



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA

SANDRO AUGUSTO BALBINO CAETANO

**UMA PROPOSTA DE ENSINO DE CIRCUITO ELÉTRICO UTILIZANDO
RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS**

FORTALEZA

2021

SANDRO AUGUSTO BALBINO CAETANO

UMA PROPOSTA DE ENSINO DE CIRCUITO ELÉTRICO UTILIZANDO
RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS

Monografia apresentada ao Curso de Licenciatura em Física do Departamento de Física do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Física.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Antônio Araújo Silva.

FORTALEZA-CE

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- C131p Caetano, Sandro Augusto Balbino.
Uma proposta de ensino de circuito elétrico utilizando resíduos de equipamentos eletroeletrônicos / Sandro Augusto Balbino Caetano. – 2021.
55 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Curso de Física, Fortaleza, 2021.
Orientação: Prof. Dr. Marcos Antônio Araújo Silva.
1. Ensino de física. 2. Resíduos eletroeletrônicos. 3. Educação ambiental. 4. Circuito elétrico simples. I. Título.

CDD 530

SANDRO AUGUSTO BALBINO CAETANO

UMA PROPOSTA DE ENSINO DE CIRCUITO ELÉTRICO UTILIZANDO
RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS

Monografia apresentada ao Curso de
Licenciatura em Física do Centro de
Ciências da Universidade Federal do
Ceará, como requisito parcial à obtenção
do título de Licenciado em Física.

Aprovada em: 09/04/2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcos Antônio Araújo Silva (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Andrey Chaves
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Prof. Dr. Giovanni Cordeiro Barroso
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dedico este trabalho aos meus pais, e a
minha irmã que me ajudaram nos
momentos mais difíceis.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Marcos Antônio Araújo Silva, pela excelente orientação.

À CAPES pelo apoio financeiro através da bolsa PIBID.

À UFC pelas oportunidades e acolhimento durante meu curso de graduação.

Aos meus amigos Prof. Ms. Antônio Tavares Bittencourt (*in memoriam*), Prof. Carlos Henrique e colegas pelas reflexões, críticas e sugestões recebidas.

“Educar verdadeiramente não é ensinar fatos novos ou enumerar fórmulas prontas, mas sim preparar a mente para pensar.” (Albert Einstein).

RESUMO

Incorporado com o contínuo e rápido avanço tecnológico do século XXI veio o abandono de aparelhos eletroeletrônicos. Muitos desses equipamentos são descartados de forma errada, mas podem dentro do ponto de vista de ensino, contribuir para a participação mais efetiva dos alunos dentro do processo ensino-aprendizagem. Componentes eletrônicos de televisores, computadores entre outros, considerados por muitas pessoas como obsoletos, podem ser, de certa forma, reaproveitados em laboratórios de ciências ou utilizados em demonstrações em sala de aula sob a forma de circuitos elétricos simples ou atividades como oficinas de eletrônica. Dessa forma, nesse trabalho apresenta-se uma proposta para a utilização de componentes eletrônicos de produtos eletrônicos em desuso. Através da proposta com atividades para coleta de eletrônicos, o que irá reduzir a poluição e beneficiar o meio ambiente, separação de componentes e montagem, este trabalho se propõe dinamizar o processo de ensino aprendizagem além de levar informações de cunho social para a comunidade sobre os efeitos nocivos do descarte incorreto de aparelhos eletroeletrônicos. Neste contexto, a aquisição do conhecimento do aluno poderá se tornar mais produtiva. Esta proposta foi direcionada para aulas de eletromagnetismo do ensino médio.

Palavras-chave: Ensino de física. Resíduos eletroeletrônicos. Educação ambiental. Circuito elétrico simples.

ABSTRACT

Incorporated with the continuous and rapid technological advance of the 21st century came the abandonment of electronic devices. Many of these devices are discarded in the wrong way, but they can, from the teaching point of view, contribute to the more effective participation of students within the teaching-learning process. Electronic components of televisions, computers, among others, considered by many people to be obsolete, can be, in a way, reused in science laboratories or used in classroom demonstrations in the form of simple electrical circuits or activities such as electronics workshops. Thus, in this work we present a pedagogical proposal for the use of electronic components of electronic products in disuse. Through the proposal with activities for the collection of electronics, which will reduce pollution and benefit the environment, separation of components and assembly, this work aims to streamline the teaching and learning process, in addition to bringing social information to the community. community about the harmful effects of incorrect disposal of electronic devices. In this context, the acquisition of the student's knowledge may become more productive.

Keywords: Physics teaching. Electro-electronic waste. Environmental education. Simple electrical circuit.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Anísio Teixeira e Fernando de Azevedo.	18
Figura 2 – Capa do livro de Física PSSC.	20
Figura 3 – Orientações práticas do manual do livro de Física.	21
Figura 4 – Cores indicando o tipo de equipamentos eletroeletrônicos.	30
Figura 5 – TRC's jogados em lixo comum.	31
Figura 6 – Diagrama de um TRC.	33
Figura 7 – Tipos de placas de circuito impresso.	34
Figura 8 – Placa de circuito elétrico simples.	34
Figura 9 – Resistores de película metálica.	35
Figura 10 – Código de cores dos resistores.	36
Figura 11 – Resistores de fio níquel.	37
Figura 12 – Capacitor eletrolítico.	38
Figura 13 – Capacitores despolarizados.	39
Figura 14 – Carregadores de baterias de celular.	40
Figura 15 – Características de um carregador de celular.	43
Figura 16 – Multímetro digital.	44
Figura 17 – Medida da ddp na saída do carregador.	44
Figura 18 – Tensão nos terminais do resistor de 620 Ohms.	45
Figura 19 – Diagrama da ligação do voltímetro nos terminais do resistor de 620 Ω	45
Figura 20 – Ligação da energia para o relógio de parede.	46
Figura 21 – Diagrama da ligação do resistor no relógio de parede.	47
Figura 22 – Medida da corrente elétrica.	47
Figura 23 – Diagrama da medida da corrente elétrica.	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Efeitos dos metais pesados à saúde humana.	32
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
CNE	Conferência Nacional de Educação
CRT	Tubo de Raios Catódicos
EA	Educação Ambiental
EEE	Equipamentos Eletroeletrônicos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Fundec	Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino da Ciências
MEC	Ministério da Educação e Cultura
NBR	Norma Brasileira Regulamentar
ONU	Organizações da Nações Unidas
PEF	Projeto de Ensino de Física
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PUCPR	Pontifícia Universidade Católica do Paraná
PSSC	Physical Science Study Committee
REE	Resíduos de Eletroeletrônicos
REEE	Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos
SIBI	Sistema Integrado de Bibliotecas
trad.	Tradutor
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura
URSS	União Soviética
USP	Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Objetivos	15
1.2	Organização do texto	15
2	ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL	17
2.1	A epistemologia no ensino através de experimento prático	21
2.1.1	<i>Experimento/experimentação ou atividade prático-experimental e a classificação</i>	22
2.1.2	<i>O laboratório didático e o método utilizado na atividade prático-experimental</i>	23
3	O IMPULSO DO SURGIMENTO DOS RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS	26
3.1	Educação ambiental no contexto das atividades prático-experimental	27
3.1.1	<i>Classificação, composição e consequências dos resíduos eletroeletrônicos no meio ambiente</i>	29
3.1.2	<i>Componentes auxiliares do TRC para reutilização em circuitos elétricos simples</i>	32
4	PROPOSTA DE ENSINO COM COMPONENTES DE RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS	41
4.1	Montagem de um circuito com resíduos eletroeletrônicos	43
4.1.1	<i>Aplicação do circuito</i>	46
5	CONCLUSÃO	49
	REFERÊNCIAS	51

1 INTRODUÇÃO

O ensino da disciplina de Física, na maioria das escolas públicas, muitas vezes, desestimula os alunos. Silva (2010, p. 6) afirma que, “[...] Considera-se também, como um fator agravante, o ensino totalmente preso a aulas expositivas, abordagens praticamente matemáticas, com irrelevância aos conceitos básicos e ausências de práticas experimentais”.

São vários os motivos que fazem com que o interesse não aconteça. A falta de material para atividades de experimentos práticos, por exemplo, é um desses motivos. Além disso, os assuntos que são apresentados nas aulas, muitas vezes, não estão associados ao convívio da comunidade onde os educandos residem (FRIEDRICH, 2014 p.18). No mesmo instante, estes estudantes, estão presenciando, neste século XXI, um acelerado avanço tecnológico, e em consequência disso, todos os dias cresce o número de equipamentos eletrônicos obsoletos. Estes materiais posteriormente são descartados, na sua grande maioria de forma errada, acarretando danos ao meio ambiente (SCHNEIDER, 2014, p. 9).

Neste cenário, este trabalho apresenta uma proposta de metodologia de ensino para atividade prática. A aplicação poderá ser feita de forma interdisciplinar dentro de um contexto social e ao mesmo tempo recolher material eletroeletrônico para o processo de ensino e aprendizagem envolvendo circuito elétrico simples, sendo este nosso principal enfoque.

A contextualização social do estudante e a interdisciplinaridade ajudam em vários fatores. No caso da nossa proposta metodológica, a interdisciplinaridade com as áreas da Biologia, Química e Geografia também poderão ser exploradas. De acordo com os PCNEM (Parâmetros Curriculares Nacional do Ensino Médio): Diretrizes Curriculares Nacional (2000, p. 75), “[...] será principalmente na possibilidade de relacionar as disciplinas em atividades ou projetos de estudo, pesquisa e ação, que a interdisciplinaridade poderá ser uma prática pedagógica e didática adequada aos objetivos do Ensino Médio.”

