



MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



OS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS NO ENSINO DE ASSOCIAÇÕES DE RESISTORES.

Eloy Oliveira Barreto

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação (nome dado na instituição) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador(a):

Prof.^a Dr.^a Rita de Cássia Mota T. Oliveira

MANAUS
Agosto de 2018

B273t Barreto, Eloy Oliveira.

Os três momentos pedagógicos no ensino de associações de resistores./
Eloy Oliveira Barreto. – 2018.
159 f. ; il.

Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) –
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas,
Campus Manaus Centro; Universidade Federal do Amazonas, 2018.
Orientadora: Profa. Dra. Rita de Cassia Mota.
Acompanha produto educacional.

1. Ensino de física. 2. Circuitos elétricos. 3. Eletricidade. 4.
Eletrodinâmica. I. Mota, Rita de Cassia. (Orient.) II. Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas III. Universidade Federal do
Amazonas. V. Título.

CDD 537.5

Elaborado por Márcia Auzier - CRB 11/597

OS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS NO ENSINO DE ASSOCIAÇÕES DE RESISTORES.

Eloy Oliveira Barreto

Orientador(a):

Prof.^a Dr.^a Rita de Cássia Mota T. Oliveira

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação (nome dado na instituição) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

Prof.^a Dr.^a Rita de Cássia Mota T. Oliveira

Prof. Dr. Igor Padilha

Prof. Dr. Ijanílio Gabriel Araújo

MANAUS
Agosto de 2018

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a minha MÃE, Sheila Couto Oliveira, pois sem ela eu nada seria. Tudo que eu sou, tudo que conquistei, aonde já cheguei, tudo é graças a ela, a mulher mais importante da minha vida, meu exemplo de dedicação, determinação e luta. Minha guerreira e super-heroína, muito obrigado por ter feito de mim o homem que sou hoje.

Ao motivo de eu lutar todos os dias e não desistir jamais, minha filha Sofia Heisemberg, agradeço por você ter me tornado um ser humano melhor e focado nos meus objetivos de vida.

Ao Sr. Wilson, o “velhinho”, grande inspiração e um exemplo de ser humano. Descanse em paz, meu grande amigo.

Agradeço à CAPES pelo apoio financeiro por meio da bolsa concedida.

À minha orientadora prof.^a Dr.^a Rita de Cássia pela paciência, dicas, conselhos e por toda ajuda fornecida.

Aos grandes amigos Heitor Hassani e Edi Franco, por terem acreditado em mim, por terem me ajudado a evoluir pessoal e profissionalmente e por todo apoio.

A prof.^a MSC Natasha Almeida por toda força dada desde a minha primeira defesa de qualificação em 2015.

Ao prof. Dr. Rubens Silva por todo apoio ao longo da minha carreira acadêmica.

Ao meu primo e grande inspiração prof. Dr. Wilderclay Barreto.

À Dr.^a prof.^a Débora Coimbra pela orientação e ajuda acerca do referencial teórico.

E a todos que participaram direta ou indiretamente deste trabalho.

MANAUS
Agosto - 2018

RESUMO

OS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS NO ENSINO DE ASSOCIAÇÕES DE RESISTORES.

ELOY OLIVEIRA BARRETO

Orientador(a):

Prof.^a Dr.^a Rita de Cássia Mota T. Oliveira

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação (nome dado na instituição) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Propomos, neste trabalho, uma sequência didática que visa a inserção das práticas que estimulem o desejo, por parte dos alunos, da obtenção de novos conhecimentos e experiências práticas e teóricas relacionadas ao conteúdo de circuitos elétricos. Este conteúdo foi escolhido por se tratar de algo que faz parte do cotidiano dos alunos e que muitas vezes não é percebido, ou não é reconhecido, como sendo aquela “aula da escola”. O foco principal da sequência apresentada neste trabalho é permitir ao aluno desenvolver o conhecimento sobre um dos coadjuvantes principais de sua sociedade, os circuitos elétricos e, para os alunos que já detêm conhecimentos prévios sobre o conteúdo, aprimorá-los, para que assim possam usufruir dos equipamentos elétricos da forma mais segura e eficiente possível, visando também a integração da vivência escolar com a vivência cotidiana do aluno, aproximando a comunidade da vida escolar, pois nossos alunos serão multiplicadores e instigadores sociais acerca das práticas relacionadas à segurança em instalações elétricas residenciais.

Colocaremos em prática a Educação 4.0, o Aprender Fazendo, cada aluno terá oportunidade de se expressar, de solucionar os problemas e as situações apresentadas de acordo com seus conhecimentos prévios. Todas as atividades serão realizadas de acordo com o ritmo de cada aluno para que tenhamos o entendimento geral sobre o assunto abordado. Embora o trabalho tenha como foco o estudo de circuitos elétricos, haverá total liberdade para a exploração de conteúdos adicionais, por parte dos alunos, externos ou não à eletrodinâmica.

Palavras-chave: Ensino de Física, circuitos elétricos, eletricidade, eletrodinâmica.

MANAUS
Agosto - 2018

ABSTRACT
THREE PEDAGOGICAL MOMENTS IN TEACHING OF RESISTORS'
ASSOCIATIONS

ELOY OLIVEIRA BARRETO

Supervisor:

Prof.^a Dr.^a Rita de Cássia Mota T. Oliveira

Master's Dissertation submitted to the Postgraduate Program (name given at the institution) in the Professional Master's Course of Physics Teaching (MNPEF), as part of the requirements necessary to obtain the Master's Degree in Physics Teaching.

We propose, in this work, a didactic sequence which aims to insert the practices that stimulate students' desire to obtain new knowledge and practical and theoretical experiences related to the contents of electrical circuits. This content was chosen because it's something that is part of the daily life of the students and is often not perceived, or not recognized, as being a "school class".

The main focus of the sequence presented in this work is to allow the student to develop knowledge about one of the main coadjuvants of their society, the electric circuits and, for students who already have previous knowledge about the content, to improve them so that they can appreciate the electrical equipment in the safest and most efficient way possible, aiming also the integration of the school experience with the daily life of the student, bringing the community closer to school life, since our students will be multipliers and social instigators about the practices related to safety in residential electrical installations .

We will put into practice the "Education 4.0", the "Learning by doing". Each student will have the opportunity to express themselves, to solve the problems and situations presented according to his previous knowledge. All activities will be carried out according to the pace of each student, so that we can have a general understanding about the subject addressed. Although the work focuses on the study of electrical circuits, there will be total freedom for the exploration of additional contents by students, external or not to electrodynamics.

Keywords: Physics teaching, electrical circuits, electricity, electrodynamics.

MANAUS
August - 2018

LISTAS DE FIGURAS

Fig.2. 1 – Corrente convencional e corrente real em um condutor metálico. ...	27
Fig.2. 2 – Representação esquemática da corrente contínua, CC.	28
Fig.2. 3 – Corrente Contínua, CC, em função do tempo.	28
Fig.2. 4 – Representação técnica da corrente alternada, CA.	28
Fig.2. 5 – gráfico senoidal da corrente alternada, CA, em função do tempo.	29
Fig.2. 6 – Corrente elétrica passando através de uma secção transversal de um fio condutor.	29
Fig.2. 7 – Gráfico da corrente variável entre i_1 e i_2 no intervalo de tempo entre t_1 e t_2	30
Fig.2. 8 – A razão entre a área, ΔQ e o intervalo de t_1 a t_2 é a corrente elétrica neste intervalo.	30
Fig.2. 9 – Situação de equilíbrio em relação aos potenciais gravitacionais dos pontos A e B.	33
Fig.2. 10 – Movimento espontâneo em virtude da DDP gravitacional em relação ao desnível entre A e B.	33
Fig.2. 11 – Movimento espontâneo de pequenas bolinhas entre os pontos A e B do tobogã.	34
Fig.2. 12 – Analogia gravitacional acerca do papel do gerador em relação à diferença de potencial elétrico.	35
Fig.2. 13 – representação esquemática da fonte de tensão em um circuito. ...	35
Fig.2. 14 – Representação esquemática de resistores.	36
Fig.2. 15 – Curva Característica do resistor Ôhmico.	38
Fig.2. 16 – (a) estrutura simples de uma chave. (b) representação esquemática em um circuito.	40
Fig.2. 17 – (a) modelo simples de fusível. (b) as duas representações esquemáticas mais comuns.	41
Fig.2. 18 – representação esquemática mais comum de uma lâmpada em um circuito.	41
Fig.2. 19 – A corrente i_1 chega ao nó. As correntes i_2 e i_3 , componente de i_1 , saem do nó.	42
Fig.2. 20 – Representação da Lei dos Nós, uma das leis de Kirchhoff.	43
Fig.2. 21 – Circuito arbitrário para fins de análise de seus ramos e suas malhas.	43

Fig.2. 22 – representação esquemática do circuito em série.	45
Fig.2. 23 – Luzes pisca-pisca: associação em série. Uma lâmpada foi retirada e todo o ramo em série apagou. As lâmpadas acessas representam um ramo paralelo ao anterior.	46
Fig.2. 24 – Fusível ligado em série ao circuito (associação de um resistor e uma lâmpada) que se deseja proteger.....	47
Fig.2. 25 – Representação esquemática de uma associação em paralelo de três resistores.....	48
Fig.2. 26 – associação mista entre três resistores com o circuito submetido a uma DDP representada por V.	50
Fig.2. 27 – representação esquemática de um amperímetro em um circuito. ...	51
Fig.2. 28 – Circuito elétrico básico dotado de um amperímetro.	52
Fig.2. 29 – representação esquemática de um voltímetro.....	52
Fig.2. 30 – representação de um circuito básico dotado de um voltímetro.	52
Fig.3. 1- Esquema das lâmpadas em um circuito elétrico com a associação (fiação) oculta.....	54
Fig.3. 2 - Visualização das fiações das associações em série (lado esquerdo) e em paralelo (lado direito).....	55
Fig.3. 3 - Primeiro Momento Pedagógico - 3º B/Escola X.	55
Fig.3. 4 - Primeiro Momento Pedagógico - 3º B/Escola X.	55
Fig.3. 5 - Primeiro Momento Pedagógico - 3º E/Escola X.	56
Fig.3. 6 - Primeiro Momento Pedagógico - 3º1 Matutino/Escola Y.....	56
Fig.3. 7 - Primeiro Momento Pedagógico - 3º2 Matutino/Escola Y.....	56
Fig.3. 8 - Primeiro Momento Pedagógico (Questionário)- 3ºB/Escola X.....	57
Fig.3. 9 - Primeiro Momento Pedagógico (Questionário) - 3ºB/Escola X.....	58
Fig.3. 10 - Primeiro Momento Pedagógico (Questionário) - 3º2 Matutino/Escola Y.....	58
Fig.3. 11 – Esquema das atividades do PMP.....	59
Fig.3. 12 – Segundo Momento Pedagógico – 3ºB/Escola X.....	62
Fig.3. 13 – Segundo Momento Pedagógico – 3ºB/ Escola X.....	62
Fig.3. 14 – Segundo Momento Pedagógico – 3º1 Matutino/ Escola Y.	62
Fig.3. 15 – Segundo Momento Pedagógico – 3º1 Matutino/ Escola Y.	63
Fig.3. 16 – Segundo Momento Pedagógico – 3º2 Matutino/ Escola Y.	63
Fig.3. 17 – Segundo Momento Pedagógico – 3º2 Matutino/ Escola Y.	63

Fig.3. 18 – Segundo Momento Pedagógico (alunos montando circuitos virtuais) – 3ºE/ Escola Y.	64
Fig.3. 19 – Segundo Momento Pedagógico (alunos montando circuitos virtuais) – 3ºC/Escola X.	64
Fig.3. 20 – Esquema das atividades do SMP.....	65
Fig.3. 21 – Esquema das atividades do TMP, primeira parte.	66
Fig.3. 22 – Terceiro Momento Pedagógico – 3º2 Vespertino/Escola Y.	68
Fig.3. 23 – Terceiro Momento Pedagógico – Alunos do 3º ano das Escolas X e Y.....	69
Fig.3. 24 – Terceiro Momento Pedagógico – Aluno da Escola X.	69
Fig.3. 25 – Terceiro Momento Pedagógico – Alunos do 3º2 Vespertino, 3º 1 e 3º2 Matutino/Escola Y.	69
Fig.3. 26 – Terceiro Momento Pedagógico – Aluno da Escola X.	70
Fig.3. 27 – Terceiro Momento Pedagógico – Alunos do 3º2 Vespertino, 3º1 e 2 Matutino/Escola Y.	70
Fig.3. 28 – Esquema das atividades do TMP, segunda parte.	71
Fig.3. 29 – Culminância dos Três Momentos Pedagógicos.	71
Fig.3. 30 – Culminância dos Três Momentos Pedagógicos – Alunos das Escolas X e Y e o professor Eloy Barreto em frente ao banner do evento.....	72
Fig.3. 31 – Culminância dos Três Momentos Pedagógicos.	72
Fig.3. 32 – Culminância dos Três Momentos Pedagógicos - Eloy Barreto e um aluno da Escola Y com alguns dos projetos.....	73
Fig.3. 33 – Culminância dos Três Momentos Pedagógicos – Alunos das Escola X e Y com os Circuitos Elétricos.	73
Fig.A. 1 – Terceiro Momento Pedagógico – Aluno da Escola Y/3º2 Vespertino.	89
Fig.A. 2 – Terceiro Momento Pedagógico – Alunos da Escola Y/ 3º2 Matutino e Vespertino.	89
Fig.A. 3 – Terceiro Momento Pedagógico – Aluno da Escola Y/ 3º2 Vespertino.	90
Fig.A. 4 – Terceiro Momento Pedagógico – Alunos da Escola Y/ 3º2 Vespertino, 3º1 e 2 Matutino.	90
Fig.A. 5 – Terceiro Momento Pedagógico – Alunos da Escola Y/ 3º2 Vespertino, 3º1 e 2 Matutino.	90

Fig.A. 6 – Terceiro Momento Pedagógico – Alunos do 3º2 Vespertino, 3º1 e 2 Matutino/ Escola Y.	91
Fig.A. 7 – Terceiro Momento Pedagógico – Alunos do 3º2 Vespertino, 3º1 e 2 Matutino/ Escola Y.	91
Fig.A. 8 – Terceiro Momento Pedagógico – Alunos do 3º1 Matutino/Escola Y.	92
Fig.A. 9 – Terceiro Momento Pedagógico – Alunos do 3º2 Vespertino, 3º1 e 2 Matutino/Escola Y.	92
Fig.A. 10 - Participação extra: Alunos do 2º5 Vespertino/Escola Y.	93
Fig.A. 11- Participação extra: Alunos do 2º5 Vespertino/Escola Y.	93
Fig.A. 12 - Participação extra: Alunos do 2º5 Vespertino/Escola Y.	93
Fig.A. 13 – Culminância dos Três Momentos Pedagógicos.	94
Fig.A. 14 – Culminância dos Três Momentos Pedagógicos.	94
Fig.A. 15 – Culminância dos Três Momentos Pedagógicos.	95
Fig.A. 16 – Culminância dos Três Momentos Pedagógicos.	95
Fig.A. 17 – Culminância dos Três Momentos Pedagógicos – Alunos da Escola X e Escola Y apresentando alguns projetos.	96
Fig.A. 18 – Culminância dos Três Momentos Pedagógicos – Alunos da Escola X.	96
Fig.A. 19 – Culminância dos Três Momentos Pedagógicos alunos da Escola X e Escola Y apresentando alguns projetos.	97
Fig.A. 20 – Culminância dos Três Momentos Pedagógicos – Participação especial do Mestrando IFAM/UFAM Alê Cruz.	97
Fig.A. 21 – Culminância dos Três Momentos Pedagógicos – Alunos da Escola X e Escola Y.	98
Fig.A. 22 – Culminância dos Três Momentos Pedagógicos – Alunos da Escola X, Escola Y e alunos colaboradores do 2º ano vespertino das Escola Y.	98
Fig.A. 23 – Culminância dos Três Momentos Pedagógicos – Banner do Evento.	99
Fig.B. 1 - Construção do Circuito B (Paralelo).	101
Fig.B. 2 - Construção do Circuito B (Paralelo).	101
Fig.B. 3 - Construção do Circuito A (Série).	101
Fig.B. 4 - Construção do Circuito A (Série).	102
Fig.B. 5 - Construção do Circuito A (Série) com a ajuda do aluno monitor Victor Gabriel 3º ano/EMN.	102

Fig.B. 6 - Alguns Materiais para a Construção dos Circuitos.	102
Fig.B. 7 - Construção dos Circuitos em Série e Paralelo.	103
Fig.B. 8 - Construção dos Circuitos em Série e Paralelo.	103
Fig.B. 9 - Construção dos Circuitos em Série e Paralelo.	103
Fig.B. 10 - Circuito A (Série) e sua Tampa.....	104
Fig.B. 11- Circuito B (Paralelo) e sua Tampa.....	104
Fig.B. 12 - Circuitos A (Série) e B (Paralelo) finalizados.	104
Fig.C. 1 - Circuito de Teste na Protoboard – 3ºE/Escola X.	106
Fig.C. 2 - Circuito Misto com Curto Circuito – 3º1/Escola Y.....	106
Fig.C. 3 - Circuito Misto com Seleção de Partes – 3ºE/ Escola X.	106
Fig.C. 4 – Filtro de Linha Caseiro – 3ºC/ Escola X.....	107
Fig.C. 5 - Circuito com duas Fases e Seleção de Partes – 3ºC/ Escola X.	107
Fig.C. 6 - Circuito Misto com Sons – 3ºE/Escola x.....	107
Fig.C. 7 - Luminária Led – 3ºB/ Escola X.	108
Fig.C. 8 – Maquete Residencial com Gerador Simples – 3º2 Vespertino/Escola Y.....	108
Fig.C. 9 - Motor Elétrico 12 V – 3º2 Vespertino/ Escola Y.....	108
Fig.C. 10 - Motor Elétrico 9 V – 3º1/Escola Y.....	108
Fig.C. 11- Ventilador USB – 3º2 Matutino/Escola Y.	109
Fig.C. 12 - Carregador Portátil – 3ºB/ Escola X.....	109
Fig.C. 13 - Bobina Tesla – 3ºB/ Escola X.	110
Fig.C. 14 – Transferência de Energia Sem Fio – 3º1/ Escola Y.....	110
Fig.C. 15 - Pirógrafo – 3ºB/ Escola X.	110
Fig.C. 16 - Gerador Wimshurst – 3º2 Matutino/ Escola Y.....	111
Fig.C. 17 - Circuito Misto com Led – 3º1 e 3º2 Matutino/ Escola Y.....	111
Fig.C. 18 - Circuito Editável – 3º1 e 3º2 Matutino/ Escola Y.	111
Fig.C. 19 - Mini Usina de Energia Solar – 3ºC/ Escola X.	112
Fig.C. 20 - Mini Usina Termoelétrica – 3ºE/ Escola X.	112
Fig.C. 21 - Carro de Controle Remoto com Sucata – 3ºE/ Escola X.	112
Fig.C. 22 – Elevador Elétrico – 3º1/ Escola Y.	113
Fig.C. 23 – Vagas Inteligentes de Estacionamento com “Sensor de Pressão” - 3º2 Matutino/ Escola Y.	113
Fig.C. 24 - Braço Eletro-hidráulico (inacabado) – 3º1/ Escola Y.	113

Fig.C. 25 – Luminária Réplica do Reator ARC (Iron Man) – 3ºC e 3º B/ Escola X.....	114
Fig.C. 26 – Caneta identificadora de Polaridade – 3ºB, 3ºC e 3ºE/ Escola X.	114
Fig.C. 27 - Menção honrosa – Wall-E – Colaboração entre 3º e 2º ano Vespertino/ Escola Y.	114
Fig.D. 1 – Esquema da estrutura do circuito elétrico com associação em Série.	119
Fig.D. 2 – Esquema da estrutura do circuito elétrico com associação em Paralelo.	120
Fig.D. 3 – Sumário da primeira parte da aula ministrada para o SMP.	123
Fig.D. 4 – Introdução ao conteúdo de Circuitos Elétricos.....	124
Fig.D. 5 – O Gerador – Primeira parte do SMP.....	124
Fig.D. 6 – A Diferença de Potencial - Primeira parte do SMP.	125
Fig.D. 7 – Esquema de um circuito simples - Primeira parte do SMP.	126
Fig.D. 8 – O Resistor - Primeira parte do SMP.....	126
Fig.D. 9 – Diferenciação entre Resistor e Resistência - Primeira parte do SMP.	127
Fig.D. 10 – Código de Cores simplificado para Resistores - Primeira parte do SMP.	128
Fig.D. 11 – A Lei de Ohm - Primeira parte do SMP.....	129
Fig.D. 12 – Analogia lúdica entre DDP, Corrente e Resistência - Primeira parte do SMP.	129
Fig.D. 13 – Analogia 1: Relação entre área e resistência - Primeira parte do SMP.	130
Fig.D. 14 – Analogia 2: Relação entre Comprimento e Resistência - Primeira parte do SMP.	131
Fig.D. 15 – Analogia 3: Relação entre resistividade e resistência - Primeira parte do SMP.	131
Fig.D. 16 – Relação entre Resistência Elétrica e Resistividade, Comprimento e Área - Primeira parte do SMP.	132
Fig.D. 17 – Breve explanação sobre curto-circuito em resistores - Primeira parte do SMP.	133
Fig.D. 18 – Sumário da segunda parte do SMP.	134

Fig.D. 19 – Introdução sobre as Associações de Resistores - Segunda parte do SMP.	134
Fig.D. 20 – Esquemas e Aplicativo sobre Associação em Série - Segunda parte do SMP.	135
Fig.D. 21 – Resumo sobre a Associação em Série de Resistores - Segunda parte do SMP.	135
Fig.D. 22 – Sumário da aula a ser iniciada.....	136
Fig.D. 23 – Aplicativo e Esquema sobre a Associação em Paralelo de Resistores - Segunda parte do SMP.	137
Fig.D. 24 – Equações para cálculos específicos comuns no vestibular - Segunda parte do SMP.	137
Fig.D. 25 – Resumo sobre as Associações em Paralelo de Resistores - Segunda parte do SMP.	138
Fig.D. 26 – Alerta sobre equipamentos de qualidade duvidosa nas associações em Paralelo de Resistores - Segunda parte do SMP.	138
Fig.D. 27 – Esquemas sobre Associações Mistas de Resistores - Segunda parte do SMP.	139
Fig.D. 28 – Resumo sobre o Amperímetro - Segunda parte do SMP.....	140
Fig.D. 29 – Resumo sobre o Voltímetro - Segunda parte do SMP.....	140
Fig.D. 30 – Resumo sobre os Fusíveis e Disjuntores - Segunda parte do SMP.	141

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 3. 1 – Desempenho dos alunos na primeira aplicação do questionário (cinco questões por questionário) no PMP.....	60
Gráfico 3. 2– Desempenho dos alunos na reaplicação do questionário (seis questões por questionário) no TMP.	68
Gráfico 4. 1 – Grau de interesse pela Física no início do ano letivo.....	74
Gráfico 4. 2 – Grau de interesse pela Física no final do ano letivo.	76
Gráfico 4. 3 – Questão 2/Último Questionário.	77
Gráfico 4. 4 – Questão 3/Último Questionário.	78
Gráfico 4. 5 – Questão 4/Último Questionário.	78
Gráfico 4. 6 – Questão 5/Último Questionário.	79
Gráfico 4. 7 – Questão 6/Último Questionário.	79
Gráfico 4. 8 – Questão 7/Último Questionário.	80
Gráfico 4. 9 – Questão 8/ Último Questionário.	81
Gráfico 4. 10 – Questão 9/Último Questionário.	81
Gráfico 4. 11 – Questão 10/Último Questionário.	82

LISTA DE TABELAS

Tab.3. 1 – Sequência didática conforme os Três Momentos Pedagógicos aplicado ao ensino de circuitos elétricos com a respectiva quantidade de aulas para cada fase.....	53
Tab.3. 2 – Sete das respostas mais frequentes ao primeiro questionário.....	61
Tab.4. 1 – respostas dos alunos sobre o fato de não gostarem de estudar física.....	75
Tab.B. 1 – Itens fornecidos pelo PROEMI para a construção do equipamento utilizado PMP e SMP.....	100
Tab.B. 2 – Itens mínimos necessários para a construção dos equipamentos utilizados no PMP e SMP, versão baixo custo.	105
Tab.D. 1 – Quantidade de aulas para cada Momento Pedagógico e seu respectivo conteúdo	118
Tab.D. 2 - Itens mínimos necessários para a construção dos equipamentos utilizados no PMP e SMP, versão baixo custo.	119
Tab.D. 3 – Sugestões de Temas para os seminários do TMP.	154

LISTA DE SIGLAS

CC – Corrente Contínua

CA – Corrente Alternada

CFL – Lâmpada Fluorescente Compacta (do inglês Compact Fluorescent Lamp)

LED – Diodo Emissor de Luz (do inglês Ligth Emitting Diode)

SI – Sistema Internacional de Unidades

FEM – Força Eletromotriz

UFPA – Universidade Federal do Pará

UFAM – Universidade Federal do Amazonas

IFAM – Instituto Federal do Amazonas

UEA – Universidade do Estado do Amazonas

ENEM – Exame Nacional do Ensino Médio

PMP – Primeiro Momento Pedagógico

SMP – Segundo Momento Pedagógico

TMP – Terceiro Momento Pedagógico

DDP – Diferença de Potencial

PHET - Physics Education Technology

TUG – Tomada de Uso Geral

TUE – Tomada de Uso Específico

NR – Norma Regulamentadora

NBR – Norma Brasileira

WALL-E: Waste Allocation Load Lifter Earth

Sumário

CAPÍTULO 1	18
INTRODUÇÃO	18
CAPÍTULO 2	25
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	25
2.1. Teoria Pedagógica	25
2.1.1. Primeiro Momento Pedagógico: Problematização Inicial.....	25
2.1.2. Segundo Momento Pedagógico: Organização /Sistematização do Conhecimento.....	25
2.1.3. Terceiro Momento Pedagógico: Aplicação do Conhecimento	26
2.2. Eletrodinâmica	26
2.2.1. Corrente Elétrica.....	26
2.2.2. Condutores e Maus Condutores.....	27
2.2.3. Corrente Elétrica Real e Convencional.....	27
2.2.4. Tipos de Corrente	28
2.2.4.1. Corrente Contínua.....	28
2.2.4.2. Corrente Alternada.....	28
2.2.5. Intensidade Média da Corrente Elétrica.....	29
2.2.5.1. Método Gráfico: i versus t	30
2.2.6. Efeitos da Corrente Elétrica.....	31
2.2.6.1. Térmico	31
2.2.6.2. Químico.....	31
2.2.6.3. Magnético.....	31
2.2.6.4. Fisiológico	32
2.2.6.5. Luminoso.....	32
2.2.7. A Fonte de Tensão Elétrica	32
2.2.7.1. Definição	32
2.2.7.2. A Diferença de Potencial Elétrico (D.D.P).....	32
2.2.8. Geradores Ideais e Reais	35
2.2.8.1. Representação no circuito: simbologia.....	35
2.2.9. O Resistor.....	36
2.2.10.1. Definição	36
2.2.10.2. Unidades.....	36

2.2.10.3. Representação	36
2.2.10.4. Resistência e Resistividade Elétrica	37
2.2.10.4.1. Definições	37
2.2.11. O Receptor	37
2.2.12. As Leis de Ohm	38
2.2.12.1. Primeira Lei de Ohm	38
2.2.12.2. Segunda Lei de Ohm	Erro! Indicador não definido.
2.2.13. Circuitos Elétrico Simples	40
2.2.13.1. Elementos de um Circuito Elétrico Simples.....	40
2.2.13.2. Chave.....	40
2.2.13.3. Fonte.....	40
2.2.13.4. Fusível.....	41
2.2.13.5. Receptor.....	41
2.2.13.6. Resistor.....	41
2.2.14. Nomenclaturas.....	42
2.2.14.1. Nó	42
2.2.14.2. Ramo	43
2.2.14.3. Malha	43
2.2.15. Associação de Resistores	44
2.2.15.1. Definição	44
2.2.15.2. Associação de Resistores em Série.....	44
2.2.15.3. Associação de Resistores em Paralelo	48
2.2.15.4. Associação Mista de Resistores	50
2.2.16. Aparelhos de Medida.....	51
2.2.16.1. Amperímetro	51
2.2.16.2. Voltímetro.....	52
CAPÍTULO 3	53
METODOLOGIA, RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	53
3.1. Primeiro Momento Pedagógico (PMP)	54
3.2. Segundo Momento Pedagógico (SMP)	61
3.3. Terceiro Momento Pedagógico (TMP)	66
CAPÍTULO 4	74
4.1. AVALIAÇÃO DO PROJETO	74

4.2. DIFICULDADES E PROBLEMAS ENCONTRADOS.....	82
CAPÍTULO 5	84
CONCLUSÃO.....	84
REFERÊNCIAS.....	86
APÊNDICE A: REGISTROS DA SEGUNDA PARTE DO TMP	89
APÊNDICE B: MONTAGEM DO EQUIPAMENTO EDUCACIONAL	100
APÊNDICE C: PROJETOS DESENVOLVIDOS.....	106
APÊNDICE D: PRODUTO EDUCACIONAL.....	116
APÊNDICE E: QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DO PROJETO NA ESCOLA	158

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

A Física da escola é reconhecida, na maioria das vezes, como uma disciplina perversa, difícil, desagradável, coisa de louco e responsável por reprovações em massa. Os professores de Física estão acostumados a ouvir os relatos de insatisfação dos alunos enquanto apresentam a disciplina a ser ministrada para eles naquele ano letivo. A Física do ensino médio não é bem quista pela maioria dos alunos, pelo modo como a forma de “ensiná-la” se estabeleceu, “é fato que muitas vezes o ensino da Física no ensino médio tem sido ministrado de forma simplista e mecânica, não havendo motivação quanto aos temas abordados, nem a conexão com o cotidiano, o que acarreta aversão à disciplina por boa parte dos alunos” (MENDES, R. M. B. et. al., 2007, p.1). O ensino de Física é mecanizado e arcaico na maioria das instituições de ensino. Grande parte deste problema se deve à comodidade, por parte do professor, de fazer “o que sempre faz e do mesmo jeito”, pois assim evitaria o esforço de preparar algo novo. Estamos em pleno século 21, porém a Física do ensino médio apresentada parece não acompanhar essa passagem de tempo. Como afirma Moreira (2013, p.1):

“A Física na Educação Básica está em crise: além da falta e/ou despreparo de professores, das más condições de trabalho, do reduzido número de aulas e da progressiva perda da identidade no currículo, o ensino da Física na educação contemporânea estimula a aprendizagem mecânica de conteúdos desatualizados”.

De fato, não há o ensino, e aparentemente nem perspectiva, da Física realmente Moderna, dos conhecimentos atuais, das tendências e potenciais tecnológicos dos estudos de supercondutores, Física de partículas, Física Quântica, etc. Essa mudança fugiria ao tradicionalismo nocivo que nada mais é do que o modelo de educação bancária que, segundo Paulo Freire “*na concepção bancária, a educação é o ato de depositar, transferir, transmitir valores e conhecimentos. Nessa concepção, o saber é uma doação dos que se julgam sábios aos que se julgam nada saber*” (Freire, 1988, p.58-59), é mais

cômodo ensinar a decorar, pois preparar materiais atualizados e desenvolver métodos diferenciados de ensinar seria trabalhoso. O discurso de muitos docentes é: “Vou receber o mesmo salário, ministrando a minha aula como sempre fiz ou *trabalhando de forma extra* para desenvolver novas ferramentas, não vale a pena”. O Professor sem motivação, sem incentivo e sem condições dificilmente terá o desejo de mudar esta realidade. O novo requer esforço e trabalho. Vale destacar que a situação exposta não diz respeito a todos os professores de Física, porém é algo comum entre os profissionais da rede pública que estão em sala há décadas. Na rede privada, por exigência do próprio mercado, esta frequência é menor, entretanto em ambas as redes de ensino temos outro agravante: “o *bom professor versus o mau professor*”. Uma mudança no pensamento social sobre “ensinar Física” deveria ser posta em discussão/prática pelos órgãos responsáveis pela educação e qualidade de ensino. Para os pais dos alunos, as aulas com professores carismáticos, brincalhões, que ensinam a decorar fórmulas com músicas e frases engraçadas, são as boas, pois se tratam de bons professores já que estes geralmente cobram em suas provas *exatamente* o mesmo que ensinaram a fazer na aula, sem exigir um posicionamento crítico do aluno, para evitar problemas burocráticos que fazem parte da realidade do ensino brasileiro. Qualquer tentativa de mudança no sentido de avaliar o aprendizado do aluno, ou seja, cobrar aplicações práticas daquele conteúdo, a relação que este tem com o cotidiano do aluno, etc., resultará em notas baixas, muitas reclamações, problemas para o professor que, a partir disso, será tachado de mau professor.

