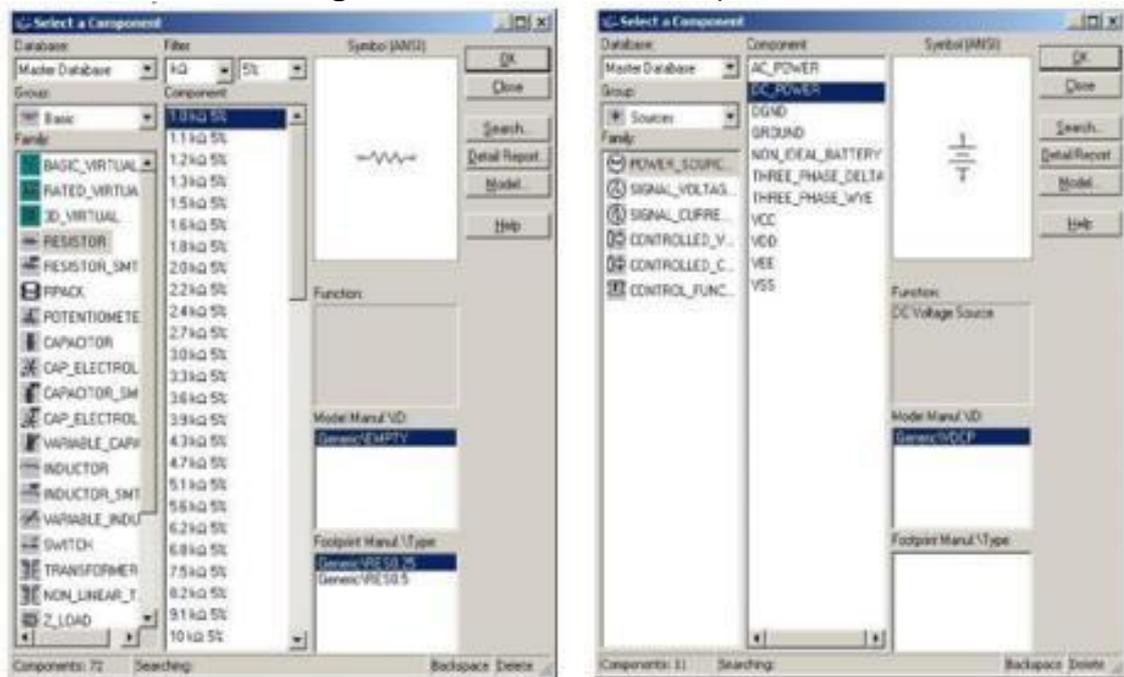
Fonte: Elaborado pelo autor

Não podemos esquecer-nos de selecionar na barra de instrumento de medição. Que no caso das nossas simulações será usado MULTÍMETRO, e o WATTÍMETRO que estão situados respectivamente na primeira parte, no topo, e na terceira parte da barra de instrumentação. O MULTÍMETRO possui acoplado em si os seguintes instrumentos de medidas: Amperímetro, Voltímetro, Ohmímetro e Decibelímetro.

Após da escolha de componente é só clicar em OK e aparecerá à área de trabalho com o componente “preso” a seta do mouse, daí é só posicioná-lo no lugar desejado. Alguns componentes que iremos usar em nosso experimento como mostram a seguinte janela para a classificação desses componentes por nome e seção.

**1ª Passo: Colocar os componentes**, mostrado na **Figura 39**, acessar a barra geral de componentes usando as teclas de atalhos <ctrl+W>.

**Figura 39 - Inserindo os componentes**



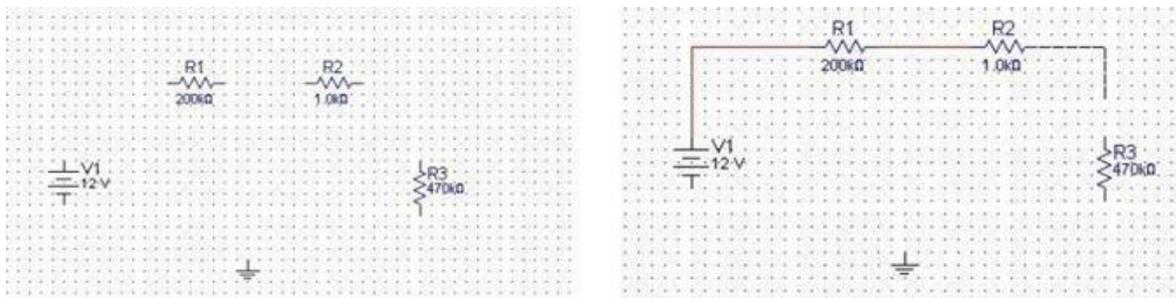
Fonte: Elaborado pelo autor

### 2º Passo: Ligação Entre os Componentes

- ✓ Movimentar o curso do mouse até o terminal que você deseja conectar.
- ✓ Quando surge um ponto cheio no terminal, pressione o botão esquerdo do mouse.
- ✓ Leve-o até o próximo terminal, e quando surgir outro ponto cheio, pressione o botão esquerdo do mouse novamente para completar a ligação.

A **Figura 40** mostra a ligação entre os componentes.

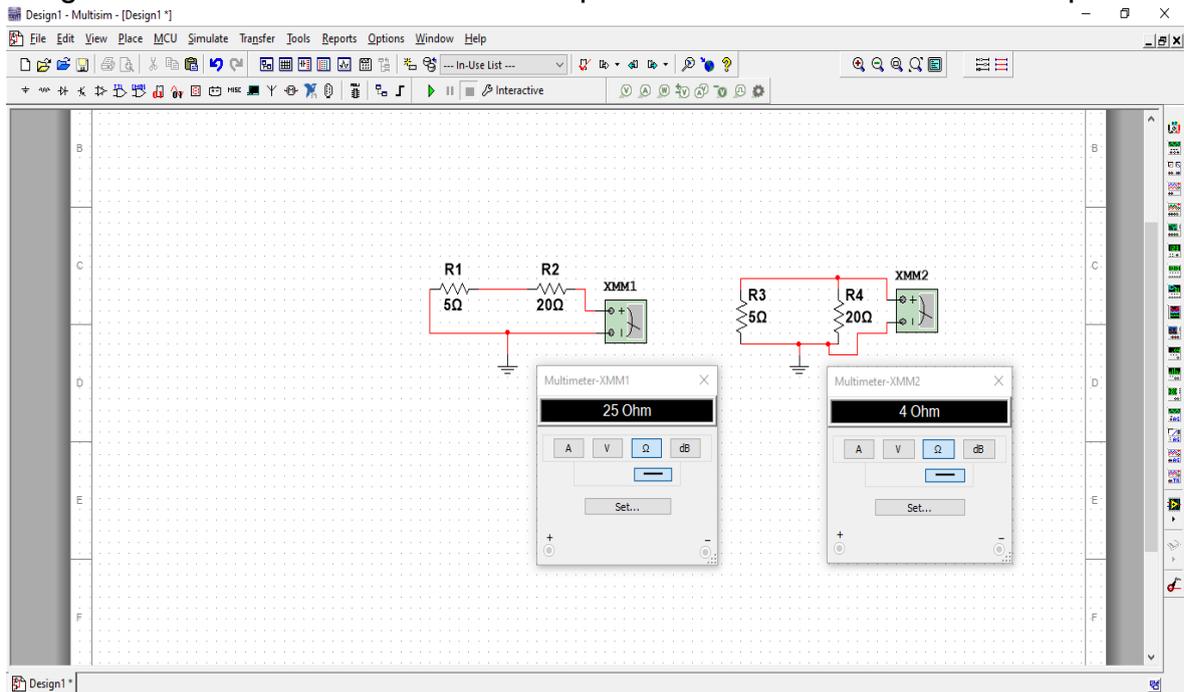
**Figura 40- Ligação entre os componentes**



Fonte: Elaborado pelo autor

**3º Passo: Cálculo das resistências equivalentes da associação em série e em paralelo de resistores usando o Homímetro presente no MULTÍMETRO do programa MULTISIM, mostrado na Figura 41.**

Figura 41 - Cálculo das resistências equivalentes associados em série e paralelo



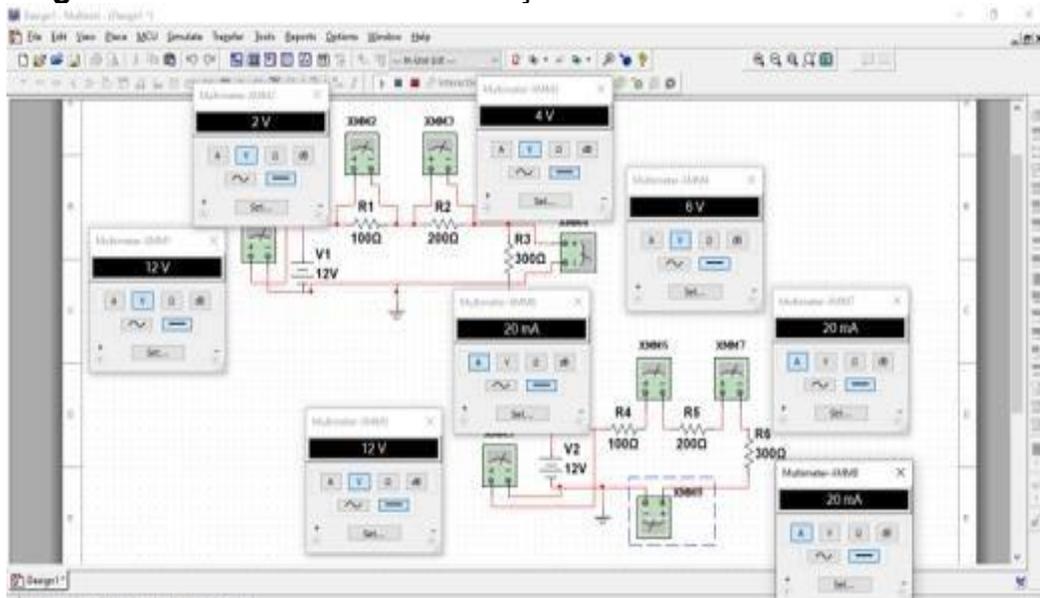
Fonte: Elaborado pelo autor

Resultado da simulação cálculo da resistência equivalente dos circuitos associados em série e paralelo usando o ohmímetro do multímetro em uma associação em série de resistores.