Uma aula de campo, por exemplo, tendo em vista, a coleta de materiais, pode proporcionar ao educando sair da rotina das aulas tradicionais de Física. Isso poderá fazer com que o aluno tenha mais interesse no assunto abordado. Segundo Gleise (2000, p. 4),

“Mais importante ainda é levar os alunos para fora da sala de aula, fazê-los observar o mundo através dos olhos de um cientista aprendiz.”

Nas últimas décadas, surgiu uma questão preocupante, a grande quantidade de material eletrônico descartado de modo inadequado: o lixo eletrônico. Visando diminuir essa problemática, em várias cidades do Brasil, são feitas campanhas de arrecadação e construídos postos de coletas. Entretanto, tais ações não são suficientes, pois, segundo Bezerra, Aguiar e El-Deir (2017, p. 152),

A gestão ambiental de resíduos é uma questão de significativa complexidade por abranger aspectos relacionados ao saneamento, heranças socioculturais, condição econômica da população, nível de educação, bem como os impactos ambientais, sociais e econômicos decorrentes de diferentes interações.

A reutilização de alguns Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) para fabricação de circuitos elétricos simples poderá atenuar a falta de aparatos básicos nas aulas práticas de eletrodinâmica. Assim, acreditamos que o tema, utilização de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos para ser aproveitado na análise de grandezas elétricas tem relevância. Não debater sobre esse tema é desperdiçar materiais disponíveis e a oportunidade do educador sair dos moldes tradicionais de apresentação de suas aulas. Desta forma, apresentam-se algumas justificativas importantes que esta proposta abrange, tais como:

- a) Conscientizar o aluno quanto aos benefícios do descarte correto de resíduos eletroeletrônicos;
- b) Viabilizar visitas dos alunos, na comunidade, para informar as consequências do descarte incorreto de resíduos eletroeletrônicos no meio ambiente e ao mesmo tempo recolher alguns desses materiais para aulas práticas;
- c) Melhorar as bases teóricas dos alunos, de forma contextualizada e interdisciplinar;
- d) Aproveitar materiais viáveis sem custo ou prejuízo.

Soma-se a estas justificativas, uma pequena quantidade de artigos e publicações que abordam o tema: resíduos eletroeletrônicos para suprir a falta de componentes eletrônicos para o ensino de Física.

Considerando o destino incorreto de eletroeletrônico e a falta de material eletrônico para observação das grandezas elétricas em experimentos de eletrodinâmica surgiu o problema de pesquisa desse trabalho: “como conseguir componentes eletrônicos sem custo para atividades práticas de circuitos elétricos beneficiando o meio ambiente?”

Acreditamos na hipótese de que o assunto “circuitos elétricos com resíduos eletroeletrônicos” possa proporcionar atividades mais envolventes quando comparadas com as aulas tradicionais; que a montagem de circuitos elétricos utilizando componentes de resíduos eletroeletrônicos tenha para o aluno mais significado no mundo em que vive.

1.1 Objetivos

O objetivo geral dessa pesquisa é a elaboração de circuitos eletrônicos, com componente de resíduos eletroeletrônicos, para os discentes do terceiro ano do ensino médio. Alunos estes que frequentam escolas públicas localizadas no município de Fortaleza no estado do Ceará.

Visando o objetivo geral pretende-se:

- a) Recolher resíduos de material eletrônico na comunidade e estocar na escola;
- b) Separar resistores, entre outros componentes;
- c) Realizar a montagem de circuitos elétricos;
- d) Observar os efeitos das grandezas elétricas (corrente elétrica e diferença de potencial elétrico) na associação de resistores ligados em série com auxílio de um multímetro.

1.2 Organização do texto

O trabalho está dividido em seis capítulos. No primeiro capítulo apresenta-se uma breve contextualização, a problemática, a justificativa, a hipótese e os objetivos.

No segundo capítulo descrevemos os primeiros indícios das tentativas de ensino com atividades práticas de Física, com participação efetiva dos alunos, no Brasil.

No terceiro capítulo discutimos umas das causas da grande quantidade de resíduos eletroeletrônicos e suas consequências ao meio ambiente.

No quarto capítulo apresentamos a nossa proposta de metodologia de ensino

que pode ser aplicada em turmas de alunos do ensino médio no decorrer das aulas teóricas.

Para finalizar discutiremos na conclusão de nossa pesquisa a sua viabilidade prática e logística necessárias para que se possa ter bons resultados e tirar o máximo proveito da experiência.

2 ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL

No início do século XIX, o método experimental de ensino fundamentou-se em equipamentos de demonstração. Isso porque o professor nas aulas de atividades experimentais apenas apresentava e descrevia o funcionamento do equipamento. Esse modo de fazer atividades experimentais corriqueiramente era feito em todo mundo e perdurou por décadas (GASPAR 2014, p. 12).

“Os equipamentos eram construídos artesanalmente e em dimensões suficientemente grandes para que pudessem ser visto a distância o que os tornavam caros. Por isso, poucas escolas podiam dispor de um acervo significativo deles.” (GASPAR 2014, p. 13).

A forma das atividades experimentais segundo Gaspar (2014, p. 13-14) foi direcionada exclusivamente para os moldes tradicionais de ensino, onde:

- o professor detinha a autoridade do saber;
- o aluno se mantinha em atitude passiva: dele se exigia e/ou preferencialmente a memorização e a reprodução das palavras do professor ou do livro didático;
- privilegiava-se o cumprimento do currículo, que obedecia a uma seqüência de conteúdos consagrada pelos próprios livros didáticos ou imposta a eles e às escolas por regulamentações oficiais.

Em contraposição a prática pedagógica tradicional surgiu no final do século XIX, na Europa, um movimento denominado Escola Nova. Este movimento era formado por filósofos e pedagogos que ressaltavam a importância do papel do aprendiz na aquisição do conhecimento (MENDES e COSTA, 2020).

O Brasil, na primeira metade do século XX passou por transformações em sua estrutura social. Em consequência de vários fatores precisou de novas ideias. O setor educacional foi então apontado como caminho promissor para o embasamento das novas alterações. Segundo Junior (2018, p. 3),

No Brasil, o “escolanovismo” se desenvolveu nos anos 1930 no momento em que o país sofria importantes mudanças econômicas, políticas e sociais como: aceleração do processo de urbanização e expansão da cultura cafeeira e progresso industrial da nação. O rápido processo de urbanização e a ampliação da cultura cafeeira trouxeram o progresso industrial e econômico para o país, porém, com eles surgiram graves desordens nos aspectos políticos e sociais, ocasionando uma mudança significativa no ponto de vista intelectual brasileiro.

De acordo com Ribeiro (1993, p, 22).

A influência dos escolanovistas foi marcante, e a ação de educadores como Fernando de Azevedo e Anísio Teixeira, trouxe para a realidade educacional brasileira, idéias e técnicas pedagógicas dos Estados Unidos da América, representadas pela filosofia educacional de John Dewey. Um aspecto negativo do pensamento dos pioneiros é que a realidade brasileira era totalmente adversa da realidade americana ou européia.

Em 1931 o Chefe do Governo Revolucionário Provisório, Getúlio Vargas, solicitou, na IV Conferência Nacional de Educação (CNE), a elaboração das diretrizes para uma nova prática pedagógica (LEMME, 2005, p. 171).

Em 1932, a solicitação de Getúlio Vargas foi atendida. De acordo com Junior (2018, p. 5), trata-se de um documento escrito por 26 educadores, com o título “Manifesto dos Pioneiros da Educação Nova - A reconstrução educacional no Brasil: ao povo e ao governo”.

Entre indicações contidas no documento Junior (2013, p. 8), afirma ainda que,

O Manifesto é contra a escola tradicional que coloca a educação como um privilégio fornecido pela condição econômica e social do indivíduo, ou seja, voltada para a satisfação de interesses classistas e defende a escola socializadora que estabelece entre os homens o espírito de disciplina, solidariedade e cooperação assumindo uma educação a partir de um caráter biológico reconhecendo ao indivíduo o direito de ser educado.

Figura 1 – Anísio Teixeira e Fernando de Azevedo.



Fonte: http://www.multirio.rj.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=902&Itemid=118 (adaptado).

Na década de 1950, na Europa, um fato desacreditou, ainda mais, a pedagogia tradicional. De acordo com Gaspar (2014, p. 17),

[...] a então União Soviética (URSS) lançou o Sputnik, primeiro satélite artificial da Terra. Fazia doze anos que a Segunda Guerra Mundial havia terminado, deixando o mundo dividido em dois grandes blocos - o capitalista liderado pelos Estados Unidos, e o comunista liderado pela URSS -, que disputavam a hegemonia mundial. O período em que prevaleceu essa disputa foi chamado de Guerra Fria.

Com sua conquista tecnológica, a União Soviética fez com que as autoridades dos Estados Unidos fizessem mudanças. Para conseguir retomar o seu lugar na liderança hegemônica mundial uma das atitudes foi modificar a prática pedagógica de ensino, em suas escolas, com ênfase na área das Ciências, Gaspar (2014, p. 19).

