

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

HUGO LEONARDO METZ

PROTOBOARD COM ELEMENTOS RESISTIVOS ORGÂNICOS

ALFENAS
2018

HUGO LEONARDO METZ

PROTOBOARD COM ELEMENTOS RESISTIVOS ORGÂNICOS

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física pela Universidade Federal de Alfenas.

Área de concentração: Processos de Ensino e Aprendizagem e Tecnologias de Informação e Comunicação no Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Ihosvany Camps Rodriguez

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal de Alfenas
Biblioteca campus Poços de Caldas

M596p Metz, Hugo Leonardo.

Protoboard com elementos resistivos orgânicos / Hugo Leonardo Metz. -- Alfenas/MG, 2018.
81 f. –

Orientador(a): Ihosvany Camps Rodriguez.

Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, 2018.

Bibliografia.

1. Física – Estudo e ensino. 2. Circuitos elétricos. 3. Medidas elétricas. I. Rodriguez, Ihosvany Camps. II. Título.

CDD – 530

HUGO LEONARDO METZ

PROTOBOARD COM ELEMENTOS RESISTIVOS ORGÂNICOS

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física pela Universidade Federal de Alfenas.

Área de concentração: Processos de Ensino e Aprendizagem e Tecnologias de Informação e Comunicação no Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Ihosvany Camps Rodriguez

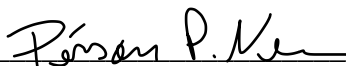
Aprovada em 14/12/2018



Prof. Dr. Ihosvany Camps Rodriguez
Instituição: Universidade Federal de Alfenas - MG



Prof.ª Dra. Lara Fernandes dos Santos Lavelli
Instituição: Universidade Federal de Santa Catarina - SC



Prof. Dr. Person Pereira Neves
Instituição: Universidade Federal de Alfenas - MG

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, criador e mantenedor do Universo, pela oportunidade a mim concedida, por ter provido força, sabedoria e as condições necessárias para a elaboração, execução e conclusão deste trabalho.

Ao professor Dr. Ihosvany Camps Rodriguez, pela orientação e auxílio na condução do projeto.

À Universidade Federal de Alfenas (Unifal-MG) pelo oferecimento do curso e disponibilização dos recursos necessários.

Ao corpo docente do programa de Mestrado Profissional Nacional em Ensino de Física, pela sua contribuição intelectual, dedicação e atenção.

À minha esposa Thais e meus queridos e amados pais Bruno e Carmen, pelo incansável incentivo e apoio, e também à minha filhinha Vitória, que suportou, na sua inocência de uma criança de 3 anos, minha ausência em muitos momentos.

Aos meus amigos e colegas do curso, pelas ideias e pelos incentivos, pelos momentos de estudo e dedicação que compartilhamos.

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

“Aniquilará a morte para sempre, e assim enxugará o Senhor DEUS as lágrimas de todos os rostos, e tirará o opróbrio do seu povo de toda a Terra; porque o SENHOR o disse. E naquele dia se dirá: Eis que este é o nosso Deus, a quem aguardávamos, e ele nos salvará; este é o SENHOR, a quem aguardávamos; na sua salvação gozaremos e nos alegraremos.”

(Isaías 25:8 e 9)

RESUMO

O propósito do presente trabalho é sugerir um método de ensino do conteúdo de circuitos elétricos simples que envolva, além da teoria, uma atividade prática, que é a construção de um *protoboard*, onde o aluno seja o principal protagonista de sua busca pelo conhecimento. Sugere-se também o emprego de um simulador de circuitos elétricos como complemento pedagógico. Os resistores utilizados neste *protoboard* são citados neste trabalho como resistores orgânicos, e deve-se esclarecer que esta terminologia se refere a elementos orgânicos do gênero alimentício, como salsichas, pepinos, cenouras, entre outros. Com esta proposta busca-se dar sentido aos símbolos utilizados nos livros-texto e nos exercícios de fixação e às equações, ao mesmo tempo que permite que, durante a utilização do arranjo experimental, o aluno possa ser surpreendido por situações não previsíveis, possa fazer medidas, propor e testar hipóteses, e possa, de maneira sólida, substituir seus conhecimentos de senso comum por conhecimentos com base científica, capazes de lhe trazer compreensão sobre situações semelhantes. O projeto tem por finalidade prover ao aluno, tanto visualmente quanto quantitativamente, meios de se observar e medir os efeitos da associação de resistores, e confrontar as medidas tomadas com a teoria previamente trabalhada em sala de aula. É também possível trabalhar outros conceitos, como o Efeito Joule, efeitos do campo elétrico e a dependência linear da diferença de potencial com a distância onde são feitas as medidas, o efeito do curto-circuito sobre a corrente elétrica e a queda de potencial nos resistores e seu efeito direto no brilho das lâmpadas, o tempo de cozimento das salsichas de acordo com o tipo de lâmpada utilizada, entre outros efeitos.

Palavras-chave: Circuitos elétricos. *Protoboard*. Medidas elétricas.

ABSTRACT

The purpose of the present work is to suggest a method of teaching the content of simple electrical circuits that involves, besides theory, a practical activity, which is the construction of a *protoboard*, where the student is the main protagonist of his searching for knowledge. It is also suggested the use of an electric circuit simulator as a pedagogical complement. The resistors used in this *protoboard* are referred to in this work as organic resistors, and it should be explained that this terminology refers to organic food elements, such as sausages, cucumbers, carrots, among others. The purpose of this proposal is to make sense of the symbols used in textbooks and fixation exercises and equations, while allowing the student to be surprised during non-predictable situations during the use of the experimental arrangement. be able to make measurements, propose and test hypotheses, and can, in a solid way, replace their common-sense knowledge with scientifically based knowledge, capable of bringing understanding to similar situations. The purpose of the project is to provide the student, both visually and quantitatively, with the means to observe and measure the effects of the association of resistors, and to compare the measures taken with the theory previously worked in the classroom. It is also possible to work on other concepts such as the Joule Effect, effects of the electric field and the linear dependence of the potential difference with the distance where the measurements are made, the effect of the short circuit on the electric current and the potential drop in the resistors and their direct effect on the brightness of the lamps, the cooking time of the sausages according to the type of lamp used, among other effects.

Keywords: Electric circuits. Protoboard. Electrical measurements.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Protoboard modelado no aplicativo	38
Figura 2 - Protoboard com resistores orgânicos.....	39
Figura 3 - Protoboard com resistores orgânicos.....	40
Figura 4 - Medidas de diferença de potencial elétrico.....	40
Figura 5 - Medidas de diferença de potencial elétrico.....	41
Figura 6 - Utilizando um aplicativo luxímetro para dispositivos móveis	41
Figura 7 - Respostas da questão 1 da pesquisa de opinião.....	43
Figura 8 - Respostas da questão 2 da pesquisa de opinião.....	44
Figura 9 - Respostas da questão 3 da pesquisa de opinião.....	46
Figura 10 - Respostas da questão 4 da pesquisa de opinião.....	47
Figura 11 - Respostas da questão 5 da pesquisa de opinião.....	48
Figura 12 - Medidas de temperatura nas salsichas 1 e 3.....	51
Figura 13 - Detalhe da inserção do	51
Figura 14 - Temperatura em função do tempo.....	52
Figura 15 - Esquema do protoboard.....	58
Figura 16 - Protoboard montado.....	58
Figura 17 - Materiais sugeridos	60
Figura 18 - Identificação da posição dos elementos: pregos e bocais.....	61
Figura 19 - Posicionamento dos elementos do circuito: bocais e pregos	62
Figura 20 - Alojamento e prego colocado e alinhado.....	62
Figura 21 - Conexões: no prego e no Sindal.....	63
Figura 22 - Conexão interna no plug	64
Figura 23 – Medidas de diferença de potencial.	65
Figura 24 - Medida da Corrente Elétrica.	66
Figura 25 - Curto-circuito entre os terminais da salsicha	71
Figura 26 - Salsichas cozidas na região entre os furos	72
Figura 27 - Fixação do termômetro	73
Figura 28 - Salsicha cortada de forma a reduzir sua seção trasnversal	74

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1	TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA – DAVID AUSUBEL.....	14
2.2	APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA – VISÃO GERAL	14
2.3	ORGANIZADORES PRÉVIOS E A FORMAÇÃO DOS PRIMEIROS SUBSUNÇÕES.....	17
2.4	SIGNIFICADO E APRENDIZAGEM E RETENÇÃO SIGNIFICATIVAS	19
2.5	CONDIÇÕES PARA A OCORRÊNCIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	21
2.6	FATORES FACILITADORES DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	23
2.7	O PAPEL DO PROFESSOR PARA A FACILITAÇÃO DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	25
2.8	USO DE SIMULADORES COMPUTACIONAIS PARA O ENSINO DE FÍSICA	26
2.9	POSSIBILIDADES DAS SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS PARA O ENSINO DE FÍSICA.....	27
2.10	VANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DE SIMULAÇÕES	28
2.11	LIMITAÇÕES DAS SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS NO ENSINO DE FÍSICA.....	28
2.12	SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL COMO FERRAMENTA DE APOIO	30
3	ESCOLHA DO CONTEÚDO	32
4	OBJETIVOS GERAIS.....	35
4.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	35
5	APLICAÇÃO DO PROJETO.....	36
5.1	ESCOLAS	36
5.2	A UTILIZAÇÃO DO SIMULADOR DE CIRCUITOS ELÉTRICOS	37
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	42
6.1	DOIS CASOS INTERESSANTES	50

6.1.1.	CASO 1 – Segunda Lei de Ohm	50
6.1.2.	CASO 2 – Curva de Aquecimento em Função do Tempo.....	50
7	CONCLUSÃO.....	53
	REFERÊNCIAS.....	55
	APÊNCIDE A – PRODUTO EDUCACIONAL.....	57
	APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DA PESQUISA DE OPINIÃO.....	76
	APÊNDICE C – RESPOSTAS DA QUESTÃO DISCURSSIVA.....	78
	APÊNDICE D – TEMPERATURA EM FUNÇÃO DO TEMPO	80

1 INTRODUÇÃO

O mundo em que vivemos é muito dinâmico. Uma simples observação das coisas que nos cercam, durante uma caminhada vespertina num parque, pode ser suficiente para nos despertar inúmeros questionamentos. E tem sido assim ao longo de toda a história da humanidade.

Desde há muito tempo o homem observa a natureza e seus fenômenos, e a busca para uma explicação dos fenômenos observados tem levado o homem a compreender as leis que regem a natureza. Em diversos casos essas leis podem ser expressas através do uso da linguagem matemática.

A compreensão do funcionamento da natureza leva à próxima pergunta: é possível utilizar os fenômenos da natureza para trazer alguma vantagem ou benefício para a vida do ser humano? A busca por esta resposta é a responsável pelo desenvolvimento das tecnologias que servem ao homem e seus propósitos. Estas tecnologias podem bem simples, como utilizar um canudinho para tomar um refresco, ou bem complexas, como o envio de sondas espaciais para estudar o espaço sideral. Independentemente de sua complexidade, essas tecnologias têm como pano de fundo a física, em seus mais diversos ramos, como termodinâmica, óptica, mecânica ou física de partículas.

O desenvolvimento da tecnologia tem impacto direto em todas as áreas da vida cotidiana. Apenas a título de exemplo, na área da saúde a introdução da informática e o desenvolvimento de aparelhos modernos trazem muitos benefícios e rapidez na luta contra doenças (BARRA, 2006).

Percebe-se, a partir destes fatos, que é importante que o cidadão, participante da vida na sociedade atual, compreenda os princípios físicos em que são baseadas as tecnologias utilizadas ao seu redor, para que possa interagir de modo mais adequado e possa desfrutar dos benefícios trazidos pelas tecnologias, e também possa se prevenir dos efeitos colaterais que eventualmente possam surgir.

A LDB/96 e a Resolução CNE/98 consideram o Ensino Médio como a última e complementar etapa na formação do indivíduo na Educação Básica, e apontam que o aprendizado de Ciências e de Matemática, já iniciadas no Ensino Fundamental, sejam complementadas e aprofundadas durante esta etapa, uma vez que o aluno já apresenta uma maior maturidade. Por este motivo, durante o ensino médio, os objetivos educacionais podem ter uma maior ambição formativa, tanto em termos de tratamento de informações como em

termos das habilidades, competências e valores desenvolvidos (Parâmetros Curriculares Nacionais).

O estudo da física no ensino médio deveria desenvolver no aluno a curiosidade e o senso de investigação. O que se nota, no entanto, é que os estudantes, de forma geral, classificam a física como uma disciplina de difícil compreensão, e desta forma acabam por não gostar da disciplina. Trindade (1998) apresenta algumas das possíveis causas de insucesso no ensino de física: fraca base matemática do aluno, desenvolvimento cognitivo insuficiente e modelos conceituais apoiados em senso comum, que fornecem algumas respostas satisfatórias sobre o assunto abordado. Segundo Trindade (1998), a suposição de que o aluno não desenvolveu anteriormente representações intelectuais sobre o assunto traz a ideia de que quem ensina poderá preencher essa lacuna a seu bel-prazer. Nota-se, no entanto, que as concepções e significados atribuídos pelos jovens aos termos do discurso científico não são desconexos, mas integram-se numa explicação coerente do mundo sob seu ponto de vista, e é natural que essa explicação entre em conflito com a física newtoniana que lhes é ensinada, e isso traz dificuldades no processo de ensino e aprendizagem.

Esta dificuldade é notória nos alunos do 3º ano do ensino médio quando o assunto trabalhado é referente aos circuitos elétricos simples, constituídos apenas de fonte de tensão, fio condutor, resistores e as associações de resistores.

O propósito do presente trabalho é sugerir uma estratégia de ensino do conteúdo de circuitos elétricos simples que envolva, além da teoria, uma atividade prática, que é a construção de um *protoboard*, onde o aluno seja o principal protagonista de sua busca pelo conhecimento. Os resistores utilizados neste *protoboard* são referidos neste trabalho como *resistores orgânicos*, e deve-se esclarecer que esta terminologia se refere a elementos orgânicos do gênero alimentício, como salsichas, pepinos, cenouras, entre outros. Não se trata, portanto, de resistores comerciais. Ressaltamos também que, embora o tema seja abordado no Ensino Médio apenas em termos de corrente elétrica contínua e os resistores sejam apenas os resistores do tipo ôhmico, para fins práticos a proposta deste trabalho utiliza corrente alternada, e embora o elemento principal considerado como resistor, ou seja, a salsicha, não tenha caráter ôhmico devido às mudanças de suas propriedades no decorrer do cozimento, para este trabalho esta característica, embora evidente, não é fator limitante para as discussões de dissipação de energia, associação de resistores ou controle da intensidade da corrente elétrica em um ramo de circuito.

Com esta proposta busca-se dar sentido aos símbolos utilizados nos livros-texto e nos exercícios de fixação e às equações, ao mesmo tempo que permite que, durante a utilização do

arranjo experimental, o aluno possa ser surpreendido por situações não previsíveis, possa fazer medidas, propor e testar hipóteses, e possa, de maneira sólida, substituir seus conhecimentos de senso comum por conhecimentos com base científica, capazes de lhe trazer compreensão sobre situações semelhantes. A proposta inclui também a utilização de um simulador de circuitos elétricos, que pode ser para dispositivos móveis ou para computadores. O simulador, nesta proposta, tem papel complementar, de apoio, pois a animação fornecida auxilia aqueles alunos que apresentam dificuldades na abstração ou que aprendem melhor com estímulos visuais. A não utilização de um simulador de circuitos elétricos não é fator impeditivo ou limitante para o emprego do *protoboard* como instrumento de ensino.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O conhecimento que a física traz permite elaborar modelos das leis que regem o cosmos, estudar as partículas atômicas e subatômicas que compõem a matéria, a fim de que se possa desenvolver novos materiais, produtos e tecnologias, bem como estudar as fontes de energia, suas conversões e aplicações. Desta forma este conhecimento torna-se indispensável para formação da cidadania contemporânea. Espera-se que o ensino de Física no Ensino Médio contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, onde o indivíduo seja capaz de interpretar os fatos, fenômenos e processos da natureza, constantemente em transformação (PCN).

Nota-se, no entanto, que o ensino de Física acontece frequentemente de maneira desarticulada. Os conceitos e leis, expressas também através de modelos matemáticos, são apresentados de maneira distante do mundo vivido por alunos e professores, sendo este um dos motivos pelos quais se tem um aprendizado vazio, sem significado. Frequentemente os conceitos são abordados de modo abstrato desde o início, ao invés de se atingir gradativamente um nível de abstração maior. Utiliza-se exercícios repetitivos, em situações artificiais, privilegiando-se a memorização e a manipulação algébrica das equações em detrimento da prática e de exemplos de situações concretas. Como consequência, passa-se a ideia de que o conhecimento está todo pronto, e que não há mais nada a ser descoberto ou investigado.

O aprendizado significativo da Física promove a articulação de toda uma visão de mundo, uma compreensão dinâmica do universo, e ao lado de um caráter mais prático, a Física revela também uma dimensão filosófica, cuja importância não deve ser menosprezada no processo educativo. Desta forma é necessário que as práticas tradicionais sejam superadas e o aluno adquira e desenvolva competências e habilidades relevantes e com significado.

Superar as práticas tradicionais não se reduz a tão somente elaborar novas listas de tópicos de conteúdo, mas sim de trazer ao ensino de Física novas dimensões, onde haja a promoção de um conhecimento contextualizado e integrado à vida do aprendiz. Neste pensamento, Ausubel diz que a promoção de um conhecimento contextualizado eficiente, com significado, requer que seja levado em consideração os conhecimentos prévios do aluno, que serão fundamentais para que os novos conhecimentos tenham ancoragem e possam se desenvolver. Dentre as várias técnicas disponíveis para auxiliar e promover o aprendizado, duas foram escolhidas neste trabalho: a construção e manipulação de um aparato experimental, onde se possam fazer medidas e alterar parâmetros, e o emprego de uma Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC), no caso, um simulador de circuitos elétricos, que nesta proposta tem o

papel de apoio. Nos próximos parágrafos trataremos da Teoria da Aprendizagem Significativa, de Ausubel, e do emprego de TICs para auxílio no processo de aprendizagem.

2.1 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA – DAVID AUSUBEL

David Ausubel, em sua obra intitulada *A Aquisição e Retenção de Conhecimento: Uma Perspectiva Cognitiva* traz uma atualização da teoria da aprendizagem significativa, encontrada anteriormente na sua obra *Psicologia da Aprendizagem Verbal Significativa (The Psychology of Meaningful Verbal Learning, 1963)*. Segundo Ausubel (1963), o principal processo de aprendizagem significativa não acontece por *descoberta*, mas sim por *recepção*, e que este processo exige, da parte do estudante, reflexão sobre aquilo que se está estudando, e que por este motivo a organização dos conteúdos e experiências facilitam o processo de aprendizagem. Para Ausubel a aprendizagem significativa é a base para a qual esquemas de assimilação, internalização de instrumentos e símbolos e modelos mentais são construídos.

Ausubel descreve, em sua obra, as condições nas quais a aprendizagem por recepção é favorecida, e enfatiza que a estrutura das matérias, a linguagem e os conhecimentos prévios e competências já desenvolvidas anteriormente pelos estudantes são de fundamental importância. Nota-se ainda que, para Ausubel, é o conhecimento prévio o fator determinante do processo de aprendizagem. Segundo o próprio autor, essa teoria foi revista e é apresentada não como nova, mas sim como atualizada. Argumenta-se que o conceito de aprendizagem significativa foi tomado muito superficialmente, de modo que qualquer estratégia de ensino tem a aprendizagem significativa como objetivo, mas na prática ainda permanecem os processos de aprendizagem mecânica, puramente de memorização.

Os próximos parágrafos têm por finalidade apresentar uma visão geral da teoria de aprendizagem significativa de Ausubel e sua importância para a sala de aula. Inicialmente definiremos a teoria da aprendizagem, falando sobre suas características e conceitos. Discorreremos sobre a ideia principal de sua teoria, o subsunçor, que é o conhecimento prévio já existente na estrutura cognitiva do aprendiz, e de sua importância no contexto da aprendizagem significativa.

2.2 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA – VISÃO GERAL

A aprendizagem significativa é aquela em que as ideias apresentadas utilizando-se símbolos tem interação com conhecimentos relevantes já adquiridos pelo estudante. Essa

interação é não-arbitrária e não-literal. Este conhecimento prévio, relevante, que pode ser um símbolo já significativo, um conceito ou um modelo mental é denominado por Ausubel como subsunçor. O subsunçor é a ideia base, ou âncora, onde o novo significado terá sua base de fixação.

O subsunçor é o conhecimento prévio relevante que permitirá ao aprendiz dar um novo significado àquilo que lhe é apresentado ou que ele descobre. O subsunçor faz parte da estrutura cognitiva do indivíduo e, por ser muito pessoal, pode ter maior ou menor estabilidade cognitiva, isto é, pode estar mais ou menos elaborado no que tange sua significação.