**4ºPasso: Incorporar Instrumentos de Medição, e obter o resultado dos valores de tensão e corrente na simulação do circuito em série usando o Multímetro.**

Resultado da simulação mostrado na **Figura 42** do circuito usando voltímetro e amperímetro do multímetro em uma associação em série de resistores.

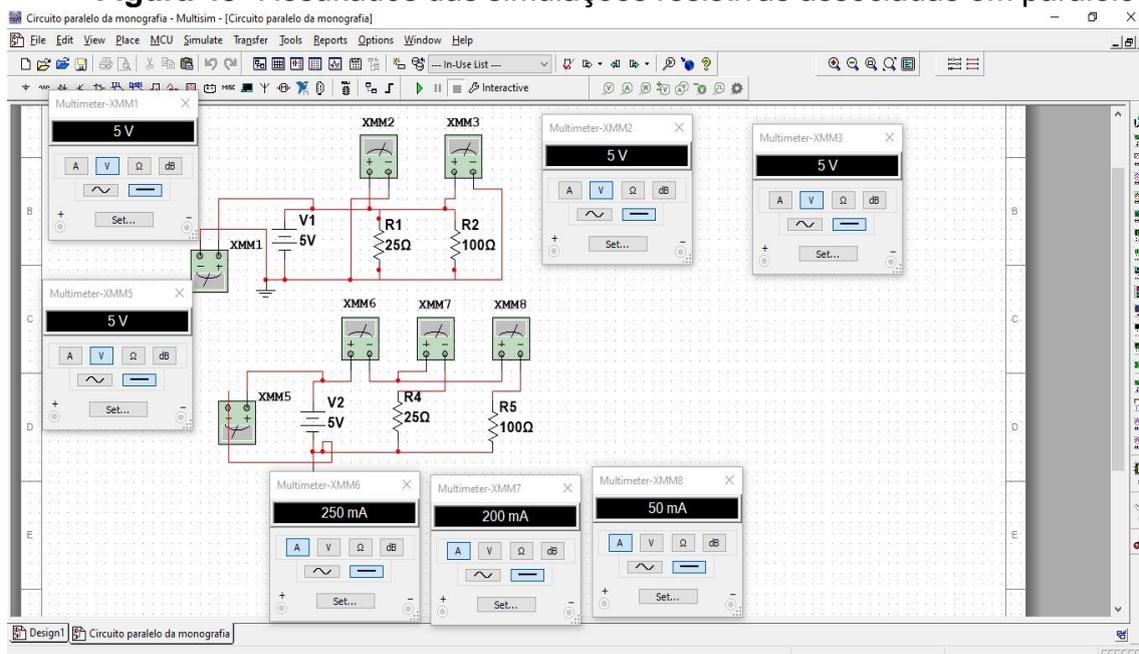
Figura 42 - Resultados das simulações resistivas associadas em série



Fonte: Elaborado pelo autor

**5º Passo: Incorporar Instrumentos de Medição, e obter os resultados dos valores de tensão e corrente na simulação do circuito associado em paralelo usando o MULTÍMETRO presente no simulador do software de simulação virtual MULTISIM. Resultado da simulação mostrado na **Figura 43** do circuito usando voltímetro e amperímetro do multímetro em uma associação em paralelo de resistores.**

**Figura 43-** Resultados das simulações resistivas associadas em paralelo



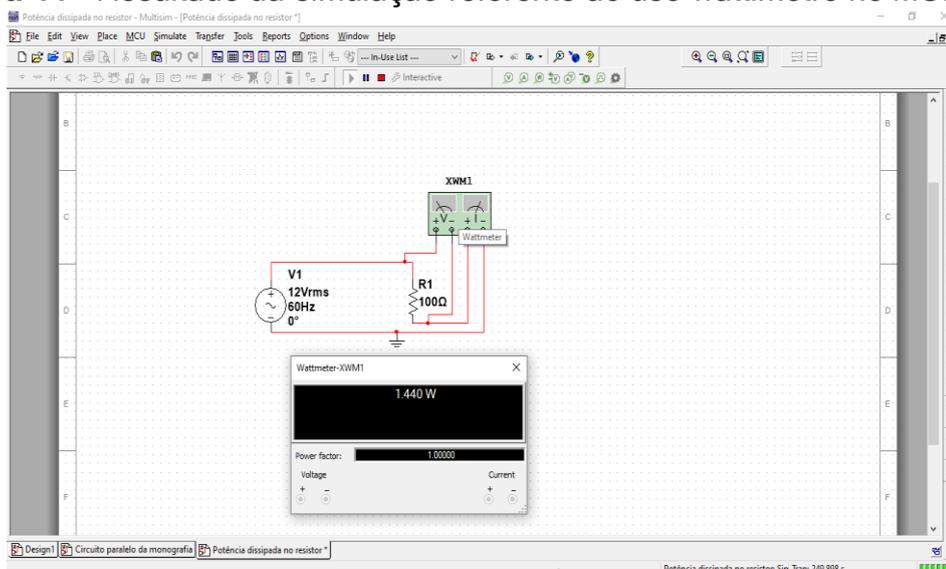
**Fonte:** Elaborado pelo autor

Para usarmos o WATTÍMETRO vamos montar um circuito usando corrente alternada, então iremos selecionar o valor nominal de 12 Volts, e deixaremos a frequência em 60 Hertz, e iremos utilizar um resistor de 100  $\Omega$ , o qual será ligado no gerador de corrente alternada, e obviamente precisamos conectar um aterramento em que deve ser usado obrigatoriamente em toda simulação do MULTISIM. Para nós usarmos o WATTÍMETRO, o qual vai indicar a potência consumida pelo resistor basta acessarmos o terceiro instrumento de cima para baixo da barra de instrumentos de medição.

O WATTÍMETRO precisa medir a tensão e também a corrente ao mesmo tempo, então é como se fosse um voltímetro e um amperímetro acoplado em um único aparelho de medida. Assim sendo, o voltímetro irá medir a tensão na carga, isto é, o resistor, por isso deve ser ligado em paralelo com a carga e para medir a corrente elétrica como já vimos temos que abrir o circuito para inserir o amperímetro. Logo, temos tensão medida em paralelo e a corrente medida em série com o resistor

de  $100 \Omega$ . Caso dermos o início na simulação e executarmos um duplo clique no WATTÍMETRO, vamos obter o valor da potência dissipada sobre o resistor, a qual possui um valor de  $1,440 \text{ W}$ , ainda existe outra medida importante que é o fator de potência que já falamos anteriormente que a razão entre a potência ativa e aparente, a qual é uma grandeza adimensional que possui como valor ideal número 1.

**Figura 44** - Resultado da simulação referente ao uso wattímetro no MULTISIM



Fonte: Elaborado pelo autor

Após ser efetuada a simulação, para ver os resultados das medidas precisamos dar duplo clique no ícone do multímetro. Outro artifício interessante é para duplicar o mesmo componente da área de trabalho, nesse caso basta usar as teclas de atalhos **Ctrl C + Ctrl V**.

Podemos verificar a aplicação teórica do cálculo da potência dissipada no resistor conforme a **Figura 44**, localizada acima:

Segundo os dados da simulação referente à **Figura 44**, temos:

Dados:

$$V_1 = 12 \text{ V}$$

$$R_1 = 100 \Omega$$

Assim, temos:

Aplicando a fórmula direta da potência em função da tensão e da resistência, obtemos:

$$P = \frac{V^2}{R} \rightarrow P = \frac{12^2}{100} \rightarrow P = \frac{144}{100} \rightarrow P = 1,44 \text{ W, ou } P = 1,440\text{W. Neste caso}$$

estamos levando em consideração a presição usada pelo wattímetro presente no simulador virtual MULTISIM. Dessa forma, podemos verificar que a medida da potência dissipada sobre o resistor coincide com o cálculo teórico da potência.