A visão que muitos alunos têm da disciplina se torna consequência do modo como ela é apresentada ao longo do ensino médio e a figura do professor de Física também é penalizada graças aos problemas já instalados sobre esse modo de ensiná-la. Para Mendes et. al. (2007) “pode-se verificar que estes alunos têm uma visão restrita ou equivocada do campo de trabalho e atuação de um físico, da Física propriamente dita, bem como as relações da Física com outras áreas de conhecimento”. A respeito disso, “os estudantes do Ensino Médio precisam [...] desmistificar a concepção sobre a Física que eles têm em mente e que, quase sempre, é associada somente ao ensino” (MENDES et al., 2007, p.1). Nesse sentido:

“O bacharel em Física, por exemplo, estuda corpos e fenômenos físicos em todas as escalas de partículas subatômicas à imensidão do cosmos. Além da pesquisa pura, aplica as leis do mundo físico para a solução de questões práticas e cotidianas. Pode especializar-se em diversas áreas, como acústica, plasma, astrofísica, física nuclear, desenvolvimento de novos materiais, entre outras. Na indústria faz experiências e análises para criar e aperfeiçoar materiais tecnológicos, produtos e processos. No mercado financeiro trabalha com modelos matemáticos para analisar o comportamento das bolsas de valores. Atua ainda na área de física médica, desenvolvendo e aplicando tecnologias e equipamentos nucleares e radioativos para imagem, diagnóstico e tratamento de doenças. O maior campo de trabalho, contudo, é mesmo o ensino”. (GUIA DAS PROFISSÕES, 2005, pg 99).

Além disso, Mendes et al. (2007) ressalta:

“Que a maioria dos alunos de escolas públicas e privadas enxerga o físico atuando restritamente em escolas de Ensino Médio e Universidades (basicamente no ensino) [...] além de existirem alunos que fazem confusão entre o profissional da Física e o de Educação Física, dois campos de trabalho e estudo bem distintos”. (MENDES et al., 2007, p.9).

Os alunos, em grande parte, não são preparados para perceber quais as possíveis aplicações dos conhecimentos físicos que podem adquirir no ensino médio e, também, em quais áreas um físico pode trabalhar. Para a maioria dos alunos, um físico é apenas “o cara que vai entrar na sala de aula e mostrar muitas fórmulas para serem decoradas e usadas em uma prova”. Podemos perceber que os alunos enxergam somente a forma inadequada com a qual a Física é ensinada, quase sempre resumida a decorar fórmulas *estranhas* para resolver as questões do livro. Sobre isso, Câmara et al. (2014, p.421) afirmam que “ainda mais preocupante é o fato de que se preza a memorização, pura e simples, de fórmulas que podem ser aplicadas na resolução de exercícios que muitas vezes não há conexão com o dia a dia do aluno”. Os conteúdos já surgem prontos, enlatados, com perguntas e respostas produzidas em série, que não são frutos dos questionamentos e curiosidades dos próprios alunos, que parecem pertencer a um universo diferente daquele conhecido como “vida cotidiana”. A única “motivação” que os alunos, em grande parte dos casos, atualmente têm sobre estudar estes conteúdos de física é: “vai cair na prova” ou “isso é cobrado no vestibular”. Com isso a distância entre o gosto pelas ciências e o aluno se torna cada vez maior.

De acordo com Ricardo e Freire (2007, p. 251) “da escola se exige uma formação compatível com o chamado mundo contemporâneo, no sentido de assegurar uma preparação para o enfrentamento do que se espera encontrar depois dela”. Porém o modelo atual de ensino mecanizado, como já discutido, no estilo “educação bancária” (Freire, 1988), não está de acordo com a própria proposta do que se espera da escola. Uma mudança no modo de ensinar é necessária e urgente, pois continuar tratando de maneira arcaica o ensino de um aluno, em qualquer área do conhecimento, é fazê-lo criar antipatia pela figura da escola. Ricardo e Freire (2007, p. 251) complementam que “a estrutura escolar atual parece estar cada vez menos capaz de atender às expectativas dos seus alunos, embora o número de matrículas tenha crescido consideravelmente nos últimos anos”. Assim, mantendo essas metodologias inadequadas, contribuiremos para o aumento na quantidade dos que antipatizam pela Física. Dessa forma, este trabalho propõe uma alternativa para sanar, em parte, a intensa dicotomia entre a “física escolar” e a “física cotidiana” causada pela forma ultrapassada de ensiná-la e, embora nosso trabalho também vislumbre a preparação para o vestibular, nosso foco não é este, a aptidão para a realização das provas e os bons resultados alcançados serão uma consequência da aplicação deste trabalho com os alunos.

Acerca do que se espera do ensino médio e a formação que o aluno deveria ter, Ricardo e Freire (2007, p. 258-259) destacam que:

“Este deveria priorizar o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico do aluno [...] os conteúdos e as práticas deveriam ser tais que os alunos percebessem que os saberes escolares podem auxiliá-los a compreender sua realidade vivida e não apenas para serem aplicados em resolução de exercícios idealizados e que têm sentido e validade tão somente na sala de aula”.

Trazer o aluno para o centro nesta busca por conhecimento, estando esse conhecimento ligado à realidade do aluno, é essencial para sanarmos o problema da *demonização* da física. As atividades serão realizadas de acordo com o ritmo de cada indivíduo sem prejudicar os que avancem rápido em contrapartida aos que apresentarem mais dificuldades.

Ao reconhecer que a Física ministrada na escola está presente no seu cotidiano de forma explícita, o aprendizado se tornará mais significativo e acessível uma vez que se torna parte da vida do aluno. Para Vygotski (2001) “o desenvolvimento dos conceitos cotidianos e científicos são processos intimamente interligados, que exercem influência uns sobre os outros, possibilitando que atinjam novos níveis de desenvolvimento” e Maldaner (2007) “[...] esse processo é importante, uma vez que a significação de um conceito científico permite reorganizar a vivência do estudante, que forma consciência sobre ela e permite novas ações que eram despercebidas por eles”. Assim, não mais tendo a aplicação arcaica e puramente mecânica do ensino, os Três Momentos Pedagógicos como aliados no ensino de Física abrem espaço para a voz do aluno instituindo o diálogo (Maldaner, 2007) e nivelando o ritmo de aprendizado.

Para Mendes et al. (2007):

“[...] entre as razões de insucesso na aprendizagem em Física estão, em geral, insuficiente qualificação profissional dos professores, precariedade das condições de trabalho para estes professores, métodos de ensino ineficientes de acordo com as teorias de aprendizagem mais recentes e instalações físicas precárias em escolas e Universidades, principalmente, em laboratórios de ciências”.

O prejuízo causado, além dos já expostos, por “toda essa situação problemática vivenciada no ensino de Física tem criado dificuldades aos estudantes que chegam ao Ensino Superior e ingressam em cursos da área tecnológica como Engenharias, entre outros, e que precisam do conhecimento de vários conteúdos da Física do Ensino Médio” (MENDES, et al. In: Simpósio Nacional de Ensino de Física, 17., 2007, Maranhão). A péssima qualidade no ensino de Física na educação básica influenciará na dificuldade que os estudantes universitários (ou em cursos técnicos) enfrentarão ao longo de sua formação a depender da sua área de atuação, como explanado, ocasionando, em muitos casos, abandono dos cursos ou mudanças para áreas que não tenham relação com ciências exatas, causando assim escassez de determinados profissionais. Um material eficiente, fácil de ser produzido em

qualquer lugar e economicamente viável é essencial para a mudança no modo de ensinar e aprender física.

Neste trabalho, propomos o ensino de circuitos elétricos, mais especificamente Associações de Resistores, de forma que o aluno seja o protagonista na construção do conhecimento, permitindo que ele tenha meios de evoluir nos estudos de forma autônoma, pois se pensarmos em sociedade moderna (modernizada) é impossível nos imaginarmos sem energia elétrica, de modo mais específico, sem o uso destes circuitos elétricos. Praticamente tudo à nossa volta utiliza circuitos, desde os mais simples até os mais sofisticados. Vivemos de maneira culturalmente dependente dos circuitos elétricos, portanto, conhecê-los do ponto de vista prático e teórico é de fundamental importância, sendo assim, é imprescindível que os alunos consigam desenvolver a capacidade de relacionar os conteúdos de sua grade curricular com o seu cotidiano, de modo que as 'aulas' deixem de ser apenas algo ligado à sala de aula e às provas. Tendo isto em mente, uma questão para refletirmos sobre a importância deste conteúdo é: qual tecnologia moderna não utiliza circuitos elétricos? Nosso atual modelo de ensino (em prática nas escolas) não permite que os alunos consigam responder a esse questionamento de forma fácil, afinal estão sendo preparados, quando são, unicamente para responder questões objetivas de vestibulares.

Nosso trabalho terá três fases, de acordo com os Três Momentos Pedagógicos, e em todas as fases o aluno será o centro das discussões. As situações problema vistas no primeiro momento pedagógico (problematização inicial), ligada ao cotidiano dos alunos serão a centelha para a ignição dos questionamentos. O embasamento teórico com materiais digitais e aplicativos virtuais de construção de circuitos elétricos, que serão trabalhados no segundo momento pedagógico (organização/sistematização do conhecimento), darão ao aluno os alicerces para a chegada do momento em que ele será desafiado a pôr em prática a teoria através de suas habilidades, o terceiro momento pedagógico (aplicação do conhecimento). Trabalharemos para desenvolver talentos, não para selecioná-los. Acerca dos trabalhos que serão desenvolvidos no segundo momento pedagógico utilizando aplicativos virtuais, Moreira (2013) cita que:

“[...] laboratórios tradicionais são importantes no ensino de ciências, mas muitas vezes não são usados ou não existem nas escolas. Laboratórios virtuais podem motivar os alunos a contribuir para o desenvolvimento de competências científicas. Os alunos podem modificar características de modelos científicos, podem criar modelos computacionais, podem fazer experimentos sobre fenômenos não observáveis diretamente. Criar ambientes *online* que usem dados individuais armazenados de estudantes, para guiá-los em experimentos virtuais apropriados para seus conhecimentos prévios e seus estágios de desenvolvimento.”

Acerca dos trabalhos usando ferramentas digitais, Carraro e Pereira (2014) acreditam que “usando os simuladores virtuais, o professor pode conseguir uma participação mais efetiva dos alunos explorando o conteúdo de forma mais dinâmica e interativa, potencializando a aprendizagem dos conteúdos trabalhados”.

Um dos pontos fortes do nosso trabalho será aprender a trabalhar em grupos, no terceiro momento pedagógico. Esta ruptura na zona de conforto de “trabalhar sozinho e não precisar considerar as opiniões do outro” é essencial para um crescimento interpessoal e profissional. Carl Wieman, prêmio Nobel de Física, afirma que¹:

“O que funciona melhor do que aulas expositivas e temas de casa (listas de problemas) é ter os alunos trabalhando em pequenos grupos com a mediação de professores que podem ajudá-los a aplicar conceitos básicos a situações da vida real.”

Com a junção destas três etapas de atividades, teremos à disposição uma ferramenta potencialmente benéfica para pormos um fim ao desinteresse, por parte dos alunos, em estudar Física e, quem sabe, despertar competências.

¹ *Grand Challenges in Science Education*, **Science**, 19 de abril de 2013, p. 294.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Teoria Pedagógica

A fundamentação teórica está pautada nos Três Momentos Pedagógicos de Angotti e Delizoicov, classificados do seguinte modo:

2.1.1. Primeiro Momento Pedagógico: Problematização Inicial

No Primeiro Momento Pedagógico, **PMP**, apresentam-se questões ou situações reais que os alunos conhecem e presenciam e que estão envolvidas nos temas. Os alunos são desafiados a expor o que pensam sobre as situações, para que o professor possa ter ideia dos conhecimentos prévios do aluno. É importante que a situação tratada seja, embora ainda obscura do ponto de vista teórico, familiar ao aluno, para que o instigue ao desejo de responder e buscar o conhecimento que ainda não detém. Acerca do primeiro momento, Angotti e Delizoicov destacam que:

“Mais do que simples motivação para se introduzir um conteúdo específico, a problematização inicial visa à ligação desse conteúdo com situações reais que os alunos conhecem e presenciam, mas que não conseguem interpretar completa ou corretamente, porque provavelmente não dispõem de conhecimentos científicos suficientes”. (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1990a, p. 29)

2.1.2. Segundo Momento Pedagógico: Organização /Sistematização do Conhecimento

No Segundo Momento Pedagógico, **SMP**, serão trabalhadas e detalhadas todas as ideias envolvidas nas situações-problema analisadas no PMP. Toda a teoria envolvida no conteúdo deverá ser estudada de forma clara e acessível para que o aluno desenvolva meios de ligá-la ao que foi verificado anteriormente. Segundo Angotti e Delizoicov, sobre este momento:

“[...] será preparado e desenvolvido, durante o número de aulas necessárias, em função dos objetivos definidos e do livro didático ou outro recurso pelo qual o professor tenha optado para o seu curso.

Serão ressaltados pontos importantes e sugeridas atividades, com as quais se poderá trabalhar para organizar a aprendizagem". (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1990a, p. 30)

2.1.3. Terceiro Momento Pedagógico: Aplicação do Conhecimento

No Terceiro Momento Pedagógico, **TMP**, o aluno deverá expor seus conhecimentos sobre o assunto tratado de forma que seja capaz de aplicá-los a situações gerais, experimentos, fenômenos do cotidiano, etc. A aplicação do conhecimento exigirá do aluno não só o conhecimento sobre o fato, mas sua capacidade de utilizá-lo de forma produtiva o que possibilitará seu desenvolvimento e aprofundamento. Sobre este momento, Angotti e Delizoicov afirmam que:

"Destina-se, sobretudo, a abordar sistematicamente o conhecimento que vem sendo incorporado pelo aluno, para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram o seu estudo, como outras situações que não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, mas que são explicadas pelo mesmo conhecimento". (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1990a, p. 31)

O ponto chave deste momento é mostrar ao aluno que a Física, neste caso os circuitos elétricos, não se limita à sala de aula, mas sim que o cerca e, dominando estes conhecimentos, os mesmos poderão ser utilizados por ele. Sobre esta linha de pensamento "pode-se evitar a excessiva dicotomia entre processo e produto, física de 'quadro-negro' e física da 'vida'" (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1990a, p. 31).

2.2. Eletrodinâmica²

2.2.1. Corrente Elétrica

O movimento ordenado de portadores de carga elétrica em um meio condutor é chamado de corrente elétrica (SILVA; FILHO, 2010, p. 81-83). A corrente elétrica caracteriza que um corpo ou objeto está fora do equilíbrio eletrostático, portanto, como veremos adiante, há uma diferença de potencial elétrico (D.D.P.) entre pontos deste condutor e enquanto ela for mantida, a corrente existirá. Sua representação é dada pela letra *i*.

² Somente serão trabalhados os conteúdos relacionados às atividades desenvolvidas neste projeto.

2.2.2. Condutores e Maus Condutores

Os materiais que permitem a fácil movimentação de portadores de carga são chamados de Condutores (SILVA; FILHO, 2010, p. 64-71). Eles podem se encontrar nos três estados físicos, a saber, sólido, líquido e gasoso, onde os portadores são, respectivamente, elétrons livres, íons e a mistura de ambos. Os materiais em que a mobilidade de portadores de carga sofre grande resistência e é dificultada são chamados de Maus Condutores (também chamados de Dielétricos ou Isolantes). Embora ofereçam esta dificuldade à passagem de corrente, os maus condutores têm seu limite, isto é chamado de Rigidez Dielétrica. Se a diferença de potencial elétrico entre dois pontos atingir valores muito elevados, a depender do material, essa rigidez será quebrada, assim o material passará a ser um condutor. Um grande exemplo disso é o ar que não conduz eletricidade em situações normais, porém ao ser submetido a uma grande diferença de potencial elétrico se torna momentaneamente um condutor, o fenômeno natural conhecido como raio é a consequência desta passagem de corrente elétrica pelo ar³.

2.2.3. Corrente Elétrica Real e Convencional

Até meados do século XIX acreditava-se que a corrente elétrica era feita por portadores de carga positiva, mas verificou-se que, de fato, a corrente é composta por portadores de carga negativa, a exemplo dos metais que são de interesse nas fiações residenciais. Tomou-se então o “movimento” de cargas positivas como o sentido convencional da corrente elétrica enquanto que as cargas negativas compõem o movimento real desta. A Fig.2.1 ilustra este fato.

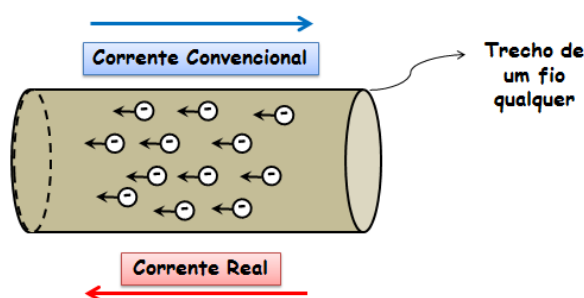


Fig.2. 1 – Corrente convencional e corrente real em um condutor metálico.

(Fonte: Arquivo do Autor)

³ Para mais informações sobre raios consulte:

<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/raio.htm>, acessado em 09/09/2018. E <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/raios.htm>, acessado em 09/09/2018.

2.2.4. Tipos de Corrente

Há dois tipos básicos de corrente elétrica: Contínua e Alternada.

2.2.4.1. Corrente Contínua

A corrente contínua, CC, é aquela que não tem alteração no seu sentido de movimento. Se sua intensidade não variar com o tempo, será constante além de contínua. A Fig.2.2 ilustra sua representação.



Fig.2. 2 – Representação esquemática da corrente contínua, CC.

(Fonte: Arquivo do Autor)

Graficamente, temos a corrente contínua e constante em função do tempo como ilustra a Fig.2.3.

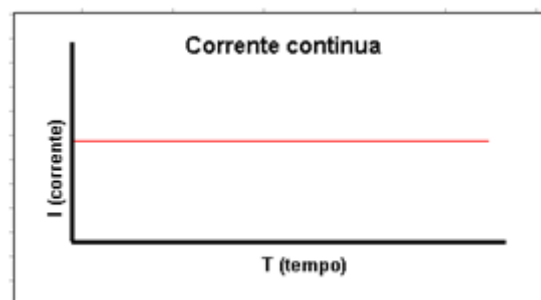


Fig.2. 3 – Corrente Contínua, CC, em função do tempo.

(Fonte: Arquivo do Autor)

2.2.4.2. Corrente Alternada

A corrente alternada, CA, tem por característica a mudança no seu sentido de movimento e variações na sua intensidade. Sua ilustração técnica está mostrada na Fig.2.4.



Fig.2. 4 – Representação técnica da corrente alternada, CA.

(Fonte: Arquivo do Autor)

De maneira simplificada, o gráfico da corrente alternada em função do tempo é ilustrado pela Fig.2.5.

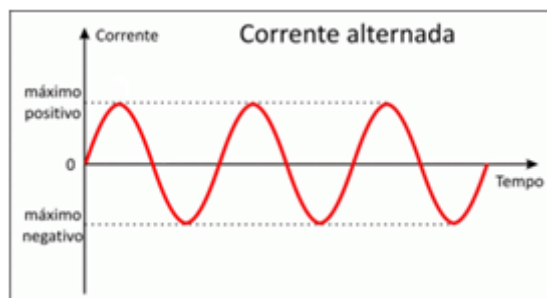


Fig.2. 5 – gráfico senoidal da corrente alternada, CA, em função do tempo.

(Fonte: Arquivo do Autor)

2.2.5. Intensidade Média da Corrente Elétrica

Tomando uma secção transversal de um fio por onde passa corrente elétrica, de acordo com a Fig.2.6, a contagem do módulo da quantidade de carga que a atravessou por unidade de tempo é o valor médio da corrente tendo em vista que ora passarão mais, ora passarão menos cargas.

Sendo i a representação da corrente, $|\Delta Q|$ o módulo da quantidade de carga e Δt , o intervalo de tempo de observação, temos que:

$$i = \frac{|\Delta Q|}{\Delta t} \quad (\text{eq. 2.1})$$

Que nos dá a intensidade média da corrente elétrica.

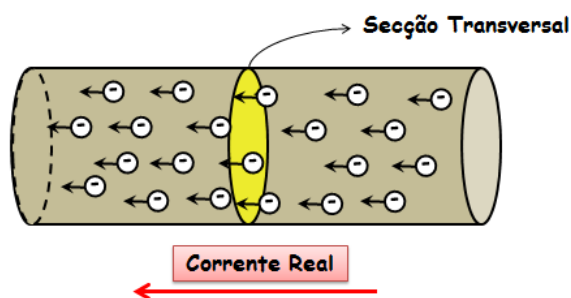


Fig.2. 6 – Corrente elétrica passando através de uma secção transversal de um fio condutor.

(Fonte: Arquivo do Autor)

Analisaremos agora a unidade referente à corrente elétrica. Da eq.2.1, temos a eq.2.2:

$$[i] = \frac{[Q]}{[t]} = \frac{C \text{ (coulomb)}}{s \text{ (segundo)}} = A \text{ (ampère)} \quad (\text{eq. 2.2})$$

A unidade A, ampère, é em homenagem ao físico francês André-Marie Ampère (1775-1836).

2.2.5.1. Método Gráfico: *i* versus *t*

Para correntes variáveis, o método de obtenção de seu valor médio consiste em análise gráfica. A Fig.2.7 representa o gráfico de uma corrente variável no tempo. Tomaremos os intervalos t_1 e t_2 onde a corrente assumiu os valores i_1 e i_2 , respectivamente.

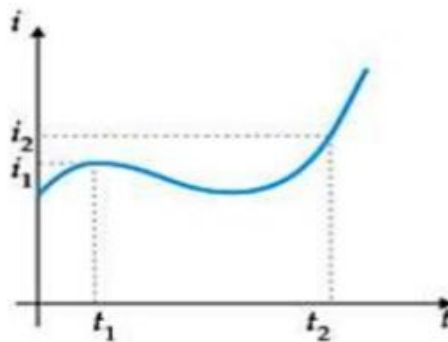


Fig.2. 7 – Gráfico da corrente variável entre i_1 e i_2 no intervalo de tempo entre t_1 e t_2 .

(Fonte: Arquivo do Autor)

O valor da corrente é a razão entre a área sob a curva pelo referido intervalo de tempo, conforme ilustra a Fig.2.8. Esta área, de modo geral, é obtida com processos de integração no escopo do ensino superior. Neste trabalho nosso foco é o **ENSINO MÉDIO**.

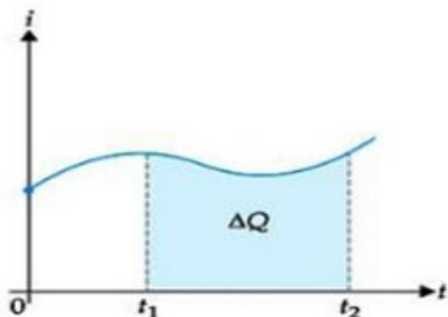


Fig.2. 8 – A razão entre a área, ΔQ e o intervalo de t_1 a t_2 é a corrente elétrica neste intervalo.

(Fonte: Arquivo do Autor)

2.2.6. Efeitos da Corrente Elétrica

A passagem de corrente elétrica através dos materiais manifesta alguns fenômenos que podem ser de interesse geral (SILVA; FILHO, 2010, p. 81-83). Descreveremos cinco destes dando ênfase ao quinto cuja importância é diretamente ligada a este trabalho.

2.2.6.1. Térmico

As colisões existentes entre os portadores de carga e os átomos do material atravessado dissipam certa quantidade de energia na forma térmica, isto acarreta um aumento de temperatura do material que, em alguns casos pode se tornar incandescente, a exemplo dos filamentos de tungstênio das antigas lâmpadas incandescentes. Por melhor que o condutor seja sempre haverá uma parcela de energia dissipada desta forma em casos normais. Em alguns equipamentos este efeito é evidenciado por razões práticas, tais como ferro de passar roupas, sanduicheiras, chuveiros e torneiras elétricas, etc., em outros ele é indesejável como, por exemplo, o aquecimento de um notebook em uso, o aquecimento de uma televisão ligada, etc. Este fenômeno recebe o nome de Efeito Joule.

2.2.6.2. Químico

A passagem de corrente elétrica em soluções pode promover a Eletrólise, a quebra de moléculas, a energia elétrica transportada pela corrente é convertida em energia química. Esse processo não é espontâneo e, de maneira geral, é o processo químico inverso ao da pilha que é espontâneo e transforma energia química em energia elétrica. A Eletrólise é muito usada, por exemplo, para a produção de alumínio a partir da bauxita, ou a soda cáustica a partir do cloreto de sódio, entre outros.

2.2.6.3. Magnético

Ao redor de um condutor percorrido por corrente elétrica é gerado um campo magnético. Este fenômeno foi observado por acaso pelo professor Hans Christian Oersted (1777 - 1851) durante uma aula. Ele percebeu que o fio por onde passava corrente elétrica estava interferindo com o funcionamento de

uma bússola próxima e já era sabido que apenas o campo magnético era capaz de tal interferência, uma vez que a bússola não passava de um ímã.

2.2.6.4. Fisiológico

A passagem de corrente elétrica através de organismos causa alterações nas trocas de informações entre neurônios o que afeta o funcionamento destes em dada ocasião. Destacamos o comportamento das fibras musculares ao serem percorridas por corrente. Elas sofrem fortes contrações enquanto a corrente for mantida. O lado benéfico deste efeito é na aplicação de marca-passos e desfibriladores.

2.2.6.5. Luminoso

Gases quando percorridos por corrente elétrica em virtude de uma diferença de potencial entre dois pontos ou dois terminais, a exemplo das lâmpadas fluorescentes compactas (CFL), terão seus elétrons sofrendo excitação a níveis mais elevados e ao retornarem ao seu estado anterior emitirão energia de forma luminosa, ou radiante (ondas eletromagnéticas) que podem ser visíveis. Neste trabalho usaremos as CFL nas associações de resistores a serem tratadas com os alunos além das Incandescentes. Não utilizaremos as lâmpadas de LED's em virtude do preço não estar acessível.

2.2.7. A Fonte de Tensão Elétrica

2.2.7.1. Definição

O Circuito Elétrico é um arranjo de componentes elétricos constituindo um caminho fechado onde os portadores de carga podem se movimentar. Dentre esses componentes destaca-se o gerador que é um dos tipos de fonte de tensão elétrica. Para que o circuito funcione é necessário que 'alguém' promova a movimentação desses portadores de carga, o gerador é o responsável por promover esta movimentação ordenada de portadores de carga por meio de uma diferença de potencial elétrico mantida entre dois dos extremos do circuito.

2.2.7.2. A Diferença de Potencial Elétrico (D.D.P)

É função do gerador, bateria, pilhas, etc., que são exemplos de fontes de tensão elétrica, manter uma diferença de potencial elétrico no circuito elétrico

para seu funcionamento. Para entendermos melhor o papel do gerador faremos uma analogia ao caso gravitacional discutindo a diferença de potencial gravitacional. Na Fig.2.9 abaixo temos uma mesa de altura h_1 com duas marcações, no lado esquerdo a marcação A, onde há uma pequena bolinha em repouso, e no lado direito a marcação B. Ambas estão à mesma altura h_1 em relação ao nível de referência no solo, portanto possuem o mesmo potencial gravitacional, pois este, de maneira simplificada, depende da altura em relação ao nível de referência escolhido.

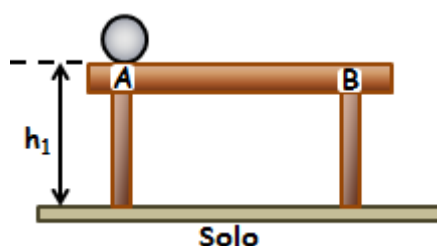


Fig.2. 9 – Situação de equilíbrio em relação aos potenciais gravitacionais dos pontos A e B.

(Fonte: Arquivo do Autor)

Não haverá movimento espontâneo da bolinha de A para B enquanto não houver diferença entre estes níveis. A Fig.2.10 mostra a mesa da situação anterior, porém, agora desnivelada, estando o ponto A, altura h_1 , em um nível acima do ponto B, altura h_2 . Espontaneamente a bolinha sairá (cairá) do ponto A em direção ao ponto B pelo caminho que lhe é permitido, o tampo da mesa.

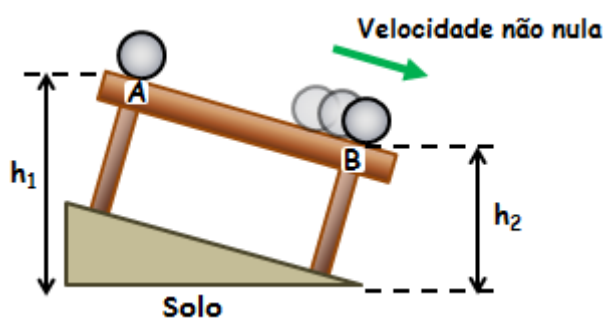


Fig.2. 10 – Movimento espontâneo em virtude da DDP gravitacional em relação ao desnível entre A e B.

(Fonte: Arquivo do Autor)

Imaginemos um pequeno tobogã no qual despejaremos várias bolinhas, como ilustra a Fig. 2.11.

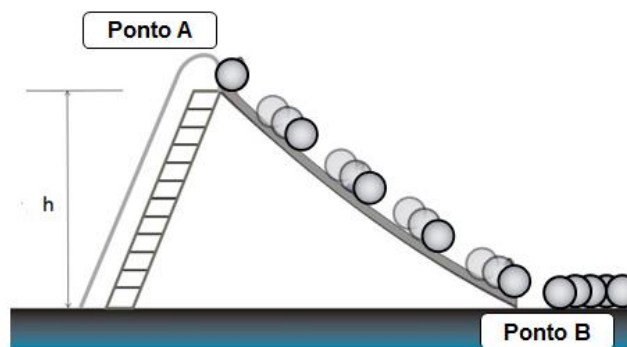


Fig.2. 11 – Movimento espontâneo de pequenas bolinhas entre os pontos A e B do tobogã.

(Fonte: Arquivo do Autor)

O nível mais alto, ponto A, está a uma altura h em relação ao nível de referência (solo) onde está o ponto B. Se largarmos uma sucessão de bolinhas, todas repetirão o mesmo movimento, de A em direção a B e enquanto houver bolinhas disponíveis esta corrente de bolinhas se manterá. A partir do momento que este estoque cessar, embora haja o desnível entre os pontos A e B, as bolinhas não sairão do chão em direção ao ponto A de maneira espontânea, em outras palavras, estes elementos não vencerão de maneira gratuita a diferença de potencial gravitacional a eles imposta, sendo necessária para isso a atuação de algum agente que utilize sua energia para tal fim. Este agente é o gerador. Para fecharmos esta analogia, o gerador seria, por exemplo, uma pessoa que juntasse as bolinhas do solo e as levasse novamente até o ponto A para que pudessem continuar o movimento que anteriormente realizaram, conforme representa a Fig.2.12. A unidade de medida, no sistema internacional de unidades (SI), para a DDP é o V (volt). A DDP pode ser representada nos esquemas de circuito elétrico por V ou U a depender da notação adotada pelo material utilizado.

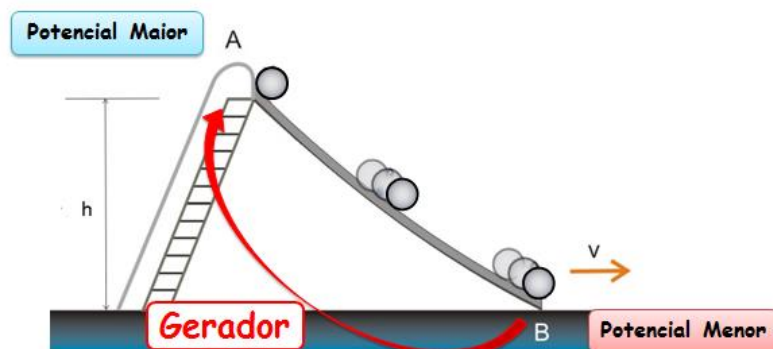


Fig.2. 12 – Analogia gravitacional acerca do papel do gerador em relação à diferença de potencial elétrico.

(Fonte: Arquivo do Autor)

2.2.8. Geradores Ideais e Reais

Gerador ideal, ou fonte de tensão ideal, é aquele que consegue fornecer ao circuito elétrico a DDP máxima que lhe é possível sem desperdiçar alguma parcela através de meios resistivos. Chamamos sua produção total de Força Eletromotriz, F.E.M, ela será representada nos circuitos pela letra grega $\mathcal{E}$ (épsilon). Fazendo uma analogia ao salário que um trabalhador recebe, a F.E.M. seria o **salário bruto**, os **impostos** seriam os meios resistivos que “dissipam” parte do salário bruto e, por fim, a DDP lançada ao circuito elétrico seria o nosso **salário líquido**. Em casos reais sempre teremos uma parcela dissipada através dos elementos resistivos do próprio equipamento. Não entraremos em detalhes matemáticos sobre geradores por não ser esse o foco deste trabalho.

2.2.8.1. Representação no circuito: simbologia.

Nos esquemas básicos de circuitos elétricos as fontes de tensão, ou geradores, são representados conforme ilustra a Fig.2.13.

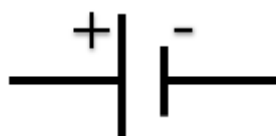


Fig.2. 13 – representação esquemática da fonte de tensão em um circuito.

(Fonte: Arquivo do Autor)

A barra maior neste desenho, no lado esquerdo, representa o maior potencial elétrico e a barra menor, o menor potencial elétrico. Próximo a este símbolo poderá estar escrito o valor da DDP, ou as letras “V” ou “U” que representam, também, a DDP. De acordo com as convenções para a corrente elétrica, a corrente convencional, que acreditava-se tratar do movimento de cargas positivas, sempre “cairá” do maior potencial elétrico em direção ao menor potencial elétrico passando pelos demais elementos que compuserem o circuito elétrico. Em contrapartida, a corrente real, o movimento dos portadores de carga elétrica negativa, partirá do menor potencial elétrico em direção ao maior. No estudo de circuitos elétrico levaremos em consideração a notação sobre a corrente CONVENCIONAL. Para grande parte das situações o sentido da corrente elétrica, de fato, será irrelevante.