De acordo com Pereira e Moreira (2017, p. 266),

A corrida espacial no final da década de 1950, em plena Guerra Fria, com o lançamento pela União Soviética do primeiro satélite artificial, o Sputnik, em 1957, motivou movimentos de reforma curricular do ensino das ciências naturais. Dessa forma, particularmente nos Estados Unidos, na década de 1960, projetos como o Physical Science Study Committee (PSSC), Harvard e o Biological Science Curriculum Study (BSCS) vieram acompanhados da ênfase na componente prático-experimental para o ensino das ciências naturais como resposta a uma suposta supremacia do ensino de ciências das escolas soviéticas. No caso da física, especificamente, essa componente muito se aproximava de um laboratório científico de cunho experimental, em que o aluno percorreria etapas pré-determinadas na realização de um experimento científico tal como um aprendiz de cientista, fazendo uso “do método científico”.

Uma comissão, Physical Science Study Committee (PSSC), já havia sido formada, nos Estados Unidos, um ano antes do lançamento do Sputnik, com o ensejo de reformular o ensino de Física. Quatro anos mais tarde, esta comissão lançou um livro texto com a proposição de uma nova abordagem de ensino, com ênfase na prática do aluno nas atividades experimentais e uma nova proposta curricular no ensino de Ciências.

O projeto PSSC foi formulado com duas conjecturas. A primeira foi um novo currículo educacional baseado nas ideias de Jerome Seymour Bruner (psicólogo e professor); a segunda foi a relevância da experimentação para todo assunto apresentado. Isso fez com que essa proposta de ensino fosse conhecida como método de redescoberta, Gaspar (2014, p. 23).

“Não demorou muito para que tais projetos de ensino fossem conhecidos internacionalmente e, assim, traduzidos e/ou adaptados para o contexto brasileiro, com

destaque, no ensino da física, para os projetos Harvard e PSSC”, Pereira e Moreira (2017, p. 266).

Na década de 1960 a realização do PSSC, no Brasil, aconteceu por meio de duas instituições. A primeira, a Editora Universidade de Brasília ficou responsável por editar os textos e a segunda, Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino da Ciência (Funbec), a responsável por produzir o material para as atividades experimentais, Gaspar (2014, p. 24).

Uma segunda edição desses livros textos data do ano de 1970. A Figura 2 mostra a capa do livro, impressa por outra editora. A parte prática dos assuntos, ou seja, o manual das atividades experimentais era encontrado nas páginas finais, conforme mostrado na Figura 3.

Figura 2 – Livro de Física PSSC 2ª Edição.



Fonte: Autoral.

A consolidação das aplicações do PSSC não logrou êxito, Gaspar (2014, p.24). Apesar de seu abandono, seus moldes serviram de modelo para outros projetos, como por exemplo, o The Nuffield Physics Project que foi idealizado na Inglaterra e o Projeto Harvard (Harvard Project Physics), proposto em 1975 que foi muito semelhante ao PSSC, mas com ressalvas de importância humanista, histórica e cultural, tendo uma primeira versão em 1970, Gaspar (2014, p. 26).

No Brasil, na década de 1970 também foram desenvolvidas novas abordagens

para o ensino de Física. Mas, assim como o projeto PSSC, os projetos, Física Auto-Instrutiva (FAI) e o Projeto de Ensino de Física (PEF), não tiveram sucesso, Pena e Filho (2009, p. 425).

Figura 3 – Orientações práticas do manual do livro de Física.



Fonte: Autoral.

Entre as causas dos fracassos das propostas que se basearam no PSSC estão “[...] o alheamento, por parte daqueles que formularam as propostas, da realidade educacional para a qual elas eram destinadas.” (GASPAR, 2014, p.29).

Ainda, de acordo com Gaspar (2014, p. 30),

“A segunda causa desse fracasso se deu a uma fundamentação pedagógica unânime e equivocada: a crença na aprendizagem individual do aluno por meio de sua interação direta com o material produzido. A ideia de que os alunos poderiam redescobrir as leis científicas por meio de atividades experimentais – defendida, sobretudo, no PSSC e PEF – não é apenas um equívoco pedagógico, mas, principalmente, epistemológico.

2.1 A epistemologia no ensino através de experimento prático

A Filosofia é a área que aborda o conceito da epistemologia. Como a etimologia da palavra é grega, episteme e logos, o seu significado leva para algumas interpretações, como por exemplo, “teoria racional do conhecimento seguro” Castañon (2007, p. 06), ou “discurso científico ou saber científico” Souza (2010, p. 05), entre outros. Portanto, percebe-se que a epistemologia possui acepções variadas, mas que pode convergir para o estudo mais específico. No caso da ciência, “a epistemologia se ocupa

com a produção do conhecimento e com os processos do conhecer. Não ignoramos as raízes sociais da produção do saber científico, porém, a epistemologia procura analisar criticamente as teorias científicas”, Souza (2010, p. 05).

Platão (430–347 a.C.), em seu Teeteto definiu o que seria o conhecimento. A partir do século XVII, René Descartes e John Locke melhorou essa explicação sob a súplica da ciência moderna da época.

Contudo, uma indagação surgiu naturalmente no âmbito da filosofia. Um questionamento relevante e inerente foi saber como o conhecimento seria assimilado. Assim, mostram-se duas linhas de pensamentos, em busca de conclusões e justificavas. A primeira delas foi a escola “racionalista”. Esta escola defendia que seria a razão o meio necessário para o conhecimento. A segunda foi a escola “empirista” que interviu a favor da experiência, com destaque para sensações e reflexões.

No entanto, quando se quer estudar a epistemologia da ciência, deve-se investigar sobre os pensadores que procuram inquerir como se incorpora um conhecimento de natureza científica. Nesse aspecto, entre outros, estão às ideias precursoras do físico e filósofo Thomas Samuel Kuhn, já na epistemologia da ciência contemporânea.

2.1.1 Experimento/experimentação ou atividade prático-experimental e a classificação

A pesquisa de Lima e Teixeira (2011) classificou o tema experimento/experimentação em:

- i. Experimento investigativo, aqueles que problematizavam e consideravam possíveis respostas, sem roteiro pré-definido e rigorosos e sem resultados pré-determinados;
- ii. Experimento Demonstrativo, realizado unicamente por uma pessoa, comumente o professor, para que os demais participantes observem os procedimentos e resultados sem que os mesmos interfiram na manipulação da atividade;
- iii. Experimento Comprobatório, os participantes executam o procedimento e etapas pré-definidos por um roteiro, confirmando o que já havia sido discutido anteriormente ou antecipando o que será exposto na teoria, não havendo possibilidade de resultados diferentes dos já pré-determinados;
- iv. Experimento Laboratorial, executado para estabelecer um conhecimento ainda não apresentado ou confirmado pela ciência, com caráter estruturado para uma pesquisa experimental. Outra categoria, a v. Discussão Conceitual apresenta textos que historiava ou discutia a epistemologia do conceito experimento, não se propondo descrever a realização e análise de um evento didático metodológico com experimento/experimentação para confirmar ou construir novo conhecimento científico. (LIMA; TEIXEIRA, 2011, p. 8).

Entretanto, há de se esclarecer que, nos dias atuais, se pode utilizar outra expressão (sinônimo) no lugar do termo “experimento”, como, por exemplo, “atividade prático-experimental”.

De acordo com Pereira e Moreira (2017, p. 268),

[...] em termos pedagógicos, mais adequada a utilização da expressão atividade prático-experimental para caracterizar as atividades realizadas no contexto de ensino de ciências, uma vez que nesse contexto nem o professor e nem o estudante desempenham o papel de um cientista, tampouco detêm de todo o background necessário ao desenvolvimento de um experimento tal como um cientista em seu laboratório

2.1.2 O laboratório didático e o método utilizado na atividade prático-experimental

O Laboratório Didático é apontado como impactante, no sentido produtivo, quando se trata do processo de ensino-aprendizagem. Professores e pesquisadores de ensino de ciências defendem com grande afinco sua utilização. “A aceitação tácita do laboratório didático no ensino de Física é quase um dogma, pois dificilmente encontraremos um professor de Física que negue a necessidade do laboratório.” Filho (2000, p. 45).

Borges (2002) afirma que várias escolas possuem algum equipamento para experimento prático e laboratório. No entanto, por falta de manual de funcionamento, falta de verbas para reposição de componentes e peças, além da falta de tempo de preparo das atividades, os professores infreqüentemente utilizam os laboratórios didáticos.

Contudo, cabe ao professor superar as dificuldades encontradas no decorrer da sua carreira profissional. De acordo com Silva (2017, p. 10),

Os desafios para a realização de atividades experimentais não estão muito distantes dos mesmos desafios encontrados para a realização das tradicionais aulas expositivas em sala. Porém a realização de atividades experimentais exige mais dedicação e preparação por parte do professor, para que as práticas de campo estejam relacionadas ao que está sendo apresentado em sala de aula.

A citação acima permite a sugestão de que o professor, em sua atuação educacional, tenha motivação para fazer o diferencial. “A motivação do professor em desenvolver os assuntos de sua disciplina, e principalmente a realização de atividades práticas, é fator preponderante para que os alunos também se sintam motivados e

valorizados.” (SILVA, 2017, p. 10).

Aulas de campo e aulas no laboratório didático estão dentro do contexto de uma atividade prático-experimental, ou seja, a proposta de transmissão de conhecimento pode acontecer fora ou dentro das dependências de um laboratório didático.