Tabela 1 e gráfico de verificação da aplicação da primeira Lei de Ohm em relação aos valores das grandezas da simulação do circuito resistivo associado em série:

**Tabela 1** - Tabela da aplicação da primeira lei de ohm em um circuito resistivo associado em série

Valores de tensão do circuito resistivo em série.	Valores de resistência do circuito resistivo em série.	Valores da corrente do circuito resistivo em série.
$V_T = 12 \text{ V}$	$R_{EQ} = 600 \Omega$	$\vec{I}_T = 20 \text{ mA} = 0,02 \text{ A}$
$V_{R1} = 2 \text{ V}$	$R_1 = 100 \Omega$	$\vec{I}_1 = 20 \text{ mA} = 0,02 \text{ A}$
$V_{R2} = 4 \text{ V}$	$R_2 = 200 \Omega$	$\vec{I}_2 = 20 \text{ mA} = 0,02 \text{ A}$
$V_{R3} = 6 \text{ V}$	$R_3 = 300 \Omega$	$\vec{I}_3 = 20 \text{ mA} = 0,02 \text{ A}$

Fonte: Elaborado pelo autor

Cálculo das correntes do circuito resistivo em série. Assim, temos:

$$\vec{T} = \frac{V_T}{R_{EQ}} \rightarrow \vec{I}_T = \frac{12 \text{ V}}{600 \Omega} \rightarrow \vec{I}_T = 0,02 \text{ A, ou } 20 \text{ mA. Como sabemos da teoria estuda}$$

sobre circuitos série resistivo, temos que a intensidade da corrente é sempre a mesma em um circuito resistivo associado em série. Logo, concluímos que:  $\vec{I}_T = \vec{I}_1 = \vec{I}_2 = \vec{I}_3$ . Nota-se ainda, que o valor do cálculo teórico da intensidade da corrente elétrica está de acordo com o valor encontrado através da utilização do simulador MULTISIM.

Cálculo das tensões do circuito resistivo. Assim, temos aplicando a primeira Lei Ohm:

$$V_{R1} = R_1 \times \vec{I}_1 \rightarrow V_{R1} = 100 \Omega \times 0,02 \text{ A} \rightarrow V_{R1} = 2 \text{ V.}$$

$$V_{R2} = R_2 \times \vec{I}_2 \rightarrow V_{R2} = 200 \Omega \times 0,02 \text{ A} \rightarrow V_{R2} = 4 \text{ V.}$$

$$V_{R3} = R_3 \times \vec{I}_3 \rightarrow V_{R3} = 300 \Omega \times 0,02 \text{ A} \rightarrow V_{R3} = 6 \text{ V.}$$

Percebe-se que pelos cálculos das tensões em cada resistor de um circuito resistivo associado em série que é verificada a teoria que afirma que a tensão total fornecida pela fonte de um circuito em série é igual à soma das quedas de tensões em cima de cada resistor pertencente ao circuito. Isso é verificado, quando temos de acordo com os cálculos acima o seguinte:  $V_T = V_{R1} + V_{R2} + V_{R3}$ , isso implica que:  $12\text{ V} = 2\text{ V} + 4\text{ V} + 6\text{ V}$ . Observa-se ainda, que os valores dos cálculos teóricos das quedas de tensões em cada resistor em um circuito resistivo associado em série estão coincidindo com os valores encontrados por meio da utilização do simulador MULTISIM. Este acontecimento verifica a eficiência do uso do software MULTISIM, no tocante ao estudo da primeira Lei de Ohm e suas propriedades.

Tabela 2 de verificação da aplicação da primeira Lei de Ohm em relação aos valores das grandezas da simulação do circuito resistivo associado em paralelo:

**Tabela 2** - Tabela da aplicação da primeira lei de ohm em um circuito resistivo associado em paralelo

Valores de tensão do circuito resistivo em paralelo.	Valores de resistência do circuito resistivo em paralelo.	Valores da corrente do circuito resistivo em paralelo.
$V_T = 5\text{ V}$	$R_{EQ} = 20\ \Omega$	$\vec{I}_T = 250\text{ mA} = 0,25\text{ A}$
$V_{R1} = 5\text{ v}$	$R_1 = 25\Omega$	$\vec{I}_1 = 200\text{ mA} = 0,2\text{ A}$
$V_{R2} = 5\text{ V}$	$R_2 = 100\ \Omega$	$\vec{I}_2 = 50\text{ mA} = 0,05\text{ A}$

Fonte: Elaborado pelo autor

Sabe-se que conforme a teoria do circuito paralelo resistivo, temos que a tensão elétrica é sempre a mesma da fonte de alimentação, ou seja, neste caso é igual a (5 volts), em relação ao referido circuito resistivo associado em paralelo, temos:  $V_T = 5\text{ V} = V_{R1} = 5\text{ V} = V_{R2} = 5\text{ V}$ .

Cálculo das correntes do circuito resistivo em paralelo. Assim, temos:

$$\vec{I} = \frac{V_T}{R_{EQ}} \rightarrow \vec{I}_T = \frac{5\text{ V}}{20\ \Omega} \rightarrow \vec{I}_T = 0,25\text{ A}, \text{ ou } 250\text{ mA. Aplicando a primeira Lei de}$$

Ohm, temos:

$$V_{R1} = R_1 \times \vec{I}_1 \rightarrow \vec{I}_1 = \frac{V_{R1}}{R_1} \rightarrow \vec{I}_1 = \frac{5\text{ V}}{25\ \Omega} \rightarrow \vec{I}_1 = 0,2\text{ A}, \text{ ou } 200\text{ mA.}$$

$$V_{R2} = R_2 \times \vec{I}_2 \rightarrow \vec{I}_2 = \frac{V_{R2}}{R_2} \rightarrow \vec{I}_2 = \frac{5V}{100\Omega} \rightarrow \vec{I}_2 = 0,05 \text{ A, ou } 50 \text{ mA.}$$

## 6.2 APLICAÇÕES DO ROTEIRO DETALHADO DA MONTAGEM E VALORES DE MEDIDAS DAS GRANDEZAS ELÉTRICAS ENVOLVIDAS NA 1° LEI DE OHM.

### ROTEIRO 1

#### 1. TÍTULO

Associação de Resistores - Medida de Tensão Contínua

#### 2. INTRODUÇÃO

É notório que para medir uma resistência elétrica partimos de sua própria definição: a oposição à passagem da corrente elétrica. Caso quisermos medir uma resistência elétrica basta então aplicar uma tensão nesta resistência de modo que uma corrente seja forçada a circular. Pela intensidade desta corrente podemos ter uma ideia da sua resistência: se a corrente for intensa é porque a resistência é baixa e se a corrente for reduzida é porque a resistência é alta. É baseado neste princípio que funcionam os medidores de resistências ou ohmímetros que analisaremos neste roteiro. Sua unidade no (SI), é ohm ( $\Omega$ ).

Sabe-se que para medir a resistência precisamos então, além do instrumento que mede a corrente, que já temos uma fonte de energia (uma pilha ou bateria) para estabelecer a tensão no circuito ou componente que deve ser medido, em nosso caso o resistor ôhmico. **Que é aquele que possui como gráfico uma reta linear passando pela origem do gráfico.**

A resistência equivalente é um recurso utilizado para simplificar o circuito formado por uma combinação de resistores, e até mesmo para obter uma resistência diferente da nossa resistência existente. Quando calculamos a resistência equivalente, tentamos descobrir que o valor da resistência de um único resistor é igual ao valor da resistência de um grupo de resistores. Quando conectados em série, os resistores são percorridos pela mesma corrente. Na ligação em série, isso acontece quando conectamos resistores juntos para que haja apenas um caminho para o fluxo da corrente.

Em uma conexão em série, todos os resistores têm a mesma corrente.

Quando os resistores são conectados em série, o potencial aplicado aos terminais do circuito é distribuído entre os resistores, ou seja, todas as tensões

aplicadas caem gradativamente ao longo do circuito composto por resistores em série. Nesse tipo associação, as resistências elétricas individuais somam-se, de tal modo que a resistência equivalente do circuito é obtida pela soma das resistências ligadas em série.

Na associação em paralelo, os resistores encontram-se ligados ao **mesmo potencial elétrico**, no entanto, a corrente elétrica que atravessa cada resistor pode ser diferente, caso os resistores tenham resistências elétricas distintas.

Na associação em paralelo, a corrente elétrica é dividida entre os diferentes ramos do circuito.

A associação em paralelo ocorre quando ligamos os resistores de forma que cada um deles seja um caminho diferente para a corrente elétrica fluir.

Nesse tipo de associação, a resistência elétrica equivalente será sempre menor do que a menor das resistências.

Para calcularmos a resistência equivalente na associação de resistores em paralelo, fazemos a soma do inverso das resistências individuais:

$$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \dots + \frac{1}{R_N} \quad \text{Eq. (16)}$$

Para o caso em que se deseja calcular a resistência de **somente dois** resistores de valores distintos em paralelo, é possível fazê-lo por meio do produto pela soma das resistências individuais. Confira:

$$R_P = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} \quad \text{Eq. (17)}$$

Outro caso específico, é aquele em que **N resistores idênticos encontram-se ligados em paralelo**. Nesse caso, para calcularmos a resistência equivalente do circuito, basta que se divida o valor da resistência individual pelo número de resistores. A relação abaixo é ideal para se aplicar no cálculo da resistência equivalente em paralelo do **Circuito 2** abordado mais adiante.

$$R_P = \frac{R}{n} \quad \text{Eq. (18)}$$

Tensão é diferença de energia potencial elétrica (d.d.p.) entre dois pontos, sendo sua unidade, no (SI), Volts (V). Temos dois tipos de tensão, contínua e alternada, que representamos, respectivamente, por VDC e VAC. Neste experimento usaremos apenas a contínua, isto é, aquela que apresenta um polo sempre positivo e o outro sempre negativo. Um voltímetro ideal tem resistência elétrica infinitamente grande. Sendo assim, ao ser introduzido **EM PARALELO** com o elemento sobre o qual se deseja medir a tensão (ou “voltagem”), não perturba o circuito. Se o voltímetro for colocado em série, interromperá o circuito, pois sua resistência é muito grande; ou seja, resistência muito grande é o equivalente a colocar uma chave aberta (interruptor) em série com o restante do circuito.