2.2.9. O Resistor

O equipamento responsável pelo controle da corrente elétrica em um circuito é o resistor, que pode ser encontrado de vários formatos e, de maneira mais comum, feitos de cerâmica ou carvão.

2.2.10.1. Definição

O componente do circuito que oferece resistência explícita à passagem de corrente elétrica, tendo como consequência seu aquecimento por efeito Joule, é chamado de resistor.

2.2.10.2. Unidades

Em homenagem a George Simon Ohm, cientista que dedicou esforços, entre outras áreas, ao estudo de resistores e suas resistências elétricas, a unidade de resistência elétrica é o *ohm*, simbolicamente representado pela letra grega Ω (ômega).

2.2.10.3. Representação

A representação esquemática pode ser de duas formas. A figura Fig.2.14. a seguir mostra ambas.

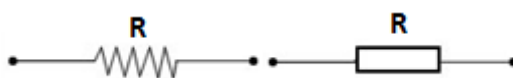


Fig.2. 14 – Representação esquemática de resistores.

(Fonte: Arquivo do Autor)

Analogamente a representação da tensão elétrica, a representação dos resistores pode trazer próximo ao símbolo o valor da resistência elétrica.

2.2.10.4. Resistência e Resistividade Elétrica⁴

Uma propriedade intrínseca aos resistores é a sua capacidade de oferecer resistência ao movimento dos portadores de carga. A resistência depende de fatores como comprimento, área da seção transversal e substância do qual o material é feito, além da temperatura e de outros fatores mais específicos⁵.

2.2.10.4.1. Definições

A resistência elétrica é a propriedade geral de dificultar a movimentação de carga elétrica através de determinado material. A resistividade elétrica é uma propriedade da substância do qual o resistor é feito, considerando, por simplicidade, um resistor feito com uma única substância, e é representada pela letra grega ρ (rô), onde ρ é dado em $\Omega.m$ que será discutido novamente no tópico 2.2.12.2 ao tratarmos da Segunda Lei de Ohm. A resistência elétrica do resistor depende da resistividade elétrica da substância do qual é feito.

2.2.11. O Receptor

Receptor é o componente do circuito elétrico encarregado de converter a energia elétrica transportada pela corrente elétrica em formas que não necessariamente se resumam ao efeito Joule (dissipação em energia térmica). O principal exemplo de receptor, que também será o foco deste trabalho, são as lâmpadas Incandescentes, porém também utilizaremos, para fins de complemento as CFL (do inglês Compact Fluorescent Lamp, ou lâmpadas fluorescente compactas). Haverá nestes equipamentos, de maneira breve, a conversão de energia elétrica em energia luminosa com uma parcela em energia térmica.

⁴ Em muitos materiais didáticos, o tópico aqui descrito como “Resistividade Elétrica” é chamado de “2ª Lei de Ohm”.

⁵ Para maiores detalhes sobre resistência elétrica consulte: Curso de Física Básica/H. Moysés Nussenzveig – 1ª edição, volume 3, capítulo 6, tópico 6.3 Lei de Ohm e Condutividade, página 103, São Paulo: Edgar Blücher, 1997.

2.2.12. As Leis de Ohm

As leis de Ohm são assim chamadas em homenagem as grandes contribuições que George Simon Ohm proveu ao desenvolvimento da eletricidade.

2.2.12.1. Lei de Ohm

Para alguns resistores mantidos a *temperatura constante*, Ohm percebeu uma relação de fundamental importância entre a diferença de potencial e a corrente elétrica. Ohm percebeu que os aumentos de resistência elétrica, mantendo a DDP constante, ocasionavam quedas na intensidade da corrente elétrica que percorria o circuito elétrico, desta forma viu que a relação entre a resistência R e a corrente elétrica i eram inversamente proporcionais. De fato, os portadores de carga elétrica terão mais dificuldade de locomoção caso a resistência elétrica seja maior. Para cada DDP aplicada ao circuito elétrico, agora mantendo a resistência elétrica do resistor constante, verificou-se que a corrente elétrica também sofria alterações, sendo aqui variações diretamente proporcionais. Graficamente obteve-se algo semelhante ao que mostra a Fig.2.15 a seguir.

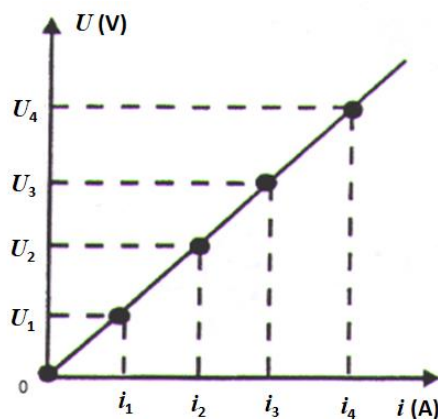


Fig.2. 15 – Curva Característica do resistor Ôhmico.

(Fonte: Arquivo do Autor)

O ponto chave foi perceber a linearidade do gráfico. Os resistores cujos gráficos de DDP em função da corrente elétrica são lineares são chamados de resistores Ôhmicos, sendo esta a **Lei de Ohm**. Através desse gráfico linear da DDP em função da corrente elétrica, tendo como coeficiente angular a

resistência elétrica de um determinado resistor, Ohm pôde escrever a consequência de sua primeira lei como:

$$U = R \cdot i \quad (\text{eq. 2.3})$$

Da eq. 2.3 podemos verificar outro modo de expressarmos a unidade de resistência elétrica, ohm, como a eq.2.4:

$$R = \frac{U}{i} \rightarrow [R] = \frac{[U]}{[i]} = \frac{V (volt)}{A (ampère)} = \Omega (ohm) \quad (\text{eq. 2.4})$$

2.2.12.2. Resistividade Elétrica⁶

Levando em consideração apenas as características intrínsecas do resistor, sabemos que sua resistência dependerá de fatores dimensionais e da substância do qual é feito. Fazendo uma analogia a tubulação de água: quanto maior for o diâmetro do tubo, mais fácil a água passará por ter mais espaço disponível para isso. Quanto mais comprido for o tubo, mais tempo a água passará em atrito com a parte interna por precisar percorrer uma distância maior, portanto terá mais dificuldades no seu movimento. Se a água estiver, mais densa, sendo algum tipo de solução pastosa, por exemplo, mais difícil será seu escoamento, porém quanto menos densa for, mais fácil escoará.

Condensando esta analogia em uma relação matemática onde a espessura do tubo está ligada a área da secção reta transversal do resistor, A, o comprimento da tubulação sendo relacionado ao comprimento do resistor, L, e a 'densidade' da água ligada a substância do qual o resistor é feito, chamada de resistividade elétrica ρ , teremos:

$$R = \frac{\rho \cdot L}{A} \quad (\text{eq. 2.5})$$

Verificando as unidades da resistividade elétrica mencionadas no tópico 2.2.10.4.1, através da eq. 2.5, temos a eq.2.6:

$$R = \frac{\rho \cdot L}{A} \rightarrow \rho = \frac{R \cdot A}{L} \rightarrow [\rho] = \frac{[R] \cdot [A]}{[L]} = \Omega \cdot m (ohm \cdot metro) \quad (\text{eq. 2.6})$$

⁶ Em muitos materiais didáticos, o tópico aqui descrito como "Resistividade Elétrica" é chamado de "2ª Lei de Ohm".

2.2.13. Circuitos Elétrico Simples

Os circuitos elétricos simples, que inicialmente nos servirão para subsidiar os conceitos necessários e fortalecer as experiências práticas por parte dos alunos, são compostos de alguns elementos essenciais que discutiremos a seguir.

2.2.13.1. Elementos de um Circuito Elétrico Simples

Vale ressaltar que todos estes elementos estarão presentes direta ou indiretamente nos materiais produzidos para a segunda parte do TMP e que serão apresentados pelos alunos em eventos organizados para a própria escola e comunidade em geral. Os componentes necessários serão listados por ordem alfabética:

2.2.13.2. Chave

Responsável pela abertura/fechamento do circuito elétrico, ela também pode ser chamada de interruptor. A chave é responsável por garantir que haja um caminho completo (fechado) para que a corrente elétrica circule em todas as regiões disponíveis. Sua estrutura simples e a representação no circuito elétrico, em um trecho de A a B, por exemplo, é mostrada na Fig.2.16.

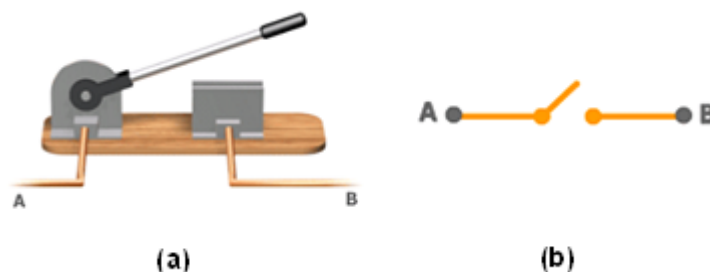


Fig.2. 16 – (a) estrutura simples de uma chave. (b) representação esquemática em um circuito.

(Fonte: http://www.passo-a-passo.com/mec/2.2.1/05_teorias.htm - acessado em 11/03/2017)

É comum vir próximo à representação da chave as letras “S” ou “ch”, elas apenas servem para enfatizar que aquele elemento é somente um interruptor.

2.2.13.3. Fonte

A corrente elétrica só se manterá no circuito elétrico enquanto houver uma DDP entre seus terminais, a fonte de tensão elétrica, que pode ser uma bateria, por exemplo, é a responsável por fornecer essa DDP.

2.2.13.4. Fusível

É o elemento responsável em garantir segurança, em caso de sobrecarga. O fusível, como o nome sugere, é passível de fundir, trata-se de um pequeno filamento metálico com ponto de fusão específico para o tipo de circuito elétrico a ser inserido. A Fig.2.17 mostra um exemplo simples de fusível e a sua representação comum em circuitos elétricos.

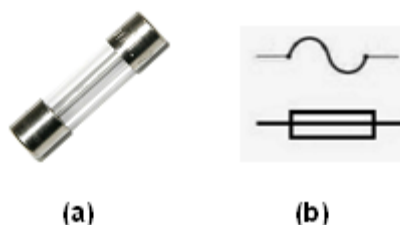


Fig.2. 17 – (a) modelo simples de fusível. (b) as duas representações esquemáticas mais comuns.

(Fonte: <http://publicaweb.com.br/porta/fusivel-samsung-scx-4216f-4016-4521f-lexmark-x215-xerox-pe16-phaser-3124-3125/> acessado em 11/03/2014)

2.2.13.5. Receptor

Elemento responsável por converter a energia elétrica disponível em outras formas de energia que não *necessariamente* seja térmica. Usaremos nas atividades experimentais as lâmpadas compactas fluorescentes, ou comumente chamadas de Lâmpadas Fluorescentes. Enquanto o gerador permite que haja energia no circuito elétrico o receptor a consome. As lâmpadas, em geral, são representadas no circuito elétrico como mostra a Fig.2.18.



Fig.2. 18 – representação esquemática mais comum de uma lâmpada em um circuito.

(Fonte: Arquivo do Autor)

2.2.13.6. Resistor

Equipamento destinado ao controle da intensidade de corrente elétrica que poderá se estabelecer no circuito elétrico. Eles serão utilizados na segunda parte do TMP principalmente para proteger LED's (do inglês Light Emitting Diode, Diodo Emissor de Luz) e evitar curto-circuito em eletroímãs.

2.2.14. Nomenclaturas

Estabeleceremos aqui algumas nomenclaturas frequentemente utilizadas em circuitos elétricos e que são importantes não só do ponto de vista teórico como prático. Listaremos as três nomenclaturas em questão de forma didática:

2.2.14.1. Nó

É um ponto do circuito de onde saem três ou mais fios. A Fig.2.19 representa esta ideia.

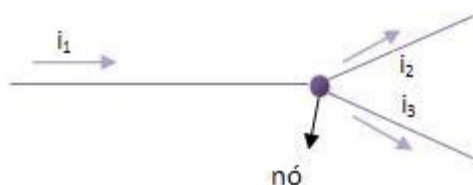


Fig.2. 19 – A corrente i_1 chega ao nó. As correntes i_2 e i_3 , componente de i_1 , saem do nó.

(Fonte: <https://www.colegioweb.com.br/leis-de-kirchhoff/primeira-lei-de-kirchhoff-ou-lei-dos-nos.html> - acessado em 11/03/2017)

Não entraremos em detalhes específicos sobre as Leis de Kirchhoff⁷, mas vale a pena citar que a Fig.2.20 traz o esquema de uma dessas leis, a saber, a Lei dos nós, que em essência retrata a conservação da carga elétrica. A corrente que sai do nó, independente de em quantas partes seja dividida, não pode ser diferente do valor absoluto que tinha ao chegar nele. Se tivermos várias correntes chegando e saindo do nó, como ilustra a Fig.2.20, poderemos representar esta lei matematicamente da seguinte forma:

$$i_1 + i_3 + i_4 = i_2 + i_5 \rightarrow \sum i_{chegam} = \sum i_{saem} \quad (\text{eq. 2.7})$$

⁷ Para mais informações sobre as Leis de Kirchhoff, consulte: Curso de Física Básica/H. Moysés Nussenzveig – 1ª edição, volume 3, capítulo 10, tópico 10.2 Leis de Kirchhoff, página 191, São Paulo: Edgar Blücher, 1997.

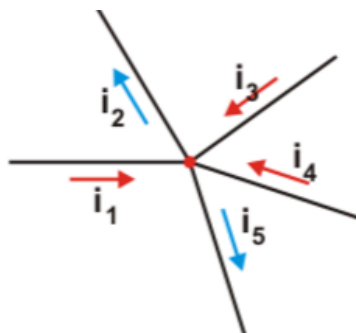


Fig.2. 20 – Representação da Lei dos Nós, uma das leis de Kirchhoff.

(Fonte: <http://www.alfaconnection.pro.br/fisica/electricidade/circuitos-simples/leis-dos-circuitos-eletricos/> - acessado em 11/03/2017)

2.2.14.2. Ramo

É o espaço compreendido entre dois nós. Em um ramo só passará uma única corrente elétrica. Observe na Fig.2.21 que há três ramos: *ramo BADC*, *ramo CFEB* e *ramo CB*.

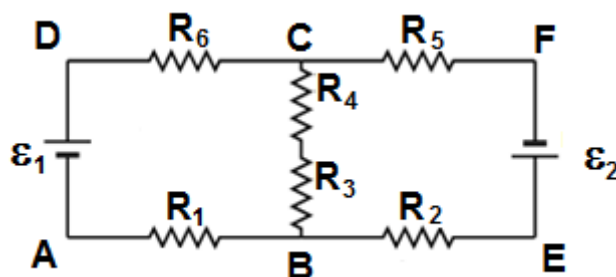


Fig.2. 21 – Circuito arbitrário para fins de análise de seus ramos e suas malhas.

(Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Circuito_el%C3%A9trico - acessado em 11/03/2017)

2.2.14.3. Malha

É dada pelo caminho fechado dentro de um circuito, tal que ao percorrê-la não passaremos duas vezes pelo mesmo ponto. O nome é, de fato, uma alusão às malhas, como, por exemplo, aquelas em redes de pesca. Ainda na Fig.2.21, é mostrado o esquema de um circuito arbitrário para analisarmos suas malhas. Temos um total de três malhas, sendo: *malha ADCFEBA*, *malha ADCBA* e *malha CFEBBC*. Onde a última letra está representando que retornamos ao ponto de partida e não que passamos por ele novamente.

2.2.15. Associação de Resistores

2.2.15.1. Definição

Apresentaremos as características de associações, usando os resistores como exemplo, para que possamos ter bases teóricas para a utilização dos receptores na parte experimental deste trabalho. As associações são utilizadas por vários motivos, dentre os quais se destacam o ajuste, adequação e organização dos equipamentos disponíveis para as finalidades que se desejam. É possível aumentar a segurança de instalações elétricas utilizando as devidas associações, alterar o consumo de energia para fins de economia e tornar mais prático, por exemplo, o uso de interruptores, acendendo a lâmpada no início de uma escada e poder apagá-la ao final desta, como exemplo da chamada “chave hotel ou chave paralela”. Trabalharemos com resistores, mantendo o foco na sua capacidade resistiva, pois todos os equipamentos ligados aos circuitos elétricos as apresentam em níveis diferenciados. O embasamento teórico adquirido neste tópico será de fundamental importância para a construção, na prática, dos circuitos elétricos utilizando as Lâmpadas Incandescentes e Fluorescente (receptores) que serão utilizados PMP. Discutiremos a seguir as características de dois tipos básicos de circuitos elétricos: em série e em paralelo. Após isso, veremos rapidamente os circuitos elétricos mistos que se constituem pela mistura dos dois anteriores.

2.2.15.2. Associação de Resistores em Série

A associação de resistores em série consiste em um único caminho, passando por todos os elementos que o compõem o circuito, de modo que a corrente não seja dividida entre outros ramos. A Fig.2.22 traz um esquema de uma associação em série composta por três resistores, R_1 , R_2 e R_3 , em um ramo AB de um circuito qualquer. A DDP total é U , é comum na região norte do Brasil utilizarmos em residências valores de 110 V ou 220 V, em média, para a DDP.

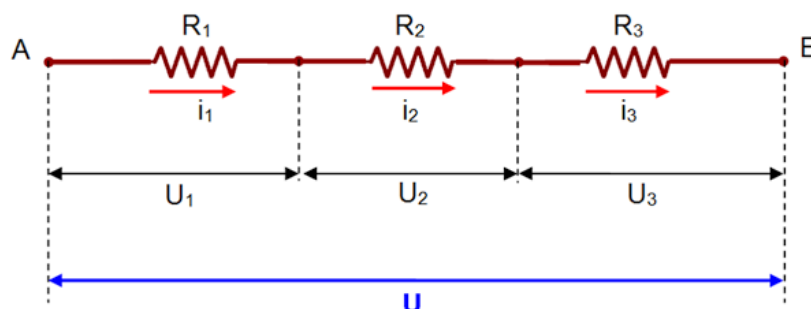


Fig.2. 22 – representação esquemática do circuito em série.

(Fonte: <http://minhasaulasdefisica.blogspot.com.br/2012/06/associacoes-de-resistores.html> - acessado em 12/03/2017)

Cada resistor apresenta sua “queda” de potencial característica a depender do valor de sua resistência elétrica, de acordo com a primeira lei de Ohm. Em resumo vemos que:

$$U_{AB} = U_1 + U_2 + U_3 \quad (\text{eq.2.8})$$

$$i = i_1 = i_2 = i_3 \quad (\text{eq.2.9})$$

Todos os equipamentos serão submetidos à mesma corrente elétrica e, ao passar por cada um deles, haverá um gasto de energia. Como o potencial elétrico e a energia estão relacionados, nos referiremos a esses consumos de energia como ‘quedas de potencial’. Esta ideia está ligada também as leis de Kirchhoff⁸, a saber, a leis das Malhas que não será tratada aqui, apenas destacaremos que no caso de n resistores associados em série, entre os pontos A e B, a eq.2.8 pode ser reescrita como a eq.2.10:

$$U_{AB} = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n \therefore U_{AB} = \sum_{i=1}^n U_i \quad (\text{eq.2.10})$$

A eq.2.9, vista anteriormente, que não destacaremos, terá n termos iguais de corrente elétrica.

2.2.15.2.1. Vantagens e Desvantagens das Associações em Série

A grande desvantagem das associações em série é exatamente o que garante sua grande vantagem. Por se tratar de um único ramo, qualquer

⁸ Para mais informações sobre as Leis de Kirchhoff, consulte: Curso de Física Básica/H. Moysés Nussenzveig – 1ª edição, volume 3, capítulo 10, tópico 10.2 Leis de Kirchhoff, página 191, São Paulo: Edgar Blücher, 1997.

interrupção em alguma parte ocasionará o cancelamento da corrente elétrica em todos os seus pontos, portanto, todos os equipamentos deixarão de funcionar. A associação em série torna os equipamentos que compõem o circuito elétrico totalmente dependentes uns dos outros, sendo o uso arbitrário inviabilizado. Se um não estiver funcionando, nenhum funcionará. Um grande exemplo disto são as antigas luzes de natal, chamadas de pisca-pisca (Fig.2.23).



Fig.2. 23 – Luzes pisca-pisca: associação em série. Uma lâmpada foi retirada e todo o ramo em série apagou. As lâmpadas acesas representam um ramo paralelo ao anterior.

(Fonte: <http://pontociencia.org.br/experimentos/visualizar/pisca-pisca-de-natal/448> - acessado em 12/03/2017)

Baseado nesta dependência, o uso dos dispositivos de segurança teve grande destaque, como, por exemplo, os Fusíveis que são ligados em série com o circuito elétrico que se deseja proteger para que, caso haja uma sobrecarga na rede, no momento em que esta corrente elétrica indesejada tentar se estabelecer, sendo acima da capacidade que o fusível suporte, ele se romperá deixando o circuito 'aberto' e com isso evitando que os demais equipamentos recebam esta corrente elétrica. Isto evitará danos não só nos equipamentos como na própria estrutura da fiação que, eventualmente, poderia não suportar a sobrecarga. A Fig.2.24 mostra um esquema de como o fusível deve ser utilizado.

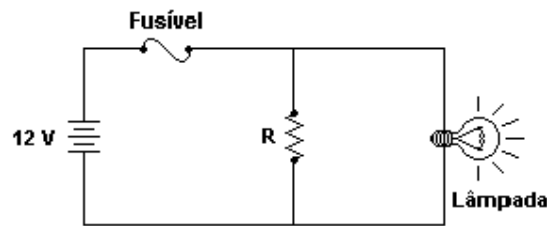


Fig.2. 24 – Fusível ligado em série ao circuito (associação de um resistor e uma lâmpada) que se deseja proteger.

(Fonte: <http://www.maosaoauto.com.br/2015/11/o-que-e-um-curto/> - acessado em 12/03/2017)

2.2.15.2.2. Resistor Equivalente da Associação em Série

O resistor equivalente é um artifício matemático para representarmos toda a resistência que o circuito elétrico é capaz de oferecer à passagem de corrente elétrica diretamente com a rede de energia. Para entendermos melhor a ideia, imaginemos uma balança digital que as pessoas usam para, popularmente falando, *se pesar*. Se uma pessoa de massa igual a 70 kg estiver sobre ela, a tela mostrará a informação referente a massa que lá está. Se fosse possível colocarmos três pessoas com massas 70 kg, 80 kg e 90 kg, respectivamente, a balança não seria capaz de diferenciá-los, apenas seria capaz de mostrar em sua tela a informação 240 kg referente à massa equivalente sobre ela. Se colocarmos sobre a balança um objeto com massa de 240 kg, ela não poderá diferenciá-lo do caso anterior com três pessoas, pois a massa em ambas as situações é equivalente e produz na balança as mesmas alterações. O resistor equivalente é análogo, ele se comporta como um único equipamento que mantém as mesmas propriedades que o circuito elétrico tinha, ou seja, ele não altera as características de corrente e tensão elétricas no ramo. Das eq.2.8 e eq.2.9 aplicadas a eq.2.3, podemos escrever:

$$U_{AB} = U_1 + U_2 + U_3 \rightarrow R_{eq} \cdot i = R_1 \cdot i + R_2 \cdot i + R_3 \cdot i$$

$$\therefore R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 \quad (\text{eq. 2.11})$$

Associados em série o valor da resistência elétrica do resistor equivalente é maior do que o maior valor de resistência elétrica dos resistores

que participam da mesma associação. Generalizando para n resistores a eq.2.11, ficará:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n \therefore R_{eq} = \sum_{i=1}^n R_i \quad (\text{eq. 2.12})$$

2.2.15.3. Associação de Resistores em Paralelo

A associação de resistores em paralelo consiste de mais de um ramo para a corrente elétrica fluir, portanto teremos agora a presença de nós, o que não há nos circuitos em série. A Fig.2.25 traz o esquema de uma associação simples em paralelo.

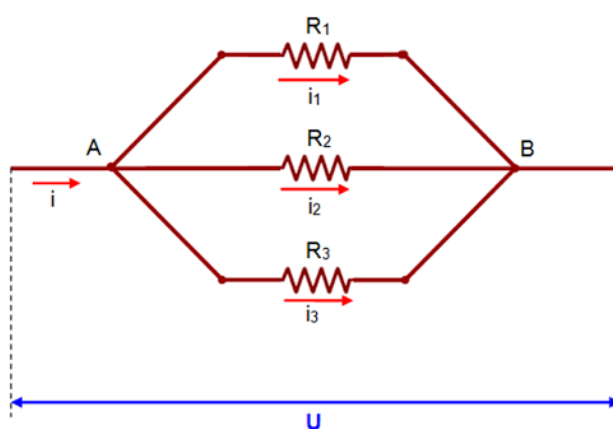


Fig.2. 25 – Representação esquemática de uma associação em paralelo de três resistores.

(Fonte: <http://minhasaulasdefisica.blogspot.com.br/2012/06/associacoes-de-resistores.html> - acessado em 12/03/2017)

A corrente elétrica ao chegar a um nó será dividida e passará por todos os ramos disponíveis e viáveis, ou seja, onde não houver interrupções. Na Fig.2.25 vemos que a corrente i ao chegar pelo ponto A, será dividida em três valores, i_1 , i_2 e i_3 , passará pelos resistores e por fim se juntará no ponto B voltando a ter o valor i . Os ramos com menores valores de resistência elétrica total apresentarão maior intensidade de corrente elétrica, pois, de acordo com as leis de Ohm vistas no tópico 2.2.12, mantida uma DDP constante como será no caso dos ramos em paralelo, a relação entre resistência e corrente elétrica é inversamente proporcional. Quanto mais difícil for para a corrente passar, menos corrente passará. A corrente total que entra no circuito, embora possa ser dividida em várias partes, tem que ser igual em valor absoluto àquela que

sairá pois ela não pode ser criada ou destruída, a única variação será na energia que os portadores carregavam. Em resumo podemos ver que:

$$i = i_1 + i_2 + i_3 \quad (\text{eq. 2.13})$$

$$U = U_1 = U_2 = U_3 \quad (\text{eq. 2.14})$$

2.2.15.3.1. Vantagens e Desvantagens das Associações em Paralelo

A associação em série não permite o uso separado dos equipamentos, ele deve ser simultâneo. Isso não é, do ponto de vista prático e econômico, algo viável. Os circuitos elétricos em paralelo sanam esta necessidade de uso independente de equipamentos possibilitando a comodidade de poder usufruir de um determinado equipamento sem, obrigatoriamente, necessitar ligar todos os outros. Sua grande desvantagem está na diminuição geral da resistência elétrica do circuito elétrico, como veremos no próximo tópico. Menor resistência significa menor controle sobre a corrente e isso aumenta os riscos de curto-circuito. Dado isto, é de extrema importância que os circuitos em paralelo sejam utilizados em conjunto com dispositivos de segurança associados em série a eles, estas serão as associações mistas de um ponto de vista simplificado. Para o caso de uma associação em paralelo com n ramos, a eq.2.13 pode ser reescrita como:

$$i = i_1 + i_2 + i_3 + \dots + i_n = \sum_{a=1}^n i_a \quad (\text{eq. 2.15})$$

2.2.15.3.2. Resistor Equivalente da Associação em Paralelo

Analogamente ao descrito sobre o resistor equivalente de uma associação em série, o resistor equivalente de uma associação em paralelo será um equipamento hipotético capaz de substituir todos os resistores da associação sem alterar suas características como tensão e correntes. Como mencionado, esta associação traz um problema acerca do controle sobre a corrente elétrica. Verificaremos isso com a análise da expressão que nos permite calcular o valor do resistor equivalente para o caso paralelo. Partindo das eq.2.13 e eq.2.14 aplicadas à eq.2.3, teremos:

$$i = i_1 + i_2 + i_3 \rightarrow \frac{U}{R_{eq}} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3}$$

$$\therefore \frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad (\text{eq. 2.16})$$

Generalizando a eq.2.16 para o caso de n resistores associados em paralelo, teremos:

$$\frac{U}{R_{eq}} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3} + \dots + \frac{U}{R_n} \therefore \frac{1}{R_{eq}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i} \quad (\text{eq. 2.17})$$

A eq.2.17 nos mostra que quanto mais elementos forem adicionados ao circuito, menor será o valor da resistência equivalente que os representa.

2.2.15.4. Associação Mista de Resistores

As associações mistas são as mais presentes no nosso cotidiano. Tomando como exemplo a sala de aula, é comum termos várias lâmpadas acionadas pelo mesmo interruptor, porém, equipamentos como condicionadores de ar e projetores de imagem (Datashow) independentes destas lâmpadas. Esses são exemplos de associações que unem as características de associações em série e paralelo. A Fig.2.26 mostra um esquema simples de associação mista entre três resistores.

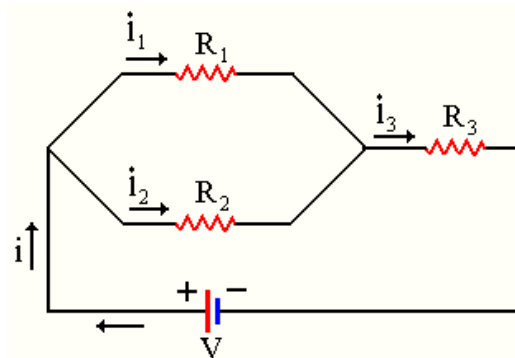


Fig.2. 26 – associação mista entre três resistores com o circuito submetido a uma DDP representada por V.

(Fonte: <http://www.icursosonline.com/circuito-serie-paralelo-e-misto-eletricidade/> - acessado em 12/03/2017)

Vemos na Fig.2.26 os resistores R_1 e R_2 associados em paralelo, porém, juntos estão associados em série com o resistor R_3 . É possível perceber também que, de acordo com as eq.2.9 e eq. 2.15, $i_1 + i_2 = i_3 = i$. Nas atividades práticas a serem desenvolvidas no TMP as associações mistas estarão

presentes, neste caso, com os dispositivos de segurança citados no tópico 2.2.13.4.

2.2.16. Aparelhos de Medida

Os aparelhos de medidas elétricas que utilizaremos neste trabalho têm por finalidade medir a intensidade da corrente elétrica (amperímetro) e da tensão elétrica (voltímetro) com o objetivo de evitar danos aos componentes a serem utilizados. Também utilizaremos estes equipamentos para fins de coleta, análise e confirmação das informações adquiridas nos circuitos elétricos, montados pelos próprios alunos, através a lei de Ohm. A seguir uma breve descrição sobre cada um deles.

2.2.16.1. Amperímetro

O amperímetro, como o nome sugere, destina-se às medidas na intensidade da corrente elétrica, para tal é necessário que a corrente passe pelo equipamento, portanto, ele deve ser ligado em série no ramo ao qual se deseja medir a corrente elétrica. Com o objetivo de que o próprio equipamento não interfira nas características do circuito elétrico é necessário que sua resistência elétrica interna apresente o menor valor possível, sendo o caso ideal com a resistência interna nula, analogamente a um termômetro *pequeno* que não interfere nas verificações de temperatura em um objeto *grande*. Nos circuitos o amperímetro é representado, geralmente, conforme ilustra a Fig.2.27.



Fig.2. 27 – representação esquemática de um amperímetro em um circuito.

(Fonte: Arquivo do Autor)

A Fig.2.28 ilustra o esquema de um circuito básico que contém um interruptor, uma fonte de tensão U , um resistor, ou equipamento resistivo R e um amperímetro A .

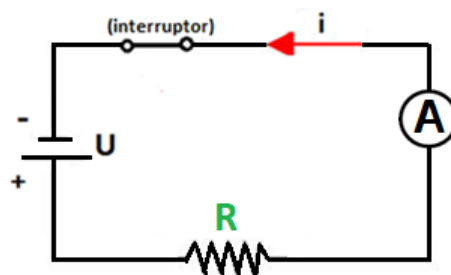


Fig.2. 28 – Circuito elétrico básico dotado de um amperímetro.

(Fonte: Arquivo do Autor)

2.2.16.2. Voltímetro

Destinado a medidas de tensão elétrica (ou voltagem como também é comum na literatura), o voltímetro não é percorrido por corrente elétrica como o amperímetro. Ele deve ser ligado em paralelo aos terminais do equipamento que se deseja conhecer a DDP. Para garantir que nenhuma corrente elétrica seja desviada para ele, para não haver um ramo adicional no circuito elétrico e, conseqüentemente, evitar alterações nas suas características, a resistência interna do voltímetro deve ser a maior possível, com o caso ideal tendo resistência interna infinita. Sua representação está ilustrada na Fig.2.29.



Fig.2. 29 – representação esquemática de um voltímetro.

(Fonte: Arquivo do Autor)

A Fig.2.30 ilustra o esquema de um circuito elétrico básico, o mesmo mostrado na Fig.2.28, porém com um voltímetro sendo utilizado para medir a DDP nos terminais do resistor R.