Como a aprendizagem significativa é resultado da interação entre os novos conhecimentos e os conhecimentos prévios, os novos conhecimentos adquirem significado para o aprendiz, e os conhecimentos prévios passam a ter maior estabilidade cognitiva, uma vez que essa interação é não-literal e não-arbitrária.

Como um exemplo disto podemos citar um aluno que conhece a Lei da Conservação de Energia aplicada a energia mecânica. Ao se deparar com problemas que envolvam a transformação de energia potencial gravitacional ou elástica em energia cinética, o aluno terá em seu conhecimento prévio as ferramentas mentais necessárias para a solução do problema. Desta forma a estabilidade cognitiva será reforçada, tornando-se mais estável. Considere agora que de alguma forma este aluno é posto em contato com a Primeira Lei da Termodinâmica. Ao reconhecer nesta lei uma expressão da conservação de energia, mas aplicada a sistemas térmicos, o aluno dará novo significado a esse novo conhecimento acionando o subsunçor Conservação da Energia. Este, por sua vez, passa a ter maior abrangência e riqueza de significados, pois o conceito de Conservação de Energia aplica-se não só à Energia Mecânica, mas também à Termodinâmica.

Ainda neste exemplo, a interação entre um novo conhecimento e o subsunçor resultará em aprendizagem significativa, e o aluno dará um significado ainda maior ao subsunçor Conservação de Energia, que é o significado de uma lei geral da Física, que a energia é sempre conservada.

Exemplo semelhante pode ser apresentado quando temos um aluno que já conhece os conceitos de força peso e de trabalho. Para ele estes conhecimentos já possuem estabilidade cognitiva. Quando o aluno entra em contato com o conceito de energia potencial gravitacional, ele aciona o subsunçor Trabalho de uma Força e percebe que o produto da massa pela gravidade é uma força, e que o produto da força pela altura é o trabalho. Desta maneira o subsunçor Trabalho de uma Força passa a ter um significado mais rico, mais elaborado, e a aprendizagem

significativa resultante é de que, para de altera a quantidade de energia potencial gravitacional em um sistema, deve-se realizar trabalho por ou sobre este sistema.

Por outro lado, o subsunçor Trabalho de uma Força pode servir de ideia-âncora para um novo conhecimento: a energia cinética. Através da realização de trabalho, modifica-se também a energia cinética do sistema. O subsunçor Trabalho de uma Força passa a ter significado ainda mais rico e abrangente, e o aprendiz chega então a um novo subsunçor, no qual o trabalho realizado por ou sobre um sistema é o responsável pela modificação de sua energia.

No caso do subsunçor Trabalho de uma Força, um aluno que tivesse adquirido esse conceito de forma significativa, mas depois passasse algum tempo sem se envolver com este tema, provavelmente saberia que este é um tema importante da física, embora talvez não se lembrasse exatamente quais as grandezas físicas envolvidas ou o formalismo matemático envolvido. No entanto, caso o indivíduo em questão retomasse os estudos, não teria dificuldade em retomar os conhecimentos, caso sua aprendizagem tenha sido significativa.

Nota-se, portanto, que aprendizagem significativa não é aquela em que nunca há esquecimento. Se o esquecimento for total é provável que o indivíduo tenha experimentado apenas um aprendizado mecânico, de memorização. O esquecimento, na aprendizagem significativa, acontece por perda de diferenciação de significados, e não a perda do significado.

O subsunçor é, portanto, um conhecimento estabelecido na estrutura cognitiva do sujeito que permite dar significado, por interação, a novos conhecimentos. O subsunçor pode também ser uma proposição, um modelo, uma simbologia, e sua clareza, estabilidade cognitiva e abrangência variam ao longo do tempo. Por isso diz-se que o subsunçor é um conhecimento dinâmico, que pode evoluir e até involuir.

A estrutura cognitiva de um indivíduo, em um certo campo do conhecimento, é o complexo organizado de subsunçores e suas interações neste campo. Tais conhecimentos podem ser do tipo de conceitos, de procedimentos ou de atitudes. Para Ausubel, no entanto, os subsunçores se referem mais ao conhecimento conceitual. Vale destacar ainda que, segundo Ausubel, a estrutura cognitiva apresenta uma organização hierárquica de subsunçores inter-relacionados, havendo assim subsunçores subordinados hierarquicamente a outros.

Uma característica da estrutura cognitiva dinâmica é regida por dois processos principais: a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora.

A diferenciação progressiva acontece quando um subsunçor é utilizado várias vezes para dar significado a novos conhecimentos. Através de interações sucessivas, um determinado subsunçor vai adquirindo novos significados, vai ficando mais rico, mais abrangente e é então capaz de servir de âncora para novas aprendizagens.

A reconciliação integradora faz parte do processo da dinâmica da estrutura cognitiva, e acontece simultaneamente ao processo da diferenciação progressiva. Ela consiste, basicamente, em fazer a reconciliação entre as diferenças reais ou aparentes entre as várias facetas do mesmo conceito. Durante o processo de aprendizagem significativa, se houver apenas a diferenciação progressiva, o estudante perceberá todos os significados de modo diferente. Se houver apenas a reconciliação integradora, o estudante perceberá todos os significados de forma igual.

Para Ausubel o subsunçor, ou seja, o conhecimento prévio, é talvez a variável isolada mais importante para a aprendizagem significativa. É através dele que os novos conhecimentos acontecem, recebem significação, e ao mesmo tempo os subsunçores ficam mais estáveis, mais elaborados.

Percebe-se, no entanto, que nem sempre o conhecimento prévio auxilia na aquisição de novos conhecimentos. Há casos em que o conhecimento prévio funciona como um bloqueador, ou, como denominado por Gaston Bachelard (1996), um obstáculo epistemológico. Deste modo, afirmar que o conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem significativa e por isso é uma variável facilitadora não é adequado, pois em alguns casos ela pode ser bloqueadora e a identificação desta situação é papel importante do professor.

Ressalta-se também que o conceito de aprendizagem significativa não é sinônimo de aprendizagem correta, isto é, o fato de o indivíduo estabelecer para si relações com base em subsunçores, essas relações podem ter significado para o indivíduo, mas não quer dizer que estes significados sejam aceitos no contexto de alguma matéria de ensino, o que gera concepções alternativas. O fato destas concepções serem significativas explica o fato de serem tão resistentes às mudanças conceituais.

2.3 ORGANIZADORES PRÉVIOS E A FORMAÇÃO DOS PRIMEIROS SUBSUNÇORES

Uma vez que o conceito de subsunçores é a base para a aprendizagem significativa, surgem então dois questionamentos relevantes: de onde vêm os conhecimentos prévios que formam os primeiros subsunçores? O que fazer quando a estrutura cognitiva do aluno não apresenta os conhecimentos prévios que o ajudarão a dar significados aos novos conhecimentos com os quais ele entra em contato?

A hipótese, para estes questionamentos, é de que a construção dos primeiros subsunçores se dá através de processos de descobrimento, abstração, inferência, quando o sujeito se encontra repedidas vezes com os objetos ou conceitos em questão. Além disso, uma criança em idade pré-escolar forma modelos de causa e efeito das coisas do mundo, que se

tornam modelos mentais ou outras estruturas mentais. Por este motivo, no início, são necessárias experiências concretas e intervenções de adultos, mas, conforme ela desenvolve subsunçores, ela é capaz de aprender mais em função destes subsunçores. O papel dos adultos, como pais ou professores, passa a ser então de negociação dos significados dentro de um conjunto de conhecimentos socialmente aceitos.

Na fase adulta é este o processo que predomina, e que Ausubel chamou de assimilação. O processo de assimilação de Ausubel difere do processo de assimilação de Piaget, que considera a assimilação uma interação sujeito-objeto. Para Ausubel a assimilação se dá quando um novo conhecimento interage com conhecimentos prévios, relevantes, de forma não-arbitrária e não-literal, e durante esta interação há modificação dos dois conhecimentos. Essa modificação é a assimilação do novo conhecimento, e a aprendizagem significativa foi subordinada a um conhecimento prévio, ou seja, há uma ancoragem do novo conhecimento ao conhecimento prévio.

Há situações em que o aprendiz não dispõe de subsunçores adequados ou relevantes, a partir dos quais seja possível atribuir significado aos novos conhecimentos. Em tais situações, costuma-se empregar organizadores prévios, conforme proposto por Ausubel (1963), mas que, segundo Moreira (2012), na prática, nem sempre funcionam.

Um organizador prévio é um recurso para instrução que utiliza um nível de abstração, generalidade e inclusividade mais amplos, mais elevados. Como exemplos podemos citar um vídeo documentário, uma aula introdutória, uma demonstração de experimento, uma leitura recomendada, entre outros. Existem várias possibilidades, mas deve-se atentar ao cuidado de que este material preceda a apresentação do material de aprendizagem e tenha um conteúdo mais abrangente e mais geral. Por isso tem-se que neste recurso não se enquadra, por exemplo, um sumário ou resumo, por estar no mesmo nível de abstração do material aprendido.

Utiliza-se um organizador expositivo quando o aprendiz é posto em contato com um material de aprendizagem do qual ele não é familiar, e um organizador comparativo, no caso em que o material de aprendizagem é parcialmente ou relativamente familiar. O uso dos organizadores prévios ajuda a suprir a carência de subsunçores ou para ajudar a relacionar os novos conhecimentos com outros já existentes.

2.4 SIGNIFICADO E APRENDIZAGEM E RETENÇÃO SIGNIFICATIVAS

Ausubel também diz que existem três maneiras de aprendizagem por recepção significativa: a representacional, a aprendizagem conceitual e a aprendizagem significativa de proposições.

A aprendizagem representacional é o tipo mais fundamental de aprendizagem significativa, pois é a partir desta que todos os outros tipos de aprendizagem acontecem. É nesta aprendizagem que os símbolos passam a ter significados, como é o caso do aprendizado do significado das letras e das palavras. Pode-se dizer que este tipo é muito próximo da aprendizagem por memorização por relacionar os símbolos aos objetos a que se referem.

Em qualquer língua as palavras são símbolos transmitidos de forma convencional ou social e representam, cada uma, um objeto ou um conceito. No entanto, para quem não conhece a língua, aquele símbolo não tem representação alguma, e a pessoa precisa, inicialmente, aprender seu significado. Essa aprendizagem é significativa pelo fato de que essas representações podem relacionar-se de forma não arbitrária, como num caso particular ou exemplar, ou a uma generalização, existente na estrutura cognitiva da maioria das pessoas.

A aprendizagem conceitual é outro tipo importante de aprendizagem significativa. Os conceitos podem ser definidos como objetos, fatos e situações que possuem um conjunto característico de atributos comuns, podem também ser representados por símbolos individuais, então utilizar a mesma simbologia para que sejam representados. Na verdade, a maioria das palavras é combinada em forma de frases de modo a expressar conceitos e ideias.

Nota-se, portanto, que a aprendizagem proposicional envolve a aprendizagem do significado de uma ideia ou conceito criado a partir da combinação de palavras em uma frase.

Ausubel diz que a verdadeira aprendizagem proposicional verbal acontece quando o novo tema ou proposta é criado a partir da combinação de várias palavras ou conceitos e que essa nova combinação traz consigo não somente o significado de cada palavra individual, mas sim um significado mais amplo do que somente o significado das palavras individuais que formam a frase. Por isso é importante que se conheça, previamente, o significado individual de cada termo ou o que eles representam, e é desta forma que a aprendizagem representacional e conceitual formam a base para a aprendizagem proposicional, quando as proposições são verbais.

Segundo Ausubel, existem duas maneiras pelas quais ocorre a aprendizagem conceitual: formação conceitual, que ocorre em crianças e jovens, e assimilação conceitual, que é a forma

mais comum de aprendizagem conceitual encontrada em crianças e jovens na faixa etária escolar e também em adultos.

A formação conceitual ocorre através de experiências que causam a percepção dos atributos e propriedades pelas crianças. No entanto, conforme seu vocabulário aumenta, é possível que novos conceitos sejam adquiridos por assimilação conceitual, pois é possível utilizar novas combinações de símbolos, disponíveis na estrutura cognitiva da criança.

Os conceitos são fundamentais para a teoria da assimilação, pois a compreensão e resolução de problemas dependem dos conceitos disponíveis, tanto subordinantes quanto subordinados, na estrutura cognitiva da criança.

A aprendizagem significativa de proposições verbais é mais complexa do que a aprendizagem significativa de palavras, porém apresenta semelhanças, pois o objetivo desta é que, após a tarefa de aprendizagem, haja relações entre o significado das palavras e as ideias previamente existentes na estrutura cognitiva.

Enquanto a aprendizagem representacional refere-se aos significados de símbolos ou palavras, a aprendizagem proposicional refere-se aos significados de ideias que podem ser dadas por conjuntos de palavras combinadas ou frases.

A aprendizagem significativa pode ser subordinada, isto é, quando os novos conhecimentos potencialmente significativos adquirem significado por meio de um processo de ancoragem cognitiva, de modo interativo, com conhecimentos relevantes previamente adquiridos e presentes na estrutura cognitiva do aprendiz.

A aprendizagem proposicional subordinante ocorre quando uma nova proposição pode se relacionar com ideias subordinantes específicas ou com várias ideias relevantes da estrutura cognitiva, desde que se possa subsumir tais ideias.

A aprendizagem proposicional combinatória acontece quando a proposta potencialmente significativa não tem relação com ideias subordinantes ou subordinadas da estrutura cognitiva do aluno, mas pode combinar-se com uma ampla variedade de ideias e conteúdos relevantes em tal estrutura.

Vê-se, desta forma, que a aprendizagem significativa acontece quando o novo conhecimento adquire significado através de sua interação com os subsunçores.

A aprendizagem superordenada envolve processos de abstração, indução e síntese, cujo resultado leva a novos conhecimentos que, por sua vez, passam a subordinar os conhecimentos que lhe deram origem. A título de exemplo, um aprendiz, que não tenha familiaridade com o conceito de energia potencial, pode ser posto em contato com este novo conhecimento ao estudar conceitos isolados, particulares. Seus estudos podem se iniciar com o conceito de

energia potencial gravitacional, depois energia potencial elástica, energia potencial química, e assim sucessivamente. Após ter aprendido de modo significativo estes conceitos, o aprendiz pode começar a fazer ligações entre os diferentes tipos de energia potencial, buscando suas semelhanças e diferenças e, por fim, após um raciocínio indutivo, ao conceito de energia potencial.

Há casos em que a aprendizagem significativa acontece por um processo chamado aprendizagem combinatória. A aprendizagem significativa combinatória acontece quando a aprendizagem significativa não é nem subordinada (o caso mais comum) e nem superordenada (mais frequente na conceitualização). A aprendizagem significativa acontece quando o significado de um novo conhecimento é adquirido com base em um conhecimento mais amplo, mais abrangente, como se fosse uma base cognitiva ou base subsunçora que o indivíduo já possua sobre um determinado campo do conhecimento.

Moreira diz que “a aprendizagem combinatória é, então, uma forma de aprendizagem significativa em que a atribuição de significados a um novo conhecimento implica interação com vários outros conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva, mas não é nem mais inclusiva nem mais específica do que os conhecimentos originais. Tem alguns atributos criteriosais, alguns significados comuns a eles, mas não os subordina nem superordena.”

A interação, neste caso, não é nem mais inclusiva e nem mais específica do que os conhecimentos preexistentes. Neste caso não há nem subordinação e nem superordenação, mas há sim uma combinação entre os conhecimentos prévios e os novos, inter-relacionados entre si como uma teia de conhecimentos.

2.5 CONDIÇÕES PARA A OCORRÊNCIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A base do processo de aprendizagem significativa consiste no fato de que as tarefas de aprendizagem, expressas na forma simbólica, tenham relação com o conhecimento prévio do aprendiz. O resultado desta interação ativa é o surgimento, para o aprendiz, de um novo significado, de forma que o material de instrução passe a se relacionar com algum conteúdo existente especificamente relevante da estrutura do aprendiz ou a ideias anteriores, menos específicas, porém relevantes na estrutura de conhecimento do aprendiz.

Existem duas condições que devem ser satisfeitas de modo que a aprendizagem significativa tenha efeito. A primeira destas condições está relacionada ao material instrucional e a segunda condição está ligada à predisposição do aprendiz para aprender.

A primeira destas condições está fortemente relacionada aos conhecimentos prévios do aprendiz. Se não houver nenhum conhecimento prévio na estrutura cognitiva do estudante, nenhum novo conhecimento será potencialmente significativo. No entanto a segunda condição também tem a ver com o conhecimento prévio. Normalmente indivíduos que possuem domínio significativo sobre um campo de conhecimento apresenta mais predisposição a novas aprendizagens neste campo.

A primeira condição diz que se faz necessário que o material de aprendizagem seja potencialmente significativo, ou seja, que se possa estabelecer relações não arbitrárias e não literais entre o material e qualquer estrutura cognitiva apropriada relevante, e também que o estudante contenha, em sua estrutura cognitiva particular, ideias ancoradas com as quais o material possa se relacionar.

Dizer que o material de aprendizagem seja potencialmente significativo quer dizer que o mesmo seja relacionável e incorporável à estrutura cognitiva do aluno. Deve ter um significado lógico para o aprendiz, de modo que os novos conhecimentos trazidos pelo material possam se relacionar de modo não arbitrário e não literal com os conhecimentos prévios existentes na estrutura cognitiva deste aprendiz.

A segunda condição diz que para que a aprendizagem significativa possa ocorrer faz-se necessário que os aprendizes apresentem uma predisposição para que se possa relacionar o novo material à estrutura do conhecimento já disponível, e que o material seja potencialmente significativo para os aprendizes. O sentido de que o aprendiz tenha predisposição para aprender, aqui, significa que ele queira relacionar os novos conhecimentos, apresentados pelos materiais instrucionais, potencialmente significativos, aos seus conhecimentos prévios, de modo não-arbitrário e não-literal. Essa predisposição leva a uma interação entre os conhecimentos prévios presentes na estrutura cognitiva do aprendiz e os novos conhecimentos potencialmente significativos, e durante esta interação haverá simultaneamente diferenciação progressiva e reconciliação integrativa entre os conhecimentos prévios e os novos conhecimentos potencialmente significativos. Uma vez que tais processos de significação ocorrem, os novos conhecimentos potencialmente significativos passam a se incorporar à estrutura cognitiva do aprendiz, modificando-a, e esta passa a um estado de maior riqueza e amplitude.

Independentemente da quantidade de potenciais significativos que uma dada proposição tenha, se o aprendiz quiser apenas memorizar tais potenciais, o resultado da aprendizagem será tão somente memorização de modo arbitrário e literal, ou sem sentido. Nota-se também que, independente dos mecanismos de aprendizagem significativa adotados pelo aprendiz, se a tarefa

de aprendizagem não for potencialmente significativa, o resultado do processo também não será significativo.

Uma das razões por que os alunos desenvolvem aprendizagem memorizada em uma matéria de aprendizagem potencialmente significativa, segundo Ausubel (1963), reside no fato de que as respostas que estes apresentam não estejam em conformidade com a resposta considerada correta pelo professor. Outra razão está no fato de não apresentarem confiança em sua capacidade de aprender, por já terem passado por repetidas experiências de fracasso. Ao acreditarem que não conseguem aprender, preferem memorizar. Este fato é notável, por exemplo, quando os alunos são pressionados a exibirem fluência em determinada matéria, por parecer ser mais fácil fingir que compreendeu o assunto através da memorização de palavras-chave ou frases do que realmente compreender genuinamente o assunto e seu significado.

O aluno aprende a partir daquilo que ele já sabe, que já domina. Sua estrutura cognitiva prévia, composta por conceitos, proposições, ideias, esquemas, modelos, entre outros, hierarquicamente organizados, a principal variável responsável pela aprendizagem significativa de novos conteúdos. Se um aprendiz com tais características entrar em contato com material instrucional potencialmente significativo, e se o aprendiz estiver predisposto a permitir que seus conhecimentos prévios interajam de modo não-arbitrário e não-literal com os novos conhecimentos potencialmente significativos, então as condições de aprendizagem significativas estarão atendidas, e desta forma o sujeito, enquanto aprende, passa pelos processos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, e sua estrutura cognitiva vai mudando.

O indivíduo que desenvolve uma aprendizagem significativa apresenta, em relação à aprendizagem mecânica (memorização), a vantagem da capacidade de transferência do conteúdo aprendido a situações novas. Isso implica compreensão e atribuição de significado, enquanto na aprendizagem por memorização o aprendiz tem capacidade de lidar apenas com situações que já conhece, além é claro de haver maior retenção dos novos conhecimentos e a possibilidade de reaprendizagem.

2.6 FATORES FACILITADORES DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Moreira (1999) apresenta uma discussão sobre os fatores apontados por Ausubel (1963) que facilitam o processo de aprendizagem. Além da diferenciação progressiva, da reconciliação integrativa e dos organizadores prévios, Ausubel também recomenda o uso dos princípios da organização sequencial e da consolidação.