Na prática os voltímetros que utilizamos possuem resistência muito maior do que a resistência dos elementos que se deseja medir. Assim sendo, a introdução do voltímetro em paralelo com algum elemento, afeta tão pouco o circuito que a sua influência (qualquer elemento contribui para o funcionamento do circuito) pode ser negligenciada. Já no caso de o voltímetro ser colocado em série, ele determina que a corrente elétrica no ramo onde fosse colocado se torne desprezível. Podemos concluir que as principais diferenças entre circuito série e paralelo, é a forma com que tensão e corrente se comportam. Circuito em série a corrente é a mesma e tensão diferente sobre as cargas, já em circuito paralelo será ao contrário, mesma tensão e corrente diferente para as cargas. Além disso, no circuito em série resistivo a tensão total da fonte de alimentação é igual à soma da queda de tensão em cada resistor pertencente ao circuito em série. Por outro lado, em relação ao circuito resistivo associado em paralelo a tensão em cada resistor do circuito são todas iguais a tensão da fonte de alimentação. A tensão **U** na associação é igual à soma das tensões em cada resistor, ou seja:

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + U_4. \quad \text{Eq. (19)}$$

A tensão **U** é a mesma em todos os resistores, pois estão conectados aos mesmos terminais A e B, ou seja:

$$U = U_1 = U_2 = U_3 = U_4. \quad \text{Eq. (20)}$$

### 3. OBJETIVO

Ao término desta experiência você será capaz de:

- I. Calcular a resistência equivalente de um circuito resistivo associado em série, e em paralelo;
- II. Determinar a queda de tensão em cada resistor ou associação de resistores;
- III. Comparar a diferença de potencial da fonte com a queda de potencial ocorrida ao longo do circuito de resistores;
- IV. Fazer com que o aluno aprenda a lidar com o voltímetro (multímetro), lendo corretamente o valor indicado pelo mesmo nas diversas escalas.

### 4. MATERIAL UTILIZADO

- 01 (um) multímetro
- 04 (quatro) resistores
- 01 (uma) fonte variável DC
- Simulador virtual **MULTISIM**

### 5. PROCEDIMENTO

#### I. Montagem do circuito resistivo 1 (série).

**PASSO 1-** Quando conectados em série, os resistores são atravessados pela mesma corrente;

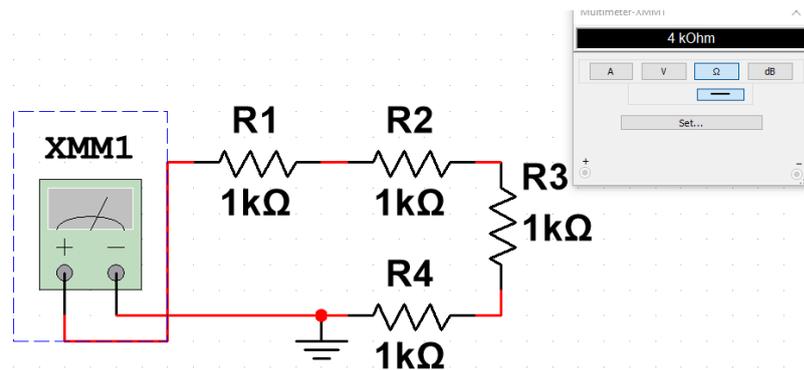
**PASSO 2-** A ligação em série, acontece quando conectamos resistores juntos para que haja apenas um caminho para o fluxo da corrente;

**PASSO 3 –** Calcule a resistência equivalente teórica na configuração em série de circuitos resistivos. E compare com o valor encontrado no simulador virtual **MULTISIM**;

**PASSO 4 –** Coloque os valores das resistências equivalentes do circuito em série encontrados tanto no **MULTISIM**, quanto o valor teórico no quadro 1;

OBS.: Escolha o fundo de escala mais conveniente do voltímetro para a leitura da (d.d.p) entre os terminais de cada resistor.

### Circuito 1:



### II. Montagem do circuito resistivo 2 (paralelo).

**PASSO 1-** Na associação em paralelo, os resistores encontram-se ligados ao mesmo potencial elétrico, no entanto, a corrente elétrica que atravessa cada resistor pode ser diferente, caso os resistores tenham resistências elétricas distintas;

**PASSO 2-** Na associação em paralelo, a corrente elétrica é dividida entre os diferentes ramos do circuito;

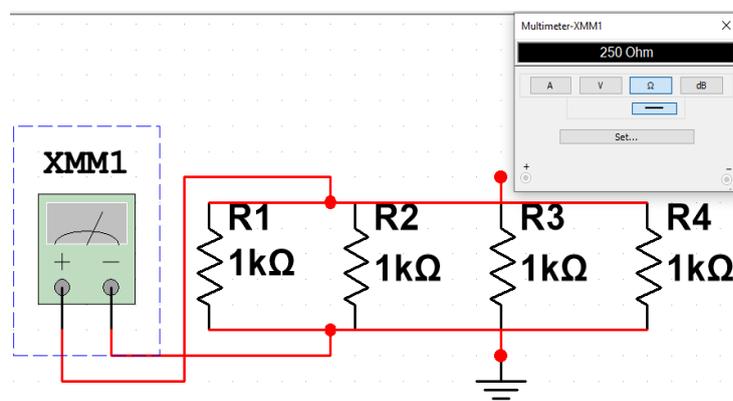
**PASSO 3 -** A associação em paralelo ocorre quando ligamos os resistores de forma que cada um deles seja um caminho diferente para a corrente elétrica fluir;

**PASSO 4-** Nesse tipo de associação, a resistência elétrica equivalente será sempre menor do que a menor das resistências;

**PASSO 5-** Calcule a resistência equivalente teórica na configuração paralela de circuitos resistivos. E compare com o valor encontrado no simulador virtual **MULTISIM**;

**PASSO 6 –** Coloque os valores das resistências equivalentes do circuito em paralelo encontrados tanto no **MULTISIM**, quanto o valor teórico no quadro 1;

### Circuito 2:



Quadro 1:

	VALOR NO SIMULADOR	VALOR NO CÁLCULO TEÓRICO
$R_S$		
$R_P$		

### III. Montagem do circuito 3 (série).

**PASSO 1-** A ligação em série, acontece quando conectamos resistores juntos para que haja apenas um caminho para o fluxo da corrente;

**PASSO 2-** Sabemos que o valor da queda de tensão sobre cada resistor em um circuito resistivo em série é dado pelo produto da corrente total, a qual é a mesma que passa por todos os resistores pertencentes ao circuito, e o valor nominal ôhmico de cada resistor que faz parte do circuito;

**PASSO 3-** Meça a queda de tensão do circuito resistivo em série usando a fonte de alimentação de 3 volts;

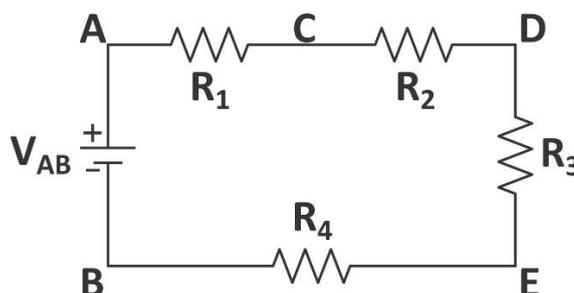
**PASSO 4 -** Meça a queda de tensão do circuito resistivo em série usando a fonte de alimentação de 6 volts;

**PASSO 5 -** Meça a queda de tensão do circuito resistivo em série usando a fonte de alimentação de 9 volts;

**PASSO 6 -** meça a queda de tensão em cada resistor. Anote os valores no quadro 2.;

OBS.: Escolha o fundo de escala mais conveniente do voltímetro para a leitura da (d.d.p) entre os terminais de cada resistor.

Circuito 3:



Quadro 2:

$V_{AB}$	$V_{AC}$	$V_{CD}$	$V_{DE}$	$V_{EB}$
3 v				
6 v				
9 v				

#### IV. Montagem do circuito 4 (paralelo).

**PASSO 1** - sabemos que o valor da queda de tensão sobre cada resistor em um circuito resistivo em paralelo é igual ao valor da fonte de tensão;

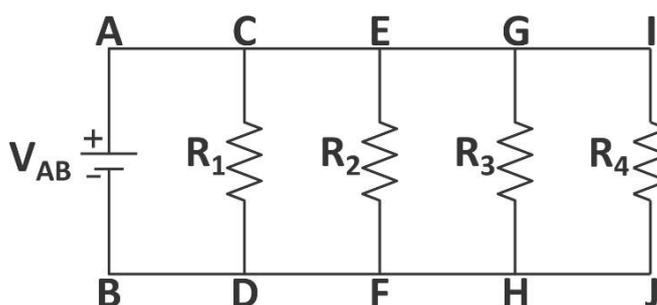
**PASSO 2** - Meça a queda de tensão do circuito resistivo em paralelo usando a fonte de alimentação de 3 volts;

**PASSO 4** - Meça a queda de tensão do circuito resistivo em paralelo usando a fonte de alimentação de 6 volts;

**PASSO 5** - Meça a queda de tensão do circuito resistivo em série usando a fonte de alimentação de 9 volts;

**PASSO 6**- meça a queda de tensão em cada resistor. Anote os valores no quadro 3.

Circuito 4:

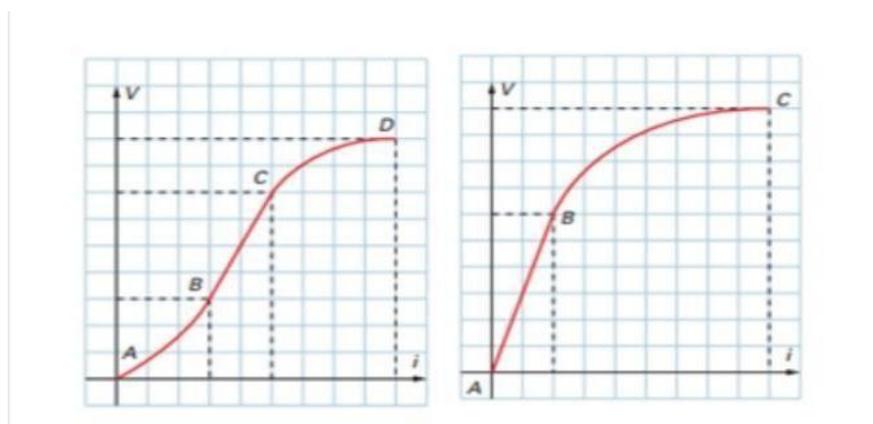


Quadro 3:

$V_{AB}$	$V_{CD}$	$V_{EF}$	$V_{GH}$	$V_{IJ}$
3 v				
6 v				
9 v				

## 6. QUESTÕES

- 1) Calcule as resistências equivalentes dos circuitos 1, e 2 respectivamente. E compare com valor encontrado pelo ohmímetro do simulador **MULTISIM**.
- 2) Explique a necessidade de inserir o voltímetro em paralelo no circuito.
- 3) Dê sua conclusão através das leituras feitas (quadro 2 e 3) com relação às diferenças de potenciais aplicadas pela fonte do circuito (série e paralelo).
- 4) Compare a soma das quedas dos potenciais dos resistores (quadro 2) com potencial aplicado pela fonte no circuito. Justifique as diferenças encontradas.
- 5) Dê uma explicação física que justifique a diferença de potencial nos terminais de cada resistor.
- 6) Nos gráficos abaixo estão representadas as curvas características de dois resistores. Em que trechos esses resistores são ôhmicos? Justifique.



## 7) SUGESTÃO DE LEITURA

Introdução deste referido roteiro.

## ROTEIRO 2

### 7. TÍTULO

Associação de Resistores - Medida de Corrente Contínua

### 8. INTRODUÇÃO

A corrente elétrica é o movimento ordenado de elétrons através de um meio condutor, quando este está submetido a uma diferença de potencial (d.d.p.). Sua unidade no (SI) é o Ampère (A), tendo como submúltiplos:

Miliampère (mA)  $\rightarrow 1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A}$

Microampère ( $\mu\text{A}$ )  $\rightarrow 1 \mu\text{A} = 10^{-6} \text{ A}$

Nanoampère (nA)  $\rightarrow 1 \text{ nA} = 10^{-9} \text{ A}$

Temos dois tipos de corrente, contínua e alternada. Neste experimento usaremos apenas a corrente contínua, que é aquela resultante de uma tensão contínua em uma carga resistiva.

O amperímetro é o aparelho usado para medidas de correntes elétricas.

Para efetuarmos uma medida de corrente elétrica, essa deve circular pelo instrumento, para tanto, temos que interromper o circuito e intercalar o amperímetro, observando a polaridade.

O amperímetro ideal é aquele que possui resistência interna nula, não influi no circuito a ser medido. Na prática, os amperímetros possuem resistência interna de baixo valor, conforme suas características.

O valor teórico da corrente elétrica ( $i_T$ ) é obtido utilizando as seguintes relações:

$$i_T = \frac{V_{AB}(\text{fonte})}{R_e(\text{teórica})} \quad \begin{array}{l} R_e = \text{Resistência} \\ \text{equivalente teórica} \end{array} \quad \text{Eq. (21)}$$

$$\text{Associação em paralelo} \quad i_T = i_1 + i_2 \dots i_N \quad \text{Eq. (22)}$$

$$\text{Associação em série} \quad i_T = i_1 = i_2 \dots = i_N \quad \text{Eq. (23)}$$

Observa-se que na ligação em série, a corrente elétrica é igual para todos os resistores. Já em relação, ao circuito resistivo associado em paralelo, a corrente elétrica total divide-se de acordo com a resistência elétrica de cada ramo.

## 9. OBJETIVO

Ao término desta experiência você será capaz de:

V. Determinar em um circuito elétrico, a corrente elétrica contínua que circula através dos resistores;

VI. Comparar o valor teórico da corrente elétrica ( $I_T$ ) com o instrumento ( $I_I$ );

VII. Lidar com o amperímetro (multímetro), lendo corretamente o valor indicado por ele nas diversas escalas.

## 10. MATERIAL UTILIZADO

- 01 (um) multímetro
- 03 (três) resistores da mesma ordem de grandeza com valores diferentes e próximos
- 01 (uma) fonte variável DC ou constante (pilhas)
- Simulador virtual **MULTISIM**

## 11. PROCEDIMENTO

### I. Montagem o circuito 1 (série).

**PASSO 1-** A ligação em série, acontece quando conectamos resistores juntos para que haja apenas um caminho para o fluxo da corrente;

**PASSO 2-** Sabemos que o valor da queda de tensão sobre cada resistor em um circuito resistivo em série é dado pelo produto da corrente total, a qual é a mesma que passa por todos os resistores pertencentes ao circuito, e o valor nominal ôhmico de cada resistor que faz parte do circuito;

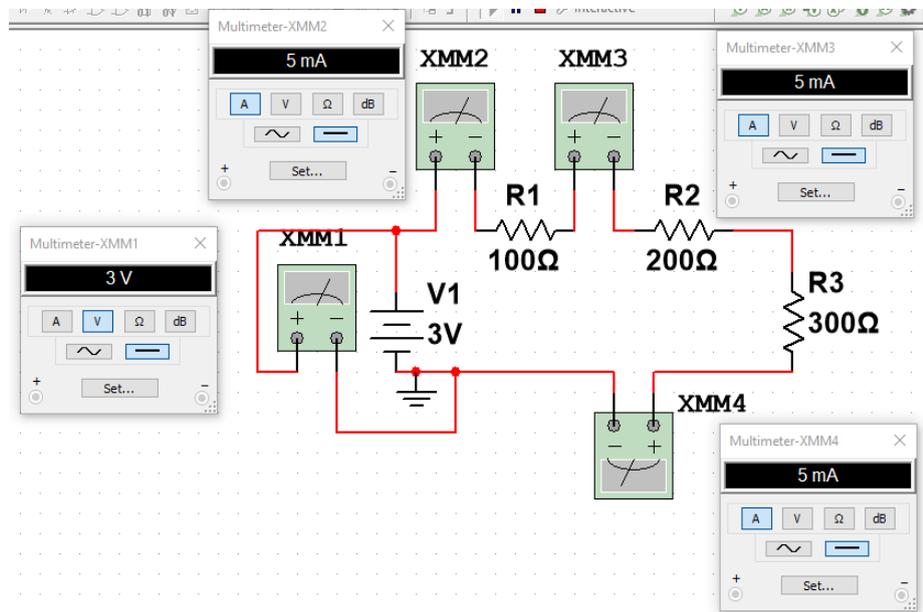
**PASSO 3** - Meça a queda de tensão do circuito resistivo em série usando a fonte de alimentação de 3 volts;

**PASSO 4** – Compare os valores das correntes teóricas com as encontradas no simulador virtual **MULTISIM**. E observe o comportamento quantitativo das mesmas;

**PASSO 5** – Meça a corrente total e as correntes  $i_T$ ,  $i_1$ ,  $i_2$  e  $i_3$ . Anote os valores no quadro 1.

OBS.: Escolha o fundo de escala mais conveniente do voltímetro para a leitura da (d.d.p) entre os terminais de cada resistor.

### Circuito 1



### Quadro 1:

	$i_T$	$i_1$	$i_2$	$i_3$
$i_T$				
$i_I$				

Onde:

$i_T$  – Valor teórico

$i_I$  – Valor instrumental

II. Monte o circuito 2 (paralelo) e meça a queda de tensão em cada resistor. Anote os valores no quadro 2.

**PASSO 1** - sabemos que o valor da queda de tensão sobre cada resistor em um circuito resistivo em paralelo é igual ao valor da fonte de tensão;

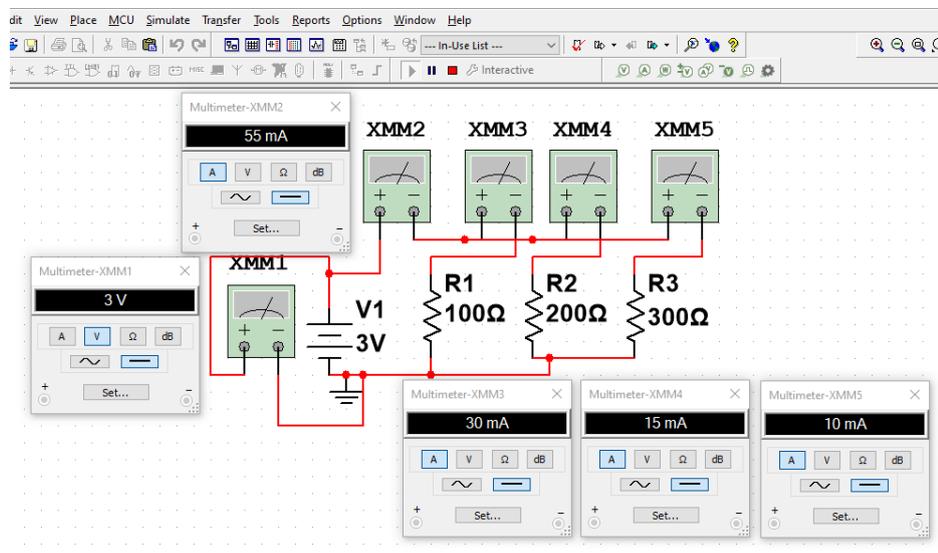
**PASSO 2** - Meça a queda de tensão do circuito resistivo em paralelo usando a fonte de alimentação de 3 volts;

**PASSO 3** - Compare os valores das correntes teóricas com as encontradas no simulador virtual **MULTISIM**. E observe o comportamento quantitativo das

**PASSO 5** – Meça a corrente total e as correntes  $I_T, I_1, I_2, I_3$ . Anote os valores no quadro 2.

OBS.: Escolha o fundo de escala mais conveniente do voltímetro para a leitura da (d.d.p) entre os terminais de cada resistor.