De acordo com Pereira e Moreira, (2017, p. 267),

[...] trabalho laboratorial não demanda necessariamente o espaço físico de um laboratório, assim como uma atividade nesse contexto de trabalho não necessariamente demanda um trabalho experimental, podendo ser um trabalho prático.

A metodologia empregada é outro ponto a se considerar. Pereira e Barros (2011, p. 4401-2) afirmam que,

No Brasil, em geral, as aulas de laboratório no ensino médio se reduzem a procedimentos pré-determinados em que os estudantes devem utilizar equipamentos, fazer medidas, registrá-las e relatar os resultados. Pouco incentivo é dado à sua reflexão sobre a conceituação envolvida no experimento, ao desenvolvimento da própria atividade experimental, ao planejamento das medições, à exploração das relações entre grandezas físicas, aos testes de previsões ou à escolha entre diferentes explicações propostas para interpretação dos dados e explicação do fenômeno. É comum a justificativa de falta de tempo, mencionada como fator primordial para poder cumprir o programa, priorizando a teoria com resolução de problemas em detrimento da abordagem experimental.

A citação acima converge para o emprego de um método de laboratório divergente, onde não se exige uma abordagem rigorosa. Segundo Filho (2000, p. 47),

O laboratório divergente foi uma proposta que veio de encontro ao laboratório tradicional (ou convencional), pois não apresenta a rigidez organizacional deste. A ênfase não é a verificação ou a simples comprovação de leis ou conceitos explorados com exaustão no laboratório tradicional. Sua dinâmica de trabalho possibilita ao estudante trabalhar com sistemas físicos reais, oportunizando a resolução de problemas cujas respostas não são pré-concebidas, adicionado ao fato de poder decidir quanto ao esquema e ao procedimento experimental a ser adotado.

Por meio da metodologia de ensino por investigação, a prática de laboratório divergente, pode obter bons resultados nos objetivos em se tratando do desenvolvimento de habilidades e atitudes do aprendiz, além de outras qualidades. De acordo com Pereira e Moreira (2017, p. 274),

O caráter investigativo e problematizador de atividades práticas pode viabilizar

a relação entre aspectos teóricos e empíricos e facilitar, por exemplo, o domínio da linguagem científica (um dos objetivos do ensino médio no Brasil segundo documentos oficiais nas diversas esferas).

Outro aspecto importante é a “prática social de referência” que segundo Astolfi (1995, p. 53 *apud* SILVA, 2017, p. 50),

Deve-se, de maneira inversa, partir de atividades sociais diversas (que podem ser atividades de pesquisa, de engenharia, de produção, mas também de atividades domésticas, culturais...) que possam servir de referência a atividades científicas escolares, e a partir das quais se examina os problemas a resolver, os métodos e atitudes, os saberes correspondentes. (1995, p. 53).

Salienta-se, ainda, numa atividade prático-experimental, que o manuseio de aparatos simples pode desempenhar papel importante no processo de ensino-aprendizagem. De acordo com Castelan e Rinaldi (2018, p. 314),

As atividades experimentais não devem estar prioritariamente associadas a grandes demonstrações, com equipamentos sofisticados. Muitas vezes, experimentos simples podem ser realizados em casa, no pátio da escola, ou na sala de aula, com materiais do dia-a-dia, levando a descobertas importantes. É dessa experimentação que devemos promover.

3 O IMPULSO DO SURGIMENTO DOS RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS

Quando o assunto é tecnologia, a chamada obsolescência programada pode vir à tona. Trata-se da forma na qual um produto se torna ultrapassado de modo pré-determinado e como consequência não é mais utilizado por seu proprietário. Segundo Vance Parckard (1965, p. 51 *apud* ROSSINI e NASPOLI, 2017, p. 53):

[...] relaciona três formas pelas quais um produto pode se tornar obsoleto, pela obsolescência de: função (um produto novo executa a função melhor que o existente)³, qualidade (o produto é projetado para quebrar ou ser gasto em menor tempo do que o normal) e desejabilidade (quando um produto, que funciona perfeitamente, passa a ser considerado antiquado devido ao lançamento de outro, tornando-o menos desejável).

O fato precursor daquilo que viria a ser denominado de obsolescência programada ou planejada se deu primeiramente com as lâmpadas elétricas. Um acordo firmado com as fabricantes de lâmpadas dos Estados Unidos e Europa, em 1924, foram determinados a diminuição do tempo da vida útil de seus produtos. Com esse acordo as fabricantes de lâmpadas do continente da América e Europa ficaram conhecidas como cartel de S.A Phoebus, Conceição, Conceição e Araújo (2014, p. 91). Este foi o primeiro caso de determinar a durabilidade de um produto antes mesmo de sua fabricação. Esta ideia, após algumas décadas, retornou com um novo nome, Rossini e Naspoli (2017, p. 54).

O surgimento do termo obsolescência programada se deu em 1932. Nesta época, os Estados Unidos estava se recuperando do seu enorme problema econômico, que aconteceu três anos antes. Recebeu o nome de A Crise de 1929 ou a Grande Depressão. Em meio à recessão, o investidor imobiliário americano Bernard London publicou um artigo com o título “Ending the Depression Through Planned Obsolescence” (Fim da depressão através da obsolescência planejada) sugerindo definir o tempo de funcionamento de um produto de consumo, já, no instante de sua fabricação. Entretanto, a obsolescência programada não foi adotada nessa década, Conceição, Conceição e Araújo (2014, p. 92).

Após a Segunda Guerra Mundial (1939-1945), a ideia de Bernard foi lembrada. Utilizando o meio de comunicação, a população foi atraída para consumir cada vez mais e mais, através de propagandas que ofertavam aparelhos esteticamente mais bonitos e com novas funções. Essa prática de consumo sem a devida necessidade, ou seja,

com apenas o desejo de se querer o moderno e o novo recebeu o nome de obsolescência percebida e tem o mesmo objetivo da obsolescência programada, ou seja, o consumo exacerbado, Conceição, Conceição e Araújo (2014, p. 92-93).

A estratégia que em outrora foi solução para uma crise econômica agora tem seu efeito colateral. Com a obsolescência programada e a rápida evolução dos produtos eletroeletrônicos surgiram toneladas de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REE), Rossini e Naspolini (2017, p. 66).

A Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) define o REE como sendo produtos eletrônicos que perderam sua vida útil. No entanto, segundo a agência, só ganham esta denominação quando já não resta viabilidade de conserto, (ABDI, 2013, p. 17).

Segundo Rossini e Naspolini (2017, p. 67),

Os REE não podem ser confundidos com lixo (coisa sem valor ou utilidade) porque podem passar pelo processo de reciclagem e reutilização (art. 3º, XIV e XVII). Este mercado de reaproveitamento dos REE é economicamente viável e potencialmente lucrativo, conforme estudo realizado pela ABDI.

Grande quantidade de resíduos eletroeletrônicos é abandonada de forma inadequada. Uma das alternativas de combater este grave problema é através da educação. Segundo Rossini e Naspoli,

A efetiva diminuição dos resíduos sólidos, em especial dos REE, não está apenas na coleta seletiva, logística reversa e responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, mas em uma educação ambiental que promova um consumo e produção responsáveis, capazes de alterar os atuais padrões de produção e consumo, baseados no descarte antecipado dos produtos, para padrões responsáveis que se pautem nos 3Rs (reduzir, reutilizar e reciclar), como forma de alcançar o desenvolvimento sustentável e a preservação do meio ambiente e da qualidade de vida das futuras gerações. (2017, p.68).

A Política dos 3R's foi proposta em 1992, durante a realização da Conferência da Terra, no Rio de Janeiro. Trata-se de atitudes visando diminuir os impactos negativos no âmbito socioeconômico e ambiental, do descarte de resíduos, Ushizima, Marinz e Jr. (2014, p. 2).

3.1 Educação ambiental no contexto das atividades prático-experimentais

Um importante tema que pode ser abordado no decorrer da efetivação das

atividades da proposta deste trabalho é a educação ambiental. Segundo Dias, Leal e Junior (2016, p. 99),

O tema Educação Ambiental emerge de um contexto de crise ambiental mundial e remonta às grandes Conferências sobre Meio Ambiente que aconteceram em fins do século passado. Dentre elas, destacamos a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente Humano em Estocolmo (Suécia, 1972), e Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio de Janeiro, 1992). Outros eventos como o Colóquio Internacional sobre Educação Ambiental ocorrido em 1975, em Belgrado, capital da Sérvia, e a Conferência Intergovernamental sobre Educação Ambiental realizada em Tbilisi, Geórgia (ex-URSS) em 1977, ambas organizadas pela UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura e o PNUMA (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente), discutiram especificamente o tema em âmbito global.

A modernidade e a tecnologia fazem surgir uma nova cultura. De acordo com Dias, Leal e Junior, (2016, p.17),

Nos últimos séculos houve um grande crescimento do conhecimento humano, com amplo desenvolvimento das ciências e da tecnologia, ao mesmo tempo em que ocorreram mudanças nos valores e modos de vida da sociedade: surgimento do processo industrial, crescimento das cidades, aumento da utilização dos recursos naturais e geração de resíduos. Essa profunda mudança cultural afetou também a percepção do ambiente pelos seres humanos, que passaram a vê-lo como um objeto de uso para atender suas vontades, sem se preocupar em estabelecer limites e critérios apropriados. Mas, surgem as consequências dessa cultura moderna: esse modelo de desenvolvimento impacta fortemente o ambiente natural, e gera problemas ambientais.