O princípio da organização sequencial está ligado ao material instrucional utilizado pelo aluno. É mais fácil para que o aluno consiga organizar seus subsunçores de maneira hierárquica se o material instrucional também estiver organizado desta maneira. Quando o assunto a ser ensinado é apresentado de maneira organizada hierárquica, o aprendiz perceberá que certos tópicos dependem sequencialmente daqueles que o antecedem, e desta forma terão uma interação melhor, resultando em significação e aprendizagem.

A consolidação está relacionada ao domínio dos conhecimentos prévios, que servirão de âncora para os novos conhecimentos. Como, segundo a teoria, os conhecimentos prévios são a variável mais significativa no processo da aprendizagem significativa, então deve-se insistir no domínio prévio antes de colocar o aprendiz em contato com os novos conhecimentos. Deve-se atentar, no entanto, ao fato de que esta prática pode levar à aprendizagem mecânica. Portanto, deve-se utilizar esta técnica com cuidado.

A aprendizagem significativa é progressista, contendo rupturas e continuidades (CABALLERO; MOREIRA; RODRIGUEZ, 2004), podendo levar um tempo relativamente grande. Desta forma, no contexto da aprendizagem significativa, o emprego de exercícios, solução de situações-problema, clarificações, discriminações e integrações são importantes antes de se apresentar novos conhecimentos, uma vez a consolidação não ocorre de maneira imediata.

Outro recurso muito importante como facilitador da aprendizagem significativa é a linguagem, pois, através do uso da linguagem, é possível melhorar a manipulação de conceitos e proposições de forma que se aperfeiçoem as compreensões verbais e os significados das palavras ou frases tornem-se mais claros e conseqüentemente mais transferíveis para o estudante.

Quando o professor apresenta aos alunos um significado, esta apresentação acontece não no sentido de uma aula expositiva, mas de uma apresentação dos significados que são aceitos no contexto da matéria de ensino que o professor já tem domínio. Desta forma há um diálogo entre aquilo que o professor apresenta e aquilo que o estudante “devolve” ao professor. Se o significado apresentado pelo estudante ainda não for o significado aceito contextualmente na matéria de ensino, o professor deve reapresentar tais significados, porém de outra maneira. Desta forma há uma negociação de significados entre professores e alunos, e este processo, que pode ser longo, termina, conforme proposto por D. B. Gowin (1981), quando o aluno finalmente capta o significado aceito no contexto da matéria.

É um erro acreditar que a linguagem no ensino de Física seja apenas a matemática. O homem vive na linguagem, e, portanto, esta deve ser utilizada de maneira tal que facilite a ocorrência da aprendizagem significativa por parte do aluno.

2.7 O PAPEL DO PROFESSOR PARA A FACILITAÇÃO DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

O professor tem papel de destaque no processo de facilitação da aprendizagem significativa. Sua atuação envolve algumas ações fundamentais. Uma destas ações é identificar a estrutura conceitual proposta no material instrucional, como os conceitos e princípios mais gerais e abrangentes e organizá-los de maneira hierárquica, para que, de modo progressivo, englobem os conceitos menos inclusivos até se chegar aos termos, exemplos e situações mais específicos. Ao proceder desta forma o professor cria uma organização hierárquica dos subsunçores mais inclusivos e indispensáveis para a aprendizagem significativa.

Ao professor cabe também a tarefa de identificar em seu aprendiz os subsunçores presentes em sua estrutura cognitiva, os quais são fundamentais para a aprendizagem significativa. Uma vez identificados tais subsunçores, o professor terá um papel de mediador no processo de significação dos novos conhecimentos por parte do aluno, auxiliando-o durante a interação de seus subsunçores com os novos conhecimentos, enquanto o aprendiz passa pelos processos de diferenciação progressiva e reconciliação integradora.

Ausubel vê com bons olhos o emprego, pelo professor, de práticas para auxiliar o aprendiz a consolidar a matéria aprendida de forma mais eficaz. Para um aprendiz sofisticado, a simples apresentação de ideias novas e relativamente simples é, muitas vezes, suficiente para resultar em retenção a longo prazo. No entanto, ideias mais complexas exigem que haja um número maior de revisões do conteúdo, resultando em maior estabilidade e retenções por períodos mais longos.

Na visão de Ausubel a prática é um dos principais fatores que influenciam a estrutura cognitiva. A prática aumenta a estabilidade cognitiva e a clareza. Os incrementos e decrementos na estabilidade e na clareza dos novos significados que acompanham sua aprendizagem inicial, o esquecimento e as aprendizagens posteriores colaboram para que haja assimilação, por parte do aprendiz, do material instrucional.

A prática modifica a estrutura cognitiva pelo menos de quatro formas diferentes:

- a) Aumenta a força de dissociabilidade dos significados recentemente adquiridos e facilita sua retenção;

- b) Melhora a capacidade de resposta do aluno quando exposto a novas situações do mesmo conteúdo;
- c) O aprendiz se torna consciente dos fatores negativos que causaram o esquecimento e passa a evita-los ou enfrenta-los de modo adequado;
- d) Facilita a aprendizagem e a retenção de novas tarefas de aprendizagem relacionadas à matéria de ensino.

O emprego adequado, pelo professor, de atividades e estratégias é, conforme discutido, de fundamental importância para facilitar o processo de aprendizagem significativa dos aprendizes e aumentar o tempo de retenção dos conhecimentos em sua estrutura cognitiva, aumentar sua estabilidade e clareza, fazendo assim que os subsunçores prévios se modifiquem e sirvam de âncora para que os novos conhecimentos possam se subordinar de maneira hierárquica e organizada.

2.8 USO DE SIMULADORES COMPUTACIONAIS PARA O ENSINO DE FÍSICA

É fato que nas últimas décadas o uso das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) tem ganhado amplo espaço no ambiente escolar. Os computadores e seus correspondentes (*tablets, smartphones, etc.*) são empregados das mais diversas formas, dentre as quais citamos as simulações, os materiais digitais, como livros e exercícios de fixação, simulados de exames vestibulares, ferramentas colaborativas, dentre outras.

Medeiros comenta que desde o início do século XX várias ondas tecnológicas trouxeram promessas e perspectivas mirabolantes para revolucionar a Educação. Em 1922, Thomas Edison se referiu ao cinema quando disse que as figuras em movimento estão destinadas a revolucionar o sistema educacional. Em 1945 Willian Levenson estava convencido que rádios portáteis seriam tão comuns em sala de aula quanto os quadros-negros. Tecnologias como a televisão, projetores de *filmstrips, slides, filmloops* e retroprojetores, gravadores de áudio, vídeo-cassete e calculadoras também causaram muitas expectativas, porém todas foram seguidas por um certo desencanto. Muito do insucesso foi atribuído à falta de preparo dos professores ou inadequações da escola.

O que se observa atualmente é que a Informática se aplica de forma muito diversificada no ensino de Física, pois com ela é possível fazer medidas, traçar gráficos, produzir apresentações, modelagens, animações e simulações (CARPIGNANO; MARINO, VIOLINO; 1996; KOCIJANCIC, 1996; MARTINS, PEREIRA; MARTINS, 1996; REUCH, 1996; ROGERS, 1996; ZOECHLING, 1996; dentre outros).

Os defensores do uso da informática alegam que a Informática possui grande utilidade no campo educacional do desenvolvimento do pensamento lógico da Física (VRANKAR, 1996). No entanto eles também alertam que equívocos na confecção dos softwares devido à falta de cuidado ou falta de conhecimento em Física podem ocorrer e isso pode conduzir o estudante a ter pensamentos também equivocados, ou seja, o estudante pode ser levado a desenvolver uma compreensão incorreta da natureza.

Além da questão da existência de possíveis equívocos na elaboração dos softwares, faz-se necessário também ressaltar que o simples emprego da Informática não é garantia de boa aprendizagem. É importante refletir sobre as possibilidades e limitações da Informática no ensino da Física.

2.9 POSSIBILIDADES DAS SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS PARA O ENSINO DE FÍSICA

A Física lida com conceitos muitas vezes altamente abstratos, onde a Matemática é ferramenta indispensável para seu desenvolvimento. Muitas vezes a Física lida com materiais que estão fora do alcance dos sentidos do ser humano, como partículas subatômicas, corpos com altas velocidades e processos muito complexos. Pires e Veit (2006) afirmam que as aulas experimentais tem-se tornado cada vez mais raras, pois são poucas as escolas que dispõem de recursos para manter um laboratório de ensino de Física. Também é fato que o aluno tem dificuldade em lidar com conceitos abstratos e contra intuitivos. Some-se a isso o uso de métodos de ensino ultrapassados e a falta de utilização de recursos pedagógicos mais poderosos, para termos um cenário em que a Física considerada como uma disciplina difícil e pouco atrativa.

Com base nestes problemas é que se apresenta uma alternativa considerada viável para minimizar tais problemas, que é o uso, por parte dos professores, da Informática, nas suas mais variadas formas, como computadores, *tablets* e *smartphones*. Enquanto os livros-texto apresentam imagens estáticas para representar movimentos e processos, a interpretação destas ilustrações nem sempre se dá de maneira adequada e eficiente. Pode-se dizer que as simulações computacionais vão além de simples animações. Através de uma vasta classe de tecnologias, a Informática permite interatividade entre o estudante e o computador (GADDIS, 2000). Esta interação consiste no fato de que o programa é capaz de fornecer uma vasta gama de animações através da seleção e informação dos parâmetros de entrada pelo estudante.

Podemos entender as simulações como representações ou modelos de sistemas ou fenômenos. Podem ser úteis quando a experiência real for muito difícil de ser reproduzida por estudantes, como é o caso de experimentos perigosos, caros, muito rápidos ou muito lentos.

2.10 VANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DE SIMULAÇÕES

Apesar do aumento do número de adeptos da utilização da Informática como ferramenta de ensino de Física, os objetivos e os fundamentos das simulações continuam levantando discussões e estudos. Gaddis (2000) fez um amplo levantamento das principais justificativas a favor do uso da Informática:

- a) fornecer um feedback para aperfeiçoar a compreensão dos conceitos;
- b) permitir aos estudantes coletarem uma grande quantidade de dados rapidamente;
- c) permitir aos estudantes gerarem e testarem hipóteses;
- d) engajar os estudantes em tarefas com alto nível de interatividade;
- e) envolver os estudantes em atividades que explicitem a natureza da pesquisa científica;
- f) apresentar uma versão simplificada da realidade pela destilação de conceitos abstratos em seus mais importantes elementos;
- g) tornar conceitos abstratos mais concretos; reduzir a ambiguidade e ajudar a identificar relacionamentos de causas e efeitos em sistemas complexos;
- h) servir como uma preparação inicial para ajudar na compreensão do papel de um laboratório;
- i) desenvolver habilidades de resolução de problemas;
- j) promover habilidades do raciocínio crítico;
- k) fomentar uma compreensão mais profunda dos fenômenos físicos;
- l) auxiliar os estudantes a aprenderem sobre o mundo natural, vendo e interagindo com os modelos científicos subjacentes que não poderiam ser inferidos através da observação direta;
- m) acentuar a formação dos conceitos e promover a mudança conceitual.

É necessário salientar que, embora a relação citada apresente um quadro otimista sobre as possibilidades oferecidas pelo uso das simulações no Ensino de Física, é necessário que se compreenda quais as limitações oferecidas pelo uso desta tecnologia.

2.11 LIMITAÇÕES DAS SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS NO ENSINO DE FÍSICA

Há um grande risco em se adotar as simulações computacionais sem uma análise crítica desta adoção no ensino da Física, pois elas apresentam desvantagens que são, as vezes, negligenciadas. A negligência destas desvantagens ou a adoção das simulações sem uma análise crítica pode trazer perigos, como o fato de que alguns conhecimentos e habilidades específicas estejam sendo perdidos (MIRO-JULIA, 2001).

Um sistema real é frequentemente muito complexo. As simulações destes fenômenos são baseadas em modelos que contém, necessariamente, simplificações e aproximações da realidade. Isto implica em uma diferença significativa entre um experimento real e uma simulação computacional. Quando esta diferença não é percebida ou não é trabalhada pelo professor, a simulação computacional pode, portanto, conduzir a uma falsa concepção do fenômeno estudado (VERBIC, 1996).

Muitas vezes as representações visuais, fornecidas pelas técnicas computacionais modernas, tornam-se espetáculos, e acabam por serem, em várias ocasiões, exageradas, o que pode levar o estudante a crer que as simulações são alternativas ao experimento real.

Moreira enfatiza que uma boa simulação tem vantagem sobre imagens estáticas, apresentadas em livros-texto. As animações facilitam a compreensão dos fenômenos físicos apresentados. No entanto, é um equívoco pressupor, com base neste raciocínio, que as simulações são comparáveis aos experimentos reais. Simulações com exageros nas imagens ou nas simplificações necessárias podem, também, levar a uma compreensão distorcida da realidade. Os limites da validade das simulações e animações devem estar claros para professores e estudantes.

O modelo apresentado pela simulação deve ser razoável com a natureza. O valor de qualquer simulação está diretamente relacionado ao modelo matemático utilizado, à teoria física abordada em sua construção, e como o software está baseado nestes pontos, há um contexto de validade que não pode ser ignorado. Confundir-se o virtual com o real, movido pelas belas imagens ou aparências, constitui-se em um perigo educacional e epistemológico (MOREIRA, 1997).

A motivação de qualquer simulação computacional é a imitação de aspectos específicos da realidade, e que, por se tratar de uma imitação, por mais atraente que uma simulação possa se apresentar, ela estará sujeita a um modelo matemático concebido com o propósito de descrever a natureza, mas que, devido às necessárias limitações e simplificações, este modelo pode apresentar-se razoável ou absurdo. Por isso não se deve utilizar a simulação para provar algo. O experimento real deve ser utilizado para este fim.

Vedelsby (1996) diz que os modelos, as simplificações e as idealizações, presentes nas simulações computacionais, constituem partes muito importantes na descrição do complexo mundo físico. Um bom modelo é simples e capaz de fazer boas previsões, e também descreve e explica os pontos principais do fenômeno a que se relaciona, além de ser uma importante ferramenta para a compreensão dos resultados de futuros experimentos.

Yeo et al (1998) registraram em vídeo que estudantes, ao serem deixados a sós com o computador, durante a utilização de uma simulação de lançamento de projéteis, apresentaram interações limitadas com o conteúdo do programa utilizado, avançando prematuramente para as próximas telas ou gráficos. Quando questionados sobre suas observações, foram constatados dois pontos: os estudantes não tiveram alteração de suas concepções alternativas anteriores sobre o movimento balístico, e só tentaram interpretar aspectos mais abstratos do programa quando receberam sugestões dos pesquisadores.

2.12 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL COMO FERRAMENTA DE APOIO

Conforme exposto nos parágrafos anteriores, nota-se uma ampla argumentação a favor das vantagens do uso da simulação computacional, e também se nota muitas limitações. Conforme relata Moreira, sem a intervenção de um professor, os estudantes participantes da pesquisa citada no parágrafo anterior não se engajavam cognitivamente em um nível profundo, nem sempre liam ou seguiam todas as instruções, e nem relacionavam os gráficos ao texto.

Mesmo com tantas críticas, deve-se admitir que existem boas simulações, produzidas com critérios e reflexão, e que os professores esperam muito a partir do potencial de suas utilizações. Moreira salienta que o ato de ensinar Física é muito complexo para que se adote apenas uma ferramenta pedagógica. Para que o ato educativo aconteça de forma adequada, deve-se focar as múltiplas possibilidades trazidas pela realidade concreta, pela interação humana e também pelas simulações. Computadores podem ser um excelente material de apoio, mas não devem substituir a experiência com o mundo real (BURG; CLELAND, 2001).

A utilização de um simulador de circuitos elétricos, neste trabalho, é apresentada, segundo discutido, como uma ferramenta de apoio para auxiliar na compreensão dos fenômenos abordados com a construção do *protoboard*. O simulador de circuitos elétricos sugerido neste trabalho apresenta ampla gama de componentes, e permite o modelamento e a alteração de parâmetros. As animações trazidas proporcionadas pelo simulador são intuitivas e auxiliam o aprendiz em sua tarefa de compreender o circuito elétrico real por ele montado. No entanto o

simulador sugerido apresenta limitações, cuja discussão destas não é pertinente à proposta deste trabalho.

3 ESCOLHA DO CONTEÚDO

O conteúdo escolhido para este trabalho é o ramo do Eletromagnetismo que se dedica ao estudo dos circuitos elétricos simples, ou seja, circuitos que contenham uma fonte de tensão, resistores ôhmicos e fios condutores ideais para as conexões. Este conteúdo, em geral, é abordado no primeiro semestre do terceiro ano do Ensino Médio.

O estudo dos circuitos elétricos simples, no terceiro ano do ensino médio, envolve o estudo de corrente contínua e resistores ôhmicos, bem como as associações em série e em paralelo dos mesmos e o cálculo da potência dissipada nas várias partes do circuito.

A abordagem tradicional deste assunto acontece, de forma geral, após uma carga teórica bastante ampla. Inicia-se o estudo da eletricidade e magnetismo a partir do entendimento das cargas elementares, onde são apresentados formalmente aos alunos o conceito de cargas elétricas. O próximo passo é entender de que maneira é possível alterar a carga elétrica de um corpo, e para isso são estudados os processos de eletrização. Entendidos estes conceitos, o próximo conteúdo é a força elétrica, estudada pela Lei de Coulomb, e depois o estudo do campo elétrico.

Toda esta abordagem acontece sob o ponto de vista da eletrostática. Em nenhum momento o movimento dos elétrons, ordenados ou não, é o principal foco.

Ao se estudar o potencial elétrico, o aluno é posto, pela primeira vez, em contato com o movimento de uma carga elétrica, que se dá, inicialmente, em uma região do espaço, livre de quaisquer influências. Neste contexto nota-se a relação direta existente entre uma diferença de potencial e o movimento de um elétron contra ou a favor de um campo elétrico que se estabelece. Desta forma o elétron fica sujeito a uma força elétrica e, ao movimentar-se, recebe ou realiza trabalho, alterando assim seu estado energético. Esta alteração está relacionada à diferença de potencial elétrico estabelecida, por exemplo, entre os terminais de uma bateria.

Antes de se abordar os circuitos propriamente dito, é necessário abordar o conceito de resistência elétrica e sua relação direta com as propriedades físicas dos materiais, como suas dimensões e material de construção. Apresenta-se então, de maneira formal, o resistor ôhmico, suas propriedades e modelos matemáticos, bem como as formas de associação, a saber: série, paralelo e misto. Abrange-se, sem dúvida, o modelo matemático de resistor equivalente para cada caso citado, e o aluno passa, finalmente, a ser considerado preparado para entender circuitos elétricos simples.

Os alunos, de forma geral, apresentam bastante dificuldade em compreender os conceitos de corrente elétrica, divisão ou junção de corrente elétrica em nós do circuito,

associação em série e em paralelo de resistores e os efeitos dessas associações na corrente elétrica, que está diretamente relacionada à potência dissipada nos componentes elétricos. Também se nota uma dificuldade muito grande de assimilação do conceito de diferença de potencial elétrico e sua origem a partir do estabelecimento de um campo elétrico e seu efeito direto sobre as cargas elétricas do circuito, que recebem uma força elétrica e passam a se movimentar de forma ordenada, criando então a corrente elétrica.

Outro fenômeno físico relevante em circuitos elétricos é o efeito Joule, que é a conversão de energia cinética das partículas em movimento em uma corrente elétrica em energia térmica devido às colisões que elas sofrem em seu percurso. Este efeito é o responsável pelas perdas de energia que ocorrem nos circuitos elétricos. Ainda que, para Ensino Médio, os condutores sejam considerados ideais, isto é, sem resistência elétrica, e, portanto, sem perda de energia por efeito Joule, os resistores são estudados como componentes que convertem integralmente energia elétrica em energia térmica, e esta é, portanto, sua principal aplicação. É este o efeito responsável pelo aquecimento da água de um chuveiro elétrico ou do funcionamento de uma torradeira elétrica. Desta discussão percebe-se a relevância de se compreender os efeitos da associação de resistores na corrente elétrica do circuito.

É comum que estes assuntos sejam trabalhados em sala de aula apenas de forma teórica, raramente saindo da matematização e resolução de listas de exercícios, onde o aluno é exposto quase que exclusivamente à álgebra e a exercícios repetitivos e artificiais. Na vida diária é raro encontrar situações em que os alunos sejam colocados em contato com tais componentes elétricos, que montem circuitos ou façam medidas utilizando, por exemplo, o multímetro digital.

Após toda a base teórica discutida apresenta-se ao aluno um exercício teórico sobre um circuito elétrico simples, contendo uma ou mais fontes de tensão e alguns resistores. Geralmente são pedidos cálculos de corrente elétrica entre os terminais de determinado resistor, ou a corrente elétrica total, ou a queda de tensão entre dois pontos do circuito, entre outras. Ao aluno cabe então aplicar algumas técnicas de solução de exercícios baseadas em teoria previamente discutida, como a associação de geradores e receptores elétricos e a associação em série e em paralelo de resistores.