### Circuito 2:



### Quadro 2:

	$I_T$	$I_1$	$I_2$	$I_3$
$I_T$				
$I_I$				

## 6. QUESTÕES

- 1) Explique a necessidade de inserir o amperímetro em série no circuito.
- 2) A teoria da eletrodinâmica sobre o comportamento da corrente elétrica está de acordo com os valores de corrente encontrados através do simulado virtual **MULTISIM**.
- 3) Compare o valor teórico com o valor instrumental de cada elemento do circuito. OBS.: Justifique as diferenças encontradas.
- 4) Dê sua conclusão através das leituras feitas (quadro 1 e 2) com relação às distribuições das correntes nos circuitos em série e paralelo.
- 5) Através das leituras feitas para a corrente, o que você pode observar nas associações em série e em paralelo?

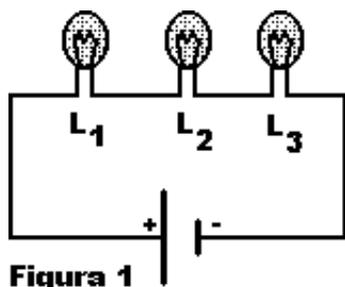
## 7. SUGESTÃO DE LEITURA

Introdução deste referido roteiro.

### ROTEIRO 3

**Título - Um teste que valida o conceito científico dos respondentes em relação ao fluxo de corrente elétrica em um circuito simples usando o MULTISIM.**

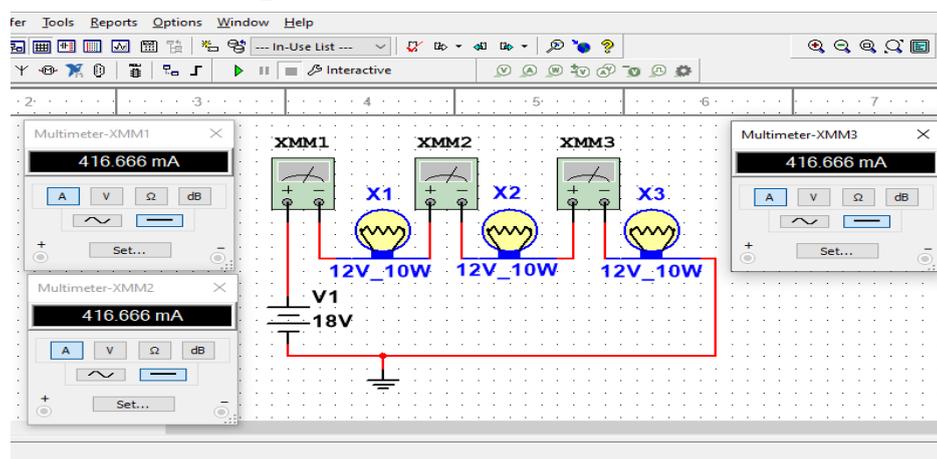
1) No circuito da figura 1 pode-se afirmar que:



a)  $L_1$  brilha mais do que  $L_2$  e esta mais do que  $L_3$ .

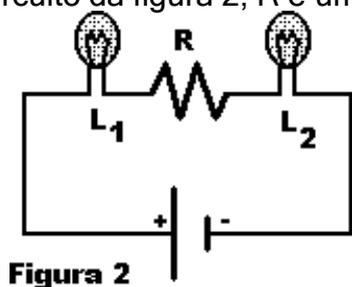
b)  $L_3$  brilha mais do que  $L_2$  e esta mais do que  $L_1$ .

c) As três lâmpadas têm o mesmo brilho.



**(Resposta: Letra c)** Pois a intensidade da corrente elétrica que percorre as três lâmpadas é a mesma como vemos no MULTISIM. Logo, as três lâmpadas têm o mesmo brilho.

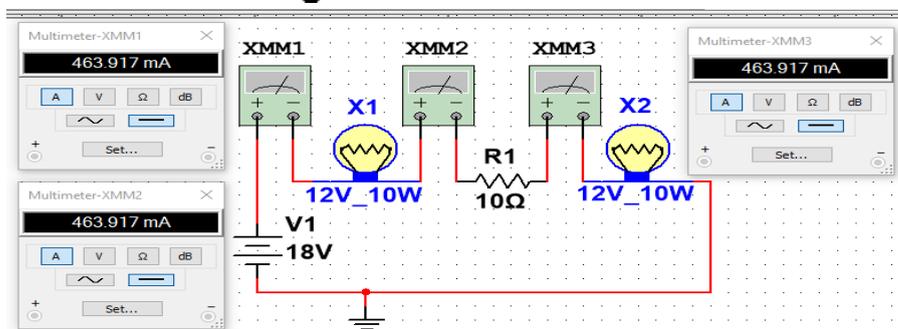
2) No circuito da figura 2, R é um resistor. Neste circuito:



a)  $L_1$  e  $L_2$  têm o mesmo brilho.

b)  $L_1$  brilha mais do que  $L_2$

c)  $L_2$  brilha mais do que  $L_1$ .



(Resposta: Letra a) Pois a intensidade da corrente elétrica que percorre as duas lâmpadas é a mesma. Logo, as duas lâmpadas têm o mesmo brilho.

3) No circuito da figura 3, R é um resistor. Neste circuito:

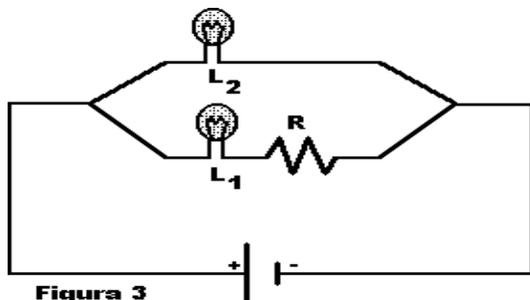
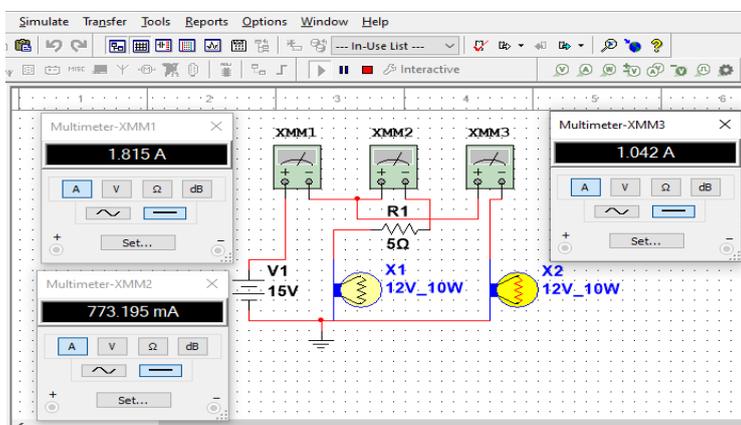


Figura 3

- a)  $L_1$  Tem o mesmo brilho de  $L_2$ .
- b)  $L_2$  brilha mais do que  $L_1$ .
- c)  $L_1$  brilha mais do que  $L_2$ .



(Resposta: Letra b) Pois a intensidade da corrente elétrica que percorre a lâmpada dois é maior do que a que percorre a, um. Logo,  $L_2$  brilha mais do que  $L_1$ .