A denominação do termo Educação Ambiental, também identificado com a sigla EA, foi provida em um acontecimento que houve na Universidade de Keele, no Reino Unido, em 1965, Dias, Leal e Junior, (2016, p. 19),

No Brasil, o Código Ambiental (Lei Nº 4.771, de 1965, Art. 43), tratou da importância de se debater o meio ambiente na esfera educacional. Porém foi apresentado apenas como forma de conscientização ambiental da floresta, propondo comemorações nas instituições de ensino, na chamada Semana Florestal, Dias, Leal e Junior (2016, p. 100).

Com o início das reformas curriculares nos anos de 1990, o Ministério da Educação e Cultura (MEC), elaborou em 1997 documentos em prol dos Componentes Curriculares. Foram designados de Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e definiram o assunto de Meio Ambiente e Saúde como sendo Temas Transversais. Contudo, somente em 1999 foi instituída a Política Nacional da Educação Ambiental (Lei nº 9.795/1999),

destacando a relevância do assunto EA. Nesta lei, o MEC declarou como obrigatória a Educação Ambiental em todas as instituições de ensino e em todos os níveis, Dias, Leal e Junior (2016, p. 100).

A educação referente ao descarte correto dos Resíduos de Equipamentos Eletrônicos tem grande relevância no cenário atual. Sabe-se que o REE possui várias substâncias químicas. Sendo assim, quando se torna lixo eletrônico propriamente dito, deve ter um destino diferente. De acordo com Friedrich (2014, p. 52),

O lixo eletrônico diferencia-se dos outros tipos de resíduos devido a sua composição variada, sua alta complexidade de reciclagem e também pela toxicidade de algumas substâncias que a compõe. Por essa razão a destinação destes resíduos após serem gerados não deve ser a mesma que a dos resíduos domésticos (plásticos, vidros, papéis, entre outros).

3.1.1 Classificação, composição e consequências dos Resíduos Eletroeletrônicos no meio ambiente

Atualmente, no comércio pode-se encontrar vários equipamentos eletroeletrônicos. De acordo com Natume e Anna (2011, p. 1)

A acelerada revolução tecnológica dos últimos anos produziu inúmeros equipamentos em larga escala com variadas utilidades, propiciando um aumento na quantidade e diversidade de equipamentos eletroeletrônicos. Tudo isso, fruto da necessidade que a humanidade vem adquirindo de inovações que facilitem seu cotidiano, reduzindo esforços e distâncias.

Segundo a ABDI, os aparelhos eletrônicos dividem-se em quatro tipos. Na Figura 4 observa-se como os aparelhos são classificados de acordo com a cor.

Nesse sentido observa-se que a quantidade de elementos químicos depende da categoria do equipamento eletroeletrônico. De acordo com Friedrich (2014, p. 53),

[...] sendo os da linha branca compostos principalmente por metais, os da linha marrom basicamente por plástico e vidro, enquanto que os equipamentos da linha verde são compostos majoritariamente por metais e plásticos. Basta fazermos uma simples comparação: uma geladeira (linha branca) possui muito mais ferro em sua composição do que um televisor (linha marrom).

Uma atenção importante é dada para os equipamentos eletroeletrônicos que possuem determinados tipos de metais. Segundo Friedrich (2014, p. 57),

[...] não podemos deixar de destacar que algumas das substâncias que compõem os equipamentos eletroeletrônicos ou que são utilizadas durante sua fabricação são tóxicas para os seres vivos e ainda podem contaminar o solo e

mananciais se descartados inadequadamente. Entre os elementos químicos tóxicos que compõem os REEE podemos destacar alguns como: cádmio (Cd), cobre (Cu), chumbo (Pb), mercúrio (Hg) e arsênio (As).

Figura 4 – Cores indicando os tipos de equipamentos.



Fonte: Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (2013, p.29).

Possuidores de alguns elementos químicos, conhecidos através do termo “metais pesados”, os REEE’s podem se tornar perigosos caso não seja devidamente descartados. A União internacional da Química Pura e Aplicada (IUPAC), não reconhece este termo, embora muitos autores e educadores a utilizem, Friedrich (2014, p. 57).

De acordo com Tanaue *et al.* (2015, p. 131),

O lixo eletrônico descartado de maneira incorreta degrada o meio ambiente e traz danos à saúde da população, por conter metais pesados utilizados nos componentes de placas eletrônicas para a fabricação de computadores, celulares, televisores, pilhas, baterias, impressoras, entre outros.

Quando a população se desfaz do lixo eletrônico sem dar a destinação correta, esse material é depositado em aterros sanitários, e as substâncias químicas presentes nesses materiais podem contaminar o solo e atingir o lençol freático. Ao entrar em contato com lençóis freáticos, essas substâncias de metais pesados como ouro, prata, gálio, mercúrio, arsênio, cádmio, chumbo, berílio entre outros, contaminam a água que poderá ser utilizada para irrigação nas plantações, para dar água a rebanhos e conseqüentemente o alimento ou a carne podem vir a contaminar o homem.

Com a mudança da transmissão de sinal analógico para o digital e a nova tecnologia de monitores display de cristal líquido (LDC), LED e plasma, não é difícil

encontrar, por exemplo, aparelho de televisores de tubo de raios catódicos (CRTs), abandonados em locais inadequados, como aterros e lixões ou até mesmo em vias públicas. Ainda de acordo com Oliveira (2013, p.5), “Quando exposto sob certas condições, similares encontradas nesses ambientes, o chumbo e outros metais presentes no vidro do tubo CRT sofrem lixiviação. Sendo assim, a área envolta ao descarte torna-se contaminada com chumbo”. Na Figura 5 é possível observar alguns tubos de raios catódicos jogados em local inapropriado

Figura 5 – TRC's jogados em lixo comum.



Fonte: Autoral.

Neste sentido, Musson (2000 *apud* OLIVEIRA, 2013),

. [...] os tubos CRTs podem ser lixiaviados e atingir concentrações de chumbo superiores aos padrões permitidos em vários órgãos ambientais. Através da norma *Toxicity Characteristic Leaching Procedure - TCLP*, os valores dos lixiaviados de chumbo compreendem as faixas de 6,0 até 347 mg/L.

Em proporções normais, alguns metais podem gerar benéficos para saúde. Porém, excedendo os limites podem ter graves consequências. Uma pessoa contaminada por metais pesados pode apresentar sintomas de doença. Estes sintomas podem ser observados no quadro abaixo.

Tabela 1 – Efeitos dos metais pesados à saúde humana.

Componente	Efeito na Saúde	Onde é usado
Chumbo	Causa danos ao sistema nervoso e sanguíneo.	Computador, celular, televisores.
Mercúrio	Causa danos cerebrais e ao fígado.	Computador, monitor e TV de tela plana.
Cádmio	Causa envenenamento, danos aos ossos, rins, pulmões e afeta o sistema nervoso.	Computador, monitores de tubos antigos, baterias de laptop.
Arsênico	Causa doenças de pele, prejudica o sistema nervoso e pode causar câncer no pulmão.	Celular.
Berílio	Causa câncer no pulmão.	Computador, Celular.
Retardantes de chamas (BRT)	Causam desordens hormonais, nervosas, reprodutivas.	Diversos componentes eletrônicos para prevenir incêndios.

Fonte: Adaptado de Favera *apud* Tanaue *et al.* (2015, p. 131).

3.1.2 Componentes auxiliares do TRC para reutilização em circuitos elétricos simples

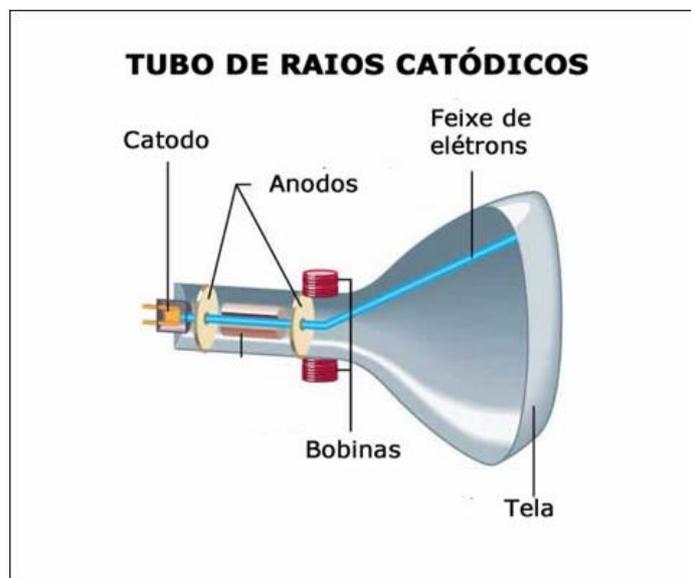
O tubo de raios catódicos (TRC) de um televisor é responsável por reproduzir imagens em sua tela. Um feixe de elétrons percorre a tela de acordo com o desvio ocasionado por bobinas energizadas. O TRC é vedado a vácuo.