Após a aplicação dos conceitos e técnicas de solução, o aluno obtém valores para as perguntas que foram feitas, como o valor da resistência equivalente, a queda de tensão ou a potência dissipada por elementos do circuito. No entanto, para a maioria dos estudantes, estes cálculos são simplesmente mecânicos, pois tiveram pouco ou nenhum contato com elementos de circuitos elétricos. A grande maioria dos estudantes tem pouco ou nenhum contato prévio

com os elementos de circuitos simples; muitos nunca viram um multímetro, e conceitos fundamentais, como a associação de resistores ou a divisão ou junção de corrente elétrica através de nós, não são completamente compreendidos.

4 OBJETIVOS GERAIS

Como objetivo principal buscou-se, através deste projeto, elaborar um aparato onde fosse fácil para o aluno perceber, tanto visualmente quanto quantitativamente, os efeitos da associação de resistores, que acontece quando o aluno toma medidas de tensão elétrica nos terminais dos resistores e confronta as medidas tomadas com a teoria previamente trabalhada em sala de aula.

Além do objetivo principal citado acima, também é possível trabalhar outros conceitos, como o Efeito Joule, efeitos do campo elétrico e a dependência linear da diferença de potencial com a distância onde são feitas as medidas, o efeito do curto-circuito sobre a corrente elétrica e a queda de potencial nos resistores e seu efeito direto no brilho das lâmpadas, o tempo de cozimento das salsichas de acordo com o tipo de lâmpada utilizada, entre outros efeitos.

4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Construir um circuito elétrico simples contendo uma fonte de tensão, elementos resistivos (salsichas e lâmpadas), fios condutores e conectores. A presença de um disjuntor é opcional;
- b) Observar o Efeito Joule no cozimento das salsichas;
- c) Observar os efeitos da associação em série e em paralelo de resistores em um circuito elétrico através da diferença do brilho das lâmpadas;
- d) Utilizar um luxímetro para medir a diferença da intensidade do brilho de cada lâmpada no decorrer do tempo e também a diferença de intensidade do brilho de cada lâmpada de cada associação;
- e) Utilizando um multímetro digital, medir a queda de potencial e a corrente elétrica ao longo da salsicha;
- f) Verificar experimentalmente a primeira lei de Ohm;
- g) Fazer medidas de tensão e corrente em vários pontos do circuito utilizando um multímetro digital;
- h) Observar uma ligação de curto-circuito

5 APLICAÇÃO DO PROJETO

A montagem e aplicação do *protoboard* aconteceu como descrito no Produto Educacional, detalhado no Apêndice A. Lá é possível encontrar o *Roteiro da Experiência – Alunos*, que pode ser entregue para os alunos, e também o *Material do Professor – Aplicação do Protoboard*, com orientações específicas para o professor, tanto para o preparo do produto quanto para sua aplicação.

O *Roteiro da Experiência – Alunos* contém os objetivos, a lista de materiais sugeridos, a lista de materiais complementares, as instruções de montagem da estrutura em MDF, fiação, construção do plugue e fios de conexão, bem como o passo a passo do que pode ser medido e observado.

O *Material do Professor – Aplicação do Protoboard* apresenta uma descrição da proposta de trabalho, sugestões para a divisão dos grupos de alunos, sugestões de abordagem durante a aplicação em sala de aula, além de sugestões de perguntas que estão fora do roteiro do aluno.

5.1 ESCOLAS

A aplicação do projeto aconteceu em dois colégios, ambos da rede particular de ensino: O Centro Universitário Adventista de São Paulo, UNASP-HT, situado na cidade de Hortolândia, e o Instituto Salesiano Dom Bosco, situado na cidade de Americana, ambas no estado de São Paulo.

O colégio UNASP-HT tem 4 turmas de terceiro ano, com média de 38 alunos por turma, e o colégio Dom Bosco tem 2 turmas, com média de 30 alunos por turma. A aplicação do projeto abrangeu, ao todo, 215 alunos.

Ambos os colégios dispõem de boa estrutura física, com laboratórios dedicados às disciplinas de física, química e biologia. O corpo docente é estimulado e apoiado com relação ao uso dos laboratórios, e a compra de equipamentos necessários geralmente acontece rapidamente mediante pedido dos professores interessados.

Em ambos os colégios a aplicação do projeto aconteceu no laboratório de física. Os alunos foram divididos em grupos variando entre 4 e 6 participantes. Ambos os colégios ofereceram suporte no quesito cessão de espaço adequado e fornecimento de multímetros digitais simples, na quantidade de um multímetro por grupo, totalizando o emprego de até 8 multímetros simultaneamente.

O projeto foi aplicado em junho de 2018 nos dois colégios, segundo a metodologia descrita anteriormente.

5.2 A UTILIZAÇÃO DO SIMULADOR DE CIRCUITOS ELÉTRICOS

A utilização de simuladores tem tido um papel cada vez mais relevante como ferramenta complementar e de aprofundamento na questão ensino/aprendizagem, pois, conforme discutido anteriormente, os simuladores permitem facilmente que sejam feitos ajustes nos parâmetros relevantes e suas consequências são rapidamente observadas, sem que haja custos envolvidos ou dificuldades técnicas operacionais, especialmente no tocante à obtenção e/ou tratamento de dados.

Para este projeto foram sugeridos dois simuladores, sendo um deles gratuito, disponível na Internet, para uso em PCs, e outro pago, para uso em dispositivos móveis. O simulador gratuito pode ser acessado em www.falstad.com/circuit (acesso em junho/2018). O aplicativo pago se chama iCircuit e está disponível para várias plataformas, tanto PC quanto móveis.

Ambos são muito simples de serem utilizados, possuem um grande número de componentes elétricos e eletrônicos e fornecem de forma fácil e rápida diversos dados do componente, como a corrente elétrica, a tensão e a potência dissipada.

A utilização do simulador durante a aplicação do produto educacional foi relevante no sentido de auxiliar o aluno com mais dificuldades a visualizar os fenômenos físicos presentes no *protoboard*. Embora o *protoboard* seja ligado à rede de tensão alternada, montamos o circuito no simulador utilizando corrente contínua. Essa escolha foi proposital devido à animação referente à corrente elétrica provida pelo simulador. Quando o circuito está devidamente modelado e conectado a corrente elétrica é representada como pontos amarelos em movimento. O simulador associa uma maior velocidade dos pontos a uma corrente elétrica mais elevada, e uma menor velocidade quando a corrente elétrica mais baixa.

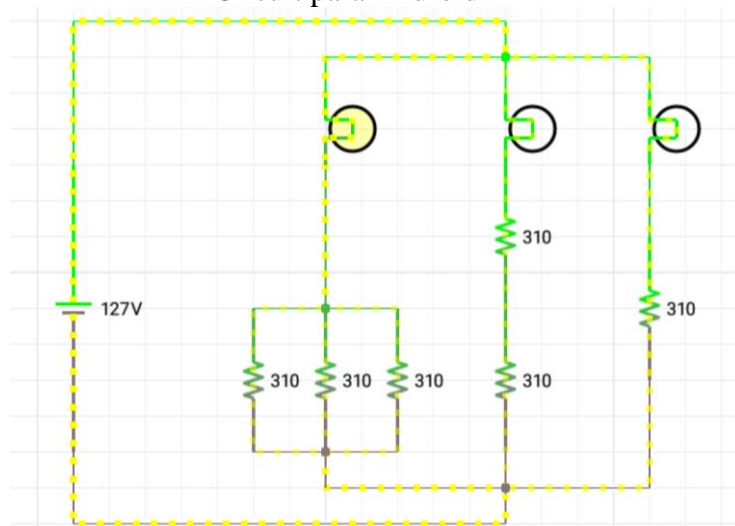
Ao se utilizar uma fonte de tensão alternada, no simulador, o movimento de vai-e-vem dos pontos colabora muito pouco para a compreensão, por exemplo, da divisão ou junção de corrente elétrica em um nó. Já quando se utiliza uma fonte de corrente contínua, a divisão ou junção da corrente elétrica em um nó é nítida, e o aluno adquire total compreensão tanto do conceito de conservação de corrente elétrica quanto de suas consequências, observadas diretamente no brilho das lâmpadas do *protoboard* e também nas medidas de tensão elétrica tomadas nos resistores orgânicos (salsichas).

Para esta simulação, cujo objetivo era apenas visual, modelou-se com lâmpadas de potência nominal 100 W, tensão nominal 120 V e resistores ôhmicos iguais e 310 Ω . As salsichas não são resistores ôhmicos, pois suas propriedades variam conforme ocorre o cozimento das mesmas. No entanto o que se espera com o emprego do simulador é tão somente um complemento pedagógico, onde a animação que representa a corrente elétrica e a representação do brilho das lâmpadas sejam os pontos de interesse. Ainda, na ocasião da aplicação deste projeto, não foi possível obter a resistência das salsichas devido aos dispositivos disponíveis.

A Figura 1 apresenta a tela do aplicativo iCircuit para Android com o modelo do *protoboard*. Os pontos amarelos, na simulação ilustrada pela Figura 1, se locomovem no sentido horário e mostram o efeito das associações no brilho das lâmpadas. A lâmpada 1 (ramo da esquerda, em paralelo) apresenta, na simulação, um brilho mais intenso do que a lâmpada 2 (ramo central, em série), em comparação com a lâmpada 1 (ramo da direita, controle).

A simulação também oferece os valores de potência e temperatura. Para a lâmpada 1 temos, respectivamente, a potência e temperatura de 38,94 W e 1303 K, enquanto que para a lâmpada 2 temos 0,47 W e 312 K. Para a lâmpada 3 temos, respectivamente, a potência e a temperatura de 5,72 W e 447 K.

Figura 1 - *Protoboard* modelado no aplicativo iCircuit para Android



Fonte: Do autor

Estes valores servem, para nossos propósitos, apenas como uma base para discussão e compreensão de fenômenos e não devem ser vistos como constatações das medidas experimentais, pois os multímetros utilizados não tem capacidade para medir corrente

alternada, e também não foram capazes de medir a resistência das salsichas. Ademais, a medida da temperatura das lâmpadas necessita de termômetros específicos para tais temperaturas, e os colégios não dispõem destes equipamentos.

No final da aplicação do projeto os alunos responderam um questionário anônimo, uma pesquisa de opinião, sobre fatos relacionados ao projeto. Foram 5 perguntas de múltipla escolha (obrigatórias) e uma de resposta aberta (opcional), e através das respostas foi possível ter um panorama do que os alunos sentiram com relação ao projeto, desde sua construção até a importância do projeto para auxiliar os alunos na definitiva compreensão dos fenômenos físicos abordados.

As Figuras 2 e 3 são fotos do *protoboard* e foram tiradas no momento da aplicação do produto, que foi construído e apresentado pelos dos grupos. Como o projeto sugerido foi o mesmo para todos, as variantes foram muito pequenas, ficando restritas a materiais alternativos ou dimensões. Por este motivo não são apresentadas fotos de todos os arranjos experimentais que participaram. Ainda, há fotos dos dois colégios onde o *protoboard* foi aplicado. As Figuras 4 e 5 mostram a utilização do multímetro digital para fazer medidas de tensão elétrica na salsicha, e a Figura 6 mostra a utilização de dispositivos móveis para fazer medidas da intensidade da luz utilizando-se um aplicativo luxímetro.

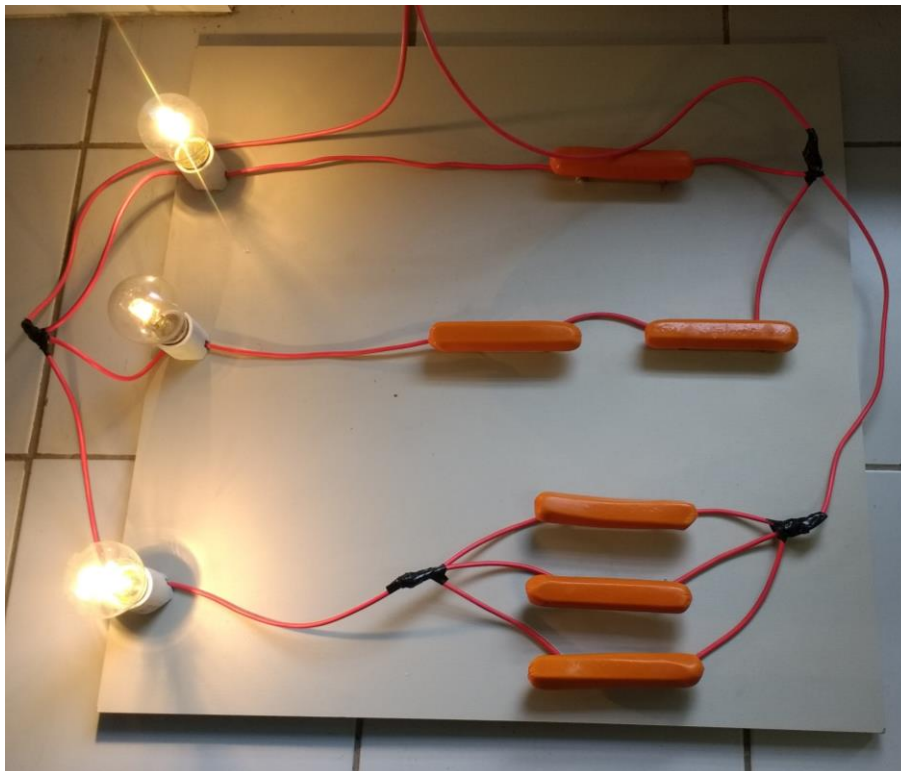
Figura 2 - *Protoboard* com resistores orgânicos



Fonte: Do autor.

Nota: fotografia tirada pelo autor no momento da aplicação do produto

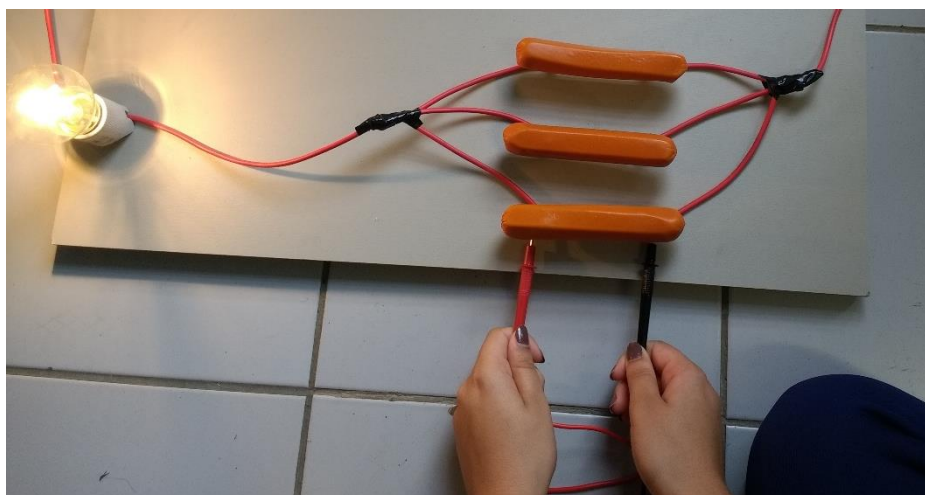
Figura 3 - *Protoboard* com resistores orgânicos



Fonte: Do autor.

Nota: fotografia tirada pelo autor no momento da aplicação do produto

Figura 4 - Medidas de diferença de potencial elétrico



Fonte: Do autor

Nota: fotografia tirada pelo autor no momento da aplicação do produto

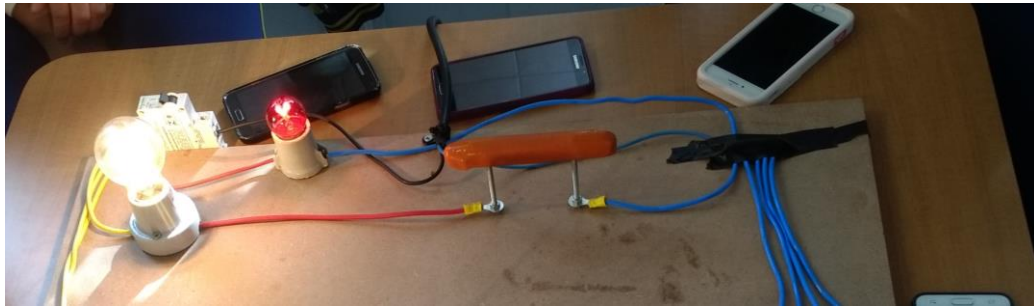
Figura 5 - Medidas de diferença de potencial elétrico



Fonte: Do autor.

Nota: fotografia tirada pelo autor no momento da aplicação do produto

Figura 6 - Utilizando um aplicativo luxímetro para dispositivos móveis



Fonte: Do autor.

Nota: fotografia tirada pelo autor no momento da aplicação do produto

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Embora os conceitos referentes ao conteúdo de circuitos elétricos no Ensino Médio apresentem uma abordagem matemática relativamente simples, grande parte dos alunos considera este um assunto complicado e difícil de ser compreendido, e boa parte desta dificuldade vem do fato de haver pouca ou nenhuma manipulação de componentes elétricos no cotidiano do aluno. Percebe-se este fato durante o período que antecede a aplicação do projeto, quando o aluno está pesquisando e montando. Há dúvidas de todos os tipos: onde se compra fios e bocais de lâmpadas; o que é bitola do fio; o que é conector; como se desencapa a ponta do fio; como se conecta o fio no bocal da lâmpada; entre outras dúvidas.

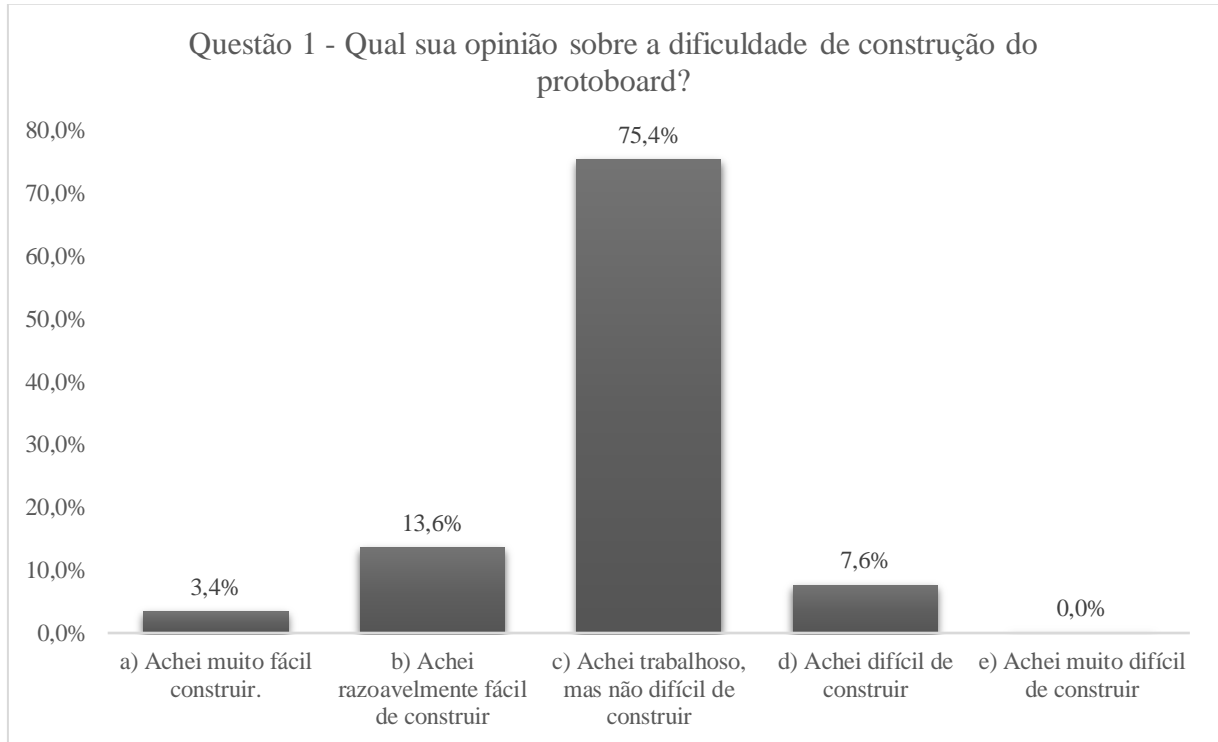
Quando o aluno liga o circuito também surgem dúvidas de vários tipos, e muitas destas dúvidas têm como resposta a aplicação da teoria trabalhada previamente em sala de aula. Como exemplo citamos uma das dúvidas mais comuns: “porque a lâmpada 2 brilha tão pouco e a lâmpada 1 brilha tão forte, quando comparadas à lâmpada 3?” Neste momento observamos que a teoria, para a maioria dos alunos, não fez sentido, mas quando perguntas como esta, que advém da observação de um aparato experimental, são confrontadas com aquilo que foi estudado em sala de aula e a experiência é então discutida entre os integrantes do grupo e entre o grupo e o professor, notamos que há uma mudança drástica no nível de entendimento dos fenômenos observados. Notamos, portanto, que a teoria e a prática possuem, individualmente, papel relevante no processo de ensino e aprendizagem, mas não são capazes de, aplicadas isoladamente, trazer o máximo de compreensão sobre o conteúdo discutido neste projeto. Faz-se necessário discutir previamente a teoria e os modelos matemáticos envolvidos e também trazer a experiência para que o aluno complete o ciclo de aprendizagem e fixação do conteúdo trabalhado.