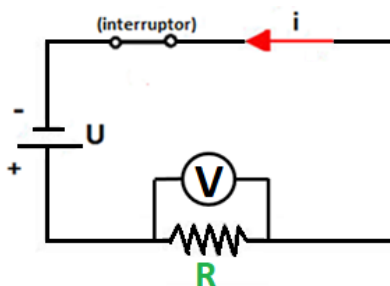


Fig.2. 30 – representação de um circuito básico dotado de um voltímetro.

(Fonte: Arquivo do Autor)

CAPÍTULO 3

METODOLOGIA, RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nossa sequência de aplicação dos Três Momentos Pedagógicos consistiu de 10 (dez) aulas que foram trabalhadas em blocos de acordo com o momento pedagógico em questão. A quantidade de aulas utilizadas como padrão, dez neste caso, pode ser adequada ao desempenho da turma, às condições estruturais e administrativas da escola, caso seja necessário.

A tabela Tab.3.1 abaixo resume o número (mínimo) de aulas por turma e os conteúdos trabalhados em cada uma.

Número de aulas	Momento pedagógico	Conteúdo
1	PMP - Problematização inicial	Circuitos Elétricos Simples em Série e em Paralelo
1	SMP – Sistematização do Conhecimento	Introdução aos Circuitos Elétricos
2	SMP - Sistematização do conhecimento	Circuitos em Série e simulador do PHET
2	SMP - Sistematização do conhecimento	Circuitos em Paralelo e simulador do PHET
2	TMP - Aplicação do conhecimento – Primeira Parte	Seminários e análise dos Circuitos em Série e em Paralelo
2	TMP - Aplicação do conhecimento – Segunda Parte	Exposição de Projetos

Tab.3. 1 – Sequência didática conforme os Três Momentos Pedagógicos aplicado ao ensino de circuitos elétricos com a respectiva quantidade de aulas para cada fase.

(Fonte: o Autor)

Foram escolhidas duas escolas com perfis socioeconômicos bem diferentes. A primeira será chamada de **Escola X**, nesta os alunos têm um

padrão de vida alto, alguns alunos dispõem de bibliotecas particulares e toda infraestrutura necessária para estudos autônomos. A segunda será chamada de **Escola Y**, nesta grande parte dos alunos vive situações de vulnerabilidade social e muitos vão à escola apenas para ter a refeição que, infelizmente, pode ser a única do dia. Ambas as escolas possuem a 3ª série do ensino médio, o público alvo escolhido, além de disporem de laboratórios amplos. Outras escolas teriam a aplicação do projeto, a convite de colegas de trabalho, porém, por problemas nos horários não foi possível incluí-las no cronograma.

3.1. Primeiro Momento Pedagógico (PMP)

Para o PMP, a **problematização inicial**, foram mostradas aos alunos duas experiências de circuitos elétricos montados sobre maquetes que escondiam o “segredo da fiação elétrica” utilizada em uma aula. Uma parte da aula foi destinada a análise das situações e a outra para o registro das experiências por parte dos alunos. Os equipamentos consistem de uma associação em Paralelo e uma associação em Série. O visual superior, o que os alunos de fato viram, foram somente três lâmpadas organizadas em linha reta conforme a Fig.3.1 a seguir.



Fig.3. 1- Esquema das lâmpadas em um circuito elétrico com a associação (fiação) oculta.

(Fonte: Arquivo do Autor)

Ambos os circuitos têm a estética superior idêntica, porém, os alunos não tiveram acesso, até aquele momento, às partes internas dos equipamentos. A Fig.3.2 mostra como são as conexões “obscuras” aos alunos. No lado esquerdo da Fig.3.2 o **circuito A**, o circuito elétrico com associação em série. No lado direito da Fig.3.2 o **circuito B**, o circuito elétrico com associação em paralelo.



Fig.3. 2 - Visualização das fiações das associações em série (lado esquerdo) e em paralelo (lado direito).

(Fonte: Arquivo do Autor)

Foi solicitado que os alunos observassem as diferentes manifestações no brilho, se o circuito parava de funcionar ou se continuava, após tirarmos uma lâmpada de cada vez (Fig.3.3-3.7).



Fig.3. 3 - Primeiro Momento Pedagógico - 3º B/Escola X.

(Fonte: Arquivo do Autor)

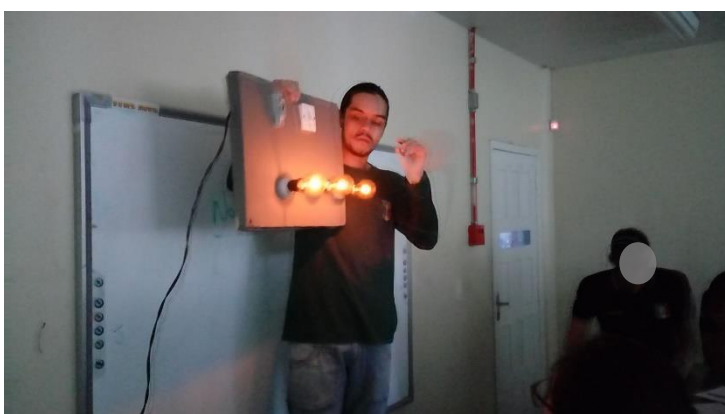


Fig.3. 4 - Primeiro Momento Pedagógico - 3º B/Escola X.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.3. 5 - Primeiro Momento Pedagógico - 3º E/Escola X.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.3. 6 - Primeiro Momento Pedagógico - 3º1 Matutino/Escola Y.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.3. 7 - Primeiro Momento Pedagógico - 3º2 Matutino/Escola Y.

(Fonte: Arquivo do Autor)

Para cada atividade foi solicitado o registro por escrito do que foi feito e, principalmente, do que eles acharam que pode ter acontecido para que as situações tenham sido tão diferentes de acordo com o questionário⁹ que receberam para as atividades. Nas atividades com as turmas da EMN havia uma mistura grande de alunos, ora de *turnos* diferentes, ora de *séries* diferentes, então as turmas estão nomeadas de acordo com a maior presença de alunos de determinada turma: “3º1”, “3º2 matutino” e “3º2 vespertino”.

Foi esclarecido aos alunos que, independente de já terem estudado ou não os conteúdos de eletricidade do ensino médio, respondessem ao questionário com suas próprias palavras (Fig.3.8-3.10) evitando o uso de internet, pois o objetivo era analisar os conhecimentos prévios sobre o tema a fim de verificar quais os principais pontos a serem trabalhados.



Fig.3. 8 - Primeiro Momento Pedagógico (Questionário)- 3ºB/Escola X.

(Fonte: Arquivo do Autor)

⁹ O Modelo de questionário aplicado encontra-se no Apêndice D junto com o Produto Educacional.

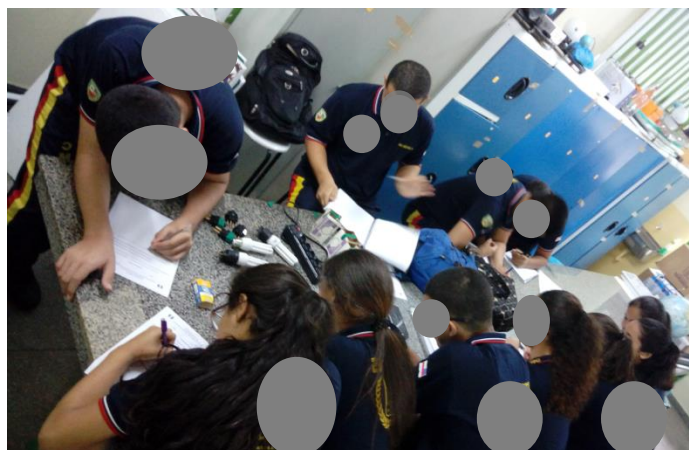


Fig.3. 9 - Primeiro Momento Pedagógico (Questionário) - 3ºB/Escola X.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.3. 10 - Primeiro Momento Pedagógico (Questionário) - 3º2 Matutino/Escola Y.

(Fonte: Arquivo do Autor)

Neste momento pedagógico foram avaliados os conhecimentos prévios que os alunos possuíam sobre o tema. Ainda no registro por escrito, eles tentaram relacionar como suas casas se encaixavam no conteúdo trabalhado e como eram os circuitos das mesmas. A Fig.3.11 indica o esquema das atividades do PMP.

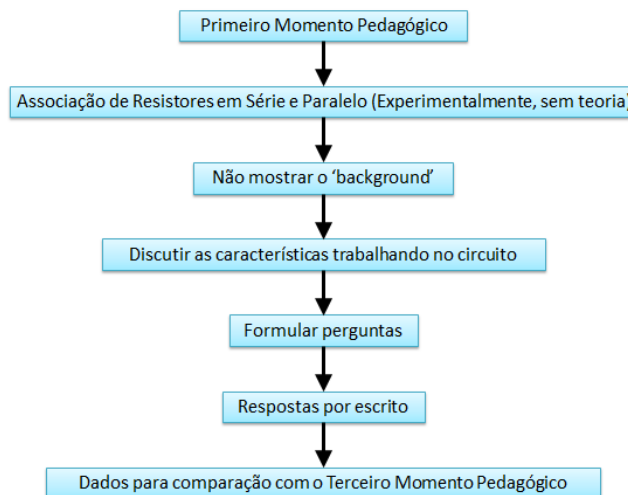


Fig.3. 11 – Esquema das atividades do PMP.

(Fonte: Arquivo do Autor)

A aplicação do primeiro questionário, referente ao PMP, foi realizado na Escola X nos sábados 09/09/2017 com as turmas 3ºB e 3ºC e 16/09/2017 com a turma 3ºE. Na Escola Y foi aplicado dia 23/09/2017, para as turmas 3º1 e 3º2 do turno Matutino e 3º2 do turno Vespertino.

O Questionário do PMP é composto por cinco perguntas subjetivas e, conforme orientação que foi dada no momento de sua aplicação, qualquer observação que o aluno quisesse fazer poderia ser registrada mesmo não havendo uma pergunta específica pré-definida sobre ela. A estrutura foi a seguinte:

- 1) ***Após tirar a primeira lâmpada, o que houve no circuito A? E no Circuito B?***
- 2) ***Após tirar a segunda lâmpada, o que houve no circuito A? E no B? Alguma alteração em ambos?***
- 3) ***Quais as possíveis vantagens do circuito A? E suas desvantagens?***
- 4) ***Quais as possíveis vantagens do circuito B? E suas desvantagens?***
- 5) ***Qual parte da sua residência pode ser relacionada aos circuitos A e B? Por quê?***

Embora não houvesse número definido de linhas para cada resposta foi solicitado que os alunos tentassem ser concisos e breves tendo em vista que

cada questionário seria analisado para fins de levantamento de dados e seu posterior agrupamento em gráficos de desempenho geral dos alunos.

O gráfico a seguir fornece o resultado da primeira aplicação do questionário¹⁰ após a análise dos circuitos elétricos.

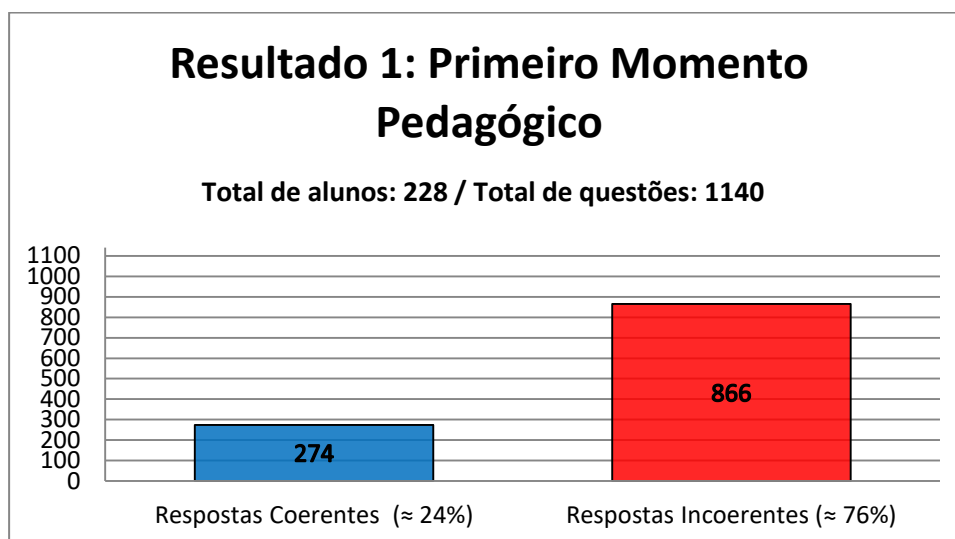


Gráfico 3. 1 – Desempenho dos alunos na primeira aplicação do questionário (cinco questões por questionário) no PMP.

(Fonte: O Autor)

Os erros comuns cometidos, ora por não saber quais palavras usar para expressar suas ideias, ora por apresentar um déficit grande de fundamentos físicos envolvidos, estão listados na tabela Tab.3.2 a seguir¹¹.

Aluno 1	<i>“O Circuito A é precário porque por um pagam todos, ele não presta”.</i>
Aluno 2	<i>“O Circuito B evita que coisas imprevisíveis aconteçam”.</i>
Aluno 3	<i>“No Circuito A as lâmpadas dividem a força, por isso estão fracas, no circuito B não dividem a luminosidade”.</i>
Aluno 4	<i>“O Circuito A basicamente não serve pra nada e o Circuito B distribui a energia pra não faltar em nenhum objeto”.</i>
Aluno 5	<i>“Em A a força é distribuída e em B é individual”.</i>
Aluno 6	<i>“O Circuito B é mais caro porque gasta mais energia pra brilhar”.</i>

¹⁰ O modelo de questionário aplicado encontra-se no APÊNDICE D, página 119, junto com o produto educacional.

¹¹ Circuito A: Associação em Série. Circuito B: Associação em Paralelo.

Aluno 7	<i>“A eletricidade não funciona no circuito A se não usar todas as tomadas, porque só existe eletricidade se ligar um objeto”.</i>
---------	--

Tab.3. 2 – Sete das respostas mais frequentes ao primeiro questionário.

(Fonte: O Autor)

Ao listar as respostas incoerentes e/ou erradas, estávamos objetivando não o destaque dos erros, mas dimensionar as dúvidas e problemas encontrados para tentar saná-los por meio da aplicação dos Três Momentos Pedagógicos no conteúdo em questão. Por respostas coerentes nos referimos àquelas que estão simples e corretas em relação ao conteúdo escolar exigido (pelo material didático utilizado pela escola). Por respostas incoerentes nos referimos às que não tem significado científico ou estavam incorretas, indicando 76% na avaliação dos resultados (Gráfico 3.1.).

3.2. Segundo Momento Pedagógico (SMP)

O SMP, a **organização/sistematização do conhecimento**, foi realizado durante a semana seguinte às atividades do PMP. Iniciamos apresentando os circuitos vistos por dentro, ou seja, sem a tampa, e discutimos breve e novamente as diferenças apontadas no PMP. Em seguida, tratamos da situação pelo ponto de vista teórico conforme o conteúdo programático escolar estabelecido.

Os alunos tiveram acesso a toda teoria relacionada às situações expostas no PMP de tal modo que pudessem se tornar capazes de ligar, não apenas a matemática do que trabalharam, mas, principalmente os “porquês” das diferentes manifestações em cada um dos circuitos elétricos. Neste momento pedagógico foram utilizadas quatro aulas, duas para discutir as características do circuito com associação em série e duas para discutir sobre o circuito com associação em paralelo (Fig.3.12-3.17).



Fig.3. 12 – Segundo Momento Pedagógico – 3ºB/Escola X.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.3. 13 – Segundo Momento Pedagógico – 3ºB/ Escola X.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.3. 14 – Segundo Momento Pedagógico – 3º1 Matutino/ Escola Y.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.3. 15 – Segundo Momento Pedagógico – 3º1 Matutino/ Escola Y.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.3. 16 – Segundo Momento Pedagógico – 3º2 Matutino/ Escola Y.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.3. 17 – Segundo Momento Pedagógico – 3º2 Matutino/ Escola Y.

(Fonte: Arquivo do Autor)

Após a teoria básica sobre os circuitos com associações de resistores em série e paralelo, para tornar as aulas mais dinâmicas e, visando também os objetivos do TMP, os alunos utilizaram os simuladores de construção virtual de

circuitos elétricos do grupo “*Physics Education Technology*” (PHET) da University of Colorado Boulder¹², disponibilizados gratuitamente na internet, nos próprios smartphones para exercitar e estimular sua criatividade. Pedimos aos alunos que, baseados na teoria que fora apresentada, construíssem virtualmente os dois tipos de circuitos que foram utilizados no PMP. Os alunos que desejavam mostrar suas criações puderam realizá-las utilizando o notebook e o Datashow da sala para que a turma pudesse analisá-las Fig.3.18 e 3.19).



Fig.3. 18 – Segundo Momento Pedagógico (alunos montando circuitos virtuais) – 3ºE/ Escola Y.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.3. 19 – Segundo Momento Pedagógico (alunos montando circuitos virtuais) – 3ºC/Escola X.

(Fonte: Arquivo do Autor)

¹² https://phet.colorado.edu/pt_BR/

Foram trabalhados vários exercícios relacionados aos vestibulares locais e nacionais tendo em vista também a extensão deste trabalho para fins de preparação dos alunos aos processos seletivos de interesse além de algumas noções básicas sobre instalações elétricas de baixa tensão, NR-10 e NBR-5410. Vale destacar que este momento causou muita ansiedade nos alunos que demonstraram muitas dúvidas e curiosidades a respeito de situações que presenciam em suas residências tais como, dúvidas sobre espessura de fiações, TUG, TUE, Benjamins, extensões, aterramento, curtos-circuitos, ligações improvisadas e alguns dispositivos de proteção como DDR e DPS. Outro ponto muito importante foi a participação da comunidade na qual o aluno está inserido, motivada pelo próprio aluno. Muitos responsáveis por alunos foram nos procurar após este momento pedagógico para maiores orientações e esclarecimento acerca de situações cotidianas envolvendo instalações elétricas residenciais. Dentre todos os questionamentos e pedidos de informações, os mais frequentes foram sobre Chuveiros Elétricos e Aparelho de Micro-ondas. A situação foi inesperada, porém de grande valia, pois percebemos que o trabalho não estava beneficiando somente ao aluno, mas também a sua comunidade em geral. . Na Fig.3.20 a seguir temos o esquema desta atividade.



Fig.3. 20 – Esquema das atividades do SMP.

(Fonte: Arquivo do Autor)

3.3. Terceiro Momento Pedagógico (TMP)

Para o TMP, a **aplicação do conhecimento**, foram necessárias quatro aulas. As atividades deste momento foram divididas em duas partes de duas aulas cada, uma parte Conceitual e uma Prática. A primeira, a parte conceitual, consistiu em um levantamento bibliográfico sobre a evolução nos estudos da eletricidade e os impactos disto na sociedade afim de que os alunos percebessem como os circuitos elétricos foram importantes na construção da sociedade moderna. Nesta pesquisa os alunos estudaram e apresentaram circuitos elétricos variados com aplicações diversas, em forma de seminário, para que trabalhassem sua capacidade oratória bem como se aprofundassem no conhecimento teórico. A Fig.3.21 a seguir mostra o esquema deste momento pedagógico.

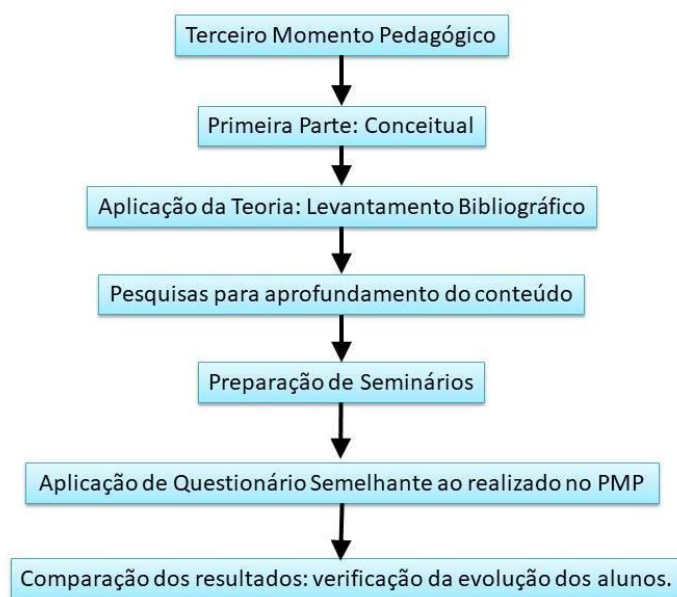


Fig.3. 21 – Esquema das atividades do TMP, primeira parte.

(Fonte: Arquivo do Autor)

Após a apresentação dos seminários foi aplicado um questionário semelhante ao do PMP, porém com perguntas mais específicas, para fins de comprovação do aprendizado. As tampas dos circuitos foram propositalmente trocadas (circuito A agora é o que permite uma associação em Paralelo e o circuito B é o que permite uma associação em Série) e o funcionamento breve

de cada um foi mostrado para nortear as respostas do questionário¹³. As questões foram:

- ***Qual dos dois circuitos está com associação em paralelo e qual está em série?***
- ***O circuito “B” é inútil?***
- ***O que é comum, fisicamente, entre os equipamentos ligados no circuito A?***
- ***O que é comum, fisicamente, entre os equipamentos ligados no circuito B?***
- ***Qual dos dois representa a ligação do disjuntor geral com a sua casa?***
- ***Qual dos dois representa o funcionamento das tomadas da sua casa?***

Alguns alunos apresentaram dificuldade em expressar suas ideias, porém grande parte demonstrou conhecimento sobre os fundamentos de associações e, embora alguns tenham descrito de forma confusa, as ideias convergiram para respostas coerentes. Isto nos mostra a efetividade dos Três Momentos Pedagógicos quando bem trabalhados. Apesar de até aquele momento as atividades ainda não terem finalizado, restando a segunda parte da aplicação prática do conhecimento, já obtivemos bons resultados.

Tivemos muitos alunos aleatórios frequentando as atividades do TMP que não frequentaram uma ou mais etapas anteriores e muitos que foram transferidos da escola, dedicaram-se aos cursos técnicos ou abandonaram a escola. Isso nos atrapalhou na coleta de dados em contrapartida ao PMP. Em *média* o desempenho dos alunos na reaplicação do questionário foi muito satisfatório, conforme ilustra o gráfico a seguir (Gráfico 3.2).

¹³ O modelo de questionário aplicado encontra-se no APÊNDICE D, página 139, junto com o produto educacional.

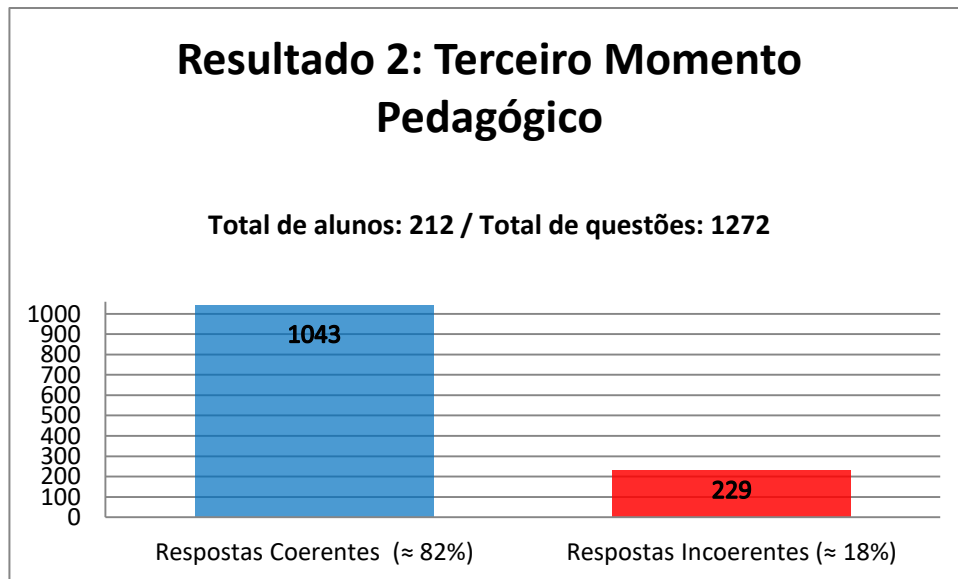


Gráfico 3. 2– Desempenho dos alunos na reaplicação do questionário (seis questões por questionário) no TMP.

(Fonte: O Autor)

A segunda parte, a prática, foi destinada a construção de projetos pesquisados e desenvolvidos pelos próprios alunos, no laboratório da escola ou em locais disponíveis que fossem adequados, relacionados com os conteúdos expostos nos seminários e também, além destes, de forma que os alunos pudessem explicar situações cotidianas diversas como, por exemplo, o funcionamento de suas próprias residências (Fig.3.22-3.27).



Fig.3. 22 – Terceiro Momento Pedagógico – 3º2 Vespertino/Escola Y.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.3. 23 – Terceiro Momento Pedagógico – Alunos do 3º ano das Escolas X e Y.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.3. 24 – Terceiro Momento Pedagógico – Aluno da Escola X.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.3. 25 – Terceiro Momento Pedagógico – Alunos do 3º2 Vespertino, 3º 1 e 3º2 Matutino/Escola Y.

(Fonte: Arquivo do Autor)

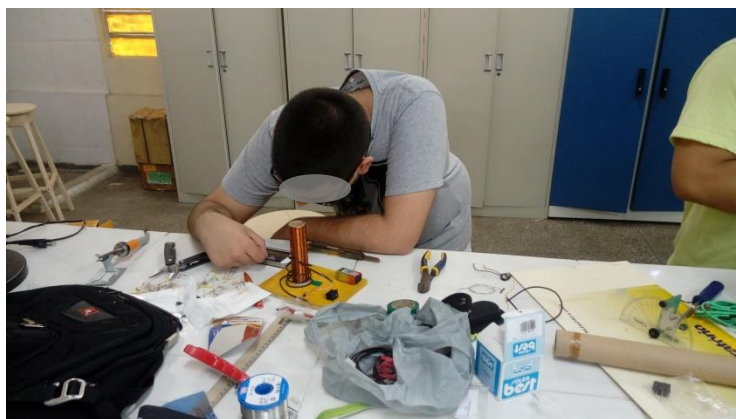


Fig.3. 26 – Terceiro Momento Pedagógico – Aluno da Escola X.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.3. 27 – Terceiro Momento Pedagógico – Alunos do 3º2 Vespertino, 3º1 e 2 Matutino/Escola Y.

(Fonte: Arquivo do Autor)

Para um maior aproveitamento destas atividades, elas foram realizadas em formato de “Feira de Ciências” interdisciplinar onde os alunos puderam expor seus projetos, não só da disciplina física, mas em conjunto com as demais disciplinas de sua grade curricular a depender do projeto que desenvolveram. A Fig.3.28 traz o esquema desta atividade.



Fig.3. 28 – Esquema das atividades do TMP, segunda parte.

(Fonte: Arquivo do Autor)

A culminância dos Três Momentos Pedagógicos foi no dia 01/12/2017 na Escola Y (Fig.3.29-3.33), onde os alunos puderam apresentar seus trabalhos desenvolvidos. As equipes se dividiram entre os que produziram e os que apresentariam os trabalhos pelo turno Matutino e Vespertino. Das equipes da Escola X que participaram apenas um representante por turma pôde ir ao evento apresentar os trabalhos em atendimento à solicitação da direção da escola. Por haver projetos semelhantes foram selecionados, por votação dos próprios alunos, apenas os primeiros modelos desenvolvidos de cada projeto para serem exibidos na Feira. O APÊNDICE C traz alguns dos principais projetos que os alunos desenvolveram ao longo das atividades e o APÊNDICE A traz o restante dos registros do TMP.



Fig.3. 29 – Culminância dos Três Momentos Pedagógicos.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.3. 30 – Culminância dos Três Momentos Pedagógicos – Alunos das Escolas X e Y e o professor Eloy Barreto em frente ao banner do evento.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.3. 31 – Culminância dos Três Momentos Pedagógicos.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.3. 32 – Culminância dos Três Momentos Pedagógicos - Eloy Barreto e um aluno da Escola Y com alguns dos projetos.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.3. 33 – Culminância dos Três Momentos Pedagógicos – Alunos das Escola X e Y com os Circuitos Elétricos.

(Fonte: Arquivo do Autor)

Vale ressaltar que, embora o conteúdo básico deste trabalho seja “circuitos elétricos: associações de resistores”, os alunos tiveram total liberdade de ir além deste conteúdo e da disciplina Física, não sob exigência do professor, mas de acordo com suas próprias **motivações e curiosidades**.

CAPÍTULO 4

4.1. AVALIAÇÃO DO PROJETO

A empatia com a Física, por parte dos alunos das terceiras séries do ensino médio, foi avaliada, no início e no final do ano letivo através da pergunta “**Você gosta de estudar Física?**”. As consultas realizadas levaram em consideração as três turmas da Escola X e as três turmas da Escola Y selecionadas para o projeto. Embora o número de alunos consultados tenha sofrido variações significativas ao longo do ano por diversos problemas externos, as informações coletadas foram reunidas em dois gráficos. O primeiro (Gráfico 4.1) trata da relação dos alunos com o estudo da física até o início de sua terceira série, 02/2017.

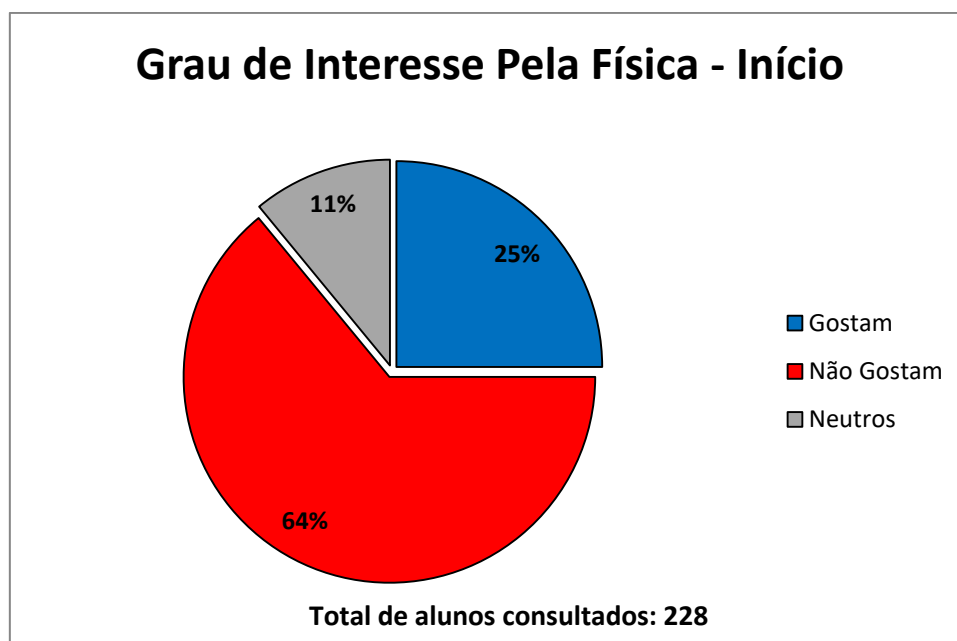


Gráfico 4. 1 – Grau de interesse pela Física no início do ano letivo.

(Fonte: O autor)

Foram consultados 228 alunos que responderam apenas se gostavam ou não de estudar física, assim como também poderiam ser “neutros” ou indiferentes.

O número expressivo de alunos que não gosta de estudar física se deve em grande parte pelo método tradicional de ensino que visa decorar fórmulas e

resolver questões que aparentemente nada têm a ver com a vida do aluno, a tabela Tab.4.1 a seguir lista as respostas mais comuns ao questioná-los sobre esse fato.

Aluno 1	<i>É muita fórmula pra decorar</i>
Aluno 2	<i>Pra que eu vou fazer essas contas doidas?</i>
Aluno 3	<i>Nunca vou usar isso aí na minha vida.</i>
Aluno 4	<i>Pra que vou estudar isso se o meu celular faz tudo?</i>

Tab.4. 1 – respostas dos alunos sobre o fato de não gostarem de estudar física.

(Fonte: O Autor)

Houve, inclusive, aluno que decidiu mudar a escolha que faria para o curso no vestibular por ter visto Física na grade curricular. Algo preocupante foi a resposta do “aluno 4” fazendo referência às muitas funções que seu celular tem, pois estamos com uma geração que cresceu em meio a tecnologia, porém muitos são incapazes de vê-la a fundo e de reconhecer que, por exemplo, a física está presente no funcionamento deste celular.

O segundo gráfico foi construído após a culminância dos Três Momentos Pedagógicos (Gráfico 4.2), entre os dias 04/12/2017 e 08/12/2017, através da aplicação de um questionário com 10 questões, sendo a primeira a mesma pergunta realizada no início do ano letivo: **“Você gosta de estudar Física?”**.