4) No circuito da Figura 4. I é um interruptor aberto. Ao fechá-lo:

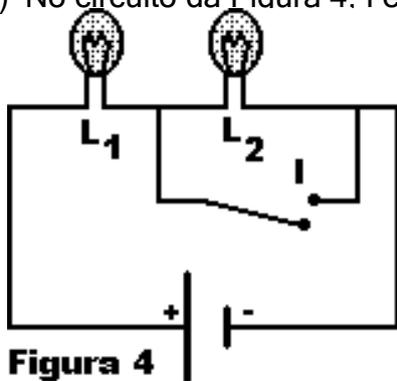
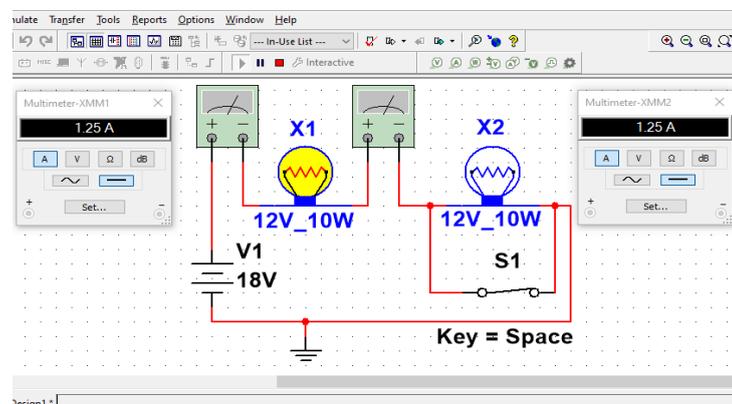
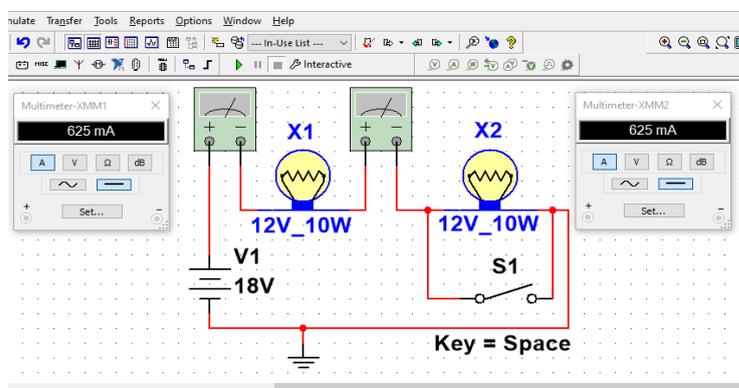


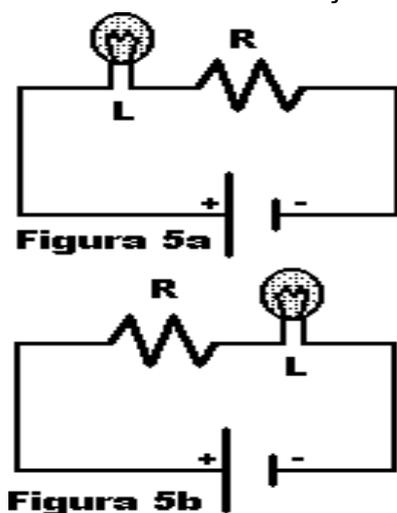
Figura 4

- a) Aumenta o brilho de  $L_1$ .
- b) O brilho de  $L_1$  permanece o mesmo.
- c) Diminui o brilho de  $L_1$ .

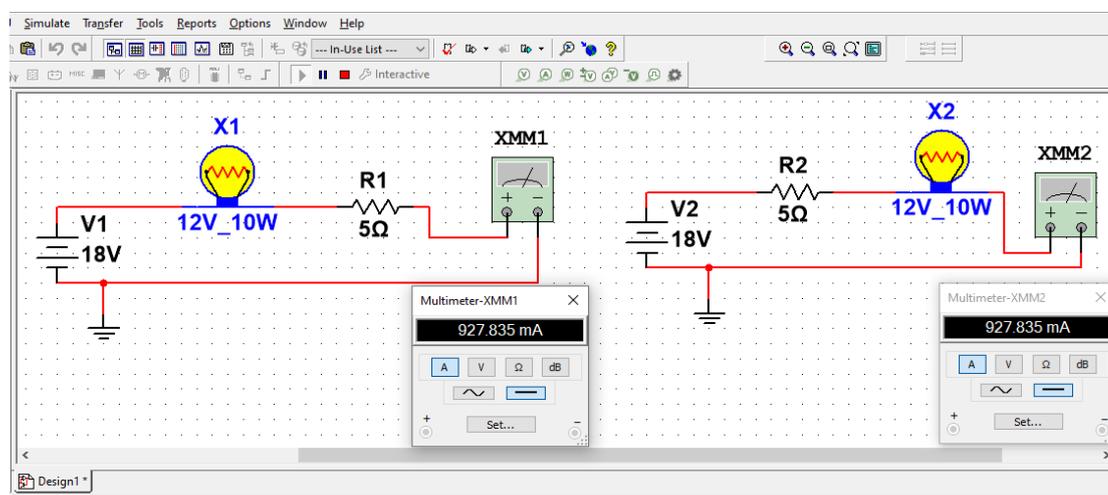


(Resposta: Letra a) No circuito com a chave aberta a intensidade da corrente elétrica que percorre as duas lâmpadas é a mesma. Logo, as duas lâmpadas têm o mesmo brilho. Já em relação, ao circuito com a chave fechada como esta possui uma resistência nula, por isso, a intensidade da corrente elétrica em  $L_1$  aumenta. Conseqüentemente aumenta o brilho de  $L_1$ .

5) Nos circuitos 5a e 5b a lâmpada L, o resistor R e a bateria são exatamente os mesmos. Nestas situações:



- a) L brilha mais no circuito 5 a.
- b) L brilha igual em ambos os circuitos.
- c) L brilha mais no circuito 5 b.



(Resposta: Letra b) Pois a intensidade da corrente elétrica que percorre L nos dois circuitos são as mesmas. Logo, as duas lâmpadas têm o mesmo brilho em ambos os circuitos.

## ROTEIRO 4

### 12. TÍTULO

Potência dissipada sobre um resistor- Medida do fator de potência

### 13. INTRODUÇÃO

A potência é a taxa de trabalho realizado ou trabalho realizado por unidade de tempo. A unidade no (SI) da potência é o joule por segundo, ou watt:

$$P = \frac{W}{t} \text{ (W)} \quad \text{Eq. (24)}$$

Tendo como submúltiplo, mais usual:

Miliwatt (mW)  $\rightarrow 1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}$

Temos dois tipos de corrente, contínua e alternada. Neste experimento usaremos apenas a corrente alternada, que é aquela resultante de uma tensão alternada em uma carga resistiva.

O wattímetro é o aparelho usado para medidas de potências elétricas.

Para efetuarmos uma medida de potência elétrica, devemos posicionar o instrumento que possui um voltímetro e um amperímetro acoplado simultaneamente, para tanto, temos que conectar o voltímetro presente no wattímetro em paralelo com a carga resistiva, e também interromper o circuito e intercalar o amperímetro, ligado em série com a carga resistiva.

O wattímetro ideal é aquele que a tensão sem desvio de qualquer fluxo de corrente, e ainda mede a corrente sem introduzir qualquer queda de tensão aos seus terminais.

O valor teórico da potência elétrica dissipada sobre um resistor (P), e o cálculo do fator de potência é obtido utilizando as seguintes relações:

Potência dissipada sobre um resistor.

$$P = \frac{V^2}{R} \quad \text{Eq. (25)}$$

Fator de potência. 
$$F_P = \frac{(KW) \rightarrow \text{POTÊNCIA ATIVA}}{(KVA) \rightarrow \text{POTÊNCIA APARENTE}} \quad \text{Eq. (26)}$$

#### 14. OBJETIVO

Ao término desta experiência você será capaz de:

VIII. Determinar em um circuito elétrico, a potência elétrica dissipada sobre uma carga resistiva alimentada por uma fonte de tensão alternada;

IX. Comparar o valor teórico da potência dissipada sobre um resistor (P), e fator de potência com o valor encontrado no instrumento presente no **MULTISIM**;

X. Lidar com o wattímetro, lendo corretamente o valor indicado por ele nas duas escalas presente no **MULTISIM**.

#### 15. MATERIAL UTILIZADO

- 01 (um) wattímetro
- 01(um) resistor de 50  $\Omega$
- 01 (uma) fonte variável AC
- Simulador virtual **MULTISIM**

#### 16. PROCEDIMENTO

##### I. Monte o circuito 1 (série).

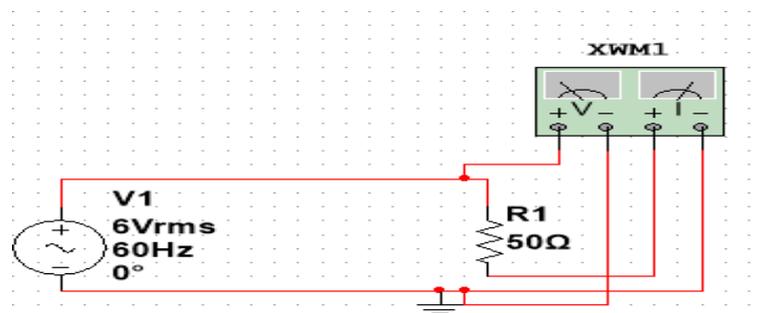
**PASSO 1** - A ligação em série, acontece quando conectamos resistores juntos para que haja apenas um caminho para o fluxo da corrente;

**PASSO 2** - Sabemos que o valor da queda de tensão sobre cada resistor em um circuito resistivo em série é dado pelo produto da corrente total, a qual é a mesma que passa por todos os resistores pertencentes ao circuito, e o valor nominal ôhmico de cada resistor que faz parte do circuito;

**PASSO 3** - Conectar os dois terminais correspondentes ao voltímetro em paralelo com a carga resistiva;

**PASSO 4** - Conectar os dois terminais correspondentes ao amperímetro em série com circuito, e também abrir o circuito e ligar o amperímetro em série com a carga resistiva.

### Circuito 1



### Quadro 1

	VALOR NO SIMULADOR	VALOR NO CÁLCULO TEÓRICO
P		
F <sub>P</sub>		

Onde:

P- Valor da potência dissipada sobre o resistor;

F<sub>P</sub>- Valor do fator de potência.