Ao término da aplicação do projeto foi aplicado aos alunos uma pesquisa de opinião, composta de um questionário contendo 5 questões obrigatórias de múltipla escolha e uma questão optativa dissertativa com o intuito de se verificar a relevância da aplicação do projeto na aprendizagem do conteúdo abordado, de circuitos elétricos. A pesquisa de opinião foi anônima e opcional. Participaram da pesquisa 118 alunos, dos quais 31 responderam também a questão dissertativa. O apêndice B contém o questionário que foi aplicado.

As Figuras 7 a 11 apresentam as perguntas e a frequência das respectivas respostas referentes à pesquisa de opinião. As alternativas foram elencadas de forma que a alternativa *a*) seja a mais favorável e a alternativa *e*) seja a mais desfavorável.

Para cada uma das perguntas da Pesquisa de Opinião há uma discussão sobre a(s) alternativa(s) mais escolhida.

Figura 7 - Respostas da questão 1 da pesquisa de opinião



Fonte: Do autor.

A questão número 1 inquiria sobre a dificuldade encontrada pelos grupos para a interpretação das instruções de montagem, aquisição e reunião dos materiais, preparação dos materiais para a montagem, incluindo dimensionamentos, cortes da madeira, furação, fixação dos pregos e dos bocais, desencape e conexão dos fios condutores e manuseio das ferramentas necessárias para que a montagem ocorresse.

Nota-se que 75,4% dos estudantes classificaram o projeto como trabalhoso, mas não difícil de se construir. Durante o período que antecedeu a aplicação do projeto muitas dúvidas elementares surgiram, dentre as quais destacamos:

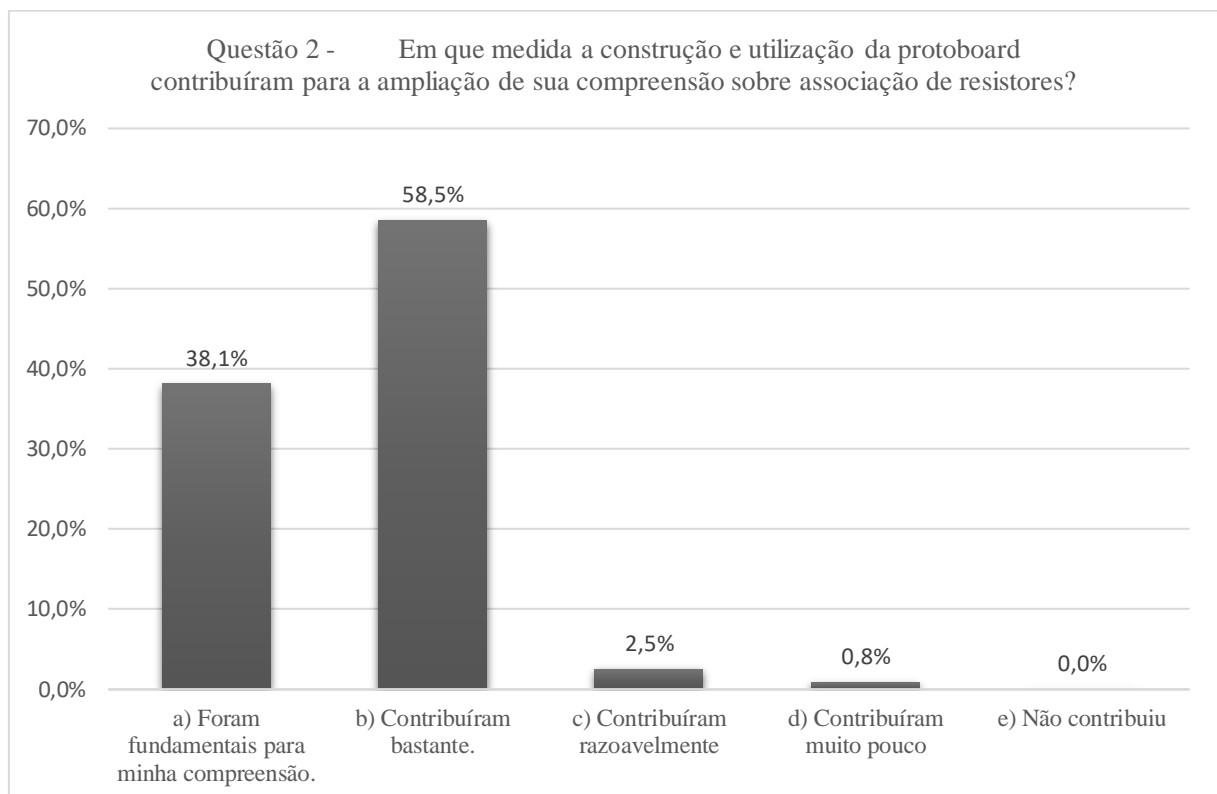
- Onde encontro bocais de lâmpadas para a venda? Qualquer modelo serve? O bocal precisa ser de porcelana, ou pode ser de plástico?
- Onde encontro fio para a venda? O que é bitola de fio? Qualquer fio serve? Pode ser mais grosso ou mais fino do que o sugerido no roteiro de montagem? Como desencapo?
- Posso usar parafusos, ou só funciona com pregos?
- O que é conector Sindal? Onde compro? Não funciona se não tiver conector Sindal?
- Como passo os pregos pela chapa de madeira MDF?

- f) Como conecto o circuito à tomada? Onde encontro plugue para a venda?
 g) Não entendi o que significa este “X” no desenho do circuito.

Nota-se, portanto, que a maior dificuldade encontrada e relatada pelos alunos está relacionada à falta de familiaridade com os materiais utilizados, embora os materiais sugeridos sejam tipicamente do cotidiano e sejam encontrados em locais comuns, como lojas de materiais de construção, supermercados, entre outros.

Também é notória a falta de familiaridade com o uso das ferramentas básicas necessárias, como serrote, furadeira, chaves de fenda e Philips e alicates para corte e desencape de fios. Estas dificuldades, no entanto, serviram de motivação para um novo aprendizado, e em muitos casos os alunos obtiveram ajuda de terceiros.

Figura 8 - Respostas da questão 2 da pesquisa de opinião



Fonte: Do autor.

A questão 2 inquiriu sobre o conceito de resistores e sua relevância no circuito elétrico. Arelado ao conceito de resistor está o conceito de associação de resistores, que pode ser em série e em paralelo. O *protoboard* apresenta 3 ramos. O ramo 1 apresenta uma associação em paralelo de resistores, o ramo 2 apresenta uma associação em série de resistores e o ramo 3

apresenta somente um resistor, utilizado para comparar os efeitos da associação em paralelo ou em série.

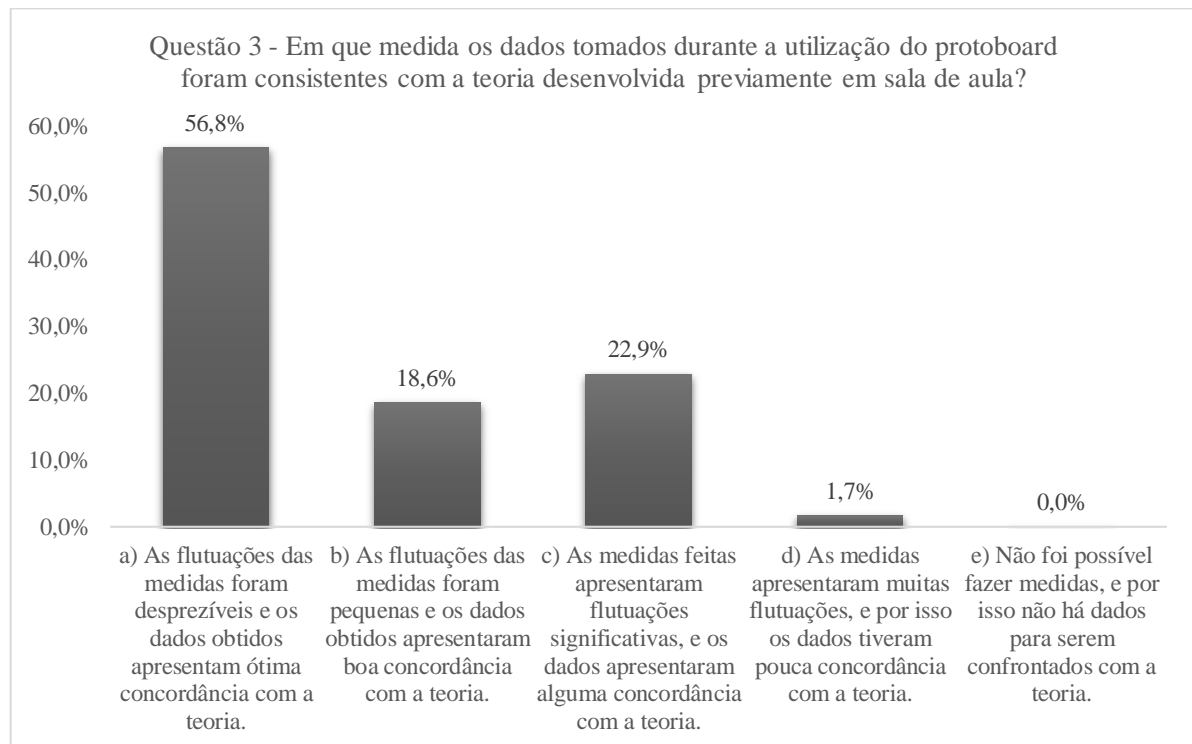
Para 96,6% dos alunos o *protoboard* foi fundamental ou contribuiu bastante para a compreensão do conceito de associação de resistores em série e em paralelo, seus efeitos sobre a corrente elétrica e demais fenômenos a ela associados, como o efeito Joule ou a potência dissipada nas lâmpadas.

A contribuição do *protoboard* para a compreensão do aluno sobre estas duas associações está no fato de que as lâmpadas dos três ramos apresentam brilhos diferentes para cada uma das associações, evidenciando de forma visual o efeito de aumento da resistência, quando a associação é em série. O ramo 2 apresenta brilho menos intenso do que o ramo 3, ao passo que no ramo 1 o brilho é mais intenso, pois ali há redução da resistência por causa da associação em paralelo.

Outra maneira onde se evidencia tais efeitos está relacionada ao tempo de cozimento da salsicha, causado diretamente pelo Efeito Joule. O ramo 3 apresentou o menor tempo de cozimento, ao passo que o ramo 1 apresentou o maior tempo. Isto evidencia a divisão da corrente elétrica nos nós da associação em paralelo do ramo 1.

Destacamos ainda uma terceira observação referente à associação. Para muitos alunos o conceito de associação em série só ficou evidente após uma das salsichas do ramo 2 ser removida. Feito isso a lâmpada se apagou. O mesmo procedimento foi feito no ramo 1, mas a lâmpada não se apagou; antes, teve seu brilho reduzido. Desta forma o estudante compreendeu que na associação em série, quanto maior o número de resistores, maior a resistência equivalente, ao passo que na associação em paralelo o efeito é oposto: quanto maior o número de resistores, menor a resistência equivalente.

Figura 9 - Respostas da questão 3 da pesquisa de opinião



Fonte: Do autor.

A questão 3 inquiriu a respeito da concordância das medidas de tensão elétrica tomadas em diversos pontos do circuito e a teoria trabalhada previamente, de forma conceitual. As medidas aqui referidas são, por exemplo, a tensão entre os terminais de uma salsicha do ramo 2, entre os terminais da outra salsicha do ramo 2, e a soma das duas medidas. Após esta soma foi feita a medida de tensão entre o primeiro terminal da primeira salsicha e o segundo terminal a segunda salsicha, ambas do ramo 2.

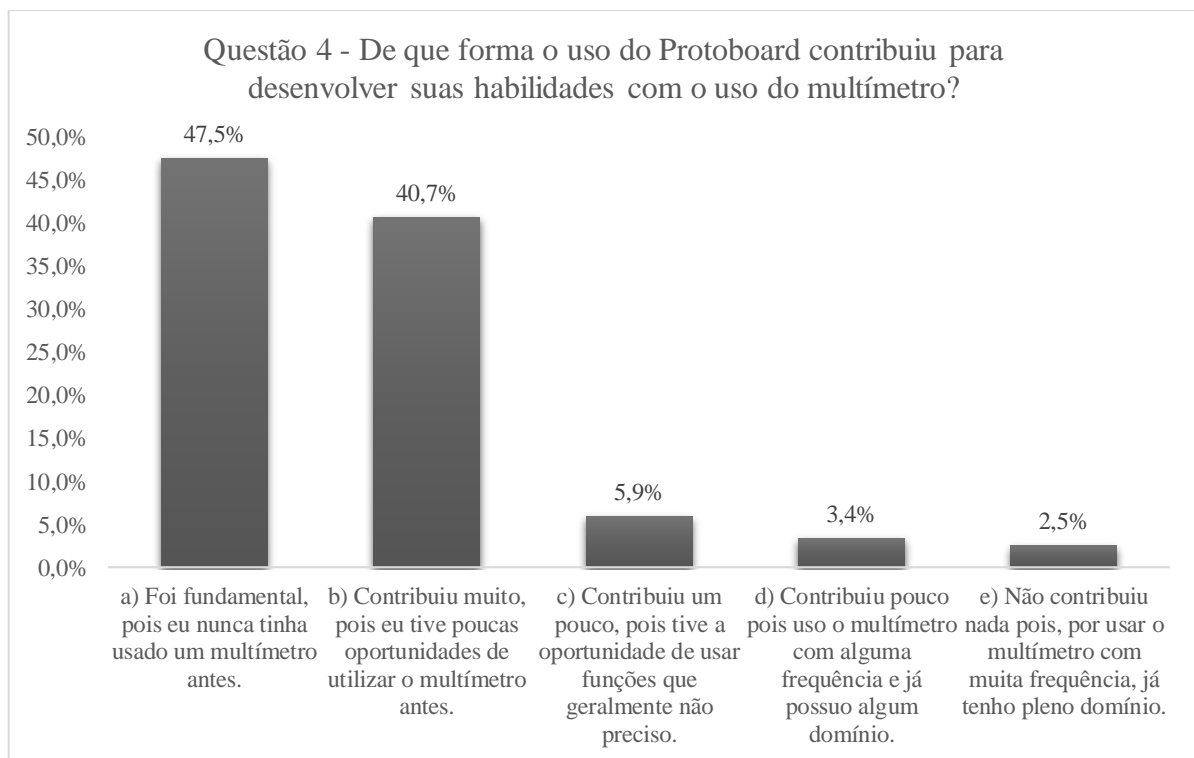
Nota-se que 41,5% dos alunos experimentaram problemas com a leitura dos dados. É certo que as medidas experimentais estão sujeitas a flutuações, onde espera-se que sejam mínimas. No entanto, para 22,9% dos alunos essas flutuações nas medidas foram entendidas como instabilidades do aparelho de medida, no caso, o multímetro empregado. Nestas medidas houve, para alguns grupos, diferenças importantes das medidas previstas em teoria. Isto se deve a diversos fatores. Entre eles podemos citar a não-linearidade da resistência da salsicha, pois esta não é um resistor ôhmico, e sua resistência varia conforme ocorre o cozimento da mesma; alguns multímetros estavam com algum problema de leitura, e apresentavam uma flutuação atípica, dificultando ou prejudicando algumas tomadas de dados. Este problema foi resolvido, na maioria dos casos, trocando-se o aparelho.

Mesmo com uma quantidade significativa de alunos relatando inconsistência com a teoria, nota-se que a maioria dos alunos (56,8%) obteve medidas compatíveis com o predito

pela teoria, como por exemplo a constatação experimental de que a tensão entre os terminais de cada uma das salsichas do ramo 1 (paralelo) é igual, ou a soma das tensões entre os terminais das salsichas do ramo 2 é igual ou muito próxima da leitura obtida utilizando-se o multímetro.

Com base no gráfico acima é possível dizer que, mesmo com algumas dificuldades de medida, o *protoboard* cumpriu uma de suas funções, que é de possibilitar medidas de grandezas elétricas para constatação do modelo teórico.

Figura 10 - Respostas da questão 4 da pesquisa de opinião.



Fonte: Do autor.

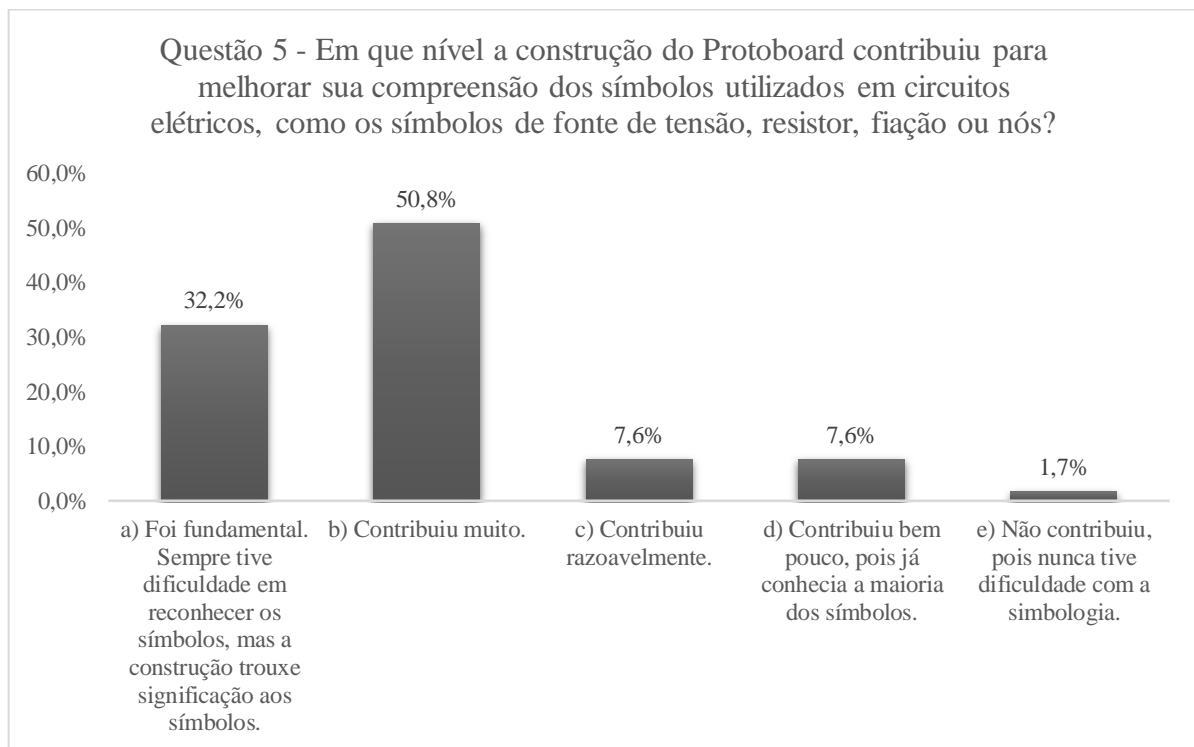
O multímetro é o instrumento de medidas elétricas mais importante para o aluno do Ensino Médio, pois segundo a proposta dos PCN o ensino de circuitos elétricos simples se limita aos conceitos de tensão, corrente elétrica e resistência. No entanto a questão 4 mostra que quase a metade dos alunos (47,5%) nunca tinha utilizado o instrumento antes. A aplicação do projeto proporcionou, portanto, a primeira oportunidade de manuseio deste importante instrumento de medidas elétricas para vários alunos.

Há também uma quantidade importante de alunos (40,7%) que, embora não fosse a primeira vez que utilizasse o multímetro, o tenha feito em poucas ocasiões, e durante a aplicação do projeto tiveram a oportunidade de reforçarem e consolidarem seu conhecimento sobre o uso

do aparelho, pois puderam fazer várias medidas em vários pontos, utilizando, por exemplo, escalas diferentes ou funções diferentes, como a função voltímetro ou a função ohmímetro.

Durante conversa com os alunos antes da aplicação e durante os momentos da aplicação do *protoboard*, vários alunos comentaram que já tinham visto, mas não sabiam onde conectar as pontas de prova, ou como escolher entre os dois símbolos de voltagem (alternada e contínua), e que após o treino e utilização agora, além de se compreender a importância do correto emprego do aparelho, também se sentem mais confiantes no seu uso para as situações de seu cotidiano. Uma vez mais a aplicação do *protoboard* cumpriu uma de suas funções.

Figura 11 - Respostas da questão 5 da pesquisa de opinião



Fonte: Do autor.

A questão 5 inquiriu sobre a simbologia utilizada para os componentes dos circuitos elétricos simples, como o símbolo da fonte de tensão (contínua ou alternada), do resistor, da lâmpada, e também os símbolos para os medidores de grandezas elétricas: o voltímetro e o amperímetro.