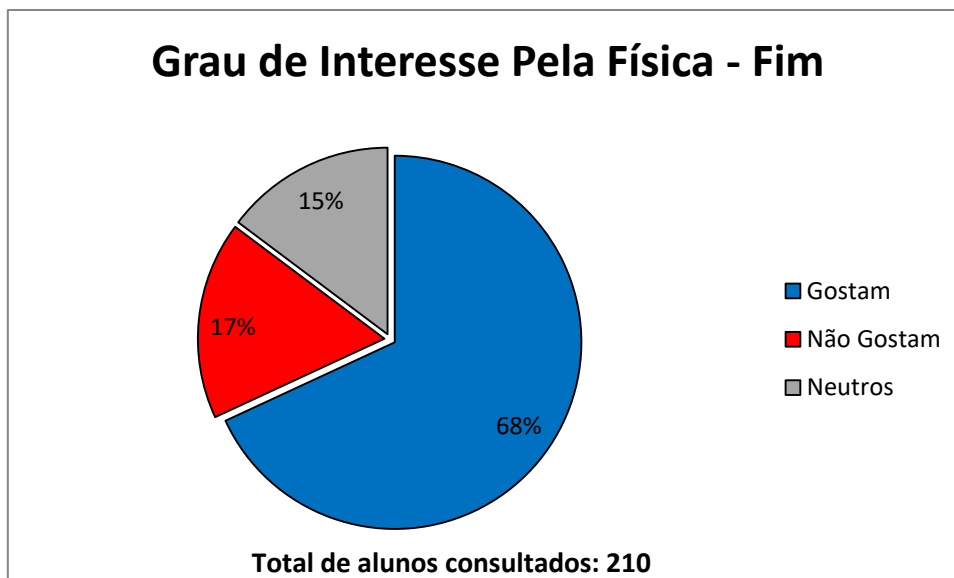


Gráfico 4. 2 – Grau de interesse pela Física no final do ano letivo.

(Fonte: O Autor)

A quantidade de alunos neutros ou indiferentes não teve alterações significativas, porém obtivemos um ganho expressivo em relação aos alunos que não simpatizavam com o estudo da Física. Dentre os vários relatos ao final do projeto o que chamou mais atenção foi de um aluno da Escola X, que decidiu seguir a carreira de engenharia elétrica após as atividades. Segundo o aluno: *“Eu não tinha ideia do que escolheria no vestibular, mas agora sei que quero trabalhar com algo das exatas ou engenharia elétrica para continuar mexendo com eletricidade”*, além deste, outro relato que muito se repetiu, principalmente entre os que, no início, não gostavam de estudar física, foi: *“No livro tem os desenhos e as fórmulas, mas fazer isso é outra história. Deveria ser sempre assim, mão na massa!”*. Em relação aos que citaram ainda não gostar de física, o discurso sofreu leves alterações e os relatos se direcionavam ao fato de não terem simpatia por ciências exatas, pois preferiam áreas biológicas, humanas, jurídicas, etc.

As demais questões presentes no último questionário foram desenvolvidas para nos permitir dimensionar os benefícios que nosso trabalho trouxe para os alunos. As questões resumidas estão listadas a seguir. O modelo do questionário completo se encontra no APÊNDICE E.

2. *A aplicação do projeto na sua escola trouxe algum ganho acadêmico e/ou pessoal para você?*
3. *Aplicação do projeto estimulou você a buscar mais conhecimentos na área de Eletricidade, Eletrônica e/ou Eletromagnetismo?*
4. *Em relação ao conteúdo básico apresentado, Associações de Resistores, você sentiu motivação em aprendê-lo e aprofundá-lo?*
5. *Em relação aos demais conteúdos trabalhados (Eletromagnetismo, Eletrônica, Robótica, etc.) você sente motivação em aprofundá-los?*
6. *As apresentações de seminários em sala e a construção dos projetos realizados no laboratório reforçaram seu aprendizado e o instigaram a aprender mais?*
7. *De 0 a 5, qual o grau de contribuição para a evolução do seu conhecimento sobre Circuitos Elétricos que o projeto proporcionou? Sendo 0 pouca contribuição e 5 muita contribuição.*
8. *Após o projeto você tem interesse em continuar pesquisando e desenvolvendo atividades experimentais?*
9. *A aplicação dos Três Momentos Pedagógicos no Ensino de Associações de Resistores contribuiu para seu desempenho no vestibular?*
10. *De 0 a 10 que nota você dá para todas as atividades realizadas?*

Para garantir a sinceridade das respostas, os questionários não teriam a identificação do aluno que o respondeu. Os gráficos (Gráficos 4.3-4.11) a seguir norteiam nossa compreensão sobre os resultados obtidos.

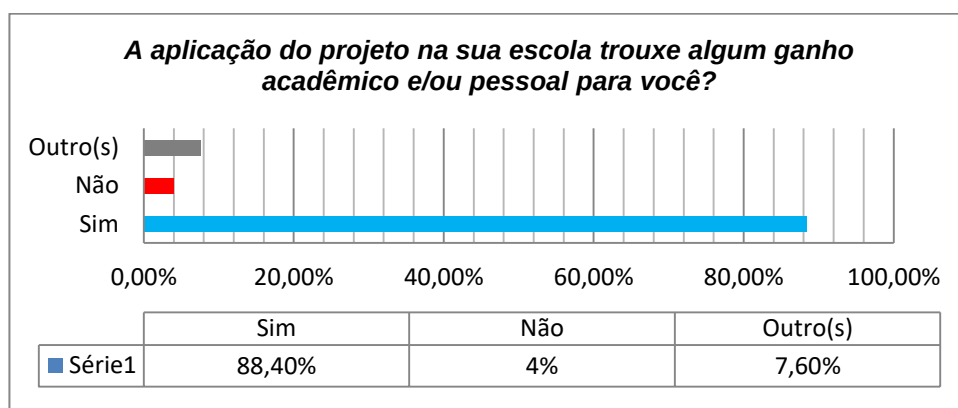


Gráfico 4. 3 – Questão 2/Último Questionário.

(Fonte: O Autor)

Sobre a questão 2 do questionário, o gráfico 4.3 traz seu resultado. A justificativa comum dos alunos que marcaram o campo “Outro(s)” foi: “não gosto muito de cálculos e a Física usa”. Destacamos 88,40% de sucesso com a aplicação do projeto.

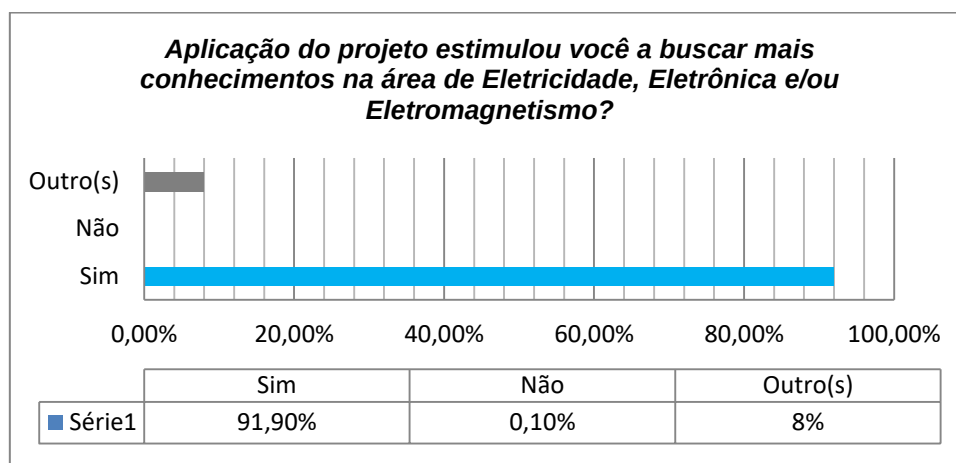


Gráfico 4. 4 – Questão 3/Último Questionário.

(Fonte: O Autor)

Sobre a questão 3 do questionário, o Gráfico 4.4 traz seu resultado. A justificativa comum dos alunos que marcaram o campo “Outro(s)” foi: “não tenho afinidade por Exatas, sou de Humanas”. Em contrapartida aos 8% relacionados a resposta “Outro(s)”, o projeto significou muito com a aquisição de conhecimento com o índice de sucesso de 91,90%.

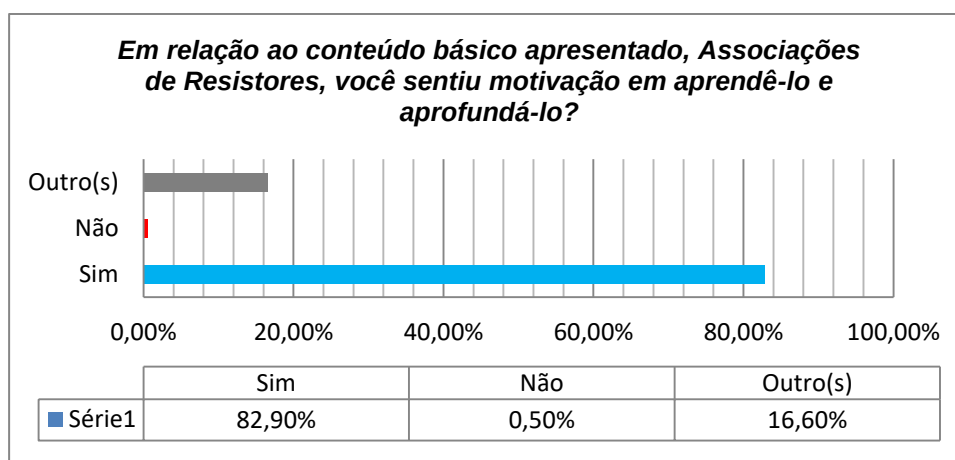


Gráfico 4. 5 – Questão 4/Último Questionário.

(Fonte: O Autor)

Sobre a questão 4 do questionário, o Gráfico 4.5 traz seu resultado. A justificativa comum dos alunos que marcaram o campo “Outro(s)” foi: “só associações de resistores não, mas abriu portas para eu trabalhar com robótica e engenharias”.

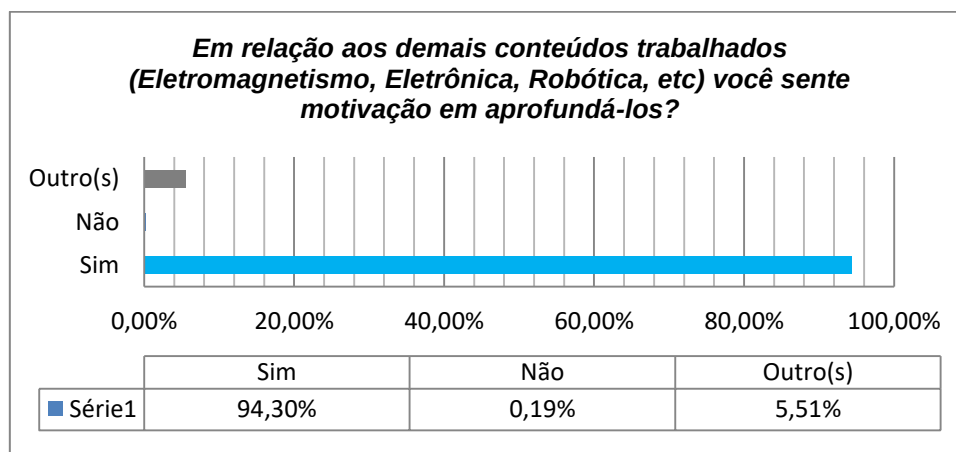


Gráfico 4. 6 – Questão 5/Último Questionário.

(Fonte: O Autor)

Sobre a questão 5 do questionário, o Gráfico 4.6 traz seu resultado. A justificativa comum dos alunos que marcaram o campo “Outro(s)” foi: “sou de Humanas” ou “Sou de biológicas”, etc.

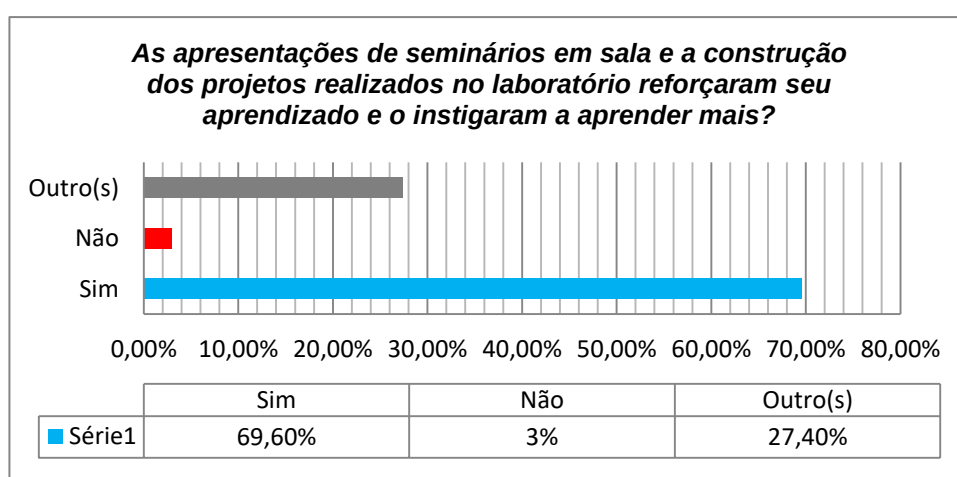


Gráfico 4. 7 – Questão 6/Último Questionário.

(Fonte: O Autor)

Sobre a questão 6 do questionário, o Gráfico 4.7 traz seu resultado. A justificativa comum dos alunos que marcaram o campo “Outro(s)” foi: “tenho vergonha de falar em público” e/ou “Não habilidades em construção/engenharia”, estes representaram 27,40% das respostas. Dentre os alunos que marcaram “Outro(s)”, 23,1% relacionaram a sua resposta a timidez e a dificuldade de se expressar em público.

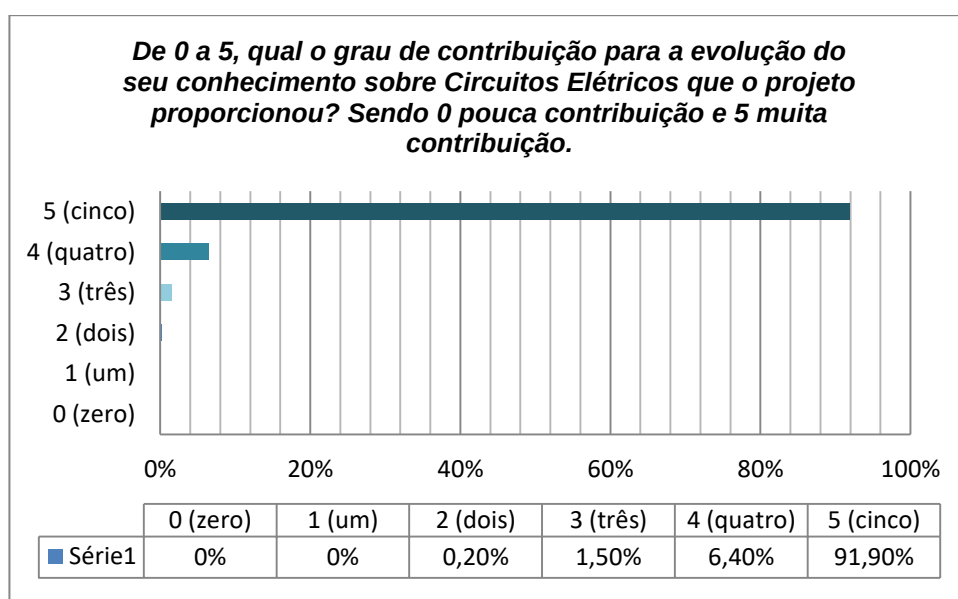


Gráfico 4. 8 – Questão 7/Último Questionário.

(Fonte: O Autor)

Sobre a questão 7, o Gráfico 4.8 traz seu resultado. Nele podemos constatar que o nível máximo de contribuição para a evolução dos conhecimentos dos alunos sobre o tema (nível 5) foi atingido com 91,90 % e para o nível 0 (pouca contribuição) tivemos 0%.

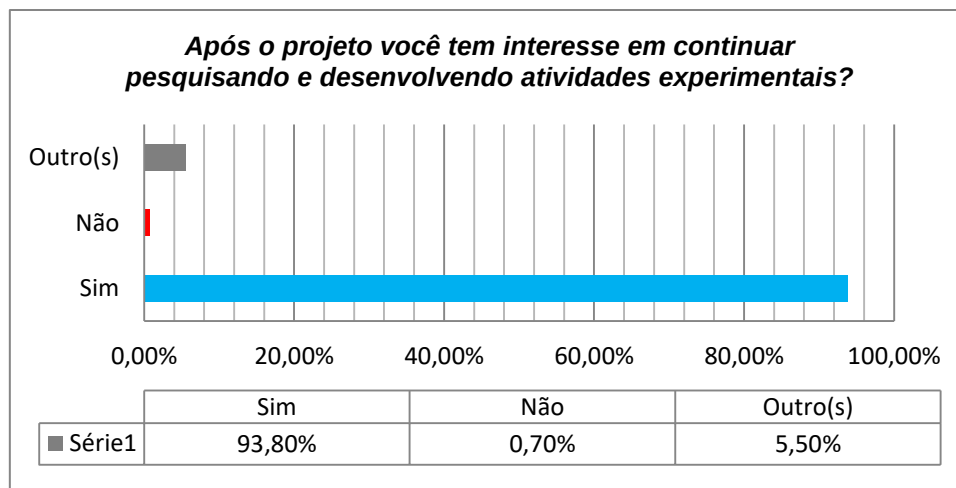


Gráfico 4. 9 – Questão 8/ Último Questionário.

(Fonte: O Autor)

Sobre a questão 8 do questionário, o Gráfico 4.9 traz seu resultado. A justificativa comum dos alunos que marcaram o campo “Outro(s)” (5,50%) foi: “não sou bom (boa) na área experimental, prefiro teoria”. Os resultados das atividades experimentais foram bem evidentes (93,80%) em aceitação da proposta pedagógica.

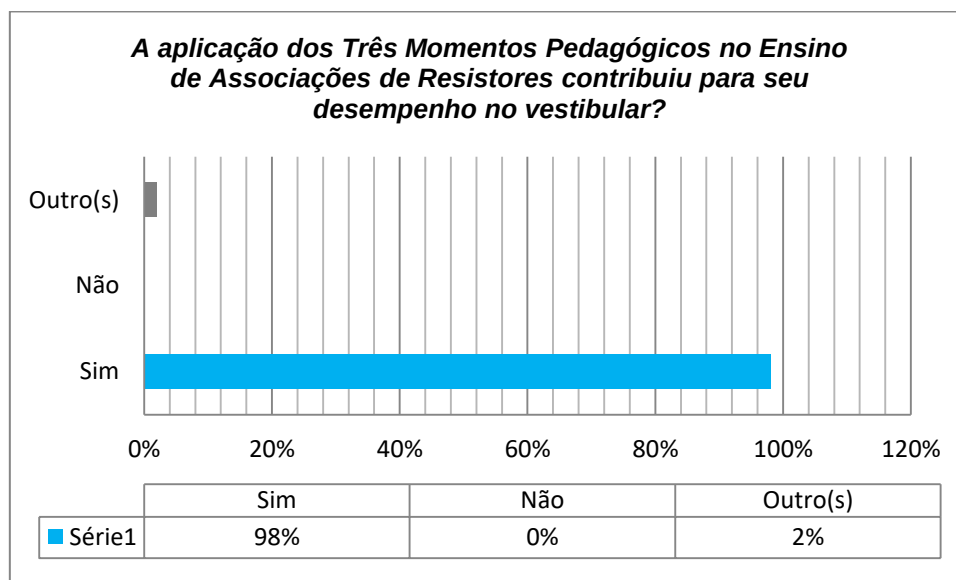


Gráfico 4. 10 – Questão 9/Último Questionário.

(Fonte: O Autor)

Sobre a questão 9 do questionário, o Gráfico 4.10 traz seu resultado. A justificativa comum dos alunos que marcaram o campo “Outro(s)” foi: “não fiz vestibular”. Vale destacar que até a data de aplicação do último questionário os alunos já haviam realizado as provas da UFAM, UEA, ENEM além de algumas provas para a rede privada.

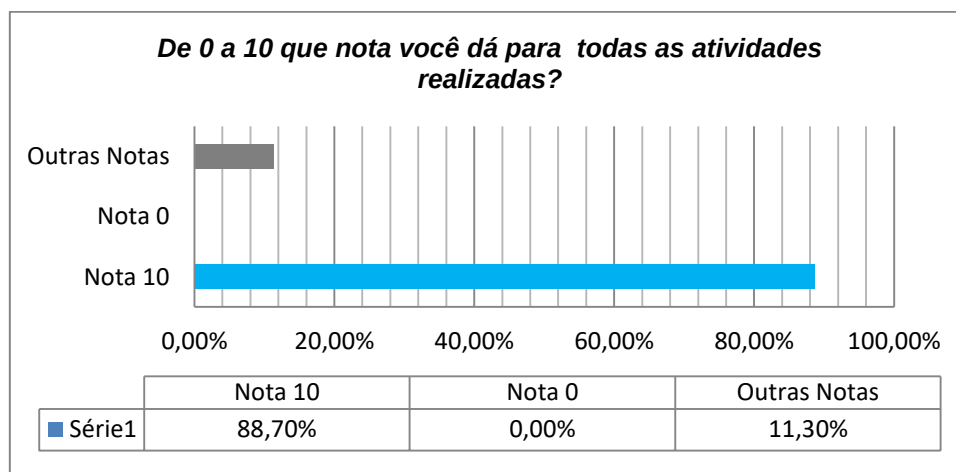


Gráfico 4. 11 – Questão 10/Último Questionário.

(Fonte: O Autor)

Sobre a questão 10 do questionário, o Gráfico 4.11 traz seu resultado. Destacamos a ‘Nota 10’ dada as atividades realizadas representada por 88,70% das respostas e a ‘Nota 0’ com 0%. Dos 11,30% de ‘Outras Notas’ não há nenhuma nota abaixo da nota 7.

4.2. DIFICULDADES E PROBLEMAS ENCONTRADOS

De início, na Escola Y, a principal dificuldade foi motivar os alunos a participarem do projeto. Muitos, por terem crescido em métodos tradicionais de ensino, não manifestaram interesse, pois, nas palavras de um dos alunos: “*Já tenho que vir pra escola a semana toda, agora final de semana tenho que perder meu tempo aqui também?*”, obviamente que este aluno não representa a todos, porém pensamentos análogos foram demonstrados por alguns. Para contornar este problema o gestor da escola e os professores foram muito presentes no diálogo e persuasão dos alunos quanto a importância das atividades a serem realizadas.

Na Escola X houve situação semelhante, porém em menor escala. Em ambas as escolas algo muito preocupante foi a manifestação de participação somente mediante ao ganho de pontos na disciplina Física. Embora desmotivador esse fato nos centrou no problema a ser resolvido e a necessidade de mudar o pensamento de que estudar só serve para ganhar pontos e passar de ano.

Outro grande problema foi a permuta de alunos por diversos motivos, dentre estes os principais foram por emprego/desemprego, mudança de bairro/cidade e formação profissional extra escolar, com isto tivemos algumas variações no número de alunos que frequentou cada uma das atividades, então os números tomados como base na construção dos gráficos foram apenas dos questionários recebidos.

Além dos pequenos problemas internos às escolas, houve um grande *problema técnico* com dois dos celulares que foram usados pra registrar alguns momentos do projeto e infelizmente os dados neles contidos foram perdidos, dentre estes estão os seguintes registros:

- Primeiro Momento Pedagógico da turma 3°C e restante das fotos do 3ºE da Escola X.
- Primeiro e Segundo Momento Pedagógico da turma 3º2 vespertino da Escola Y.
- Terceiro Momento Pedagógico (seminários) de todas as turmas, reaplicação do questionário de todas as turmas e Construção de projetos das turmas da Escola X.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÃO

Dentre os vários bons resultados que este trabalho proporcionou está a evolução profissional e o ganho de experiência junto com o projeto na *Educação 4.0*, o **Aprender Fazendo**, como destacado nas palavras de um dos alunos, “*pôr a mão na massa*”, pois cada aluno teve oportunidade de se expressar, de responder as situações problemas de acordo com seus conhecimentos prévios, com a sua maneira de ver o mundo em que vive. No Segundo e Terceiro Momento Pedagógico as atividades foram realizadas de acordo com o ritmo de cada aluno, pois cada um aprende coisas diferentes e faz isso de maneiras diferentes, no fim tivemos o entendimento geral sobre o assunto abordado no início. Estas informações estão sendo reunidas em um artigo que será submetido a análise até o final de 2018.

O trabalho tornou-se muito mais abrangente do que apenas a proposta de associações de resistores, pois na culminância, por parte dos alunos, abarcou informações sobre vários ramos das ciências exatas, humanas e jurídicas, destacando ainda a capacidade empreendedora de cada um. Tivemos ainda uma integração da vivência escolar com a vivência cotidiana do aluno, aproximando a comunidade da vida escolar, pois nossos alunos tornaram-se multiplicadores e instigadores sociais acerca das práticas relacionadas à segurança em instalações elétricas residenciais.

Novas oportunidades e possibilidades surgiram em virtude do excelente aproveitamento e dos bons resultados que os trabalhos trouxeram para as escolas, para os alunos e para todos os envolvidos. Para 2018 estamos com dois projetos já em fase final de planejamento para iniciarem em Julho na Escola X, sendo estes um projeto de Robótica nos moldes do Hackathon Desafio Educação 4.0¹⁴, contando com tutores (ex-alunos) participantes do projeto anterior (2017) e um projeto de Física e História, intitulado *A História das Contribuições da Física para a Humanidade – Uma abordagem Energética*,

¹⁴ Evento de educação tecnológica organizado pelo Instituto CERTI Amazonas e fomentado pela Positivo Informática, realizado no Novotel entre os dias 15 e 17 de Janeiro de 2018.

em parceria com o Professor Eliedem Farias, que visa incentivar e apoiar o potencial criativo, empreendedor e de engenharias dos alunos. Ambos os projetos estão fundamentados na experiência adquirida com a coordenação e aplicação dos Três Momentos Pedagógicos.

Outro resultado excelente foi a aprovação em **primeiro lugar**, no curso de engenharia elétrica-eletrônica da UFAM¹⁵, de um dos alunos participantes do projeto. Dentre as várias áreas, destaco as aprovações em Engenharias (elétrica, civil e de Software), Física, Matemática e Química. Não serão citados todos os nomes e cursos, pois a grande quantidade e a variedade tornaram esta tarefa laboriosa.

A continuação deste trabalho, para estudos posteriores ao nível de Mestrado, será focada na Educação 4.0, não mais trabalhando inicialmente com um conteúdo pré-definido como associações de resistores, mas com educação tecnológica e o uso de microcontroladores, tais como Arduinos e Micro Bit, visando a preparação do aluno para o mundo que encontrará após terminar a escola, tendo em vista que as necessidades profissionais deste futuro serão diferentes das atuais e a inclusão tecnológica será imprescindível num ambiente que, daqui há duas ou três décadas, será dominado pela linguagem computacional, máquinas avançadas, robôs com inteligência artificial e novas tecnologias, o que já é realidade em alguns setores das indústrias e comércios.

¹⁵ Universidade Federal do Amazonas.

REFERÊNCIAS

- ANGOTTI, J. A. P. **Solução alternativa para a formação de professores de ciências: um projeto educacional desenvolvido na Guiné-Bissau**. 1982. 189 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1982.
- AXT, R. **O papel da Experimentação no Ensino de Ciências**. In: Moreira, M. A;
- CÂMARA, E. A. et al. **Ensino de Física: Dificuldades dos alunos de Ensino Médio**, In: Congresso Ibero-Americano em Investigação Qualitativa, 3., p. 421-423, 2014.
- CARRARO, F. L., PEREIRA, R. F., **O Uso de Simuladores Virtuais do Phet como Metodologia de Ensino de Eletrodinâmica**, Os Desafios da Escola Pública Paranaense na Perspectiva do Professor Pde, Paraná, v.1, versão online, 2014.
- CITETHISFORME. Guia Prático de Citações e Referências Segundo as Normas da ABNT. Disponível em: <<http://www.citethisforme.com/pt/normas-abnt>>, Acesso em: 19 jan. 2018.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Física**. São Paulo: Cortez, 1990a.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002.
- GIACOMINI, A., MUENCHEN, C., **Os Três Momentos Pedagógicos como Organizadores de um Processo Formativo: Algumas Reflexões**, Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, p. 339-355, v. 15, n. 2, 2015.
- GRAND CHALLENGES IN SCIENCE EDUCATION, **Science**, 19 de abril de 2013, p. 290-323.
- GUIA DO ESTUDANTE. **Profissões de A a Z**. Guia do estudante. Editora: Abril. p. 99, 2005.
- HEWITT, P. G.; **Física Elementar Conceitual**. 12^a ed., Porto Alegre: Bookman, 2015.
- INOVEDUC FOLHA DIRIGIDA. **Como a Educação 4.0 Mudará Nossas Escolas?**. Disponível em: <<http://inoveduc.com.br/artigos/educacao-4-0-mudara-escolas>>, Acessado em 28 jan. 2018.

LATOSINSKI, E. S., **Uma Proposta Inovadora Para o Ensino de Temas Estruturantes de Física a Partir de Conceitos de Eletrodinâmica**, 96 f, Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2013.~

MALDANER, O. A. (2007). **Situações de Estudo no Ensino Médio: nova compreensão de educação básica**. In: Nardi, R. (org.). Pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil: alguns recortes. Escrituras: São Paulo.

MARENGÃO, L. S. L., **Os Três Momentos Pedagógicos e a Elaboração de Problemas de Física Pelos Estudantes**, 82 f. Dissertação (Programa de Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, 2012.

MENDES, R. M. B. M. et al. **Dificuldades dos Alunos do Ensino Médio com a Física e os Físicos**. In: Simpósio Nacional de Ensino de Física, 17., 2007, Maranhão.

MIGUEL, J. C., CORRÊA, H. P. S., GEHLEN, S. T., **A Significação Conceitual na Estruturação dos Momentos Pedagógicos: Um Exemplo no Ensino De Física**, Experiências em Ensino de Ciências, v.9, n. 2, p. 69-82, 2014.

MOREIRA, M. A., **Grandes Desafios Para o Ensino da Física na Educação Contemporânea**. In: Conferencia Interamericana sobre Enseñanza de la Física, 11., jul. 2013, Guayaquil, Equador.

MUENCHEN, C., **A Disseminação dos Três Momentos Pedagógicos: Um Estudo Sobre Práticas Docentes na Região de Santa Maria/RS**, 273 f, Tese (Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2010.

MUENCHEN, C., DELIZOICOV, D., **Os Três Momentos Pedagógicos e o Contexto de Produção do Livro "Física"**, Ciência & Educação, Bauru, v. 20 n. 3, p. 617-638, jul. - set. 2014.

PONTOCIÊNCIA. **Experiências de Baixo Custo/Eletricidade**. Disponível em: <<http://pontociencia.org.br>>, Acesso em: 08 dez. 2016.

PORTAL DO PROFESSOR. **Planos de Aula: Eletrodinâmica**. Disponível em: <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br>>, Acesso em: 08 dez. 2016.

RICARDO, E. C., FREIRE, J. C. A., **A Concepção dos Alunos Sobre a Física do Ensino Médio: Um estudo Exploratório**, Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 2, p. 251-266, nov. 2007.

SILVA, C. X., FILHO, B. B.; **Física Aula Por Aula**, v. 3, 1ª ed., São Paulo: FTD, 2010.

SILVÉRIO, A. A., **As Dificuldades no Ensino/Aprendizagem de Física**, 57 f. Monografia (Curso de Especialização em Ensino de Física do Centro de Ciências Físicas e Matemáticas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2001.

VYGOTSKY, L. S. (2001). **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo: Martins Fontes.

APÊNDICE A: REGISTROS DA SEGUNDA PARTE DO TMP¹⁶

A seguir alguns registros dos trabalhos no laboratório (Fig. A.1-A.23).



Fig.A. 1 – Terceiro Momento Pedagógico – Aluno da Escola Y/3º2 Vespertino.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.A. 2 – Terceiro Momento Pedagógico – Alunos da Escola Y/ 3º2 Matutino e Vespertino.

(Fonte: Arquivo do Autor)

¹⁶ Restante dos registros referentes a situação expostas no capítulo 5, página 85-86.