### 17. QUESTÕES

6) Explique a necessidade de inserir o wattímetro em série e paralelo ao mesmo tempo no circuito.

7) Compare o valor teórico com o valor instrumental de cada medida do circuito.

OBS.: Justifique as diferenças encontradas.

8) Dê sua conclusão através das leituras feitas (quadro 1) com relação às distribuições das medidas da potência dissipada sobre o resistor, e o fator de potência.

9) Através das leituras feitas para a potência sobre o resistor, e a medida do fator de potência. Quais são as observações relevantes feitas no circuito 1.

### 18. SUGESTÃO DE LEITURA

Introdução deste referido roteiro.

### Aplicações da Lei de Ohm

A seguir faremos a aplicação da Lei de OHM em circuitos elétricos. Teremos três situações distintas:

Conhecendo a tensão ( $V$ ) e a corrente ( $I$ ) calcular a resistência ( $R$ );

Conhecendo a tensão ( $V$ ) e a resistência ( $R$ ), calcular a corrente ( $I$ );

Conhecendo a corrente ( $I$ ) e a resistência ( $R$ ), calcular a tensão ( $V$ ).

Determinar as resistências equivalentes de uma associação resistiva

Exemplo 1:

Dois resistores, de resistências iguais a  $20 \Omega$  e  $30 \Omega$ , são ligados em série e conectados a uma bateria de  $30 V$ . Determine a resistência equivalente dessa associação de resistores.

Exemplo 2:

Dois resistores, de resistências iguais a  $20 \Omega$  e  $30 \Omega$ , são ligados em paralelo e conectados a uma bateria de  $30 V$ . Determine a resistência equivalente dessa associação de resistores.

Exemplo 3:

O circuito da Figura 3 possui uma fonte de tensão de  $12 V$ , conectada em um resistor de  $4 \Omega$ . Determine a corrente no resistor.

A corrente elétrica será calculada aplicando-se a Lei de Ohm ao resistor, usando a expressão a seguir:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{12 V}{4 \Omega} = 3 A.$$

Exemplo 4:

Considere o circuito da Figura 1, onde um resistor de 100 k $\Omega$  está conectado em uma fonte de tensão de 10 V. Qual será a corrente no resistor?

A corrente será calculada por:

$$\vec{I} = \frac{V}{R} = \frac{10}{100 \text{ k}\Omega} = 0,1 \text{ mA.}$$

### Exercícios Resolvidos

Ex 01: Explique o que é a Lei de Ohm?

Resposta: A Lei de Ohm relaciona a corrente em função da tensão e resistência no resistor.

Ex 02: Um resistor de 5  $\Omega$  está conectado em uma fonte de 12 V. Qual a corrente neste resistor?

Resposta: A corrente será a tensão dividida pela resistência. Então:  $\vec{I} = V/R = 12/5 = 2,4 \text{ A}$ .

Ex 03: Um resistor de 22  $\Omega$  está submetido a uma corrente de 5 mA. Qual a tensão no resistor?

Resposta: A tensão será o produto da resistência e da corrente. Então  $V = R \times \vec{I} = 22 \times 5 \text{ mA} = 110 \text{ mV}$ .

Ex 04: Uma fonte de tensão de 9 V está conectada em um resistor, pelo qual está circulando uma corrente de 3 A. Qual a resistência do resistor?

Resposta: A resistência será a divisão da tensão pela corrente. Então  $R = V/I = 9/3 = 3 \Omega$

Ex 05: Um resistor de 1 k $\Omega$  está conectado em uma fonte de 12 V. Qual a potência neste resistor?

Resposta: Neste caso podemos inicialmente calcular a corrente e depois a potência, ou então calcular a potência diretamente. No primeiro caso,  $I = V/R = 12 \text{ V}/1 \text{ k}\Omega = 12 \text{ mA}$  e então  $P = V \times I = 12 \text{ V} \times 12 \text{ mA} = 144 \text{ mW}$ . Já se fizermos diretamente, teremos  $P = V^2/R = 12^2/1000 \Omega = 0,144 \text{ W}$  ou 144 mW.

## 7 CONCLUSÃO

Diante de tudo que foi exposto, no referido trabalho acadêmico intitulado “O USO DO SIMULADOR MULTISIM COMO FERRAMENTA DIDÁTICA PARA O ENSINO DA PRIMEIRA LEI DE OHM”. Observamos que o uso da simulação virtual é uma excelente ferramenta didática no tocante ao processo de ensino e aprendizagem de Física. Isto se comprova através do grande poder que emulador virtual possui de atrair a atenção dos alunos, assim como o mesmo consegue transformar os conteúdos abstratos pertencentes ao estudo da Física, em assuntos mais realísticos e concretos que estão inseridos no próprio cotidiano dos discentes.

Além do mais, o software de simulação se consolida como uma ferramenta auxiliar do professor em relação à inserção das simulações virtuais no ensino de Física, ficando claro que os docentes demonstram certa confiança de que o uso de simulação e modelagem computacional empregado no ensino de Física pode gerar um ambiente motivacional aos discentes, provocando interesse, curiosidade e maior participação dos mesmos.

Em relação aos simuladores virtuais, como é o caso do MULTISIM fica evidente que os mesmos servem como uma espécie de guia para todos os professores que almejam modificar a abordagem de ensino e usar metodologias já pensadas no momento de inserção da simulação e modelagem virtual aplicado ao ensino como um artifício alternativo para auxiliar a prática docente e ainda é útil para os alunos como uma conexão entre teoria e a prática ou inclusive um mecanismo usado de modo introdutório para os laboratórios didáticos.

É notório que todos os trabalhos convergem para a sugestão de que as simulações são ferramentas alternativas para o ensino de Física, podendo ajudar o professor na execução do processo de ensino e aprendizagem quando é usada em conjunto com metodologias apropriadas. Observa-se que as simulações virtuais são ferramentas que podem ser usadas tanto pelo professor quanto pelo o aluno para enxergar os acontecimentos dos fenômenos físicos bem como para ter uma noção de como manusear ferramentas reais existentes nos laboratórios tradicionais.

Como se vê, podemos concluir então, que mediante das ferramentas metodológicas em conjunto a uma teoria de aprendizagem significativa, se faz claro que há preocupação dos professores no tocante a formação científica e tecnológica dos alunos, assim como existe a preocupação em usar equipamentos tecnológicos

para auxiliar a prática docente. No entanto, é nítido o benefício proporcionado no uso do MULTISIM como ferramenta didática capaz de dá um suporte ao docente no ambiente escolar, bem como, em relação ao aluno em seu cotidiano.

## 8 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Júlio Cesar Souza. **Física Eletromagnetismo**. Volume 3, 2017.

ALFA CONNECTION. 2021 Disponível em:  
<[HTTPS://www.alfaconnection.pro.br/fisica/eletricidade/corrente-e-resistencia-eletrica/resistencia-eletrica/](https://www.alfaconnection.pro.br/fisica/eletricidade/corrente-e-resistencia-eletrica/resistencia-eletrica/)>. Acesso em: 16 de nov de 2021.

BISCUOLA, Gualter José. **Eletricidade: Física moderna** / Gualter José Biscuola, Newton Villas Bôas, Ricardo Helou Doca. -- 3. ed. -- São Paulo: Saraiva, 2016.

BONJORNO, José Roberto. **Física Fundamental**. Editora Ftd, São Paulo, 1999.

HALLIDAY, DAVID. **Fundamentos de física, Volume 3: eletromagnetismo** / David Halliday, Robert Resnick, 10 edição – Rio de Janeiro: LTC, 2016.

BOYLESTAD, Robert. **Introdução à análise de circuitos**. Tradução de Daniel Vieira, Jorge Ritter. 12. ed. São Paulo: Pearson, 2012.

MARKUS, Otávio. **Circuitos Elétricos – Corrente Contínua e Corrente Alternada**. Editora Érica, 2004.

Material disponibilizado para a disciplina de Circuitos Elétricos I – 2020/1. Departamento Acadêmico de Eletrônica, Instituto Federal de Santa Catarina, Campus Florianópolis.

MUNDO DA ELÉTRICA 2020 Disponível em:  
<<https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-um-circuito-eletrico/>> Acesso em: 16 de nov de 2021.

MUNDO DA EDUCAÇÃO. Disponível em:  
<<https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/usamos-corrente-continua-ou-alternada.htm>>. Acesso em: 16 de nov de 2021.

SÓ FÍSICA. Disponível em:  
<<https://www.sofisica.com.br/conteudos/Eletromagnetismo/Eletrodinamica/caecc.php>>. Acesso em: 16 de nov de 2021.

TOLEDO, Ramalho Nicolau. **Física – Os fundamentos da física**. Moderna, 2016.

YAMAMOTO, Kazuhito. **Física para o ensino médio**, vol. 3: eletricidade, física moderna / Kazuhito Yamamoto, Luiz Felipe Fuke. -- 4. ed. -- São Paulo: Saraiva, 2016.

DELIZOICOV; Demétrio; ANGOTTI, José André Peres. **Metodologia do ensino de ciências**. 2ª Ed. São Paulo: Cortez, 1994.

DUARTE, C.; TAVARES, V. G.; MEDONÇA, H. SIMULAÇÃO DE CIRCUITOS COM MULTISIM. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2016.

**SILVEIRA, F. L., MOREIRA, M. A. e AXT, R.** Validação de um teste para verificar se o aluno possui concepções científicas sobre corrente elétrica em circuitos simples. *Ciência e Cultura*, São Paulo, 41(11): 1129–1133, nov. 1989.