A Figura 6 exemplifica um TRC e seu feixe de elétrons, em um ponto, na parte frontal do tubo. Para realizar a projeção de imagens dinâmicas, em sua tela, o TRC funciona em conjunto com componentes adicionais. Nesse sentido, um dos componentes que serve de sustentação para todos os outros é a denominada Placa de Circuito Impresso (PCI). De acordo com Filho (2013, p. 22),

Todos os dispositivos fabricados pelas indústrias de eletroeletrônicos, nas áreas de telecomunicações, informática, consumo ou automação possuem placas de circuito impresso. A PCI tem uma dupla função. Primeiro, ser o substrato que

prove a sustentação mecânica dos componentes eletrônicos que formam o circuito, tais como resistores, capacitores, indutores, circuitos integrados, diodos, transistores e outros mais e, segundo, viabilizar as conexões que estabelecem o contato elétrico desses mesmos componentes, pelas trilhas de cobre.

Figura 6 – Diagrama de um TRC.



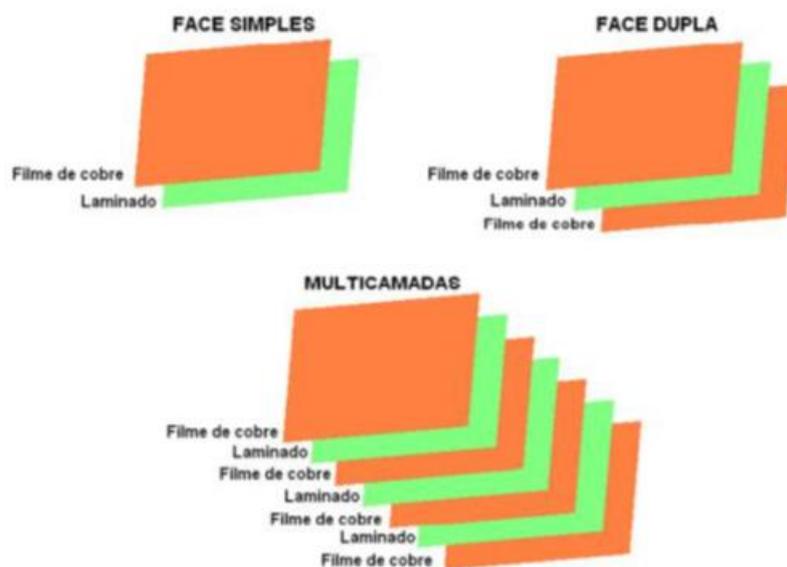
Fonte: <http://danjovic.blogspot.com/2015/02/sinais-de-sincronismo-da-tv-analogica-e.html>.

Basicamente existem dois modos de classificar a PCI. O primeiro pode ser conforme o número de revestimento de trilhas de cobre impressas em sua estrutura isolante. Os três tipos mais usuais encontrados são: face simples, dupla face e multicamadas, Radispiel (2013, p. 22). Na Figura 7 podemos visualizar um desenho com as camadas existentes em uma placa de circuito impresso.

O aspecto real de uma placa de circuito elétrico, de face simples, pode ser visto na Figura 8. Nessa placa, podem ser observadas, em um de seus lados, as trilhas que conduzem corrente elétrica para os terminais dos componentes eletrônicos menores, como por exemplo, resistores, capacitores, bobinas, entre outros. Os pontos de cor prata indicam o local de fixação dos terminais dos componentes.

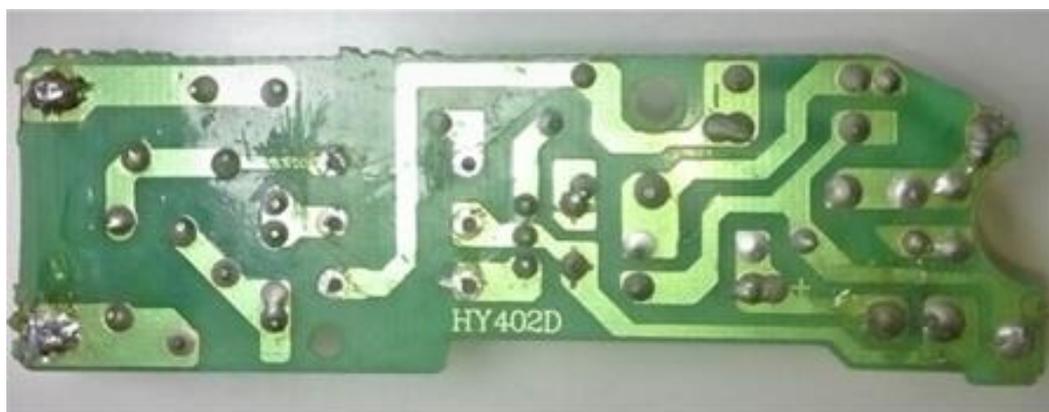
O segundo modo de classificação da placa de circuito elétrico pode ser através do material empregado para confeccioná-la. Recebem as denominações de FR-1, FR-2, as que são compostas por celulose, resina fenólica e cobre ou FR-4, as que são constituídas com fibra de vidro. A sigla FR significa retardante de chama, Radispiel (2013, p. 28).

Figura 7 – Tipos de placas de acordo com o número de camadas.



Fonte: Moraes (2011 *apud* SILVA 2019, p. 22).

Figura 8 – Placa de circuito elétrico simples.



Fonte: Autoral.

De um modo geral, uma placa de circuito impresso de fabricação industrial pode conter vários itens. Nesse sentido, segundo Lee et al. (2004, *apud* RODRIGUES, 2007, p. 78),

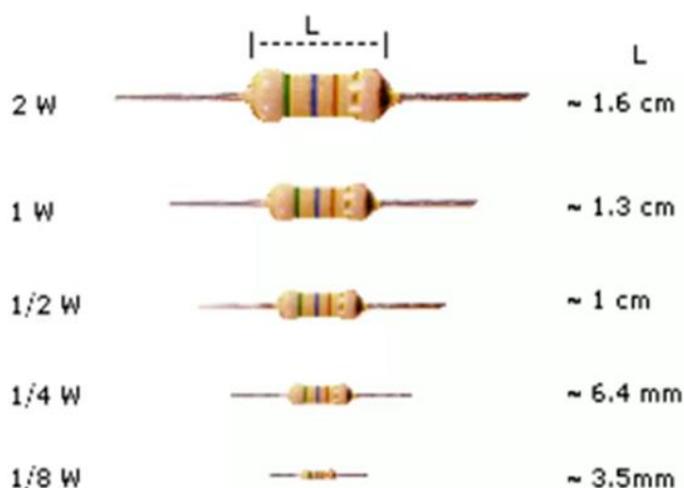
[...] uma típica placa de circuito é composta de resina epóxi, à qual é adicionado um retardante de chama bromado, fibra de vidro e cobre. Os circuitos integrados e as outras partes eletrônicas, geralmente contêm epoxy, silício, ouro, prata, níquel, ferro alumínio e outros metais que são unidos às placas por solda contendo chumbo e estanho. Todos os materiais componentes podem ser reciclados, entretanto a presença de chumbo na solda e dos aditivos antichamas, fazem com que as atividades para recuperação dos metais mereçam atenção redobrada em relação aos riscos à saúde dos trabalhadores envolvidos.

Entre as várias partes, citadas acima, podem ser encontradas acomodados na placa de circuito impresso os chamados resistores. Em termos técnicos, existem vários modelos de resistores cuja resistência varia de acordo com a aplicabilidade. Entretanto classificam-se em resistores fixos e variáveis,

Os resistores mais comuns são os de película ou filme de carbono ou metálico, Silva (2014, p. 7). A eficácia de um resistor em ceder energia térmica para o meio ambiente está diretamente vinculada ao seu tamanho (superfície em contato com o ar). Esta eficácia é expressa na unidade de watts (W), cuja grandeza característica é a potência, Silva (2018, p. 9).

A Figura 9 exemplifica o aspecto de alguns resistores de película metálica de baixa potência de dissipação. Devido ao tamanho reduzido dos resistores, mais comuns, foi adotado um código de cores. Neste código utilizam-se faixas coloridas que indicam unidade, dezenas, valor multiplicador, tolerância e em alguns casos coeficiente de temperatura, Silva (2014, p. 7). Um exemplo do código de cores, associado aos resistores, pode ser visualizado na Figura 10.

Figura 9 – Resistores de película metálica.



Fonte: <https://www.dosban.es/fichaarticulo.php?articulo=4240>.