Fig.A. 3 – Terceiro Momento Pedagógico – Aluno da Escola Y/ 3º2 Vespertino.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.A. 4 – Terceiro Momento Pedagógico – Alunos da Escola Y/ 3º2 Vespertino, 3º1 e 2 Matutino.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.A. 5 – Terceiro Momento Pedagógico – Alunos da Escola Y/ 3º2 Vespertino, 3º1 e 2 Matutino.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.A. 6 – Terceiro Momento Pedagógico – Alunos do 3º2 Vespertino, 3º1 e 2 Matutino/ Escola Y.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.A. 7 – Terceiro Momento Pedagógico – Alunos do 3º2 Vespertino, 3º1 e 2 Matutino/ Escola Y.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.A. 8 – Terceiro Momento Pedagógico – Alunos do 3º1 Matutino/Escola Y.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.A. 9 – Terceiro Momento Pedagógico – Alunos do 3º2 Vespertino, 3º1 e 2º Matutino/Escola Y.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.A. 10 - Participação extra: Alunos do 2º5 Vespertino/Escola Y.
(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.A. 11- Participação extra: Alunos do 2º5 Vespertino/Escola Y.
(Fonte: Arquivo do Autor)

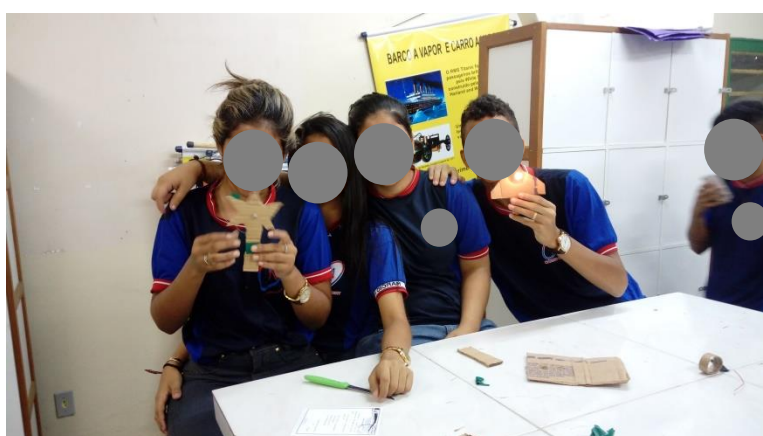


Fig.A. 12 - Participação extra: Alunos do 2º5 Vespertino/Escola Y.
(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.A. 13 – Culminância dos Três Momentos Pedagógicos.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.A. 14 – Culminância dos Três Momentos Pedagógicos.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.A. 15 – Culminância dos Três Momentos Pedagógicos.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.A. 16 – Culminância dos Três Momentos Pedagógicos.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.A. 17 – Culminância dos Três Momentos Pedagógicos – Alunos da Escola X e Escola Y apresentando alguns projetos.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.A. 18 – Culminância dos Três Momentos Pedagógicos – Alunos da Escola X.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.A. 19 – Culminância dos Três Momentos Pedagógicos alunos da Escola X e Escola Y apresentando alguns projetos.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.A. 20 – Culminância dos Três Momentos Pedagógicos – Participação especial do Mestrando IFAM/UFAM Alê Cruz.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.A. 21 – Culminância dos Três Momentos Pedagógicos – Alunos da Escola X e Escola Y.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.A. 22 – Culminância dos Três Momentos Pedagógicos – Alunos da Escola X, Escola Y e alunos colaboradores do 2º ano vespertino das Escola Y.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.A. 23 – Culminância dos Três Momentos Pedagógicos – Banner do Evento.

(Fonte: Arquivo do Autor)

APÊNDICE B: MONTAGEM DO EQUIPAMENTO EDUCACIONAL

A tabela Tab.B.1 a seguir mostra os itens gerais necessários para a construção do equipamento utilizado nas atividades do PMP e SMP e que serviram de referência para alguns projetos que os alunos desenvolveram:

Item	Quantidade	Valor total (R\$)
Fio elétrico 2,5 mm;	5 metros	6,50
Placas de compensado de 40 cm X 50 cm;	4 unidades	24,00
Pacote de Folhas EVA 2mm	1 unidade	8,00
1 Pistola de cola quente, 1 fita adesiva, 1 fita isolante, 10 bastões de cola quente, 1 marcador para quadro branco.	---	20,00
Disjuntores de 500 mA;	2 unidades	19,60
Tomadas expostas;	6 unidades	21,00
Interruptores box;	2 unidades	9,00
Tomadas macho;	4 unidades	8,40
Pacote de grampos isolantes;	1 unidade	1,10
Lâmpadas incandescentes;	5 unidades	15,00
Lâmpadas Fluorescente;	5 unidades	35,00
Lâmpada fluorescente queimada.	1 unidade	00,00
Bocal com pino	6 unidades	12,00
Lâmpada Incandescente queimada	1 unidade	00,00
Kit de ferramentas básicos.	1 unidade	69,00
Valor total dos materiais		248,6

Tab.B. 1 – Itens fornecidos pelo PROEMI para a construção do equipamento utilizado PMP e SMP.

(Fonte: O Autor)

A seguir alguns registros dos trabalhos (Fig.B.1-B.12).

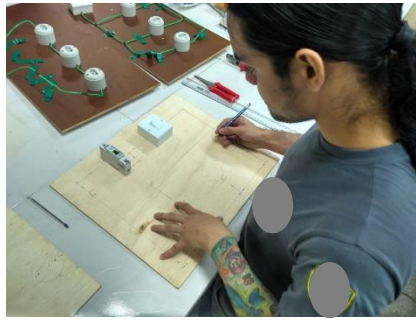


Fig.B. 1 - Construção do Circuito B (Paralelo).

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.B. 2 - Construção do Circuito B (Paralelo).

(Fonte: Arquivo do Autor)

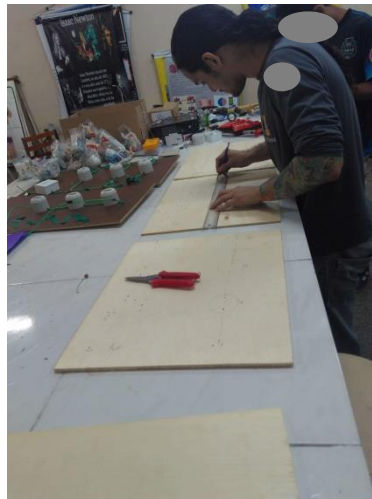


Fig.B. 3 - Construção do Circuito A (Série).

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.B. 4 - Construção do Circuito A (Série).

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.B. 5 - Construção do Circuito A (Série) com a ajuda de um aluno da Escola Y.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.B. 6 - Alguns Materiais para a Construção dos Circuitos.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.B. 7 – Parte 1 da Construção dos Circuitos em Série e Paralelo.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.B. 8 – Parte 2 da Construção dos Circuitos em Série e Paralelo.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.B. 9 – Parte 3 da Construção dos Circuitos em Série e Paralelo.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.B. 10 - Circuito A (Série) e sua Tampa.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.B. 11- Circuito B (Paralelo) e sua Tampa.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.B. 12 - Circuitos A (Série) e B (Paralelo) finalizados.

(Fonte: Arquivo do Autor)

O custo médio de material para a produção foi de R\$ 248,60. Todos os materiais utilizados foram **novos** e adquiridos com o apoio financeiro do PROEMI que estava em execução na escola, porém, na falta de recursos os

equipamentos podem ser construídos com peças reaproveitadas e recicladas tornando-o de baixo custo. As substituições que podem ser feitas afim de que o equipamento tenha seu custo reduzido, principalmente, são nos disjuntores que podem ser trocados por fusíveis ou nem colocados no equipamento; kit de ferramentas novo, as cinco lâmpadas incandescentes e cinco fluorescentes apenas por três lâmpadas incandescentes; não utilizar interruptores nem tomadas com caixa expostas, mudando apenas para três bocais comuns; o emborrachado pode ser trocado por papelão e as quatro placas de compensado apenas por duas (ou até por papelão prensado). Feitas estas modificações o custo será em torno de R\$ 29,5 tomando como base a tabela Tab.B.2 abaixo.

Item	Quantidade	Valor Total (R\$)
Fio Elétrico 2,5 mm	5 metros	6,50
Bocal Padrão	6 unidades	6,00
Lâmpadas Incandescentes	3 unidades	9,00
Tomada Macho	2 unidades	4,00
Fita Isolante	1 unidade	4,00
Valor Total		29,5

Tab.B. 2 – Itens mínimos necessários para a construção dos equipamentos utilizados no PMP e SMP, versão baixo custo.

(Fonte: O Autor)

APÊNDICE C: PROJETOS DESENVOLVIDOS

Esta seção mostrará alguns registros dos principais trabalhos desenvolvidos pelos alunos. Estes foram escolhidos por meio de votação dos próprios alunos e participantes da feira cultural na qual foram expostos. Os projetos trazem o nome da turma responsável e a escola onde foi desenvolvido (Fig.C.1-C.26).

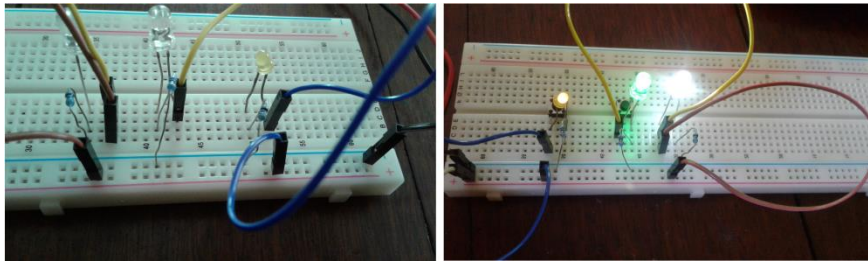


Fig.C. 1 - Circuito de Teste na Protoboard – 3ºE/Escola X.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.C. 2 - Circuito Misto com Curto Circuito – 3º1/Escola Y.

(Fonte: Arquivo do Autor)

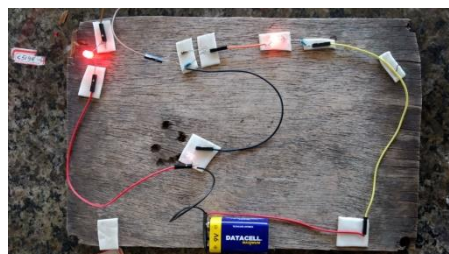


Fig.C. 3 - Circuito Misto com Seleção de Partes – 3ºE/ Escola X.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.C. 4 – Filtro de Linha Caseiro – 3°C/ Escola X.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.C. 5 - Circuito com duas Fases e Seleção de Partes – 3°C/ Escola X.

(Fonte: Arquivo do Autor)

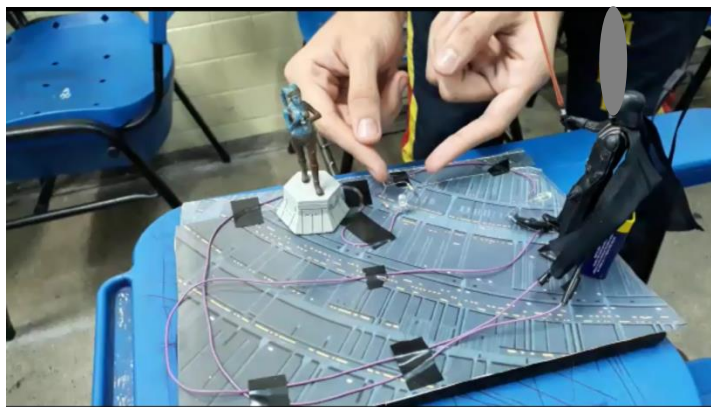


Fig.C. 6 - Circuito Misto com Sons – 3°E/Escola x.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.C. 7 - Luminária Led – 3ºB/ Escola X.

(Fonte: Arquivo do Autor)

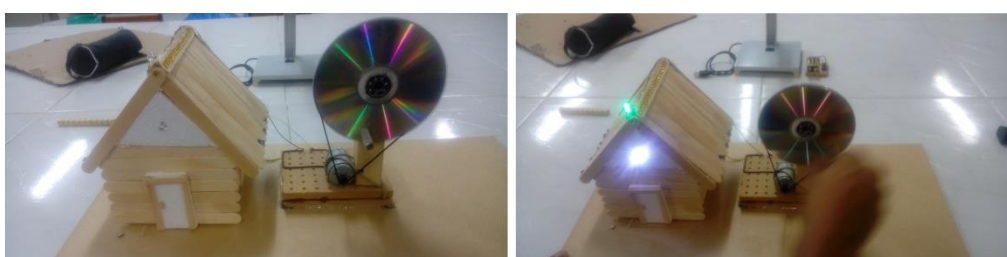


Fig.C. 8 – Maquete Residencial com Gerador Simples – 3º2 Vespertino/Escola Y.

(Fonte: Arquivo do Autor)

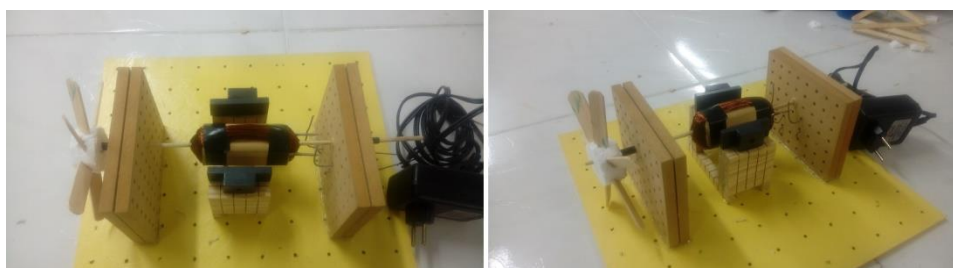


Fig.C. 9 - Motor Elétrico 12 V – 3º2 Vespertino/ Escola Y.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.C. 10 - Motor Elétrico 9 V – 3º1/Escola Y.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.C. 11- Ventilador USB – 3º2 Matutino/Escola Y.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.C. 12 - Carregador Portátil – 3ºB/ Escola X.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.C. 13 - Bobina Tesla – 3ºB/ Escola X.

(Fonte: Arquivo do Autor)

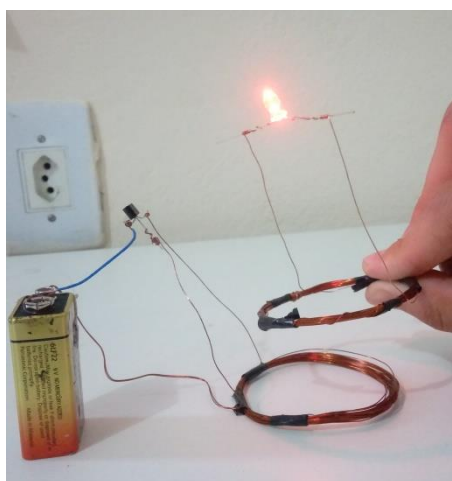


Fig.C. 14 – Transferência de Energia Sem Fio – 3º1/ Escola Y.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.C. 15 - Pirógrafo – 3ºB/ Escola X.

(Fonte: Arquivo do Autor)

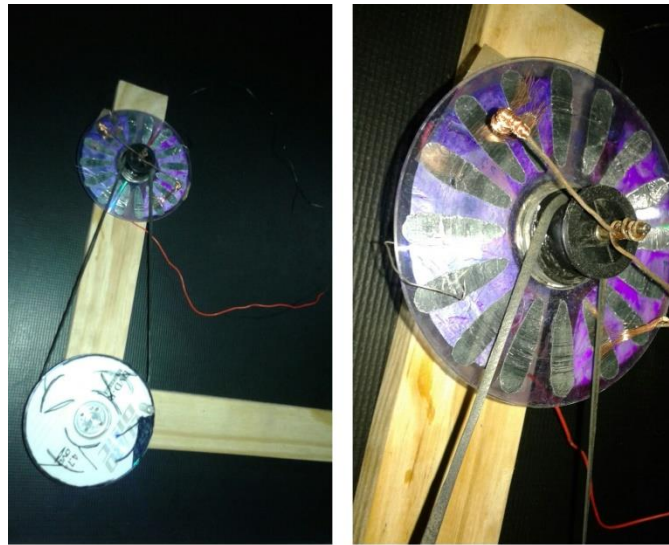


Fig.C. 16 - Gerador Wimshurst – 3º2 Matutino/ Escola Y.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.C. 17 - Circuito Misto com Led – 3º1 e 3º2 Matutino/ Escola Y.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.C. 18 - Circuito Editável – 3º1 e 3º2 Matutino/ Escola Y.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.C. 19 - Mini Usina de Energia Solar – 3°C/ Escola X.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.C. 20 - Mini Usina Termoelétrica – 3°E/ Escola X.

(Fonte: Arquivo do Autor)

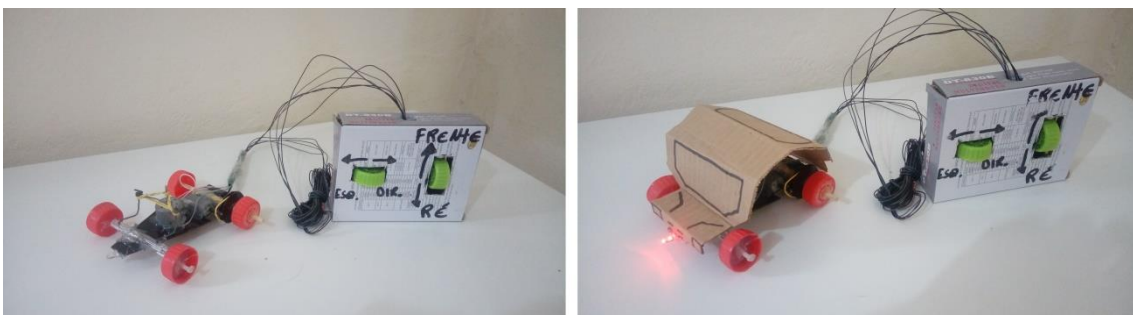


Fig.C. 21 - Carro de Controle Remoto com Sucata – 3°E/ Escola X.

(Fonte: Arquivo do Autor)

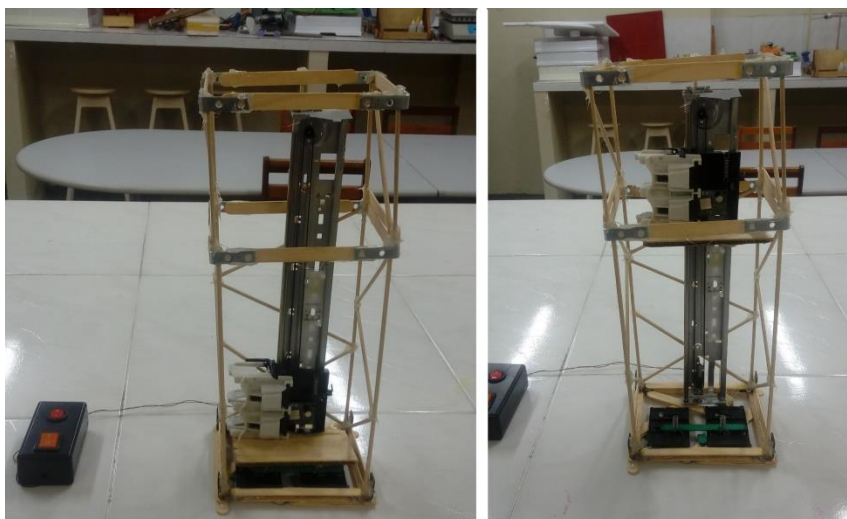


Fig.C. 22 – Elevador Elétrico – 3º1/ Escola Y.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.C. 23 – Vagas Inteligentes de Estacionamento com “Sensor de Pressão” - 3º2 Matutino/ Escola Y.

(Fonte: Arquivo do Autor)

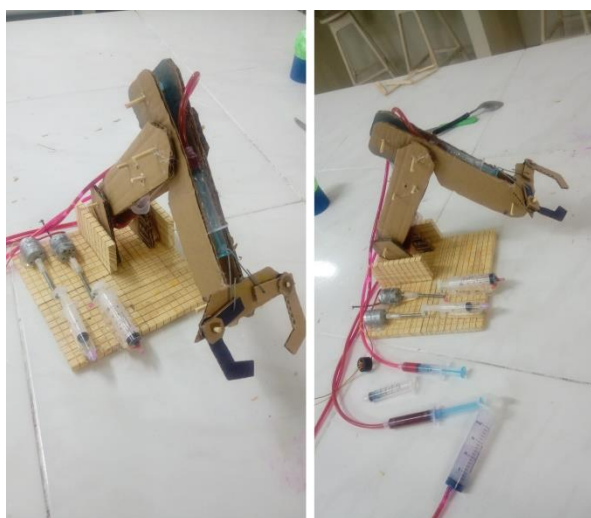


Fig.C. 24 - Braço Eletro-hidráulico (inacabado) – 3º1/ Escola Y.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.C. 25 – Luminária Réplica do Reator ARC (Iron Man) – 3°C e 3° B/ Escola X.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.C. 26 – Caneta identificadora de Polaridade – 3°B, 3°C e 3°E/ Escola X.

(Fonte: Arquivo do Autor)



Fig.C. 27 - Menção honrosa – Wall-E¹⁷ – Colaboração entre 3° e 2° ano Vespertino/ Escola Y.

(Fonte: Arquivo do Autor)

¹⁷ WALL·E é um filme de animação americano de 2008 produzido pela Pixar Animation Studios e dirigido por Andrew Stanton.

Vale a pena destacar que os experimentos com ideias semelhantes, os de robótica, ou os puramente didáticos não foram incluídos aqui embora *vários tenham sido produzidos*, com exceção do citado Fig.C.27, pois se trata de um projeto de robótica construído de maneira colaborativa entre alunos dos 3º e 2º anos da EMN, com o apoio da professora Nilce Cascaes, que participaram em algumas situações nas aplicações dos Três Momentos Pedagógicos como voluntários.

APÊNDICE D: PRODUTO EDUCACIONAL

OS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS NO ENSINO DE ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES.

OBJETIVO GERAL:

- Dominar a linguagem Física necessária para a compreensão do nosso contexto, possibilitando a formação de cidadãos autônomos e críticos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Aprender os conceitos básicos e estruturantes do conhecimento da eletrodinâmica;
- Adquirir uma visão geral que favoreça a compreensão do comportamento dos elétrons livres nos metais;
- Aplicar, corretamente, o método de investigação científica nas atividades experimentais;
- Obter a aprendizagem de conceitos, de atitudes e de métodos coerentes da natureza da ciência física;
- Identificar o regime de validade para as leis físicas e para os modelos teóricos envolvidos.

COMPETENCIAS:

- Entender métodos e procedimentos próprios da eletrodinâmica e aplicá-los em diferentes contextos;
- Apropriar-se de conhecimentos da eletrodinâmica para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

HABILIDADES:

- Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagens e representações dos princípios de eletrodinâmica;

- Caracterizar causas ou efeitos de corrente e circuitos elétricos;
- Utilizar leis físicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da eletrodinâmica;
- Dimensionar circuitos ou dispositivos elétricos de uso cotidiano;
- Relacionar informações para compreender manuais de instalação ou de utilização de aparelhos, sistemas tecnológicos de uso comum;
- Selecionar testes de controle, parâmetros ou critérios para a comparação de materiais e produtos, tendo em vista a defesa do consumidor, a saúde do trabalhador ou a qualidade de vida.

CONTEÚDOS

Corrente elétrica e seus efeitos, resistência elétrica, diferença de potencial elétrico, leis de Ohm, dispositivos de segurança, aparelhos de medida, circuitos elétricos em série, circuitos elétricos em paralelo e circuitos elétricos mistos;

DURAÇÃO

O tempo mínimo aconselhável para o seguimento das atividades de forma acessível aos alunos é de 10 (dez) horas-aula. As atividades e a quantidade de aulas respectivas estão descritas na tabela Tab.D.1 a baixo.

Número de aulas	Momento pedagógico	Conteúdo
1	PMP - Problematização inicial	Circuitos Elétricos Simples em Série e em Paralelo
1	SMP – Sistematização do Conhecimento	Introdução aos Circuitos Elétricos
2	SMP - Sistematização do conhecimento	Circuitos em Série e simulador do PHET
2	SMP - Sistematização do conhecimento	Circuitos em Paralelo e simulador do PHET
2	TMP - Aplicação do conhecimento –	Circuitos em Série e

	Primeira Parte	em Paralelo (seminário)
2	TMP - Aplicação do conhecimento – Segunda Parte	Exposição de Projetos

Tab.D. 1 – Quantidade de aulas para cada Momento Pedagógico e seu respectivo conteúdo.

(Fonte: O Autor)

RECURSOS ESTRUTURAIS

Para o bom aproveitamento do projeto é necessário que a escola disponha de WI-FI e Datashow para as atividades do Segundo Momento Pedagógico e espaços adequados para as atividades experimentais (de preferência laboratórios) do Terceiro Momento Pedagógico. Todas as atividades podem ser realizadas em sala de aula caso a direção escolar esteja de acordo, tomando todos os cuidados necessários para evitar danos ao patrimônio e risco a integridade física dos alunos.

METODOLOGIA

Construção do equipamento:

Iniciaremos com a construção do equipamento necessário, tendo em vista sua versão de baixo custo. A tabela Tab.D.2 a seguir resume os materiais necessários.

Item	Quantidade	Valor Total (R\$)
Cabo Elétrico 2,5 mm ²	5 metros	6,50
Bocal Padrão	6 unidades	6,00
Lâmpadas Incandescentes	3 unidades	9,00
Tomada Macho	2 unidades	4,00
Fita Isolante	1 unidade	4,00

Papelão ¹⁸ , cola quente, estilete, chaves phillips e alicate.	---	---
Valor Total		29,5

Tab.D. 2 - Itens mínimos necessários para a construção dos equipamentos utilizados no PMP e SMP, versão baixo custo.

(Fonte: O Autor)

A construção dos dois equipamentos custará em torno de 30 reais.

- **Para o circuito elétrico com associação em série:**

2,5 m de cabo elétrico, 3 bocais, 1 tomada macho. Corte dois pedaços de cabo de 10 cm cada, desencape 1 cm de cada ponta, reserve. Corte o fio restante em duas parte, uma com 1,3 m e a outra com 1,0 m, desencape 1 cm de cada ponta para realizar as conexões. A figura Fig.D.1 abaixo auxilia na sua montagem.

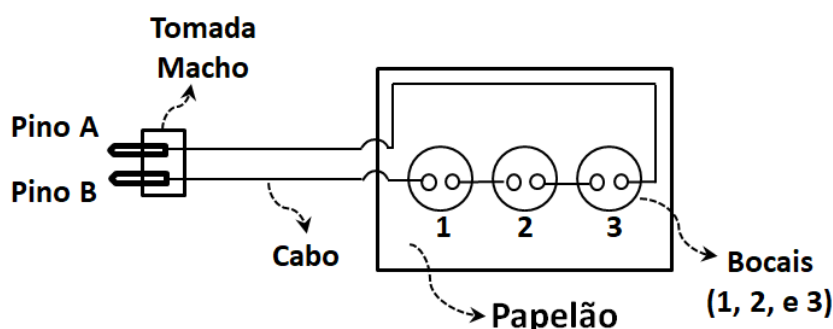


Fig.D. 1 – Esquema da estrutura do circuito elétrico com associação em Série.

(Fonte: O Autor)

Ligue um dos extremos do cabo de 1,3 m ao pino A da tomada macho e o cabo de 1,0 m ao pino B. Ligue o outro extremo do cabo de 1,0 m ao orifício esquerdo do bocal 1, use um dos pedaços de cabo de 10 cm e ligue ao orifício direito do bocal 1, o outro extremo ligue ao orifício esquerdo do bocal 2 e faça o mesmo procedimento com o outro cabo de 10 cm entre os bocais 2 e 3. No orifício direito do bocal 3 ligue o extremo livre do cabo de 1,3 m. Fixe os bocais

¹⁸ Na ausência da possibilidade de usar placas de madeira (como as que são descartadas de móveis danificados, em marcenarias, etc) adota-se o papelão. É aconselhável que este tenha no mínimo 0,5 cm de espessura para evitar torções e deformações na estrutura.

no papelão usando cola quente. Fixe também os fios da mesma forma. Recorte outra placa de papelão com o mesmo tamanho utilizado para a base onde foram fixados os bocais e a fiação. Nesta placa recorte 3 discos com o diâmetro ligeiramente menor que o diâmetro dos bocais. Certifique-se de fazer os cortes alinhados com os bocais para que esta placa se encaixe neles e fique firme. Esta tampa esconderá a fiação deste circuito elétrico que será nomeado de **Circuito A**.

- **Para o circuito elétrico com associação em paralelo:**

Corte 4 pedaços de 10 cm do cabo elétrico de 2,5 m. Desencape 1 cm de cada extremo, reserve. O cabo restante, 2,1 m, deverá ser cortado em duas partes iguais de 1,05 m cada pedaço, desencape os extremos. Ligue um dos cabos de 1,05 m ao pino A da tomada macho e o outro extremo ao orifício superior do bocal 3. O outro cabo de 1,05 m deve ser ligado ao pino B da tomada macho e seu outro extremo ao orifício inferior do bocal 3. Os pontos **a**, **b**, **c** e **d** devem ser desencilados para que seja feita a conexão elétrica com os 4 pedaços de cabos de 10 cm. Cada um dos cabos deve ser ligado a um dos orifícios dos bocais 1 e 2 e seu outro extremo em um dos pontos citados anteriormente, conforme o esquema abaixo ilustra (Fig.D.2). Após isso encape todas as conexões feitas nos pontos **a**, **b**, **c** e **d** com fita isolante. Cole todas as estruturas com cola quente. Para a tampa faça o mesmo procedimento do circuito elétrico anterior. Este circuito elétrico aqui será nomeado de **Circuito B**.

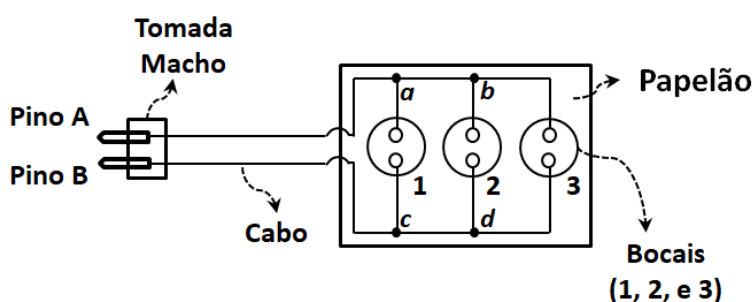


Fig.D. 2 – Esquema da estrutura do circuito elétrico com associação em Paralelo.

(Fonte: O Autor)

É importante ter cuidado ao manusear a estrutura de papelão no momento de usá-la, pois se trata de um material não muito resistente, o ideal seriam as placas de madeira como, por exemplo, fundos de gavetas. Na impossibilidade de utilizá-las é aconselhável usar papelão de no mínimo 0,5 cm de espessura.

PRIMEIRO MOMENTO PEDAGÓGICO (PMP)

Inicie perguntando aos alunos o que seria da vida cotidiana deles sem poder utilizar energia elétrica. Peça que eles expliquem como seriam suas rotinas nesta situação. Após este questionamento, enrosque as lâmpadas nos bocais do **circuito A** DESLIGADO E COM A TAMPA. Peça para que os alunos tenham atenção no funcionamento deste e já tentem relacioná-lo ao funcionamento de alguma parte de sua residência. Ligue o **circuito A** na tomada. O brilho das lâmpadas estará fraco. Questione os alunos sobre qual o motivo disso. Após isso, peça para que eles escolham uma das lâmpadas para ser retirada. Ao retirá-la as demais se apagarão, neste momento questione novamente os alunos sobre o motivo disto ter acontecido. Deixe-os refletir por alguns minutos e peça para que eles prevejam se, após devolver essa lâmpada e mexer em outra, o circuito se comportará de forma diferente. Destaque para eles que este circuito será chamado de **circuito A**.

Após as atividades com o **circuito A**, desligue-o, desenrosque as lâmpadas e as coloque no **circuito B** DESLIGADO E COM A TAMPA. Avise aos alunos que será trabalho outro tipo de circuito elétrico agora. Peça para que tentem relacioná-lo a alguma parte (ou partes) de sua residência enquanto verificam seu funcionamento. Ligue o circuito na tomada e espere alguns minutos para que os alunos se acostumem com o visual. Questione-os sobre a nova intensidade do brilho. Pergunte se houve alteração na fiação DA ESCOLA (ou do local onde esta atividade estiver sendo realizada). Pergunte se houve alguma alteração nas lâmpadas. Deixe-os debater e discutir a respeito por alguns minutos. Peça para eles anteciparem o que ocorrerá ao se retirar uma lâmpada, dê preferência para retirar a lâmpada que esteja na mesma posição da lâmpada retirada na atividade com o **circuito A** inicialmente. Assim que eles exporem suas hipóteses desenrosque a lâmpada e peça para eles verificarem

com atenção o comportamento. Retire uma segunda lâmpada e, antes de fazê-lo, questione-os sobre o que ocorrerá. Escolha alguns alunos para que tentem justificar o que está havendo brevemente.

Após analisar os dois circuitos elétricos, distribua o questionário do modelo ilustrado abaixo para cada aluno e peça que respondam todas as perguntas, independentemente de já terem estudado este conteúdo ou não, com suas próprias palavras, evitando o uso de internet e não se importem se está correto ou incorreto. Deixe claro para os alunos que o objetivo é analisar como eles explicarão as situações verificadas e que suas respostas não serão expostas.



MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



Instituição:	
Professor:	
Aluno (a):	Data:

QUESTIONÁRIO Nº1

1. Após tirar a primeira lâmpada, o que houve no circuito A? E no Circuito B?
2. Após tirar a segunda lâmpada, o que houve no circuito A? E no B? Alguma alteração em ambos?
3. Qual a possível vantagem do circuito A? E sua desvantagem?
4. Qual a possível Vantagem do circuito B? E sua desvantagem?
5. Qual parte da sua residência pode ser relacionada aos circuitos A e B? Por quê?

Peça aos alunos que tentem ser objetivos e breves nas suas respostas evitando fugir ao tema da aula.

SEGUNDO MOMENTO PEDAGÓGICO (SMP)

O material a seguir foi desenvolvido pelo professor Eloy Barreto para ser trabalhado em sala no SMP como meio de fugir ao tradicional ensino “Quadro-Giz” e potencializar a fixação dos conhecimentos. Vale ressaltar que até a aplicação do SMP os alunos já devem ter visto todos os conteúdos do Eixo Eletrostática.

É aconselhável iniciar as atividades do SMP na semana seguinte às atividades do PMP. O SMP será dividido em três partes. Na primeira parte será trabalhado o conteúdo introdutório a circuitos elétricos simples. Após este estudo iniciaremos as associações em série na segunda parte e na terceira parte as associações em paralelo e associações mistas. Com auxílio do Datashow utilize as imagens abaixo¹⁹ e as discussões sobre cada uma para ministrar sua aula ou tome-as como base. A ordem os *slides* pode ser alterada caso o professor julgue necessário.