Nota-se aqui a importância do trabalho prévio em sala de aula da teoria, onde os conceitos, os modelos matemáticos e os símbolos são trabalhados. Temos que 32,2% dos alunos considerou o *protoboard* como fundamental para compreender os símbolos. Uma quantidade expressiva de alunos (50,8%) respondeu dizendo que o *protoboard* auxiliou muito na melhora

da compreensão dos símbolos. Isso mostra que os símbolos não lhes eram desconhecidos, mas que, por causa da montagem e utilização do *proto-board* e das medidas feitas, estes símbolos passaram a ter significado mais relevante na sua estrutura cognitiva.

A baixa ocorrência das alternativas *d)* e *e)* mostra que a maioria dos estudantes não tem familiaridade com o assunto em questão. Os poucos que responderam estas alternativas são alunos que trabalham junto com o pai ou que fazem curso técnico no contra período, onde estes assuntos são trabalhados de maneira intensa tanto em teoria como em aulas práticas.

É importante salientar que o propósito deste trabalho, como descrito anteriormente, é proporcionar ao aluno um aparato experimental que, associado à teoria trabalhada anteriormente, resulte em melhores condições de aprendizagem e retenção do conhecimento. No entanto, alguns ainda apresentam uma dificuldade de compreensão dos fenômenos, e para estes, utilizou-se o simulador de circuitos elétricos como complemento, pois, devido à animação proporcionada pelo software, alunos com dificuldades de abstração puderam ser contemplados e seu aprendizado pôde ser elevado aos patamares do aprendizado de seus pares.

A Tabela 1 contém categorias das respostas relevantes da pergunta dissertativa. As categorias apresentadas abaixo expressam a ideia dos autores das respostas. Algumas respostas foram enquadradas em mais do que uma categoria. A tabela com a íntegra das 31 respostas, sem supressão e sem correções, encontra-se no Apêndice C.

Tabela 1 - Categorias das respostas dissertativas

Categorias	Número de Respostas
Categoria 1: Entusiasmo com atividades práticas	18
Categoria 2: união entre teoria e prática como técnica para melhorar o aprendizado	9
Categoria 3: aquisição de confiança, perda do medo da matéria, sentimento de inclusão	9
Categoria 4: satisfação pessoal em participar da(s) aula(s) onde se tem teoria aliada à prática	9
Categoria 4: opiniões sem relevância para o projeto	2

Fonte: Do autor.

É possível observar, pelas respostas dadas, que os alunos com dificuldades matemáticas se sentiram acolhidos pelo método e que desta forma também puderam aprender e desenvolver os assuntos trabalhados anteriormente de forma teórica. Observa-se também o interesse e satisfação dos alunos em aulas e atividades práticas, onde o conhecimento e o uso de

ferramentas adicionais, como celular, internet, multímetro, entre outros, é fundamental para a construção do conhecimento.

6.1 DOIS CASOS INTERESSANTES

Dois casos interessantes, ocorridos durante a aplicação do projeto nos colégios, merecem destaque. Um deles é referente à Segunda Lei de Ohm, que relaciona o material, o comprimento do resistor e sua área à resistência oferecida pelo componente, e o outro assunto relaciona a temperatura de cozimento com a corrente elétrica que atravessa o resistor, no caso, a salsicha. Estes casos são interessantes por não estarem inicialmente previstos nos Objetivos e nem na Sugestão de um Roteiro para Aplicação do Projeto, descritos anteriormente. Desta forma estas são dois casos inusitados, e dificilmente seriam sugeridos por algum aluno, devido ao caráter da aplicação do projeto e às condições em que esta aplicação ocorreu. Os dois casos chamaram muito a atenção dos grupos que participaram diretamente e dos grupos que estavam perto e notaram a experiência. Vamos aos casos:

6.1.1. Caso 1 – Segunda Lei de Ohm

A segunda lei de Ohm diz que a resistência elétrica de um resistor é inversamente proporcional à área do resistor (Halliday). Espera-se, portanto, que uma variação no diâmetro das salsichas utilizadas como resistores afetem a maneira como a corrente elétrica as atravessa.

Com base neste conceito, foi pedido a um dos grupos que cortasse a salsicha em seu diâmetro, em seu eixo, de forma a manter o comprimento, mas reduzir a área da mesma. Quando o grupo assim o fez e substituiu a salsicha do ramo 3, inteira, por esta, com metade da área, o brilho da lâmpada imediatamente teve sua intensidade reduzida. Esta experiência, simples de se fazer com uma salsicha, seria bem mais difícil, senão impossível de ser conduzida, utilizando-se para isto um resistor comercial.

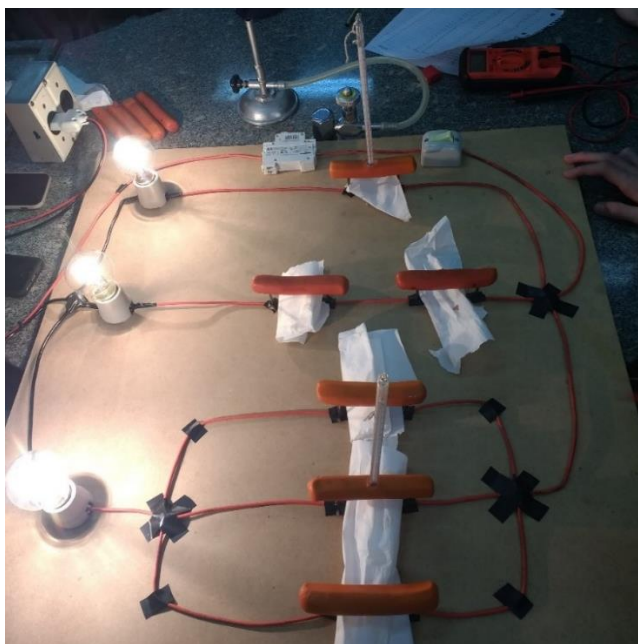
6.1.2. Caso 2 – Curva de Aquecimento em Função do Tempo

É notória a diferença no tempo de cozimento entre as salsichas do ramo 1, em paralelo, e a salsicha do ramo 3, controle. Percebe-se uma boa diferença de temperaturas ao se tocar nas salsichas, e o aspecto visual também revela bastante sobre o estado de cozimento das mesmas. Como curiosidade, foi pedido a um dos grupos que preparasse uma experiência onde seriam

tomados dados de temperatura das salsichas em função do tempo. Para isso o grupo posicionou um termômetro no centro de uma das salsichas do ramo 1 e outro termômetro no centro da salsicha do ramo 3. Todas as salsichas usadas eram novas.

Com o circuito ligado, foram feitas leituras da temperatura de cada salsicha a cada 20 segundos, durante 10 minutos. As figuras 12 e 13 mostram o arranjo preparado para estas medidas.

Figura 12 - Medidas de temperatura nas salsichas 1 e 3



Fonte: Do autor.

Nota: fotografia tirada pelo autor no momento da aplicação do produto

Figura 13 - Detalhe da inserção do termômetro na salsicha

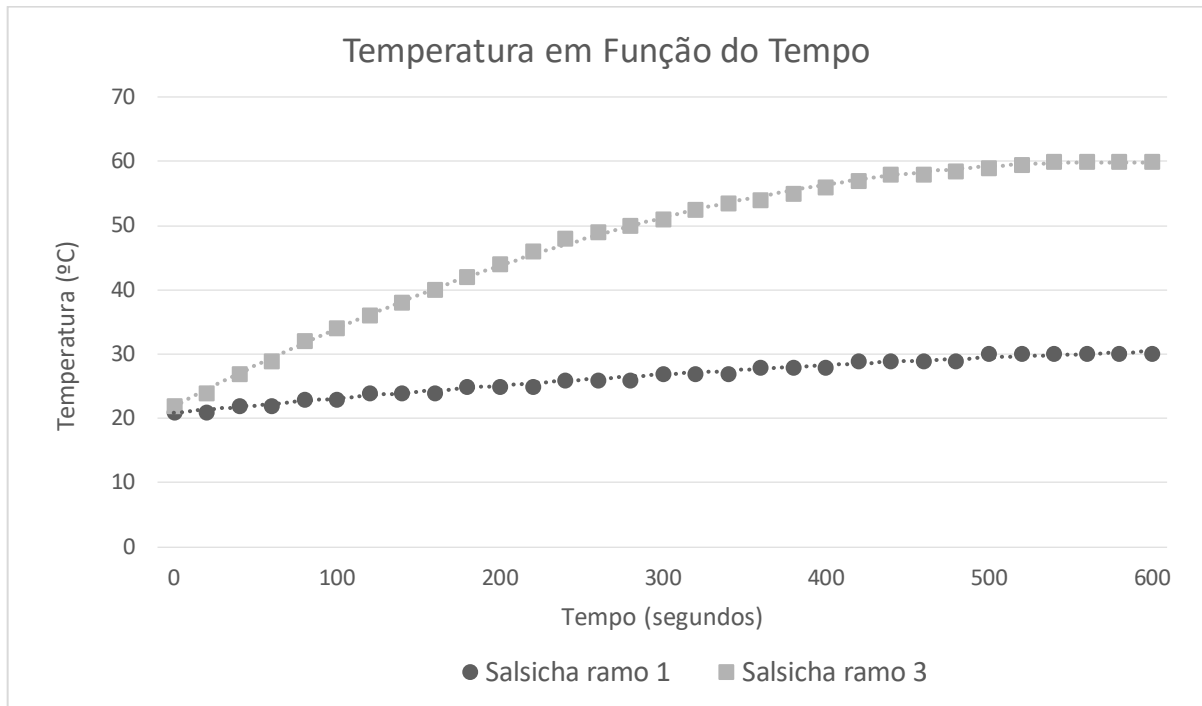


Fonte: Do autor.

Nota: fotografia tirada pelo autor no momento da aplicação do produto

O Apêndice D contém a tabela de dados de temperatura obtidos durante a aplicação do projeto. A Figura 14 apresenta o gráfico de temperatura em função do tempo para as salsichas dos ramos 1 e 3.

Figura 14 - Temperatura em função do tempo



Fonte: Do autor.

A salsicha do ramo 1 (ramo em paralelo) atinge uma temperatura de cozimento final de cerca de 30 °C, enquanto a salsicha do ramo 3 (ramo controle) atinge uma temperatura de cozimento final de 60 °C. Estas medidas estão em concordância com o que é observado pelo aspecto visual do cozimento e também pelo aspecto sensitivo do tato, ao tocar a salsicha. O efeito Joule é o responsável por estes fenômenos observados e medidos.

7 CONCLUSÃO

O ensino de Física, em muitos casos, acontece apenas de maneira teórica, vazio de significação. Os conceitos são discutidos de forma superficial, de maneira matematizada, onde a rotina quase sempre é a resolução de problemas artificiais, onde um dos únicos objetivos é utilizar as fórmulas e equações para a solução. São raras as oportunidades que o aluno tem de colocar em prática aquilo que aprendeu.

O presente projeto, a construção de um *protoboard* para se utilizar com resistores orgânicos, conforme discutido anteriormente, mostrou-se bastante eficaz no que diz respeito àquilo que se propôs.

O aparato experimental é de construção relativamente simples e barata. Através do uso de salsichas, na função de resistores, e lâmpadas, foi possível verificar os efeitos da associação em série e da associação em paralelo de resistores, e comparar estes efeitos com um ramo do circuito com apenas um resistor, o controle. As medidas de tensão elétricas tomadas durante a aplicação do produto foram comparadas aos fundamentos teóricos trabalhados previamente em sala de aula, e mostraram grande concordância.

O uso do multímetro possibilitou tomadas de medidas entre vários pontos do circuito, permitindo ao aluno comparar os dados obtidos com a teoria estudada. A versatilidade do projeto também permite que alterações sejam feitas durante a aplicação, e com isso novos dados possam ser obtidos para explicar e verificar teorias que expliquem o comportamento apresentado pelos componentes do circuito.

A pesquisa e o levantamento de dados para a aquisição dos materiais necessários, a montagem e a execução passam, necessariamente, pelos modelos matemáticos e figurativos relacionados aos circuitos elétricos. Desta forma o aluno foi posto em contato com diversos símbolos utilizados na representação dos componentes, reforçando assim seu repertório teórico.

Com base nas respostas fornecidas pelos alunos no questionário, conclui-se que a estratégia pedagógica proposta se mostra eficaz para a complementação dos estudos teóricos realizados como preparação para a aplicação do projeto, pois possibilita ao aluno um contato direto com grande variedade de elementos relacionados à eletricidade, como os componentes, seu dimensionamento, seu manuseio, determinação de suas propriedades, bem como proporciona a observação direta de diversos fenômenos, como o efeito Joule, a associação de resistores, a potência elétrica dissipada tanto nas salsichas quanto nas lâmpadas, além de possibilitar a medida de grandezas elétricas em vários pontos. Como complemento, pode-se

aplicar também um simulador de circuitos elétricos para auxiliar aqueles que possuem dificuldades com abstração.

Pelo exposto até aqui, é notório o grande potencial pedagógico deste projeto, pois é um experimento que reúne características de verificação e de investigação, de baixo custo de construção, fácil operação, cuja observação dos fenômenos é imediata, provocando no aluno questionamentos e também possibilidades de levantar hipóteses e de testar as hipóteses levantadas. Desta maneira a estratégia pedagógica proposta se mostra eficiente, pois todos os objetivos pedagógicos a que se propôs o projeto foram atingidos de maneira plena e satisfatória.

REFERÊNCIAS

- AUSUBEL, D.P. **The psychology of meaningful verbal learning**. New York: Grune & Stratton, 1963
- AUSUBEL, D.P. **Educational psychology: a cognitive view**. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1968
- AUSUBEL, D.P. **The acquisition and retention of knowledge**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000
- AUSUBEL, D.P. **Aquisição e retenção de conhecimentos**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003
- BARBOSA, C. D.; GOMES, L. M. C; FERREIRA, F. C. L. O uso de simuladores via smartphone no ensino de física: O experimento de Oersted. [S. I.], **Scientia Plena**, v. 13, n. 01
- BARRA DCC, NASCIMENTO ERP, MARTINS JJ, ALBUQUERQUE GL, ERDMANN AL. **Evolução histórica e impacto da tecnologia na área da saúde e da enfermagem**. Rev. Eletr. Enf. [Internet]. 2006;8(3):422-30.
Disponível em: http://www.fen.ufg.br/revista/revista8_3/v8n3a13.htm. Acesso em 18 out. 2018
- BERGQVIST, L. (2000). **Monte Carlo simulations of ferromagnetic quasi two dimensional spin model systems**. 2000. Thesis (Master of Science). Uppsala Universit, 2000
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: Ministério da Educação, 1999.
- BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Linguagens, códigos e suas tecnologias: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais – PCNS+**. Brasília, 2002.
- COELHO, R. O. **O uso da informática no ensino de física de nível médio**. 2002. 101f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2002
- FIOLHAIS C.; TRINDADE J. Física no computador: o computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das ciências físicas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 3, p. 259-272, 2003.
- GADDIS, B. **Learning in a virtual lab: distance education and computer simulations**. Doctoral Dissertation. University of Colorado, 2000
- GOWIN, D.B. **Educating**. Ithaca, N.Y.: Cornell University Press, 1981
- HALLYDAY, D; RESNICK R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física**, vol. 3. 9.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. d. Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, p. 77–86, 2002.

MIRO-JULIA, J. **Dangers of the Paradigm Shift**. Draft Article. Departament de Matemàtiques i Informàtica. Universitat de les Illes Balears. Disponível em <http://bioinfo.uib.es/~joemiro/opinion/ParShfDgr.html>. Acesso em 18 ago. 2018

MOREIRA, M. A. **A teoria da aprendizagem significativa**. Porto Alegre: Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências, 2009.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa**. Brasília. Editora Universidade de Brasília, 1999.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem Significativa: um conceito subjacente. In: ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA, 1997. Burgos. **Anais...** Burgos: Actos, 1997. p. 19-44.

MOREIRA, M. A. ¿Al final, qué es aprendizaje significativo? **Curriculum**, n. 25, p. 29-56, 2012.

TRINDADE, J. **Dificuldades na aprendizagem de física – algumas notas**. Ciência e Tecnologia, 1998. 221-229.

VERBIC, S. Different conceptions of the same physical phenomenon for real and numerical experiment. In: GIROP-ICPE-ICTP INTERNATIONAL CONFERENCE: NEW WAYS OF TEACHING PHYSICS, 1996, Ljubjana, Slovenia, **Proceedings...** Ljubjana, Slovenia, 1996.

YEO, S.; LOSS, R.; ZADNIK, M.; HARRISON, A. & TREAGUST, D. What do students really learn from interactive multimedia: a physics case study. In: AUSTRALIAN COMPUTERS IN PHYSICS EDUCATION CONFERENCE, 4., 1998, Freemantle, Australia. **Proceedings...** Freemantle, Australia, 998.

APÊNCIDE A – Produto educacional

1 ORGANIZAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

A proposta deste trabalho é de que o aluno construa um protoboard para ser usado com resistores não comerciais, tais como salsichas, pepino, entre outros. No entanto o professor tem papel importante na orientação da pesquisa e escolha dos materiais, bem como orientação e auxílio para a montagem e operação do experimento. Além destas atribuições, o professor tem a responsabilidade de conduzir o andamento da apresentação da experiência de forma que a mesma tenha significado para o aluno, que explore os conceitos a que se propõe e que desta forma o aluno adquira solidez conceitual sobre o tema abordado.

O texto abaixo foi dividido em duas partes: a primeira parte é o material que o aluno recebe do professor, e a segunda parte são sugestões e orientações para o professor.

- **Material do Aluno – Roteiro da Experiência - Alunos:**

Este material contém os objetivos da experiência, a lista de materiais sugeridos, o detalhamento da montagem do circuito elétrico proposto e os procedimentos experimentais que o aluno realizará no momento da apresentação do trabalho.

- **Manual do Professor – Aplicação do Protoboard:**

São orientações e sugestões sobre a condução da experiência, tais como: quantidade de alunos por grupo, como questionar os grupos sobre os efeitos observados, sugestões de alterações não previstas no roteiro do aluno, entre outras.

2 ROTEIRO DA EXPERIÊNCIA - ALUNOS

O circuito elétrico proposto para o *protoboard* consiste de três ramos, ligados em paralelo entre si. Cada um destes ramos apresenta um tipo de associação de resistores, bem como uma lâmpada incandescente ou halógena ligada em série com a associação. A função da lâmpada é de mostrar, através da comparação entre os brilhos, os efeitos da associação em cada ramo sobre a corrente elétrica. A Figura 15 mostra o esquema do *protoboard* e a Figura 16 mostra uma foto da montagem.

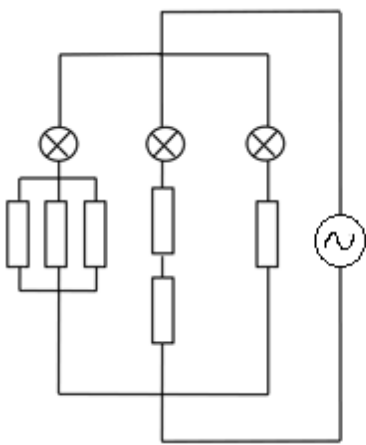


Figura 15 - Esquema do protoboard

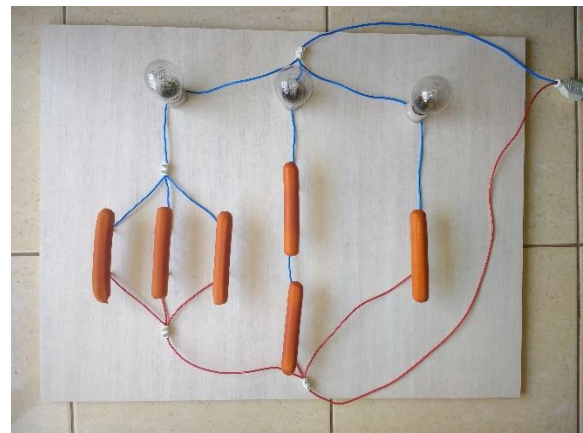


Figura 16 - Protoboard montado.

A Tabela 2 apresenta os símbolos dos componentes elétricos utilizados na Figura 15 e seus significados.

Tabela 2 - Simbologia utilizada no esquema do circuito elétrico

Símbolo	Significado
	lâmpada
	resistor ôhmico
	fonte de tensão alternada

O ramo da esquerda, na Figura 1, é uma associação em paralelo de resistores, e é referido neste trabalho como Ramo 1. O ramo central, na Figura 1, é uma associação em série de

resistores, e é referido neste trabalho como Ramo 2. O ramo da direita, na Figura 1, contém apenas um resistor, e este ramo é referido como Ramo Controle. A função do ramo controle é de fornecer o brilho de referência da lâmpada. A intensidade do brilho das lâmpadas dos ramos 1 e 2 serão comparadas com a intensidade do brilho do ramo controle.