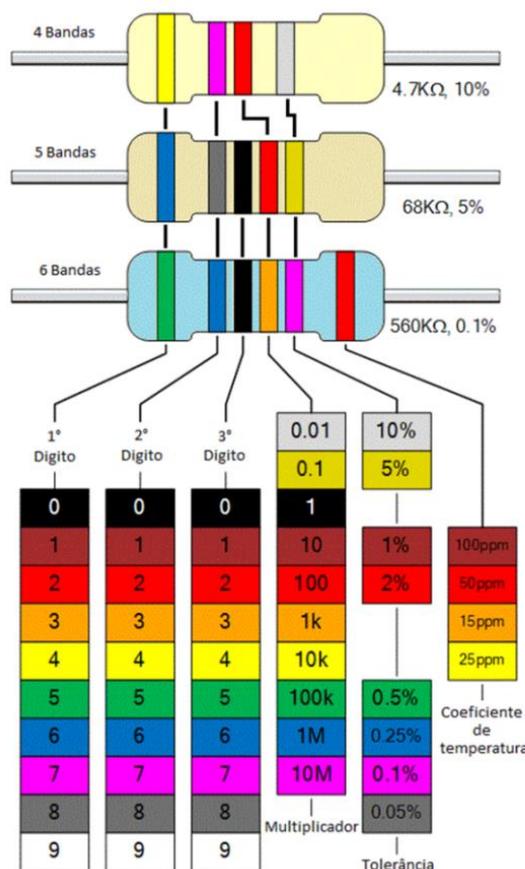
Uma ressalva faz-se necessário quanto às posições das faixas de cores e o sentido da extremidade para leitura de valores. De acordo com Bratti (2017, p. 31),

- As faixas normalmente são agrupadas do lado de um dos terminais, portanto a faixa mais próxima desse terminal é a primeira, ou primeiro algarismo

significativo;

- A primeira faixa nunca deverá ser de cor preta, prata ou ouro, conforme tabela;
- A segunda faixa nunca deverá ser de cor prata ou ouro, conforme tabela;
- Geralmente, quando não se consegue posicionar, faz-se a leitura nos dois sentidos, e a que a tabela não permitir, descarta-se. Entretanto, existem alguns resistores de precisão que se consegue ler pela tabela dois valores diferentes. Os resistores obedecem a uma série de valores comerciais, que basta comparar os dois valores obtidos, para verificar qual deles existe. Depois de todas as tentativas anteriores, essa última é infalível.

Figura 10 – Código de cores dos resistores.

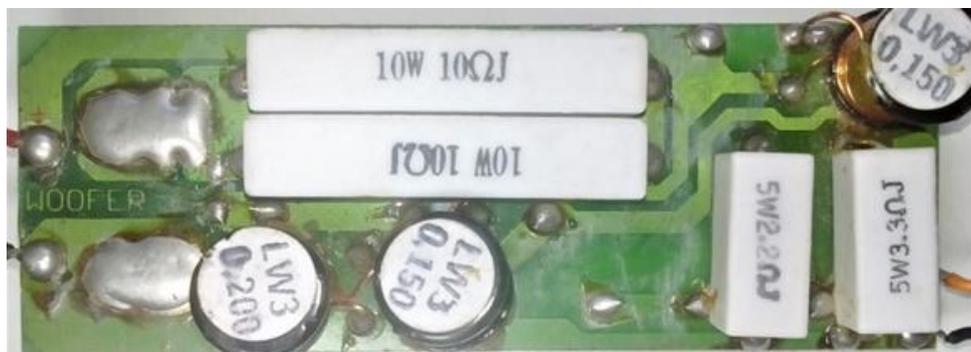


Fonte: <http://www.fvml.com.br/2018/12/tabela-de-resistores-leitura-de.html>.

Entretanto, resistores considerados de grande potência são fabricados com outro tipo de material. Para não se deteriorarem em altas temperaturas suas estruturas possuem fio níquel, sendo assim, denominados de resistor de fio. Geralmente empregados em circuitos de correntes elétricas altas, Silva (2014, p. 10). Na Figura 11, podem ser vistos resistores de fio (com potência de dissipação de 10 W e 5 W), em porcelana, fixados em uma placa de circuito impresso de dupla face. Os valores dos mesmos estão

disponíveis em seus corpos.

Figura 11 – Resistores de fio níquel recoberto com porcelana.



Fonte: Autorial.

Outro elemento passivo que pode ser encontrado em resíduos de sucatas de placas de circuito impresso é o denominado capacitor. Bastante aplicado, em projetos eletrônicos, sua fabricação básica pode ser efetivada com duas placas de alumínio insoladas por um tipo de substância. O material isolante, também conhecido como dielétrico pode ser do tipo ar, cerâmica, papel ou mica, Alexandre e Sadiku (2013, p. 190).

Kemet (2013, apud VITAL e VITAL, 2015, p. 111) afirma que “Os capacitores são componentes destinados ao armazenamento de cargas elétricas, cuja propriedade física capacitância está diretamente relacionada às propriedades dos eletrodos e meio dielétrico.”

Assim como os resistores pode-se encontrar uma grande variedade de capacitores em conjunto com sucatas de PCI's. Bratti (2017, p. 13). aponta,

- Capacitor Eletrolítico: pode ser usado em circuitos de baixa e alta tensão dependendo do valor nominal, possuem uma boa variedade de capacitâncias e são polarizados.
- Capacitor de Poliéster: tem elevadas tolerâncias, podem trabalhar em temperaturas altas e tensões muito altas e tem um custo razoável.
- Capacitor Cerâmico: muito usado em circuitos devido ao seu tamanho diminuto, mas possuem baixas capacitâncias.
- Capacitor de Tântalo: são polarizados, como os eletrolíticos, mas possuem uma grande capacidade para o seu tamanho.
- Capacitor de Mica: tem alta qualidade e desempenho, mas baixa tolerância, e um custo um pouco elevado. Esse tipo de capacitor não é muito utilizado nos dias de hoje.
- Capacitor SMD: São muito pequenos, e podem ter o dielétrico de diversos materiais. Sua montagem em um circuito normalmente é feita por robôs, devido ao seu tamanho.
- Capacitores de Vidro: Usa o vidro como dielétrico. São caros, mas

oferecem um excelente nível de desempenho e qualidade. Uma característica interessante é que esses capacitores são resistentes à radiação nuclear.

➤ Capacitor Variável: pode variar sua capacitância dentro de um intervalo definido, um uso comum desse tipo de capacitor é na sintonia de rádios.

➤ Megacapacitor ou Supercapacitor: São projetados para armazenar e descarregar grande quantidade de energia, como as baterias, só que sua carga e descarga de energia são mais rápidas do que de uma bateria. Suas capacitâncias são altas, da ordem de Farads e na maioria dos casos trabalham com tensões altas.

➤ Capacitor a Óleo: Não é mais fabricado. O capacitor a óleo era muito utilizado em equipamentos valvulados, e onde era necessária alta isolamento. Sua composição era de fitas de alumínio enroladas e isoladas com papel embebido em óleo.

A categorização básica de um capacitor pode ser feita em relação ao valor da sua capacitância (fixa ou variável), e se possui ou não polarização. Na Figura 12 segue um capacitor encontrado em uma sucata de PCI. Seu formato cilíndrico de capacitância fixa possui polarização.

Figura 12 – Capacitor eletrolítico.



Fonte: Autoral.

Trata-se de um capacitor eletrolítico, com três centímetros de diâmetro e quatro centímetros de altura, onde a polarização é indicada por um símbolo de sinal negativo. Associado a este sinal, no mesmo lado, verifica-se o terminal no qual foi soldado na placa de circuito impresso sem perigo de danificá-lo. Nota-se que no capacitor encontra-se impresso o valor limite de diferença de potencial elétrico e a sua capacitância de duzentos de vinte microfarads.

Na Figura 13 podemos observar outros dois tipos de capacitores de capacitância fixa que não possuem polarização. Estes tipos de capacitores também podem ser encontrados com bastante frequência em sucatas de placas de circuitos impressos de televisores com tubo de imagem. Nesta mesma imagem, o capacitor menor foi fabricado com material cerâmico. Os números impressos em seu corpo informam que possui 472 picofarads. A tolerância foi indicada por M e significa que possui o valor de mais ou menos vinte por cento. O capacitor maior foi fabricado com material poliéster. O valor impresso no seu corpo informa que possui sete mil e quinhentos picofarads de capacitância. A letra J significa que o valor de sua capacitância pode variar de mais ou menos cinco por cento.

Figura 13 – Capacitores despolarizados.

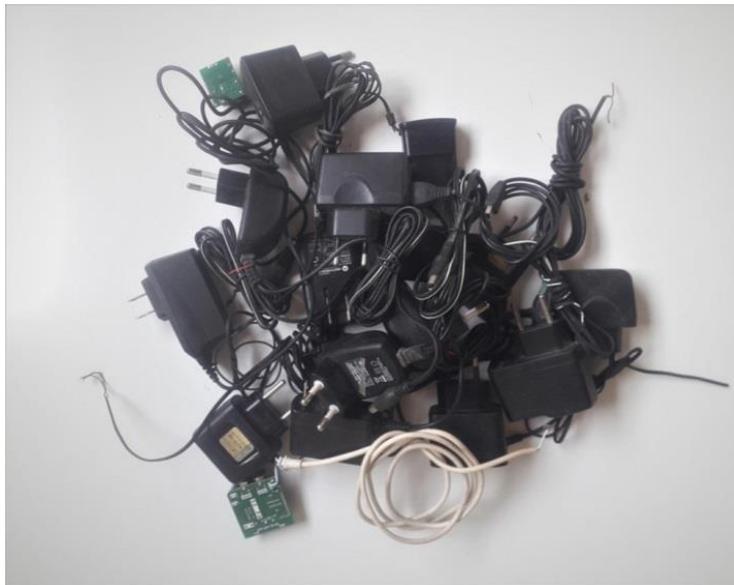


Fonte: Autoral.