PARTE 1: INTRODUÇÃO AOS CIRCUITOS ELÉTRICOS SIMPLES

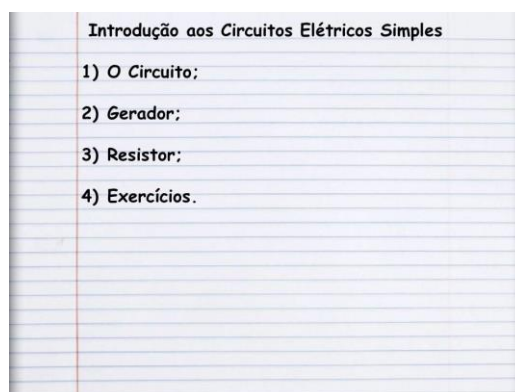


Fig.D. 3 – Sumário da primeira parte da aula ministrada para o SMP.

(Fonte: Arquivo do Autor)

Apresentação do conteúdo a ser trabalhado nesta primeira parte (Fig.D.3).

¹⁹ O material em formato .PPT (Slides para utilização em sala) e .JPEG, assim como os aplicativos e simuladores virtuais estão disponíveis para download gratuito em:
<https://drive.google.com/open?id=1aUD97tXBy2bwrLPA5MMc5SaMIZJkaTxN>



Fig.D. 4 – Introdução ao conteúdo de Circuitos Elétricos

(Fonte: Arquivo do Autor)

Começando o conteúdo por discutir o que seria o “circuito elétrico” e suas características básicas (Fig.D.4).

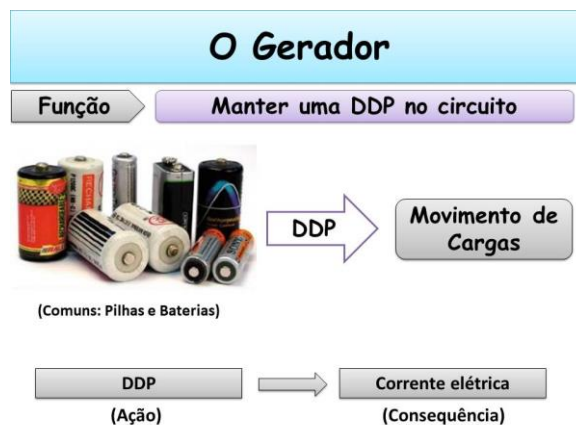


Fig.D. 5 – O Gerador – Primeira parte do SMP.

(Fonte: Arquivo do Autor)

Após a introdução começaremos a discutir os elementos básicos que compõem o circuito simples. Iniciando pelo gerador e destacando sua função, sem entrar em detalhes matemáticos dele (Fig.D.5).

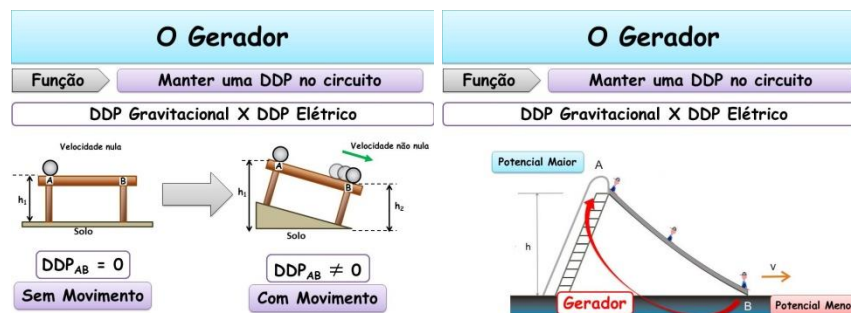


Fig.D. 6 – A Diferença de Potencial - Primeira parte do SMP.

(Fonte: Arquivo do Autor)

A este ponto o conteúdo de potencial elétrico já foi estudado pelos alunos. Para simplificar a situação é aconselhável fazer esta analogia, pois, na maioria dos casos, facilita o entendimento sobre como a DDP funciona no circuito. No lado esquerdo da Fig.D.6 vemos duas situações, uma em que não há DDP, então a bolinha não se move espontaneamente entre os pontos (níveis) A e B. Na segunda situação vemos um desnível entre os pontos A e B, portanto há uma DDP não nula, neste caso a bolinha se moverá espontaneamente entre esse desnível, portanto haverá movimento. Se trocarmos a bolinha por portadores de carga e a mesa desnivelada pelo circuito elétrico teremos a função da DDP bem explícita. O gerador é o equipamento responsável por mantê-la atuando no circuito e utilizaremos a analogia do tobogã da Fig.D.6 para isto. Suponha que estejamos abandonando várias bolinhas no topo do tobogã (mais alto, maior potencial gravitacional em relação ao solo). Enquanto tivermos bolinhas disponíveis a corrente de bolinhas caindo se manterá. A partir do momento em que nosso estoque terminar, embora ainda haja DDP entre o topo do tobogã e a sua base, a corrente de bolinhas não existirá. Alguém precisa interferir, levando as bolinhas de volta ao topo para que estas possam voltar a cair. Este agente é o Gerador e realizará esta atividade às custas da sua energia armazenada.

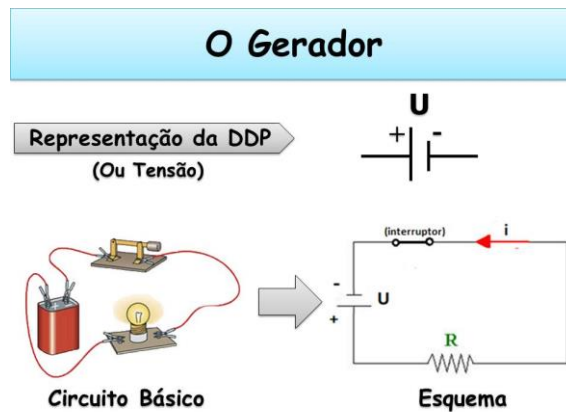


Fig.D. 7 – Esquema de um circuito simples - Primeira parte do SMP.

(Fonte: Arquivo do Autor)

Após discutir os conceitos básicos sobre o gerador serão analisadas sua representação e como ela pode ser verificada em um esquema simples de circuito (Fig.D.7).

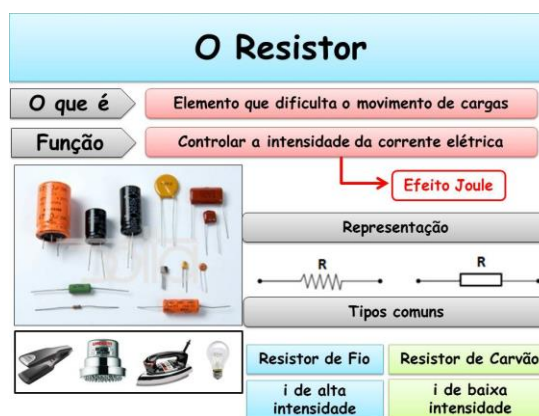


Fig.D. 8 – O Resistor - Primeira parte do SMP.

(Fonte: Arquivo do Autor)

Explicação simples sobre sua função básica em um circuito. Exemplos de resistores que podem ser encontrados em equipamentos eletrônicos mostrando também sua representação em esquemas (Fig.D.8). Ao citar sua função de impor dificuldade ao movimento da corrente elétrica é importante citar uma das consequências disso, o Efeito Joule, exemplificando, para isso, a

situação de uma pessoa atravessando um corredor cheio de gente. Ela irá esbarrar em várias pessoas e os pequenos atritos nas áreas de contato esquentarão sua pele.

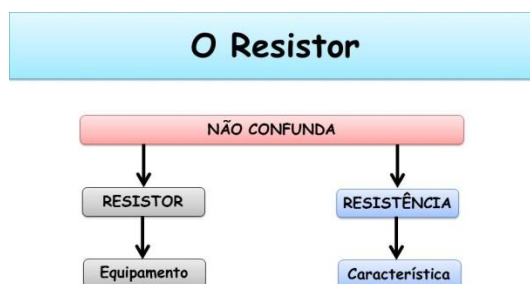


Fig.D. 9 – Diferenciação entre Resistor e Resistência - Primeira parte do SMP.

(Fonte: Arquivo do Autor)

Pensando em situações problemas comuns no vestibular também, este slide é destinado a evitar que, durante a realização das provas, o aluno “caia em pegadinhas” entre o resistor e a resistência elétrica (Fig.D.9). Todas as explicações dadas, independente do conteúdo, são voltadas ao ensino médio, portanto não serão abordados detalhes referentes ao nível superior. Para exemplificar a diferença entre o equipamento e uma característica sua será usada uma bola de futebol. A bola funciona perfeitamente enquanto estiver cheia de ar, porém a bola não é o ar, ela precisa dele pra exercer a sua função, o resistor faz algo análogo, ele tem resistência elétrica, mas ele não é a resistência elétrica. Esta será tratada na segunda lei de Ohm mais especificamente.

Código de Cores

A extremidade com mais faixas deve apontar para a esquerda

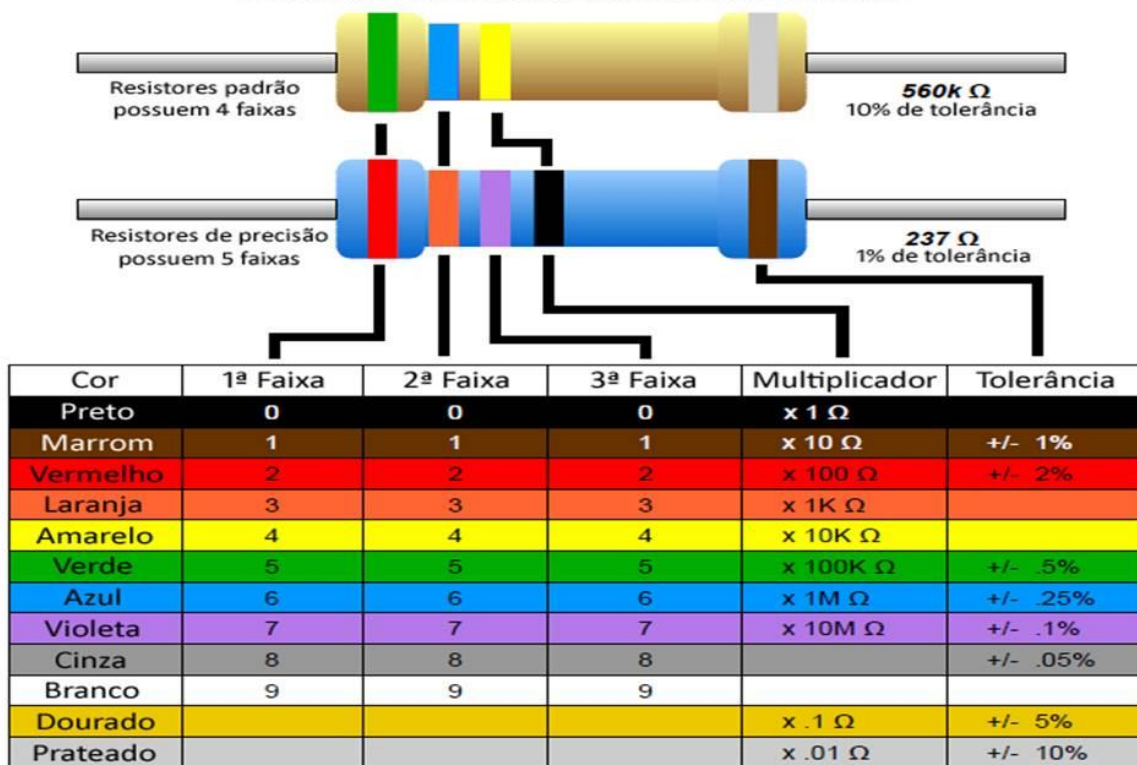


Fig.D. 10 – Código de Cores simplificado para Resistores - Primeira parte do SMP.

(Fonte: Arquivo do Autor)

Este slide, em particular, será impresso e entregue para cada aluno, pois o objetivo não é fazê-los decorar, mas ensiná-los a consultar uma tabela simplificada para a escolha correta do resistor. A leitura é feita da esquerda para a direita, as duas primeiras faixas correspondem aos números que ficarão na frente da potência de base dez, no caso do resistor de quatro cores. Para o resistor de cinco cores, as três primeiras faixas são os três números que ficarão na frente da potência de base dez. A terceira faixa do resistor de quatro cores, e a quarta faixa do resistor de cinco cores, é referente à potência da base dez. A última faixa de ambos é a sua tolerância, de maneira simples é uma pequena variação que o valor pode ter para mais ou para menos (Fig.D.10).

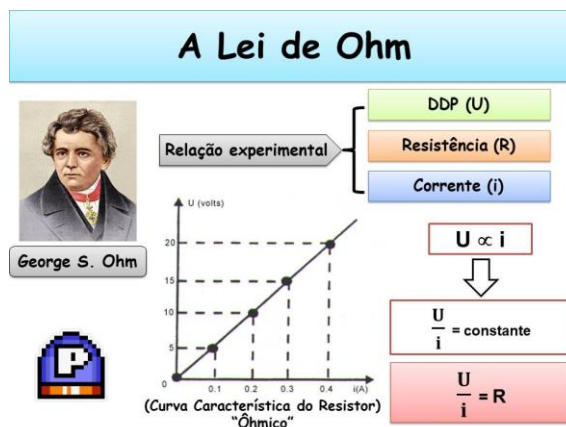


Fig.D. 11 – A Lei de Ohm - Primeira parte do SMP.

(Fonte: Arquivo do Autor)

Um breve histórico sobre G.S. Ohm e um resumo da relação, no edital dos vestibulares, chamada de Lei de Ohm²⁰. Neste momento será usado o aplicativo do grupo PHET chamado de **Lei de Ohm**²¹ para que os alunos verifiquem a relação linear entre corrente e tensão explanada no slide (Fig.D.11).

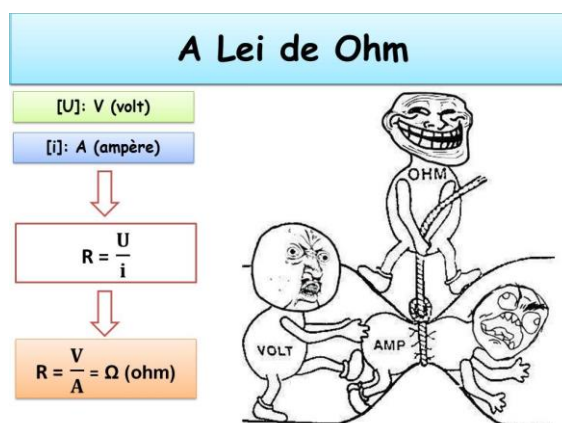


Fig.D. 12 – Analogia lúdica entre DDP, Corrente e Resistência - Primeira parte do SMP.

(Fonte: Arquivo do Autor)

²⁰ Em virtude de grande parte dos materiais utilizarem este formato, o conteúdo "Lei de Ohm e Resistividade Elétrica" está classificado como "1º Lei de Ohm e 2º Lei de Ohm" por questões didáticas.

²¹ https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/ohms-law

Para descontrair um pouco a aula temos neste slide (Fig.D.12), com animações, uma exemplificação da relação entre a resistência, a voltagem e a corrente elétrica. Aqui também mostraremos a unidade da resistência elétrica. Finalizando esta parte iniciaremos relação entre Resistência Elétrica e Resistividade Elétrica, utilizando para isso analogias aparentemente não relacionadas à eletricidade, mas que têm mostrado grande efetividade.

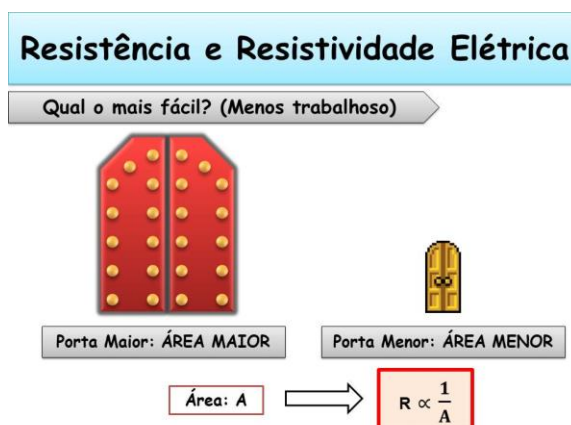


Fig.D. 13 – Analogia 1: Relação entre área e resistência - Primeira parte do SMP.

(Fonte: Arquivo do Autor)

Para esta relação abordada no ensino médio, teremos as influências de três fatores na resistência elétrica do material a ser atravessado pela corrente elétrica: Área da secção transversal, comprimento e a composição do material (do que ele é feito). Em todas as situações que serão apresentadas os alunos deverão escolher a que, para eles, seja mais fácil de ser realizada, ou que dê “menos trabalho e canse menos”. Para discutir sobre a área, os alunos serão questionados sobre em qual das duas portas seria mais fácil ou mais difícil passar sabendo que uma é bem pequena e outra é bem grande. A que apresentar maior área é mais fácil de ser atravessada, portanto a dificuldade ou “resistência” é menor quanto maior for a área que a corrente atravessará. Discuta brevemente a simbologia de diretamente e inversamente proporcional para construírem passo-a-passo a equação (Fig.D.13).



Fig.D. 14 – Analogia 2: Relação entre Comprimento e Resistência - Primeira parte do SMP.

(Fonte: Arquivo do Autor)

Em relação ao comprimento, a situação apresentada será a de duas pontes com extensões diferentes para serem atravessadas a pé. A ponte mais longa “dá mais trabalho” para ser atravessada, demora mais e cansa mais, então a dificuldade nela é maior, portanto a resistência é maior quando o comprimento é maior (Fig.D.14).



Fig.D. 15 – Analogia 3: Relação entre resistividade e resistência - Primeira parte do SMP.

(Fonte: Arquivo do Autor)

Solicite que os alunos imaginem um corredor de sua casa ou da escola que deverão atravessar, porém, em duas situações diferentes. Na primeira

situação eles precisarão passar pelos principais melhores Jogadores da linha de defesa da NFL de 2011²². Visualmente os alunos perceberão que não será fácil pelo porte físico e tipo de esporte que estes jogadores praticam. Na segunda situação os alunos terão que atravessar o mesmo corredor de antes, porém quem tentará impedi-los será somente UM jogador de porte físico pequeno pelo qual é fácil passar, no exemplo dado estamos mostrando o jogador Peter Crouch²³. Estes fatos serão ligados às características da substância que compõe o material a ser atravessado pela corrente elétrica, a resistividade elétrica. Os alunos serão os portadores de carga e os jogadores representarão a dificuldade que o material irá oferecer por causa da sua constituição. Dadas as mesmas dimensões do material, quanto mais fácil for atravessá-lo, menor é a resistividade elétrica do material então, menor será sua resistência elétrica (Fig.D.15).

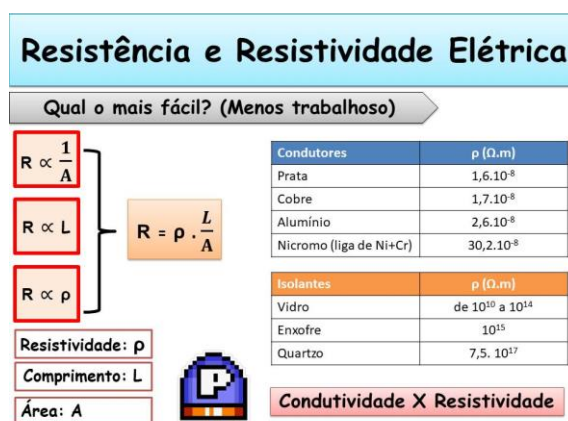


Fig.D. 16 – Relação entre Resistência Elétrica e Resistividade, Comprimento e Área - Primeira parte do SMP.

(Fonte: Arquivo do Autor)

Condensando as três situações apresentadas, apresente a equação do ensino médio referente à segunda lei de Ohm. Neste momento use o aplicativo do grupo PHET chamado de **Resistência em um Fio**²⁴ para trabalhar com as grandezas envolvidas na equação. Na tabela analisaremos alguns valores de

²² <http://proxy.espn.com/blog/dallas/cowboys/tag?name=david-harris>. Consultado em 06/2016.

²³ https://aminoapps.com/c/sofutebol/page/blog/peter-crouch-grande-jogador/LR86_62t8uwmn252VvaVJPnp7RLZbdm4v5. Consultado em 06/2016.

²⁴ https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/resistance-in-a-wire

resistividade elétrica para condutores e isolantes e, de acordo com conteúdos presentes nas provas do ENEM, discuta simplificadaamente a relação entre condutividade e resistividade (Fig.D.16).

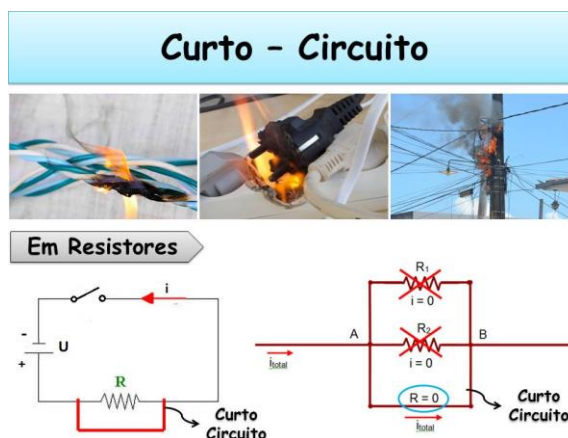


Fig.D. 17 – Breve explicação sobre curto-circuito em resistores - Primeira parte do SMP.

(Fonte: Arquivo do Autor)

Ainda de acordo com situações expostas nas provas do ENEM e para fechar a primeira parte da aula do SMP, trate do curto-circuito em resistores, mas antes discuta o que os alunos pensam sobre o curto-circuito, após isso mostre três fotos aleatórias de situações graves que envolvam o curto circuito²⁵. Defina o fio de curto-circuito como um caminho fácil para a corrente elétrica e, como nos esquemas apresentados no slide, está desviando-a do resistor. O resistor apenas não será mais percorrido pela corrente elétrica, porém demais áreas do circuito podem apresentar danos com consequências perigosas relacionadas ao efeito joule (Fig.D.17).

²⁵ <http://blog.murrelektronik.com.br/curto-circuito-tornar-incendio/>
<http://www.techtudo.com.br/dicas-e-tutoriais/noticia/2014/05/como-evitar-curto-circuito-na-rede-eletrica-domestica.html> Consultado em 06/2016.
<http://g1.globo.com/pb/paraiba/noticia/2011/10/curto-circuito-termina-em-fogo-e-deixa-bairro-sem-energia-em-joao-pessoa.html> Consultado em 06/2016.

PARTE 2: ASSOCIAÇÕES EM SÉRIE

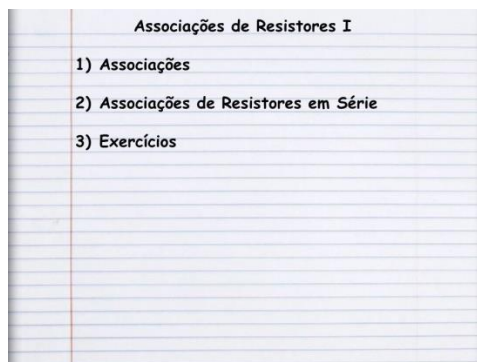


Fig.D. 18 – Sumário da segunda parte do SMP.

(Fonte: Arquivo do Autor)

Neste slide (Fig.D.18) teremos apenas a apresentação do conteúdo que será trabalhado.



Fig.D. 19 – Introdução sobre as Associações de Resistores - Segunda parte do SMP.

(Fonte: Arquivo do Autor)

Uma breve introdução como forma de despertar a curiosidade no motivo para associar resistores (Fig.D.19). Discuta sobre a organização que as associações trazem e a adequação que podemos fazer para tentar sanar a nossa necessidade com o que tivermos disponível. Para os alunos pensarem deixe quatro tópicos em aberto, segurança, economia, praticidade e efeitos, com o seguinte questionamento: você acha que é possível atingir um ou mais tópicos com associações de resistores?

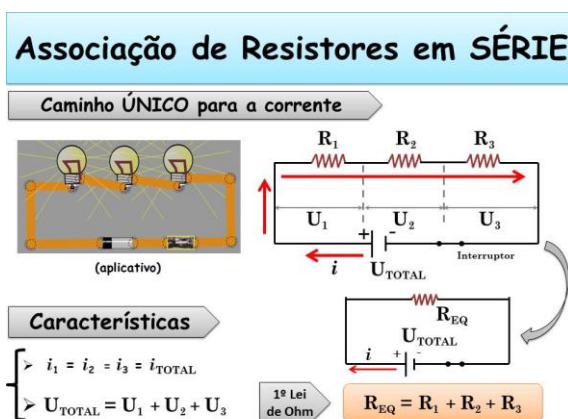


Fig.D. 20 – Esquemas e Aplicativo sobre Associação em Série - Segunda parte do SMP.

(Fonte: Arquivo do Autor)

Inicie mostrando os esquemas da associação em série entre os resistores R_1 , R_2 e R_3 que serão percorridos pela mesma corrente i . Cada um estará submetido a uma diferença de potencial U_1 , U_2 e U_3 , sendo U_{TOTAL} a soma destes valores, conforme descrito nas características. Discuta a dedução da equação referente ao cálculo do Resistor Equivalente da associação em Série (Fig.D.20).



Fig.D. 21 – Resumo sobre a Associação em Série de Resistores - Segunda parte do SMP.

(Fonte: Arquivo do Autor)

Para fechar o conteúdo de associações de resistores em Série, trabalhe as vantagens e desvantagens deste circuito. Após finalizar as explicações, inicie as atividades de construção de circuitos elétricos com o aplicativo do grupo PHET, disponibilizados gratuitamente, chamado de **Circuito Elétrico com CA e CC (Kit de construção)**²⁶. Este aplicativo também será usado para trabalhar com as associações em paralelo e mistas que serão vistas posteriormente. Por se tratar de um aplicativo pequeno (2 Mb) os alunos podem baixá-lo pelo WI-FI da própria escola. Caso a escola disponha de laboratórios de informática, o professor pode instalar os aplicativos previamente nos computadores disponíveis. Com os aplicativos em uso, peça para que os alunos reproduzam os circuitos que estudaram e tentem criar outros baseados nestes (Fig.D.21).

PARTE 3 ASSOCIAÇÕES EM PARALELO

Associações de Resistores II
1) Associações de Resistores em Paralelo
2) Associações Mista de Resistores
3) Aparelhos de Medida e Segurança
4) Exercícios

Fig.D. 22 – Sumário da aula a ser iniciada.

Nesta parte (Fig.D.22) teremos apenas a apresentação do conteúdo que será trabalhado.

²⁶ https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/circuit-construction-kit-ac

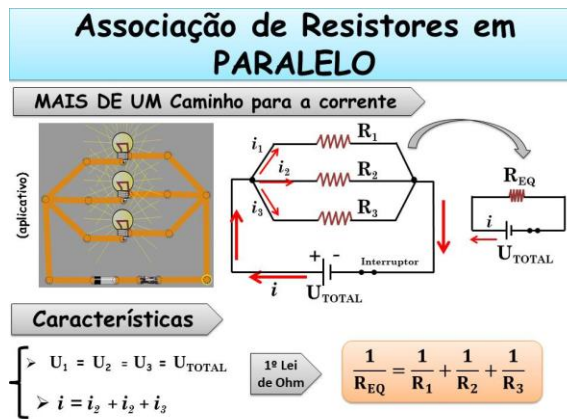


Fig.D. 23 – Aplicativo e Esquema sobre a Associação em Paralelo de Resistores - Segunda parte do SMP.

(Fonte: Arquivo do Autor)

Analogamente a como foi trabalhado o conteúdo de associação em série de resistores, trataremos a parte teórica da associação em paralelo começando por mostrar a imagem do circuito elétrico em paralelo que foi montado com a aplicativo que eles usarão. Após isso discuta as características desta associação e finalize com a dedução da equação referente ao Resistor Equivalente (Fig.D.23).

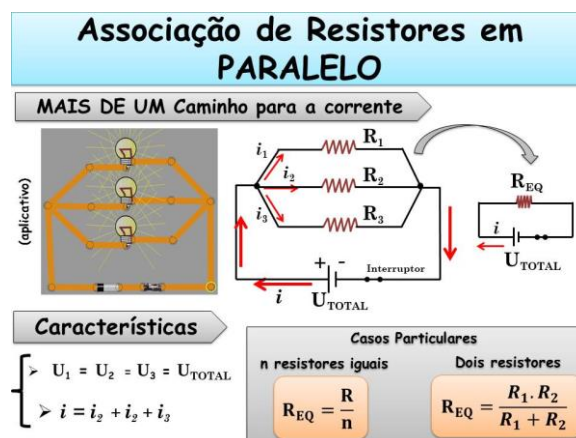


Fig.D. 24 – Equações para cálculos específicos comuns no vestibular - Segunda parte do SMP.

(Fonte: Arquivo do Autor)

Após explanar as características, resuma algumas situações comuns de vestibular. Associações em paralelo com n resistores iguais e com apenas dois resistores. Ao final trabalhe a construção virtual de circuitos elétricos utilizando os aplicativos do PHET já mencionados (Fig.D.24).



Fig.D. 25 – Resumo sobre as Associações em Paralelo de Resistores - Segunda parte do SMP.

(Fonte: Arquivo do Autor)

Instigue os alunos a confrontarem as informações que obtiveram sobre os dois tipos de circuitos para que verifiquem os prós e contras de cada um (Fig.D.25).



Fig.D. 26 – Alerta sobre equipamentos de qualidade duvidosa nas associações em Paralelo de Resistores - Segunda parte do SMP.

(Fonte: Arquivo do Autor)

Com o objetivo de informar os alunos sobre os riscos que materiais piratas usados rotineiramente oferecem, trate neste slide sobre os excessos de associações em paralelo e os problemas que podem trazer. Realize uma demonstração virtual no aplicativo de construção de circuitos do PHET de uma situação em que os excessos de associações em paralelo causam problemas na fonte de energia do circuito o que, numa situação real, poderia representar uma das imagens do slide (Fig.D.26).

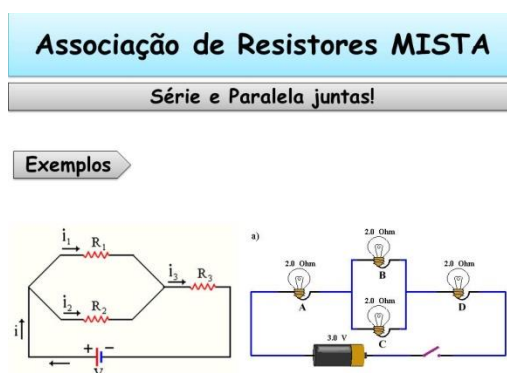


Fig.D. 27 – Esquemas sobre Associações Mistas de Resistores - Segunda parte do SMP.

(Fonte: Arquivo do Autor)

Fechando o conteúdo dos tipos básicos de associações, teremos a associação mista de resistores (Fig.D.27). O objetivo deste slide é fazer os alunos perceberem que suas residências são associações mistas. Tente montar com eles a estrutura elétrica de suas residências. Evite detalhamentos matemáticos neste momento, pois estes serão trabalhados nos exercícios para vestibular.

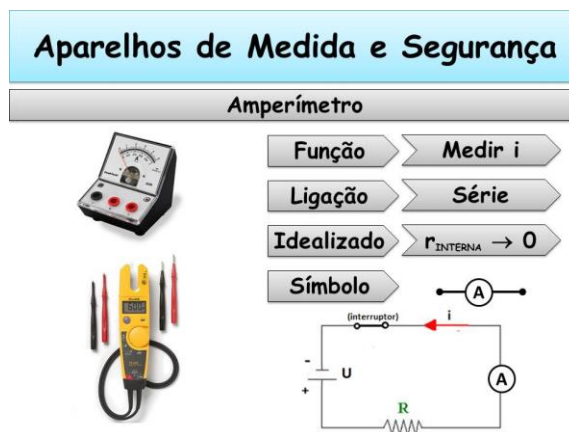


Fig.D. 28 – Resumo sobre o Amperímetro - Segunda parte do SMP.

(Fonte: Arquivo do Autor)

Pensando na preparação para o vestibular, pois este conteúdo consta nos editais do ENEM, UFAM, UEA e demais vestibulares, além de prepará-los para utilização prática de aparelhos de medida, trabalhe neste slide o voltímetro inicialmente. Discuta a função deste equipamento, o tipo de ligação que deve ser feita para utilizá-lo, o caso ideal e a sua simbologia nos esquemas de circuitos elétricos (Fig.D.28).



Fig.D. 29 – Resumo sobre o Voltímetro - Segunda parte do SMP.

(Fonte: Arquivo do Autor)

Em seguida trate do amperímetro (Fig.D.29) e a título de curiosidade analise o Ohmímetro (caso o tempo não esteja escasso). Analogamente ao

Voltímetro, trabalhe todas as características do Amperímetro. Após esta discussão verifique os equipamentos disponíveis no laboratório para que os alunos saibam como fazer o Multímetro (ou multi-teste, como às vezes é chamado) ser configurado para medir o que for de necessidade no momento.



Fig.D. 30 – Resumo sobre os Fusíveis e Disjuntores - Segunda parte do SMP.