2.1 OBJETIVOS

- Construir um circuito elétrico simples contendo uma fonte de tensão, elementos resistivos (salsichas e lâmpadas), fios condutores e conectores. A presença de um disjuntor é opcional;
- Observar o Efeito Joule no cozimento das salsichas;
- Observar os efeitos da associação em série e em paralelo de resistores em um circuito elétrico através da diferença do brilho das lâmpadas;
- Utilizar um luxímetro para medir a diferença da intensidade do brilho de cada lâmpada no decorrer do tempo e também a diferença de intensidade do brilho de cada lâmpada de cada associação;
- Utilizando um multímetro digital, medir a queda de potencial e a corrente elétrica ao longo da salsicha;
- Fazer medidas de tensão e corrente em vários pontos do circuito utilizando um multímetro digital;
- Observar uma ligação de curto-circuito
- Verificar experimentalmente a primeira lei de Ohm;

2.2 LISTA DE MATERIAIS SUGERIDOS

Os materiais listados abaixo são uma sugestão e podem ser alterados conforme a necessidade ou disponibilidade. As dimensões descritas também são uma sugestão, podendo ser alteradas segundo as necessidades individuais. A Figura 17 mostra os materiais sugeridos.

- prancha ou base em madeira MDF na medida 65cm x 60cm;
- 12 pregos para madeira com cabeça 17x24 (ou similar);
- 3 bocais para lâmpada base E27 e respectivos parafusos de fixação;
- fio elétrico bitola 1,5 mm² (6 metros);
- 4 conectores Sindal bitola 3,5 mm²;
- 1 plug macho 2 polos;

- 3 lâmpadas halógenas de 127V/100 W (ou a de maior potência disponível);
- Opcional: chave liga/desliga geral para o circuito;
- Opcional: chave liga/desliga para cada ramo do circuito;
- Opcional: pode-se utilizar um segundo conjunto de 3 lâmpadas incandescentes ou 3 lâmpadas halógenas, sendo estas três de potências iguais entre si, porém diferentes do primeiro conjunto de lâmpadas. O segundo conjunto servirá para comparar se há mudança no tempo de fritura das salsichas em comparação com o primeiro conjunto de lâmpadas.
- Ferramentas básicas (chave de fenda, chave Philips, alicate, furadeira, broca, martelo), fita isolante, trena.

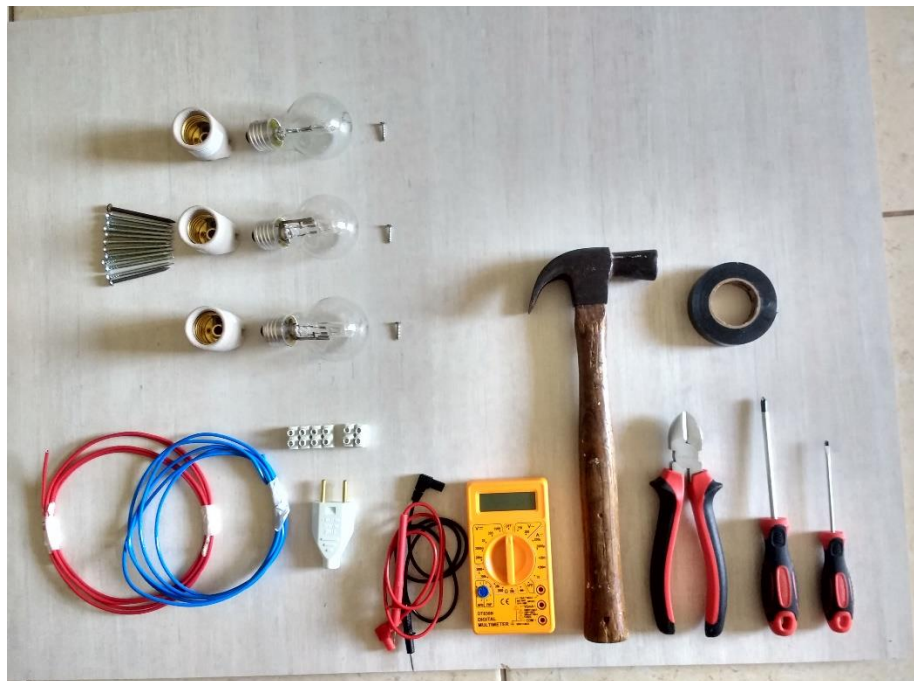


Figura 17 - Materiais sugeridos

2.3 LISTA DE MATERIAIS COMPLEMENTARES

- Luxímetro. Embora existam luxímetros digitais, sugerimos o uso de um aplicativo para dispositivos móveis. Sugestão: Medidor de Luz, da O2 Led Illumination, disponível para Android (acesso em dez/2018);
- Simulador de circuitos elétricos para PC. Sugerimos o simulador disponível em <https://www.falstad.com/circuit/> (acesso em dez/2018);
- Simulador de circuitos elétricos para dispositivos móveis. Sugestão: aplicativo iCircuit, disponível em <http://icircuitapp.com/> (acesso em dez/2018);
- Voltímetro ou multímetro simples;

2.4 MONTAGEM

2.4.1. BASE DE MDF

A base em MDF servirá como suporte para o arranjo experimental. Os pregos, os bocais e os fios serão fixos nesta base. É importante lembrar que, para evitar a chance de rachadura do MDF, recomenda-se furar a base nos locais onde serão postos os pregos e parafusos. A Figura 18 identifica a posição dos pregos e dos bocais.

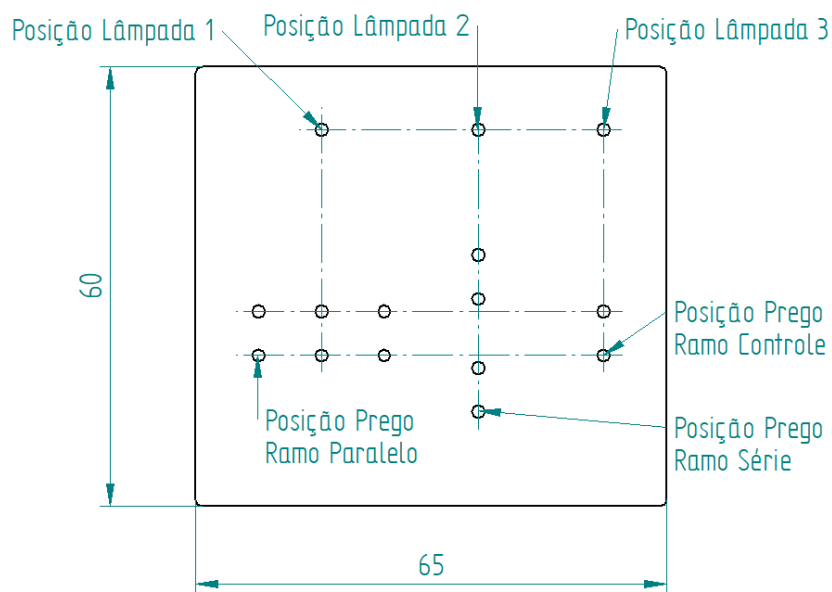


Figura 18 - Identificação da posição dos elementos: pregos e bocais

Fonte: Do autor

Para a fixação dos pregos e dos bocais, fure o MDF de acordo com as posições indicadas na Figura 18. Verifique no seu modelo de bocal onde encontram-se os parafusos de fixação. O alinhamento dos furos e suas posições estão descritas na Figura 19. Note que as medidas apresentadas estão em centímetros.

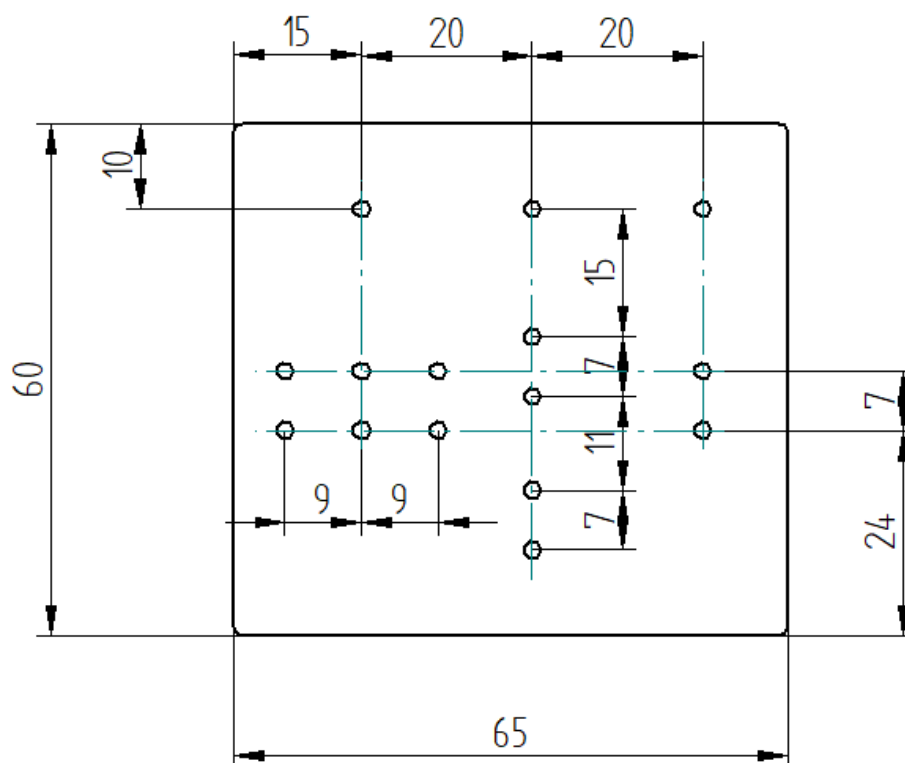


Figura 19 - Posicionamento dos elementos do circuito: bocais e pregos

É importante que se faça, na face da base em MDF que ficará voltada para baixo, um alojamento para a cabeça do prego, de modo que esta fique alinhada com a base. A Figura 20 mostra, no lado esquerdo, o alojamento para a cabeça do prego, e no lado direito o prego já colocado. Note o alinhamento da cabeça do prego com o plano da chapa de MDF.



Figura 20 - Alojamento e prego colocado e alinhado

Com os furos feitos coloque os 12 pregos. Certifique-se de que estejam bem firmes. Monte também os três bocais. Atenção: dependendo do modelo do bocal, é melhor conectar os fios antes de montar os bocais no MDF. Verifique seu modelo.

2.4.2. FIAÇÃO PARA CONEXÃO DOS PREGOS

Para que o circuito funcione corretamente, é necessário que haja a conexão entre os pregos. Esta conexão é feita utilizando-se fios elétricos. Para fazer a conexão, corte um pedaço de fio cerca de 7 cm mais longo do que o necessário para a conexão. Descape cerca de 2,5 a 3,0 cm de cada lado do fio. Enrole a parte descapada no prego. Certifique-se de que a parte descapada esteja firmemente enrolada no prego.

Para fazer os divisores de corrente utilize um conector Sindal. Descape um pedacinho da ponta de cada fio a ser utilizado (0,5 cm), insira as pontas no conector Sindal e aperte o parafuso até que a conexão esteja firme. A Figura 21 mostra os detalhes desta etapa.

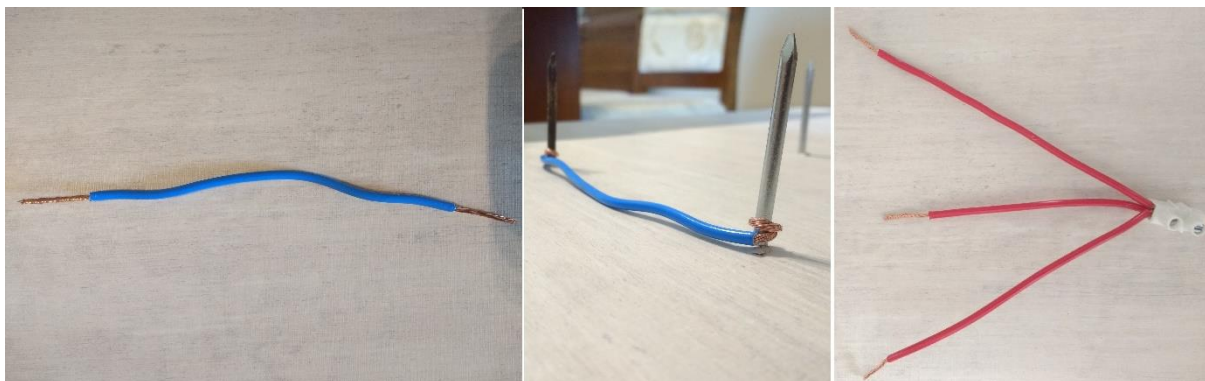


Figura 21 - Conexões: no prego e no Sindal

2.4.3. FIAÇÃO PARA CONEXÃO DO PLUGUE

Deve-se atentar a esta etapa para se evitar um curto-circuito dentro do plug. Fica evidenciado pelo esquema da Figura 15 e pela foto da Figura 16 existem dois ramos distintos saindo do plug: um da direita (fio azul) e outro da esquerda (fio vermelho). A Figura 22 mostra o detalhe da conexão dos dois fios dentro do plug.

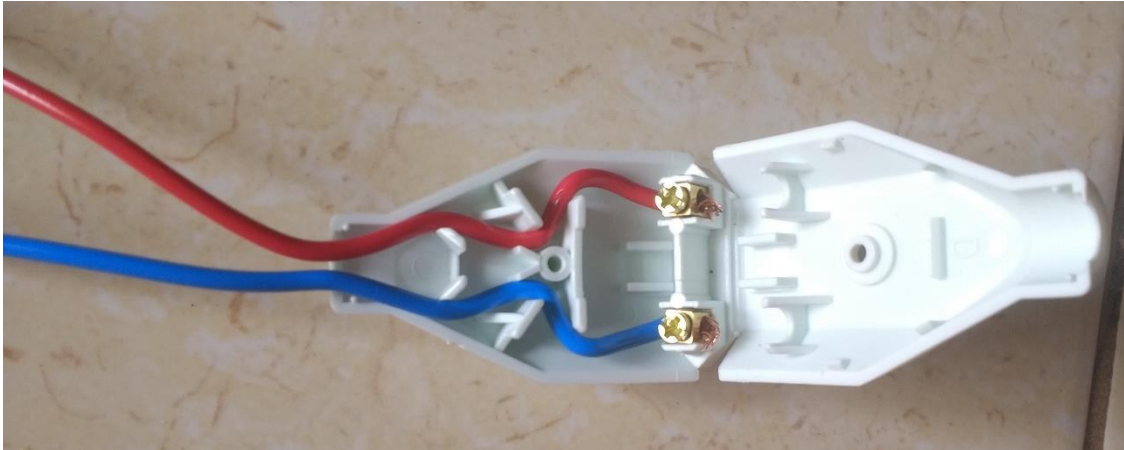


Figura 22 - Conexão interna no plug

2.5 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

2.5.1. OBSERVAÇÃO DO EFEITO JOULE:

01 - Utilizando 3 lâmpadas de 100W, ligar o circuito à tomada. Aguardar 10 minutos e observar o estado de cozimento de cada salsicha. Ao completarem-se os 10 minutos, desligar o circuito.

02 – Substituir as 3 lâmpadas de 100W pelas 3 lâmpadas de 40W. Substituir as salsichas cozidas por salsichas novas. Ligar o circuito e aguardar 10 minutos. Após completarem-se os 10 minutos, desligar o circuito e comparar o estado de cozimento das salsichas.

Opcional: em cada um dos procedimentos descritos, utilizar um termômetro para verificar a variação da temperatura das salsichas. Tomar dados inicialmente a cada 20 segundos, e após perceber uma estabilização da temperatura, tomar dados a cada 1 minuto.

2.5.2. BRILHO DAS LÂMPADAS

01 - Utilizando um aplicativo luxímetro (disponível para dispositivos Android e iOS), posicionar o celular a 30 cm de distância da lâmpada 1 e observar a medida da intensidade do brilho. Após o registro da leitura, posicionar o celular a 30 cm da lâmpada 2 e repetir a observação. Repetir o procedimento também para a lâmpada 3. Alterar a distância e refazer as medidas.

Observação: recomenda-se isolar o brilho da lâmpada selecionada, para que a medida não seja afetada pelo brilho das demais lâmpadas do circuito e dos circuitos vizinhos.

02 - Utilizando um aplicativo luxímetro (disponível para dispositivos Android e iOS), posicionar o celular a 30 cm de distância da lâmpada 3 e verificar a variação do brilho

desta durante o decorrer do tempo de cozimento da salsicha. Observação: recomenda-se isolar o brilho da lâmpada selecionada, para que a medida não seja afetada pelo brilho das demais lâmpadas do circuito e dos circuitos vizinhos.

2.5.3. UTILIZAÇÃO DO MULTÍMETRO

01 - Com o multímetro digital ajustado na função voltímetro para tensão alternada, símbolo V_{\sim} , espetar a ponta de prova aterrada (preta) na salsicha, e tocar a ponta de prova (vermelha) em vários locais da salsicha: ao lado da ponta preta, depois a cada 1 cm desta, e anotar os dados de potencial elétrico obtidos.



Figura 23 – Medidas de diferença de potencial.

02 - Com o multímetro ajustado na posição voltímetro, símbolo V_{\sim} , fazer medidas nos terminais de cada uma das salsichas em série, e depois nos terminais gerais deste ramo, e verificar que a soma das medidas de tensão em cada salsicha é igual à tensão entre os terminais da associação;

03 - Com o multímetro ajustado na posição voltímetro, símbolo V_{\sim} , fazer medidas nos terminais de cada uma das salsichas em paralelo, e depois nos terminais gerais deste ramo, e verificar que a tensão em cada salsicha é igual à tensão entre os terminais da associação;

04 – Para medir a corrente elétrica, o multímetro deve ser associado em série com o ramo desejado. Por isso é necessário fazer uma pequena alteração no circuito. Como exemplo, a Figura 10 mostra o procedimento para o Ramo 2. Remova o fio que conecta os dois pregos, abrindo o circuito. Com o multímetro digital ajustado na função amperímetro para corrente alternada, símbolo A_{\sim} , encoste as pontas de prova nos pregos. Anotar os dados de corrente elétrica obtidos.



Figura 24 - Medida da Corrente Elétrica.

05 – Com os dados obtidos nos passos 3 e 4 e utilizando a primeira lei de Ohm, calcule a resistência das salsichas.

2.5.4. CURTO-CIRCUITO

01 - Utilizando um pedaço de fio condutor, conectar diretamente os dois pregos que sustentam a salsicha e observar o efeito na variação do brilho da lâmpada.

3 MANUAL DO PROFESSOR - APLICAÇÃO DO PROTOBOARD

O produto educacional em questão, o *protoboard* com elementos resistivos orgânicos, possui como principal característica de construção e aplicação a alta versatilidade em termos de elaboração de circuitos elétricos. Com criatividade o professor pode sugerir circuitos das mais variadas formas. Com alguns recursos adicionais, como multímetros, luxímetros ou outros dispositivos, a gama de exploração de circuitos elétricos simples fica ainda maior.

Esta sugestão de aplicação está baseada na premissa de que todo o trabalho teórico tenha sido previamente desenvolvido em sala de aula com os alunos. Assumimos aqui que o embasamento teórico e modelos matemáticos, bem como as unidades de medidas e também os termos técnicos, em sua maioria, tenham sido trabalhados em sala de aula.

A proposta de trabalho apresentada nos próximos parágrafos considera uma turma de 40 alunos em um colégio que disponha de ambiente adequado para a realização da experiência, como um laboratório que comporte todos os alunos e seus *protoboards*. É interessante que o espaço tenha mesas e tomadas. Também sugerimos que se utilize uma aula dupla, de 50 minutos cada aula. Entendemos que existe uma grande diversidade de ambientes escolares; desta forma o professor deve adaptar as condições aqui descritas para atender suas necessidades particulares.

A Tabela 3 mostra uma sugestão de divisão de tempo para cada momento da apresentação do protoboard.

Tabela 3 – Divisão sugerida do tempo durante a apresentação

Momento	Descrição da Atividade	Tempo Sugerido (em minutos)
1	Deslocamento e organização dos grupos em suas bancadas	5 a 10
2	Instruções com o multímetro	5 a 10
3	Condução da experiência	50 a 60
4	Discussões finais	10 a 15
5	Finalização e limpeza do ambiente	10

3.1 PROPOSTA DE TRABALHO

3.1.1. FUDAMENTOS TEÓRICOS E DIVISÃO DOS GRUPOS

- A ideia da construção deste *protoboard* deve ser lançada com um prazo razoável de antecedência. Sugerimos dois meses de antecedência. Este prazo dilatado ajuda o aluno a compreender o que lhe é pedido, a se organizar para a compra dos materiais e também auxilia na assimilação do embasamento teórico que eventualmente estará sendo discutido em sala de aula durante este período;
- Dividir a turma em grupos entre 4 e 6 alunos. Desta forma as habilidades e competências individuais se somam e um ajuda o outro tanto na compreensão dos fenômenos físicos associados quanto na divisão de gastos, reunião dos materiais necessários e na construção e montagem do aparato;

3.1.2. APLICAÇÃO DO PRODUTO

A aplicação do produto sugerido neste trabalho acontece de modo contínuo. Podemos dizer que se inicia nas aulas expositivas teóricas e termina no dia da apresentação do protoboard. Para o nosso caso esta apresentação teve data e hora marcados, pois ela valeu como uma nota com um peso importante para a composição da média bimestral dos alunos.