(Fonte: Arquivo do Autor)

Fechando o conteúdo básico de eletrodinâmica necessário aos vestibulares e ao projeto que será desenvolvido, trabalhe com os aparelhos para interrupção de corrente elétrica (Fig.D.30). Ambos têm a função de proteger o circuito de eventuais sobrecargas. O fusível funde ao ser atravessado por uma corrente elétrica de intensidade superior aquela especificada para ele. O disjuntor se move, por efeitos magnéticos da corrente elétrica, e deixa o circuito “aberto”. Não trate dos detalhes específicos do funcionamento de cada um, apenas sua função.

A seguir temos algumas sugestões de exercícios de vestibulares (nacionais e regionais) para serem trabalhados em sala. Estes foram separados por conteúdos na mesma sequência em que foram ministrados durante o SMP.

Conteúdo 1: CORRENTE ELÉTRICA

1) A frase “O calor do cobertor não me aquece direito” encontra-se em uma passagem da letra da música “Volta”, de Lupicínio Rodrigues. Na verdade, sabe-se que o cobertor não é uma fonte de calor e que sua função é a de isolar termicamente nosso corpo do ar frio que nos cerca. Existem, contudo, cobertores que, em seu interior, são aquecidos eletricamente por meio de uma malha de fios metálicos nos quais é dissipada energia em razão da passagem de uma corrente elétrica. Esse efeito de aquecimento pela passagem de corrente elétrica, que se observa em fios metálicos, é conhecido como

- a) efeito Joule.
- b) efeito Doppler.
- c) efeito estufa.
- d) efeito termoiônico.
- e) efeito fotoelétrico.

2) Os seguintes aparelhos são aplicações práticas do efeito de aquecimento de um fio devido à corrente elétrica, EXCETO:

- a) chuveiro elétrico.
- b) ferro elétrico de passar.
- c) lâmpada de incandescência.
- d) flash de máquina fotográfica.

3) Em relação à corrente elétrica, considere as afirmativas a seguir.

I – A corrente elétrica é uma grandeza escalar, definida como a razão entre a variação da quantidade de carga elétrica que flui em um meio em um intervalo de tempo.

II – A corrente elétrica convencional descreve o fluxo de cargas elétricas positivas.

III – Os elétrons fluem no interior dos metais com a velocidade da luz.

IV – O campo elétrico é o responsável por fazer cargas elétricas se movimentarem em um circuito elétrico.

Assinale a alternativa CORRETA.

- a) Somente as afirmativas I e II são corretas.
- b) Somente as afirmativas I e III são corretas.

- c) Somente as afirmativas III e IV são corretas.
- d) Somente as afirmativas I, II e IV são corretas.
- e) Somente as afirmativas II, III e IV são corretas.

4) Uma das aplicações dos raios X é na observação dos ossos do corpo humano. Os raios X são obtidos quando elétrons emitidos por um filamento aquecido são acelerados por um campo elétrico e atingem um alvo metálico com velocidade muito grande. Se $1,0 \cdot 10^{18}$ elétrons ($e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$) atingem o alvo por segundo, a corrente elétrica no tubo, em A, é de:

- a) $8 \cdot 10^{-38}$
- b) 0,08
- c) 0,16
- d) $0,32 \cdot 10^{-1}$
- e) 3,20

5) A corrente de 0,3 A que atravessa o peito pode produzir fibrilação (contrações excessivamente rápidas das fibrilas musculares) no coração de um ser humano, perturbando o ritmo dos batimentos cardíacos com efeitos possivelmente fatais. Considerando que a corrente dure 2,0 min, o número de elétrons que atravessam o peito do ser humano vale:

Dados: carga do elétron = $1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$

- a) $5,35 \cdot 10^2$
- b) $1,62 \cdot 10^{-19}$
- c) $4,12 \cdot 10^{18}$
- d) $2,45 \cdot 10^{18}$
- e) $2,25 \cdot 10^{20}$

6) A enguia elétrica ou poraquê, peixe de água doce da região amazônica chega a ter 2,5 m de comprimento e 25 cm de diâmetro.

Na cauda, que ocupa cerca de quatro quintos do seu comprimento, está situada a sua fonte de tensão – as eletroplacas. Dependendo do tamanho e da vitalidade do animal, essas eletroplacas podem gerar uma tensão que passe de 600V e uma corrente de 2,0 A, em pulsos que duram cerca de 3,0 milésimos de segundo, dependendo do tamanho e da vitalidade da Enguia. Esta descarga é suficiente para atordoar uma pessoa ou matar pequenos animais. Numa descarga elétrica da enguia sobre um animal, o número de cargas elétricas

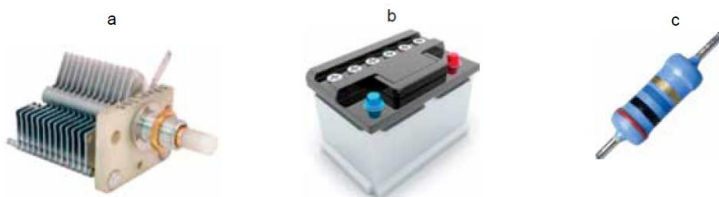
elementares que percorre o corpo do animal, a cada pulso, pode ser estimado em:

Dado: carga elementar = $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

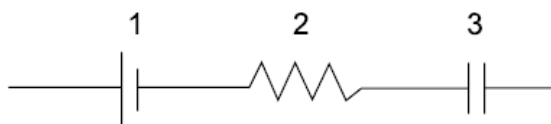
- a) $5 \cdot 10^6$
- b) $1 \cdot 10^9$
- c) $2 \cdot 10^{12}$
- d) $4 \cdot 10^{16}$
- e) $8 \cdot 10^{18}$

Conteúdo 2: LEIS DE OHM

1) Considere os componentes eletrônicos a, b e c.



Uma montagem com esses componentes está representada na figura a seguir.



A associação correta entre 1, 2 e 3 com a, b e c é

- a) 1a, 2b e 3c.
- b) 1a, 2c e 3b.
- c) 1b, 2a e 3c.
- d) 1b, 2c e 3a.
- e) 1c, 2a e 3b.

2) Embora as correntes elétricas sejam essenciais no funcionamento do corpo, correntes de fontes externas fluindo através de órgãos vitais do corpo podem causar danos ou mesmo morte. A intensidade da corrente que flui através do corpo, proveniente de uma fonte externa, depende da voltagem aplicada e da resistência do

corpo. A resistência da pele no local de contato é o fator principal que limita a corrente. Pele seca terá uma resistência alta, mas pele úmida ou molhada terá resistência baixa. A resistência típica medida entre o pé e a mão ou entre as duas mãos é da ordem de $10^5 \Omega$ ou maior, quando a pele estiver seca, mas pode ser 1% desse se a pele estiver úmida ou molhada. A resistência total do corpo entre mãos suadas é tipicamente 1500Ω . Uma pessoa pode morrer se uma corrente elétrica da ordem de 50 mA passar perto do coração. Considere a situação na qual uma pessoa, trabalhando com as mãos suadas, toca em dois fios desencapados, um em cada mão. Nesta situação, podemos concluir que a menor diferença de potencial entre os fios capaz de produzir um choque mortal é de:

- a) 750 V
- b) 220 V
- c) 110 V
- d) 75 V
- e) 7,5 V

3) Frequentemente observamos pássaros pousarem sobre os fios de alta tensão sem que sejam eletrocutados ou que sofram qualquer outro dano físico.



Isso ocorre porque

- a) os pássaros são aves perfeitamente isolantes.
- b) os pássaros identificam fios de baixa potência elétrica para pousarem.
- c) os pés dos pássaros não proporcionam resistência à corrente elétrica.
- d) a diferença de potencial produzida entre os pés dos pássaros é baixa.
- e) os pássaros, ao tocarem os pés no fio, tornam-se resistores ôhmicos.

4) Para a construção de 3 circuitos elétricos, foram entregues a alguns alunos três resistores e três fontes de tensão para serem usados em uma montagem com base na tabela.

Circuito	Fonte de tensão	Resistência do resistor
X	U	R
Y	4U	$\frac{R}{4}$
Z	$\frac{U}{4}$	4R

É correto afirmar que a intensidade das correntes elétricas i_X , i_Y e i_Z , que atravessam os resistores dos circuitos X, Y e Z, respectivamente, segue a relação

- a) $i_X > i_Z > i_Y$.
- b) $i_Z < i_X < i_Y$.
- c) $i_X > i_Y = i_Z$.
- d) $i_Y = i_X > i_Z$.
- e) $i_X = i_Y = i_Z$

5) Todo fio condutor elétrico sempre oferece alguma resistência à passagem da corrente elétrica. Essa resistência depende de quatro fatores: comprimento do fio, área de seção transversal, temperatura, e tipo de material de que é fabricado. Um aluno de física dispõe, numa aula prática de eletricidade, um fio condutor de comprimento L e área de seção transversal A , cuja resistividade ρ do material do fio é desconhecida. Aplicou uma tensão de $2V$ sobre o fio e mediu, com um amperímetro, uma corrente de $0,1A$. O professor da disciplina perguntou ao aluno qual seria a resistência do fio se o comprimento do fio fosse duplicado e a área de seção transversal reduzida à metade, nas mesmas condições de temperatura. O aluno que conhecia toda a teoria a respeito da resistência de condutores e de sua relação com a resistividade, respondeu que o valor da nova resistência seria de:

- a) 20Ω
- b) 40Ω
- c) 50Ω
- d) 60Ω
- e) 80Ω

6) O peixe elétrico possui células denominadas eletroplacas capazes de produzir uma diferença de potencial (d.d.p.) elétrico. Tipicamente, o conjunto dessas células gera uma d.d.p. de 600 V entre as extremidades do peixe. Uma pessoa com mãos molhadas resolve segurar com cada mão uma extremidade

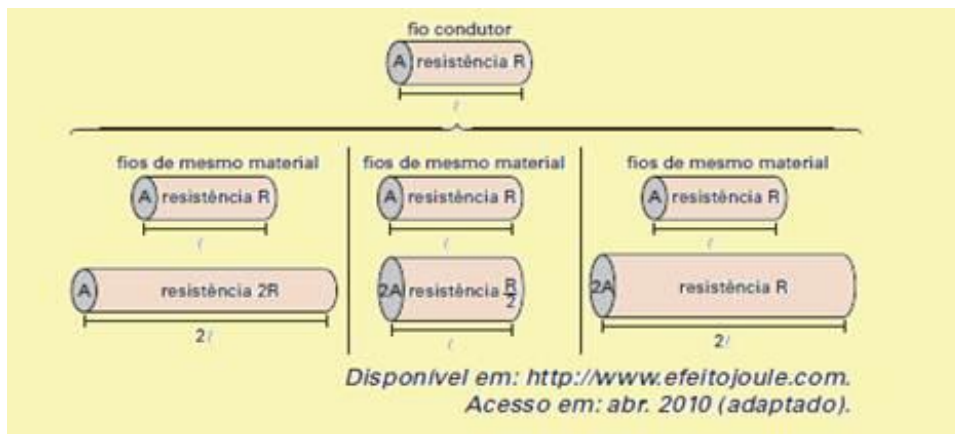
de um peixe elétrico retirado de um aquário. Considere que as resistências equivalentes do peixe e do corpo humano nessas condições sejam, respectivamente, $2 \text{ k}\Omega$ e $16 \text{ k}\Omega$. As alternativas a seguir descrevem aproximadamente as consequências de um choque recebido por uma pessoa em cada intervalo de corrente i , onde $1\text{mA} = 10^{-3} \text{ A}$. Qual das alternativas corresponde à situação experimentada pela pessoa ao segurar o peixe elétrico?

- a) $i < 1 \text{ mA}$: choque praticamente imperceptível.
- b) $1 \text{ mA} < i < 10 \text{ mA}$: sensação desagradável, contrações musculares.
- c) $10 \text{ mA} < i < 19 \text{ mA}$: sensação dolorosa, contrações violentas, risco de morte.
- d) $19 \text{ mA} < i < 100 \text{ mA}$: contrações violentas, asfixia, morte aparente, com possibilidade de reanimação.
- e) $i > 100 \text{ mA}$: asfixia imediata, fibrilação ventricular, morte.

7) Chama-se “gato” uma ligação elétrica clandestina entre a rede e uma residência. Usualmente, o “gato” infringe normas de segurança, porque é feito por pessoas não especializadas. O choque elétrico, que pode ocorrer devido a um “gato” malfeito, é causado por uma corrente elétrica que passa através do corpo humano. Considere a resistência do corpo humano como $10^5 \Omega$ para pele seca e $10^3 \Omega$ para pele molhada. Se uma pessoa com a pele molhada toca os dois polos de uma tomada de 220 V , a corrente que a atravessa, em A, é

- a) $2,2 \cdot 10^5$
- b) $2,2 \times 10^3$
- c) 4,5
- d) $2,2 \times 10^{-1}$
- e) $2,2 \cdot 10^{-3}$

8) A relação da resistência elétrica com as dimensões do condutor foi estudada por um grupo de cientistas por meio de vários experimentos de eletricidade.

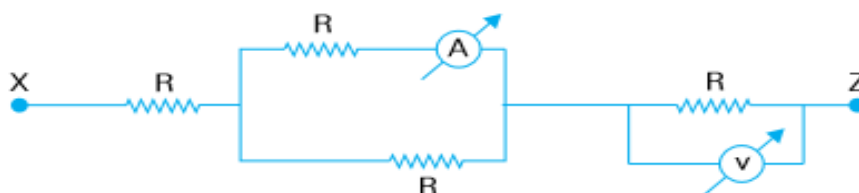


Eles verificaram que existe proporcionalidade entre: resistência (R) e comprimento (l), dada a mesma seção transversal (A); resistência (R) e área da seção transversal (A), dado o mesmo comprimento (l) e comprimento (l) e área da seção transversal (A), dada a mesma resistência (R). Considerando os resistores como fios, pode-se exemplificar o estudo das grandezas que influem na resistência elétrica utilizando as figuras seguintes. As figuras mostram que as proporcionalidades existentes entre resistência (R) e comprimento (l), resistência (R) e área da seção transversal (A), e entre comprimento (l) e área da seção transversal (A) são, respectivamente:

- direta, direta e direta.
- direta, direta e inversa.
- direta, inversa e direta.
- inversa, direta e direta.
- inversa, direta e inversa.

Conteúdo 3: ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES

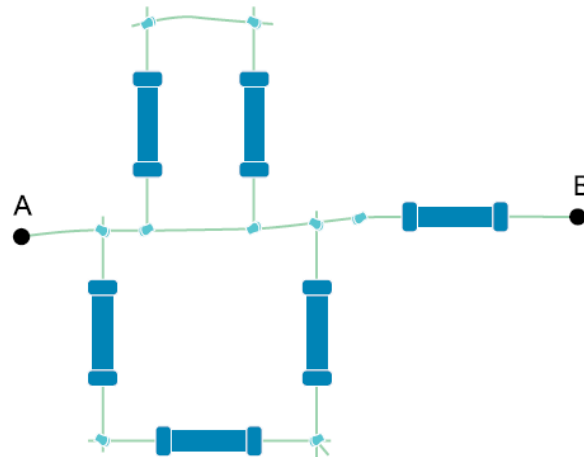
1) A figura mostra um circuito simples, formado por quatro resistores idênticos, um amperímetro e um volímetro ideais, todos ligados entre dois pontos X e Z, e submetidos a uma diferença de potencial entre os extremos da associação.



Sabendo-se que o amperímetro indica 1,0A e o voltímetro 12V, o valor da resistência equivalente entre os extremos X e Z é de:

- a) 15Ω .
- b) $8,0\Omega$.
- c) 10Ω .
- d) $6,0\Omega$.
- e) 12Ω .

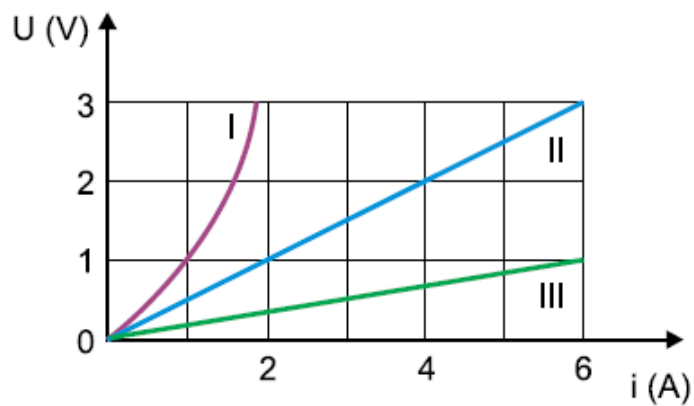
2) Resistores idênticos de valor $20\ \Omega$ e alguns pedaços de fio de resistência elétrica desprezível foram soldados aleatoriamente por um garoto que brincava com o ferro de soldar de seu pai, sendo obtido o arranjo representado a seguir.



A resistência equivalente entre os pontos A e B desse circuito tem valor:

- a) $20\ \Omega$.
- b) $40\ \Omega$.
- c) $50\ \Omega$.
- d) $70\ \Omega$.
- e) $80\ \Omega$.

3) Três resistores I, II e III foram submetidos a um ensaio de tensão e corrente, a partir do qual foi construído o gráfico a seguir.



O resistor que possui maior resistência elétrica e que tem um comportamento ôhmico é o:

- a) I, com resistência de 1Ω .
- b) I, com resistência de 6Ω .
- c) II, com resistência de $0,5 \Omega$.
- d) II, com resistência de 2Ω .
- e) III, com resistência de 6Ω .

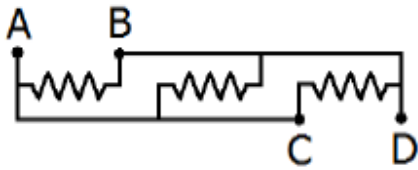
4) Considere as seguintes afirmativas sobre as características básicas das ligações em paralelo de um circuito de malha única:

- I. Cada dispositivo é conectado aos mesmos dois pontos do circuito. Portanto, a voltagem é a mesma sobre cada um dos dispositivos.
- II. Cada dispositivo conecta os mesmos dois pontos do circuito. Portanto, a corrente é a mesma através de cada um deles.
- III. O valor da corrente em cada ramo do circuito é inversamente proporcional à resistência de cada ramo.
- IV. Quando o número de ramos paralelos aumenta, a resistência equivalente do circuito diminui.

Assinale a alternativa correta:

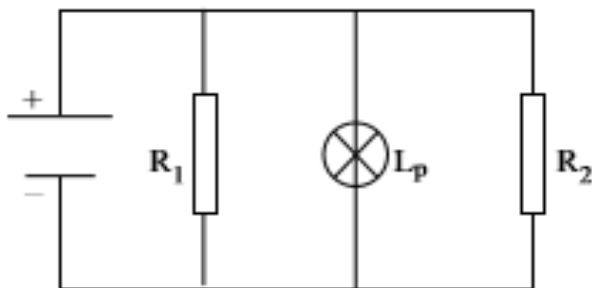
- a) Somente as afirmativas I e III estão corretas.
- b) Somente as afirmativas I, III e IV estão corretas.
- c) Somente as afirmativas II e III estão corretas.
- d) Somente as afirmativas II, III e IV estão corretas.
- e) Todas as afirmativas estão corretas.

5) Dispondo de três resistores de 30Ω , um grupo de alunos montou o circuito indicado na figura a seguir:



Assinale a alternativa INCORRETA:

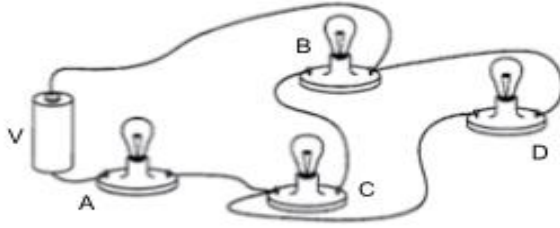
- a) A resistência equivalente entre os pontos A e D vale 90Ω .
- b) A resistência equivalente entre os pontos A e B vale 10Ω .
- c) A resistência equivalente entre os pontos B e D é nula.
- d) A resistência equivalente entre os pontos A e D vale 10Ω .
- e) Ligando os pontos A e D aos terminais de uma bateria de $12V$, a corrente que atravessa cada resistor será de $0,4A$.
- 6) O esquema apresenta um circuito elétrico em paralelo. Admita que R_1 e R_2 são resistores e L_p , uma lâmpada.



Se retirarmos o resistor R_1 , a lâmpada L_p

- a) apagará.
- b) aumentará seu brilho.
- c) diminuirá seu brilho.
- d) queimará.
- e) manterá seu brilho como antes de o resistor R_1 ser retirado.

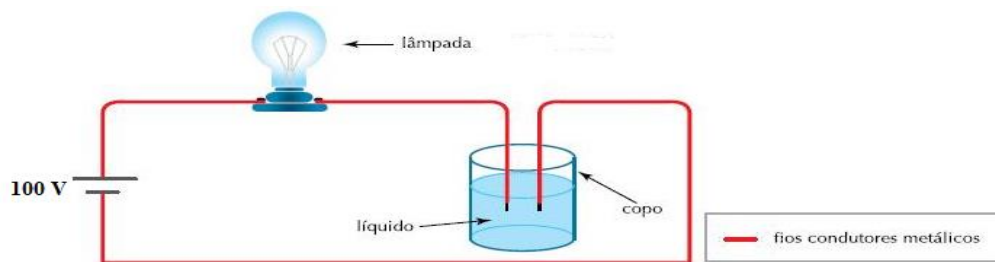
7) As lâmpadas A, B, C e D são idênticas e estão ligadas à fonte de tensão V , conforme esquematizado na figura. Considere que inicialmente todas as lâmpadas estão acesas.



Se a lâmpada D queimar, é correto afirmar que

- a) A, B e C apagarão.
- b) A, B e C permanecerão acesas.
- c) somente B apagará.
- d) somente A e C apagarão.
- e) somente A e B permanecerão acesas.

8) Um circuito empregado em laboratórios para estudar a condutividade elétrica de soluções aquosas é representado por este esquema:



O circuito está submetido a uma diferença de potencial de 100 V e no filamento da lâmpada, a cada 8 segundos, passam 20 C de carga elétrica. Qual a resistência elétrica da lâmpada em ohms?

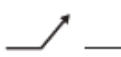
Qual deve ser a resistência elétrica do líquido no copo para que uma corrente elétrica de 2 A surja no circuito?

9) A extensão elétrica é amplamente utilizada em residências. Nada mais é do que um circuito em paralelo adicionado a outro circuito em paralelo (sua residência). Supondo o uso de uma extensão de 5 entradas, onde serão conectados 5 carregadores de celular, cada um com uma resistência média de 20 k Ω , ligada a rede elétrica de 110 V. Todo fio utilizado em ligações e equipamentos tem sua tolerância à corrente elétrica (valor máximo que suportam sem derreter). Para sua segurança, ao fazer estas ligações, qual deve ser o valor MÍNIMO da tolerância à corrente elétrica nos fios utilizados na extensão?

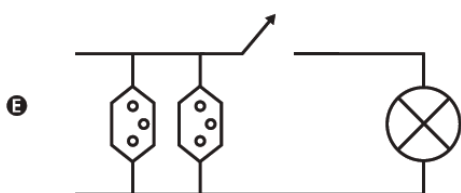
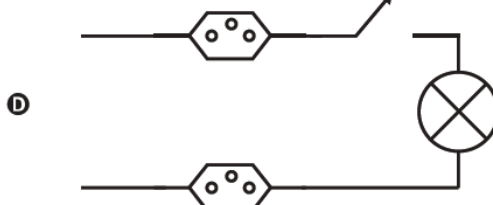
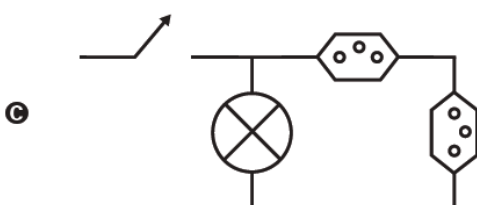
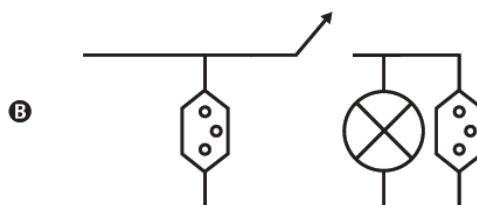
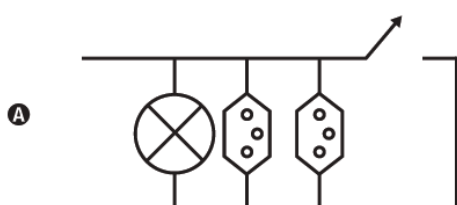
10) Um estudante, precisando instalar um computador, um monitor e uma lâmpada em seu quarto, verificou que precisaria fazer a instalação de duas tomadas e um interruptor na rede elétrica. Decidiu esboçar com antecedência o esquema elétrico.

“O circuito deve ser tal que as tomadas e a lâmpada devem estar submetidas à tensão nominal da rede elétrica e a lâmpada deve poder ser ligada ou desligada por um interruptor sem afetar os outros dispositivos” – Pensou.

Símbolos adotados:

Lâmpada:  Tomada:  Interruptor: 

Qual dos circuitos esboçados atende às exigências?



Após a finalização deste conteúdo, inicie os trabalhos com o aplicativo do grupo PHET citado anteriormente. Peça para que os alunos tentem reproduzir uma parte de suas próprias residências. É importante que o professor não faça os circuitos elétricos, apenas que oriente os alunos nestas construções.

TERCEIRO MOMENTO PEDAGÓGICO (TMP)

O TMP será dividido em duas partes: uma parte conceitual e uma parte prática. O tempo de atividade na escola, por turma, para cada uma das partes, será de duas 2 horas-aula, de preferência em tempos geminados.

- **Primeira Parte do TMP: Seminários**

Orientar os alunos a fazerem um levantamento bibliográfico sobre o conteúdo afim de que preparem seminários para serem apresentados em sala. É importante delimitar temas para que as pesquisas não se dispersem. Como sugestão, indique as pesquisas listadas na tabela Tab.D.3 a seguir.

• Origem dos circuitos elétricos e sua importância.
• O que seria do Brasil sem eletricidade? Impactos sociais, econômicos e políticos.
• Grandes nomes da Eletricidade: cientistas e suas contribuições.
• Tipo de circuitos elétricos e suas aplicações.
• Segurança e normas de instalações elétricas residenciais.
• Ligações clandestinas: riscos gerais, código penal, ética e cidadania.
• O futuro dos circuitos elétricos: avanços tecnológicos, nanotecnologia, modernização, a importância das máquinas eletrônicas, etc.
• Mitos, crenças e lendas urbanas envolvidas com a eletricidade.

Tab.D. 3 – Sugestões de Temas para os seminários do TMP.

(Fonte: O Autor)

Caso o professor ache interessante trabalhar outros temas, há total liberdade para a inserção destes nas pesquisas.

Para a apresentação, os seguintes critérios devem ser seguidos para a fluidez dos trabalhos em cada turma:

- Grupos de 5 alunos;
- Tempo máximo de apresentação: 8 minutos;
- Todos os integrantes devem se expressar;
- O uso de Datashow, experiências, dinâmicas de grupo, etc., são permitidas desde que não ultrapassem o limite de tempo.

Os critérios e especificações citados aqui tomam como base turmas com 40 alunos em *média*. Os critérios devem ser adequados à situação de cada turma. É importante fornecer uma margem de tempo para que os grupos se organizem e arrumem seus materiais. Neste trabalho fornecemos em torno de 2 minutos para cada grupo, totalizando 80 minutos de atividades expositivas. Reserve os 10 minutos restantes das 2 horas-aula para a exibição, novamente, dos equipamentos descritos como **circuito A** e **circuito B**. Porém nesta nova exibição as tampas dos circuitos deverão ser previamente trocadas sem o conhecimento dos alunos para que um circuito se comporte como o outro. Demonstre rapidamente o que ocorre em ambos ao se retirar uma das lâmpadas, depois o que ocorre ao se retirar a segunda lâmpada e aplique o questionário a seguir.



MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



Instituição:	
Professor:	
Aluno (a):	Data:

QUESTIONÁRIO Nº2

1. Qual dos dois circuitos está com associação em Paralelo e qual está em série?
2. O circuito “B” é inútil?

3. O que é comum, fisicamente, entre os equipamentos ligados no circuito A?
4. O que é comum, fisicamente, entre os equipamentos ligados no circuito B?
5. Qual dos dois representa a ligação do disjuntor geral com a sua casa?
6. Qual dos dois representa o funcionamento das tomadas da sua casa?

Oriente os alunos a serem breves nas respostas evitando assuntos não relacionados ao que foi verificado na demonstração do professor, porém deixando claro que há permissão para observações e questionamentos pertinentes ao tema. Este questionário servirá para a comprovação da evolução do conhecimento dos alunos sobre o tema trabalhado. É interessante realizar esta comparação por meio de gráficos que relacionem o desempenho dos alunos na primeira aplicação do questionário com o desempenho atual.

- **Segunda Parte do TMP: Exposição de Projetos**

Esta fase é a culminância dos Três Momentos Pedagógicos. Na aula seguinte a reaplicação dos questionários os alunos deverão ser orientados a desenvolver projetos baseados nos temas trabalhados nos seminários não limitando suas pesquisas somente a situações de aplicação imediata. O professor deve deixá-los livres para pesquisar e desenvolver atividades e equipamentos de acordo com suas próprias motivações e curiosidades. Para os alunos que desejem trabalhar com ideias “futuristas” é importante fornecer a eles meios para prosseguirem nestas atividades tendo em mente que estarão trabalhando com *protótipos*. Nesta fase o professor deve apenas mediar o desenvolvimento e continuar a instigar os alunos com provocações científicas tais como: *“algum ente querido seu está com alguma dificuldade? O que você pode fazer para ajudá-lo a sanar esta dificuldade com os conhecimentos que você adquiriu?”*.

É importante o diálogo com a direção da escola para que estas atividades possam ser exibidas para a comunidade em formato de feira de ciências. Se houver possibilidade será muito produtivo que estas sejam

realizadas pelo período matutino e vespertino a depender do acordo existente entre os alunos, o professor e a direção escolar. Selecione membros dos grupos para o revezamento nas exposições dos projetos.

Por fim, deve ser realizada uma votação para a escolha dos 3 principais projetos desenvolvidos que abarquem inovações e potenciais aplicações sociais, econômicas, educacionais e/ou científicas. Caso haja a possibilidade, realize premiações para os selecionados em forma de medalhas, certificados, etc.

Sugestão: Avaliação do Projeto

É interessante avaliar as impressões e opiniões dos alunos acerca da aplicação dos Três Momentos Pedagógicos. Elabore um questionário com perguntas simples e diretas para ser aplicado após a culminância do projeto. O Apêndice E traz um modelo de questionário de avaliação do projeto.

REFERÊNCIAS

AXT, R. Tópicos em Ensino de Ciências. Porto Alegre: Sagra, 1991, p. 18-46.

AXT, R. Tópicos em Ensino de Ciências. Porto Alegre: Sagra, 1991, p. 79 -90.

Base: Editais da Universidade Federal do Amazonas, UFAM; Universidade Estadual do Amazonas, UEA e Exame Nacional do Ensino Médio, ENEM.

BRA SIL. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, nº 9394, de 20 de dezembro de 1996.

BRASIL, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio, Brasília, 2002.

BRASIL/MEC. Lei de Diretrizes e Bases da Educação- LDB9.394/96.

BRASIL/MEC. Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio. Brasília: MEC/SENTEC, 2002.

BRASIL/MEC. Parâmetros Curriculares Nacionais: PCN+ Ensino Médio. Ciências da Natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC/SENTEC.

APÊNDICE E: QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DO PROJETO NA ESCOLA

1. Você gosta de estudar Física?

() Sim () Não () Neutro

2. A aplicação do projeto na sua escola trouxe algum ganho acadêmico e/ou pessoal para você?

() Sim () Não () Outro (s)

Se marcou outro(s) e quiser justificar:

3. Aplicação do projeto estimulou você a buscar mais conhecimentos na área de Eletricidade, Eletrônica e/ou Eletromagnetismo?

() Sim () Não () Outro (s)

Se marcou outro(s) e quiser justificar:

4. Em relação ao conteúdo básico apresentado, Associações de Resistores, você sentiu motivação em aprendê-lo e aprofundá-lo?

() Sim () Não () Outro (s)

Se marcou outro(s) e quiser justificar:

5. Em relação aos demais conteúdos trabalhados (Eletromagnetismo, Eletrônica, Robótica, etc) você sente motivação em aprofundá-los?

() Sim () Não () Outro (s)

Se marcou outro(s) e quiser justificar:

6. As apresentações de seminários em sala e a construção dos projetos realizados no laboratório reforçaram seu aprendizado e o instigaram a aprender mais?

☐ Sim ☐ Não ☐ Outro (s)

Se marcou outro(s) e quiser justificar:

7. De 0 a 5, qual o grau de contribuição para a evolução do seu conhecimento sobre Circuitos Elétricos que o projeto proporcionou? Sendo 0 pouca contribuição e 5 muita contribuição.

☐ 0, ☐ 1, ☐ 2, ☐ 3, ☐ 4, ☐ 5.

8. Após o projeto você tem interesse em continuar pesquisando e desenvolvendo atividades experimentais?

☐ Sim ☐ Não ☐ Outro (s)

Se marcou outro(s) e quiser justificar:

9. A aplicação dos Três Momentos Pedagógicos no Ensino de Associações de Resistores contribuiu para seu desempenho no vestibular?

☐ Sim ☐ Não ☐ Outro (s)

Se marcou outro(s) e quiser justificar:

10. De 0 a 10 que nota você dá para todas as atividades realizadas?

()