Durante o tempo que antecede a apresentação o professor tem como responsabilidade ministrar o conteúdo teórico, trazendo ao aluno os conceitos sobre eletricidade relevantes, a terminologia e simbologia referentes ao assunto, bem como o ferramental matemático necessário. O professor também deve se colocar à disposição para auxiliar no entendimento do projeto, na busca pelos materiais necessários, montagem e teste de funcionamento. Recomendamos que o teste inicial seja feito por alguém capacitado, pois o experimento oferece alguns riscos inerentes à utilização da eletricidade.

3.1.3. NO DIA DA APRESENTAÇÃO DO PRODUTO:

- Utilizar um espaço físico adequado, com bancadas que acomodem bem todos os integrantes do grupo, bem como o arranjo experimental. É fundamental que a base sobre a qual o arranjo esteja apoiado seja firme, de modo a evitar acidentes.
- As bancadas devem ser providas de tomadas elétricas, ou estarem próximas a tomadas. É aconselhável que se utilize uma tomada para cada grupo. Também é aconselhável

evitar a utilização de extensões, especialmente se estas atravessarem os corredores, evitando assim riscos com tropeços ou outros acidentes;

3.1.4. INSTRUÇÃO INICIAL – USO DO MULTÍMETRO

- No momento da apresentação, um multímetro digital deve ser fornecido a cada grupo. Uma explicação e uma demonstração de como conectar as pontas de prova, como escolher a escala de medida e como efetuar medidas deve ser feita pelo professor. É muito comum encontrar alunos que nunca utilizaram ou nunca viram de perto um multímetro.
- Deixar que o grupo faça algumas medidas, para se familiarizar com o aparelho e perder o medo de utilizá-lo. Recomende aos membros do grupo para que todos façam pelo menos uma medida;

3.1.5. DURANTE A APRESENTAÇÃO

- Perguntas são ótimas formas de se incitar a curiosidade. Quando o aparato é ligado à tomada e o circuito se estabelece, é inevitável e é muito comum a expressão de surpresa, dúvida e/ou confusão dos alunos frente ao brilho mais fraco da lâmpada 2 (ramo central, da associação em série), e imediatamente surgem questionamentos das mais variadas ordens: “será que fiz certo?”, ou “porque o brilho desta lâmpada está mais fraco, professor?”, ou ainda “a lâmpada está mais fraca porque a energia chega primeiro na salsicha e depois vai para a lâmpada?” Uma maneira interessante de lidar com esses questionamentos é retornar a pergunta ao grupo, dando-lhes um tempo para pensar sobre o assunto, pesquisar na internet, caderno e material instrucional (caderno, livros, apostilas, material digital, etc.), ou mesmo trocar ideias com outros grupos. Mais tarde o professor retorna à bancada para ouvir. Se a resposta estiver boa do ponto de vista teórico, vale alguma complementação ou comentário. Se não estiver boa, é interessante que o professor estimule novamente o grupo a pesquisar. É neste momento, do confronto da teoria com a experiência, que o aluno realmente aprende física;
- Ainda na questão do confronto teoria/experiência, é interessante, quando o grupo responde algo que parece uma boa explicação, mas não é, provoca-los fazendo uma pequena alteração no arranjo, e fazer com que o grupo tente adequar o fenômeno observado à teoria por eles apresentada. Isso geralmente leva a uma intriga e os faz pensar. Exemplo: ao se espetar as pontas de prova lado a lado na salsicha, obviamente

a leitura no multímetro é zero. Eles explicam que é porque a leitura foi feita no começo da salsicha, que não tem “tanta eletricidade”. Então é só mudar os pontos de medida para várias posições e verificar que não importa onde se meça, a leitura é sempre zero, e retornar a pergunta ao grupo;

- Fazer medidas em vários pontos de cada ramo, anotando seus valores. Exemplo: no ramo 1 (associação em paralelo), medir a tensão entre cada um dos pregos e notar que a leitura é sempre a mesma, ou fazer medidas entre os pregos das salsichas do ramo 2 e depois soma-las, e confrontar com a medida feita entre os extremos desta associação, para confrontar as leituras;
- Questionar a respeito do tempo de cozimento ou temperatura das salsichas. A salsicha do ramo controle (salsicha do ramo da direita) cozinha mais rapidamente do que as demais. As salsichas do ramo 1 demoram muito para cozinhar, porém o brilho da lâmpada é mais intenso, sugerindo uma corrente elétrica maior. Porque então, mesmo com corrente maior, as salsichas em paralelo demoram tanto para cozinhar?
- É interessante sugerir a troca das lâmpadas por outras de potências diferentes e observar o tempo de cozimento. Novamente lançar uma pergunta referente a isso para o grupo e aguardar que eles discutam uma explicação é uma ótima forma de encaminhar o raciocínio para a questão da relação entre corrente elétrica e resistência, no caso, da lâmpada;
- Com um pequeno fio elétrico, com as duas pontas descascadas, pode-se fazer uma conexão entre os pregos, para mostrar o efeito do curto-circuito. O procedimento está representado na Figura 25, onde foi utilizado um fio verde para se fazer o curto-circuito. Se o multímetro estiver espetado na salsicha, ele imediatamente indicará zero, e é uma boa ocasião para discutir a preferência da corrente elétrica por caminhos com menor resistência;

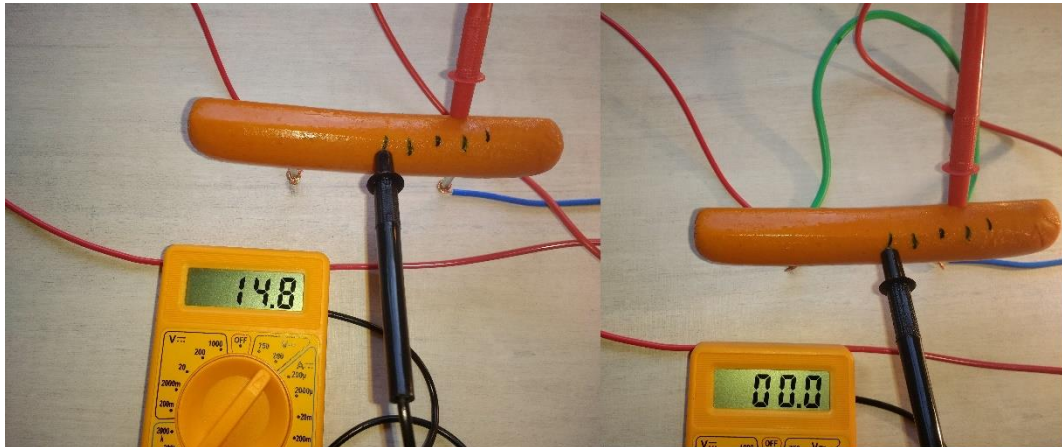


Figura 25 - Curto-circuito entre os terminais da salsicha

- Como complementação é interessante utilizar o aplicativo luxímetro instalado em um aplicativo móvel para verificar a variação na intensidade de luz emitida pela lâmpada ao se variar parâmetros do circuito. Para isso basta colocar o celular com o aplicativo ativo em uma posição fixa, próximo à lâmpada do ramo 1, e verificar a leitura. Sem desligar o circuito, retire uma salsicha. O brilho da lâmpada se altera visualmente e o aplicativo fornece uma leitura (que certamente não deve ser tomada como precisa ou acurada, apenas indicativa). Retire uma segunda salsicha e relacione o brilho da lâmpada com a leitura;
- Após algum tempo a lâmpada do ramo controle se apaga. É interessante questionar ao grupo as possíveis causas. Neste momento entram também conhecimentos de outras áreas, como a química; ao se apagar, sugerir ao grupo que gire a salsicha, para ver se a lâmpada volta a se acender (ela volta), e pedir ao grupo que confronte a teoria por eles elaborada para explicar o apagão da lâmpada com o novo fato, de a lâmpada se acender novamente;
- Uma discussão interessante é a questão da região onde ocorre o cozimento da salsicha. Esta não é cozida por inteiro. Somente a região entre os terminais é que se cozinha. Isso evidencia o caminho da corrente elétrica pelo resistor. Espetar o multímetro na extremidade da salsicha comprova que não existe diferença de potencial elétrico nessa região. A Figura 26 mostra as salsichas cozidas conforme descrito.



Figura 26 - Salsichas cozidas na região entre os furos

- Após as discussões conceituais, apresentar o simulador, com o circuito modelado, e confrontar os resultados apresentados pelo simulador com os resultados observados na prática;
- Como sugestão complementar, pedir que os grupos utilizem outros materiais orgânicos, como por exemplo batata, cenoura, banana, pão, etc., para testar suas propriedades como resistores.

Existem dois procedimentos que são interessantes de se sugerir aos grupos. Um dos procedimentos relaciona o tipo de associação à temperatura da salsicha em função do tempo e o outro está relacionado à segunda lei de Ohm. Estes dois processos são discutidos abaixo.

3.1.6. USO DO TERMÔMETRO

Utilizando-se um termômetro de laboratório de mercúrio, fazer um furo no centro de uma salsicha, conforme mostrado na Figura 27, e fixar o termômetro. É importante que a salsicha seja nova e que o furo seja bem justo.



Figura 27 - Fixação do termômetro

Liga-se o circuito. Peça ao grupo que tome a leitura da temperatura a cada 20 segundos, durante 10 minutos. Os dados obtidos podem ser usados para gerar uma curva de aquecimento de temperatura em função do tempo.

Nota-se também a alteração das propriedades de condução elétrica da salsicha no decorrer do processo de cozimento. Outra medida interessante de se fazer é a tomada da tensão elétrica entre os terminais da salsicha escolhida. Para isso, peça ao grupo que ajuste o multímetro para a função de voltímetro, símbolo V_{\sim} . Mantendo as pontas de prova nos terminais da salsicha que contém o termômetro, tome a leitura da temperatura e também da tensão elétrica a cada 20 segundos, durante 10 minutos.

3.1.7. A SEGUNDA LEI DE OHM

A segunda lei de Ohm diz que a resistência elétrica de um resistor é inversamente proporcional à área do resistor (Halliday). Espera-se, portanto, que uma variação no diâmetro das salsichas utilizadas como resistores afetem a maneira como a corrente elétrica as atravessa.

Com base neste conceito, peça ao grupo que corte a salsicha em seu diâmetro, em seu eixo, conforme mostra a Figura 28, de forma a manter o comprimento, mas reduzir a área da mesma.

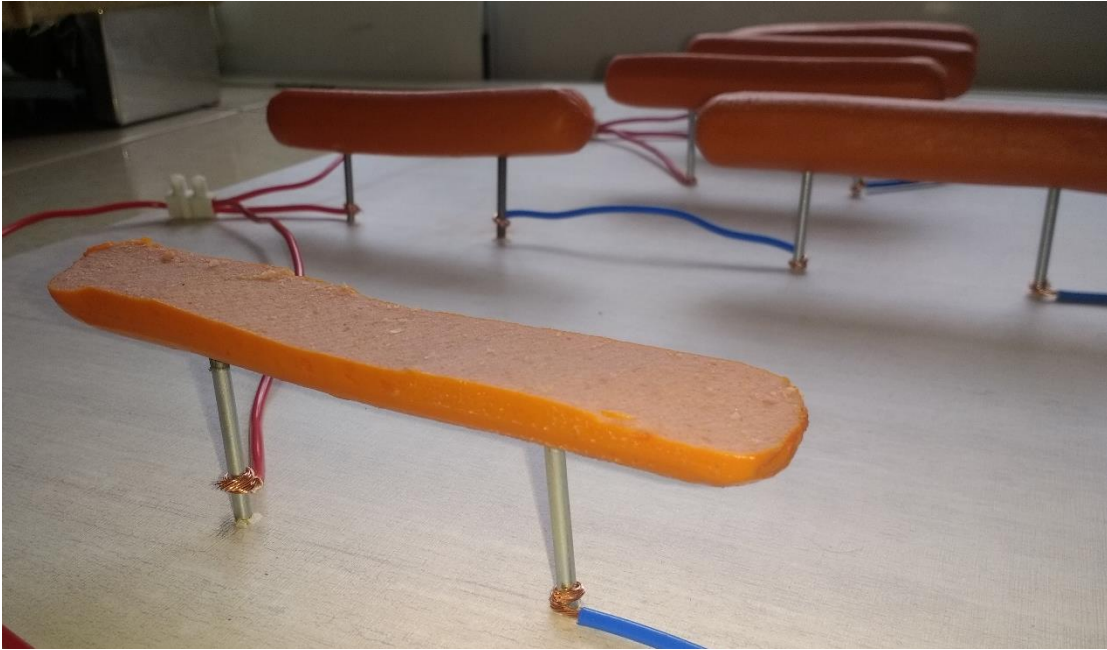


Figura 28 - Salsicha cortada de forma a reduzir sua seção transversal

É importante que, para este procedimento, estejam disponíveis duas salsichas novas. Primeiro, utilizando-se uma das salsichas no ramo controle, peça ao grupo que ligue o circuito e observe o brilho da lâmpada. Pode-se também posicionar o dispositivo móvel com o aplicativo de luxímetro ativo e registrar a leitura. Depois, sem mover o dispositivo móvel, desligue o circuito e substitua a primeira salsicha pela segunda salsicha, já cortada como descrito, e ligue novamente o circuito. Peça ao grupo que observe novamente o brilho da lâmpada e também a leitura da intensidade luminosa apresentada pelo luxímetro. Compare as duas medidas.

Esta experiência, simples de se fazer com uma salsicha, seria bem mais difícil, senão impossível de ser conduzida, utilizando-se para isto um resistor comercial.

4 INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

A Tabela 4 apresenta os custos aproximados com valores de dezembro de 2018. Estes custos podem variar de acordo com a loja ou a região. Ainda, os custos podem ser reduzidos de acordo com a disponibilidade prévia dos materiais por parte dos componentes do grupo ou substituição por materiais alternativos.

Tabela 4 - Custos

Material	Quantidade	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
Prancha MDF	1	20,00	20,00
Lâmpada	3	4,00	12,00
Bocal	3	3,50	10,50
Conector Sindal	4	0,60	2,40
Fio	6 metros	0,65/metro	3,90
Pregos	12	5,00 (pacote com 10)	5,00
Plug macho	1	4,80	4,80
Total	-----	-----	58,60

Fonte: Do autor

O tempo de construção e montagem é estimado entre 2,5 e 3,5 horas. Para esta estimativa considerou-se que todos os materiais e ferramentas estivessem devidamente adquiridos e reunidos, conforme a Figura 17.

APÊNDICE B – Questionário da Pesquisa de Opinião

- 1) Qual sua opinião sobre a dificuldade de construção do *protoboard*?
 - a) Achei muito fácil construir.
 - b) Achei razoavelmente fácil de construir
 - c) Achei trabalhoso, mas não difícil de construir
 - d) Achei difícil de construir
 - e) Achei muito difícil de construir

- 2) Em que medida a construção e utilização da *protoboard* contribuíram para a ampliação de sua compreensão sobre associação de resistores?
 - a) Foram fundamentais para minha compreensão.
 - b) Contribuíram bastante.
 - c) Contribuíram razoavelmente
 - d) Contribuíram muito pouco
 - e) Não contribuíram.

- 3) Em que medida os dados tomados durante a utilização do *protoboard* foram consistentes com a teoria desenvolvida previamente em sala de aula?
 - a) As flutuações das medidas foram desprezíveis e os dados obtidos apresentam ótima concordância com a teoria.
 - b) As flutuações das medidas foram pequenas e os dados obtidos apresentaram boa concordância com a teoria.
 - c) As medidas feitas apresentaram flutuações significativas, e os dados apresentaram alguma concordância com a teoria.
 - d) As medidas apresentaram muitas flutuações, e por isso os dados tiveram pouca concordância com a teoria.
 - e) Não foi possível fazer medidas, e por isso não há dados para serem confrontados com a teoria.

- 4) De que forma o uso do *Protoboard* contribuiu para desenvolver suas habilidades com o uso do multímetro?
 - a) Foi fundamental, pois eu nunca tinha usado um multímetro antes.
 - b) Contribuiu muito, pois eu tive poucas oportunidades de utilizar o multímetro antes.

- c) Contribuiu um pouco, pois tive a oportunidade de usar funções que geralmente não preciso.
 - d) Contribuiu pouco pois uso o multímetro com alguma frequência e já possuo algum domínio.
 - e) Não contribuiu nada pois, por usar o multímetro com muita frequência, já tenho pleno domínio.
- 5) Em que nível a construção do *Protoboard* contribuiu para melhorar sua compreensão dos símbolos utilizados em circuitos elétricos, como os símbolos de fonte de tensão, resistor, fiação ou nós?
- a) Foi fundamental. Sempre tive dificuldade em reconhecer os símbolos, mas a construção trouxe significação aos símbolos.
 - b) Contribuiu muito.
 - c) Contribuiu razoavelmente.
 - d) Contribuiu bem pouco, pois já conhecia a maioria dos símbolos.
 - e) Não contribuiu, pois nunca tive dificuldade com a simbologia.
- 6) Se quiser, deixe aqui suas críticas, elogios ou sugestões.

APÊNDICE C – Respostas da questão discursiva

A Tabela 5 apresenta as respostas, na íntegra e sem interferências do autor, à questão 06 da Pesquisa de Opinião, que é dissertativa.

Tabela 5 - Respostas da questão dissertativa da Pesquisa de Opinião (continua)

Adorei, faz mais vezes prof
Foi muito divertido poder fazer algo prático.
Gostei desse tipo de trabalho!
Gostei de fazer o trabalho!
Muito legal esse trabalho, aprender “na prática” em física sempre é mais eficaz....
Gostei do trabalho, atividades práticas ajudam mais na compreensão dos conceitos.
Foi uma ótima aula
adorei
Sua aula é top [↑] _{top}
Ótima forma de ensinar!!! A prática é sempre melhor.
Com a sua aula aprendi a gostar de física
Adorei a experiência , entendi melhor a matéria
Achei legal
Foi muito bom fazer esse trabalho pra podermos entender na prática o funcionamento e para incluir alunos que não vão tão bem em prova se escritas e em cálculos
Adorei a experiência! Por mais aulas assim!
Atividades na prática são fundamentais para uma melhor compreensão e fixação do conteúdo, principalmente para pessoas que tem dificuldades em física como eu. Espero que mais projetos como esse sejam criados para o segundo semestre.
por mais aulas práticas assim
Achei muito interessante o projeto, além de ser algo que nos ajude a compreender o assunto e no conteúdo, foi algo muito legal e divertido, principalmente na apresentação prática.
A construção do <i>Protoboard</i> foi uma essencial para o aprendizado desta matéria, isso aconteceu, uma vez que, sou uma pessoa visual. Após esse projeto, consegui resolver exercícios com maior facilidade, a Teoria pareceu mais próxima de mim e não algo de outro mundo, como geralmente acontece na matéria de física.
Mt boa formula de avaliar os alunos

Tabela 5 - Respostas da questão dissertativa da Pesquisa de Opinião (conclusão)

Adorei professor

por mais aulas práticas assim

Trabalhos interdisciplinares são extremamente mais fáceis de compreensão da matéria

facam mais vezes com outros tipos de trabalhos ainda esse ano, pois fazer com as mãos, ver e compreender será muito mais significativa do que com livros

Gostei de fazer, foi bem interessante mas um pouco perigoso, levei vários choques!

Fazer mais disso

Gostei bastante do trabalho. Uma boa pois assim entendemos bem na prática

Gostei muito dessa avaliação, pois vimos na prática toda a teoria da aula e os cálculos dos exercícios das listas fizeram mais sentido

Foi muito bom fazer esse trabalho. No começo estávamos perdidos, mas unindo os conceitos teóricos com a construção do projeto, ficou muito mais fácil de entender o conteúdo trabalhado. Obrigado, Hugo!

Fonte: Do autor.

APÊNDICE D – TEMPERATURA EM FUNÇÃO DO TEMPO

A Tabela 6 mostra os dados coletados em intervalos de 20 segundos, durante 10 minutos, da temperatura em que as salsichas dos ramos 1 e 3 estavam sendo cozidas.

Tabela 6 - Temperatura em função do tempo de cozimento (continua)

Tempo (segundos)	Temperatura (°C) Salsicha ramo 1	Temperatura (°C) Salsicha ramo 3
0	21	22
20	21	24
40	22	27
60	22	29
80	23	32
100	23	34
120	24	36
140	24	38
160	24	40
180	25	42
200	25	44
220	25	46
240	26	48
260	26	49
280	26	50
300	27	51
320	27	52
340	27	53
360	28	54
380	28	55
400	28	56
420	29	57
440	29	58
460	29	58
480	29	58
500	30	59
520	30	59

Tabela 6 - Temperatura em função do tempo de cozimento
(conclusão)

Tempo (segundos)	Temperatura (°C) Salsicha ramo 1	Temperatura (°C) Salsicha ramo 3
540	30	60
560	30	60
580	30	60
600	30	60

Fonte: Do autor.