Na lista de resíduos de eletroeletrônicos não podemos deixar de citar o celular. Juntamente com o celular encontra-se seu carregador de energia. O carregador pode ter mais tempo de durabilidade do que o próprio celular, causando assim, descarte de material que ainda funciona e pode ter outra finalidade. De acordo com Tanue *et al.* (2015, p. 130),

[...] com o surgimento de aparelhos celulares, hoje considerados indispensáveis na vida do ser humano, a obtenção e descarte de resíduos eletrônicos aumentaram. Isso porque ocorrem modificações a cada lançamento, com melhor resolução e mais recursos, o que acaba incentivando o consumo ou a troca de aparelhos. Essa demanda tem aumentado significativamente o volume de lixo eletrônico e, como consequência, o descarte desse material acaba sendo em lixos comuns ou em lixões onde são queimados, sem precauções e consciência de que o eventual processo pode acarretar danos ao meio ambiente e agravos à saúde.

Figura 14 – Carregadores de baterias de celular.



Fonte: Autoral.

4 PROPOSTA DE ENSINO COM COMPONENTES DE RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS

A apresentação deste trabalho tem o viés estratégico, ou seja, este trabalho trata de uma proposta para ser aplicada por professores para alunos do ensino médio. O propósito, é expor para os alunos de terceiro ano do ensino fundamental, um modo mais acessível para aprofundar seus conhecimentos em teorias de circuitos elétricos simples (componentes eletrônicos e grandezas elétricas) e dar ao mesmo tempo um destino educacional aos denominados Resíduos de Equipamento Elétrico e Eletrônico (REEE) ou também chamados de Lixo Eletrônico (e-lixo).

É aconselhável que no início do ano letivo o professor apresente a proposta junto a direção da escola, sugerindo um trabalho mais impactante não só para a comunidade em que a escola se localiza como também para o conhecimento dos alunos.

O passo seguinte é esclarecer para os alunos a importância e o objetivo do projeto, adiantando que a reutilização de materiais eletrônicos descartados serão aplicados em sua didática no decorrer do ano. Para motivar os alunos, o professor pode “negociar” as notas em relação a uma possível substituição da avaliação parcial ou bimestral.

Esta proposta apresenta um desenvolvimento que pode ocorrer nas seguintes etapas:

1ª – Fazer uma reunião com os alunos e o(a) diretor(a) para propor aulas experimentais práticas. Expôr a falta de material para as atividades. Esclarecer os riscos de se ter o meio ambiente poluído. Sugerir o recolhimento de Resíduos Eletroeletrônicos.

2ª – Campanha Educativa na Escola com cartazes e objetos decorativos (feitos com material de baixo custo) distribuídos na própria Escola, informando quando será realizada a coleta de material no bairro. A campanha será planejada e executada pelos próprios alunos, orientados pelo professor, com duração de duas semanas.

A sequência teórica dos livros didáticos começa com a eletrostática e só depois a eletrodinâmica, dessa forma, haverá tempo suficiente para a coleta de materiais.

3ª – Coleta de material eletrônico descartado: É preferível que os alunos

recolham materiais que não são mais utilizados. Este material também pode ser conseguido na própria residência do aluno, na casa de seus familiares ou com seus vizinhos. Esta fase terá duração de dois finais de semana.

É bom lembrar que nesta etapa o professor deverá ter um local onde todo material recolhido irá ser armazenado.

4ª – Separação dos componentes: O professor irá orientar na identificação dos componentes, destacando a distinção da estrutura e as características dos mesmos. Com o auxílio de um multímetro será possível fazer teste de funcionamento dos componentes. O teste será muito importante, pois, o funcionamento de cada componente possui uma maneira diferente de averiguação. As atividades desta etapa podem ocorrer no laboratório da escola ou em sala de aula.

5ª – Montagem dos circuitos elétricos: Nesta etapa, os desenhos de segmentos de retas e símbolos dos componentes terão maior significado para o aluno, pois, os desenhos das linhas retas nos diagramas de circuito elétrico, por exemplo, serão substituídos por fios de condução de energia.

O projeto do circuito elétrico irá depender dos componentes recolhidos. Entretanto, os circuitos elétricos simples, contendo um componente passivo, como por exemplo, um resistor, além dos condutores e fonte de energia, já será satisfatório para compreender melhor algumas grandezas. Mais adiante será mencionada uma opção de montagem de um circuito elétrico.

6ª – Aplicabilidade: Por fim, com o circuito elétrico já montado e devidamente funcionando, o aluno poderá verificar as teorias em seu protótipo. As grandezas como tensão e corrente elétricas poderão ser medidas. A utilização do multímetro será essencial, principalmente, para que o aluno tenha o conhecimento da diferença entre medir uma tensão elétrica e corrente elétrica em um circuito energizado. A potência de um resistor poderá, também, ser percebida.

4.1 Montagem de um circuito com resíduos eletroeletrônicos

Alguns fundamentos de eletrônica foram aplicados nesta montagem. Ou seja, os alunos poderão usufruir de técnicas de medida de tensão e corrente para o seu cotidiano ao mesmo instante em que se monta o circuito elétrico para análise e observações.

Logo abaixo se encontra uma lista de componentes de resíduos eletroeletrônicos, recolhidos para este trabalho:

- Carregador de celular (fonte de energia);
- Fios ou cabos (condutores de energia);
- Resistor (620Ω).

Uma das opções de montagem foi o circuito com resistores elétricos. Contendo dois resistores, em série, e um carregador de celular, como fonte de alimentação, O primeiro passo foi verificar na etiqueta, localizada no carregador de celular, o valor e o tipo de tensão de saída. A Figura 15 mostra as particularidades do carregador de celular.

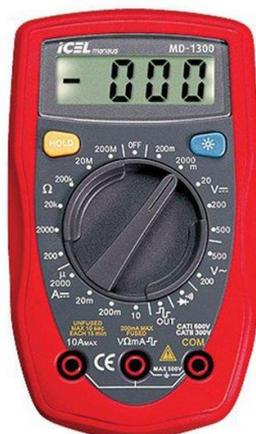
Figura 15 – Características do carregador de celular.



Fonte: Autoral.

Logo depois, com o carregador energizado (ligado na tomada), medimos a tensão de saída do carregador. A utilização do multímetro (Figura 16) foi essencial. Utilizamos um multímetro da marca Icel MD 1300.

Figura 16 – Multímetro digital.



Fonte: <https://www.ferramentaskennedy.com.br/29314/multimetro-digital-dc-md-1300-icel-10-ampere/>.

A chave seletora na posição correta de tensão e as pontas de teste do multímetro, colocadas de modo adequado, foram observações importantes feitas antes de medir a diferença de potencial na saída do carregador. A Figura 17, logo abaixo, ilustra o teste do carregador.

Figura 17 – Medida da ddp na saída do carregador.



Fonte: Autoral.

Com as opções de resistores em mãos calculamos a queda de tensão para cada resistor. O passo seguinte foi interligar o carregador de celular com os resistores. A tensão

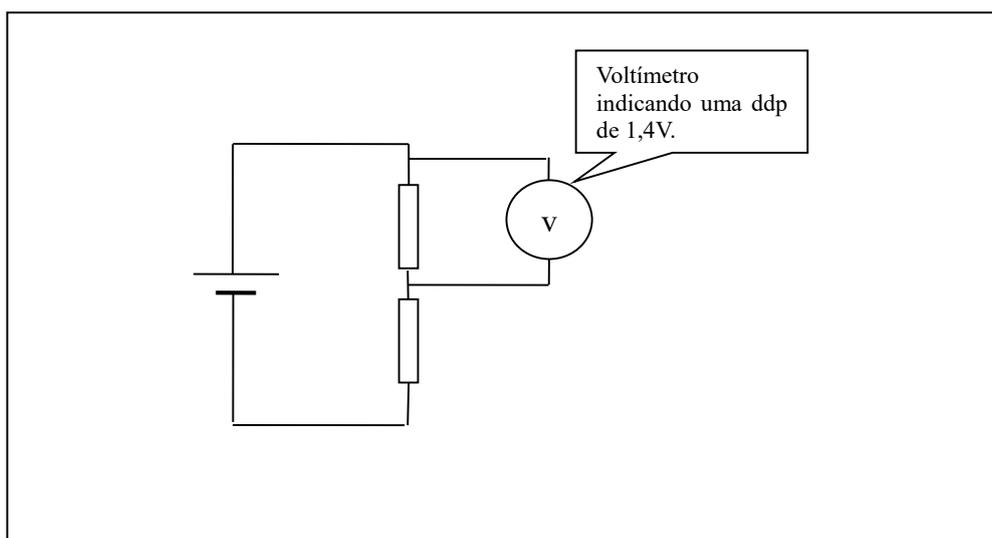
de 5 V foi dividida entre os resistores. O resistor com valor de $1,6\text{ k}\Omega$ e 5 W de potência de dissipação (consultado em uma tabela de tamanho de resistores) ficou com a tensão de 3,6 V e o resistor de 620Ω ficou com a tensão de 1,4 V.

Figura 18 – Tensão nos terminais do resistor de 620 Ohms.



Fonte: Autoral.

Figura 19 – Diagrama da ligação do voltímetro nos terminais do resistor de 620Ω .



Fonte: Autoral.

4.1.1 Aplicação do circuito

O circuito teve como carga um relógio de parede analógico. O objetivo foi substituir uma pilha AA contendo energia para o funcionamento do relógio.

Nos terminais de encaixe para a pilha, do relógio de parede, soldamos um fio de cor vermelha, no terminal positivo e outro fio, de cor preta, no terminal negativo. Isto possibilitou interligar os conectores da pilha, em paralelo, com os terminais do resistor, com queda de tensão de 1,4 V.

Figura 20 – Ligação da energia para o relógio de parede.

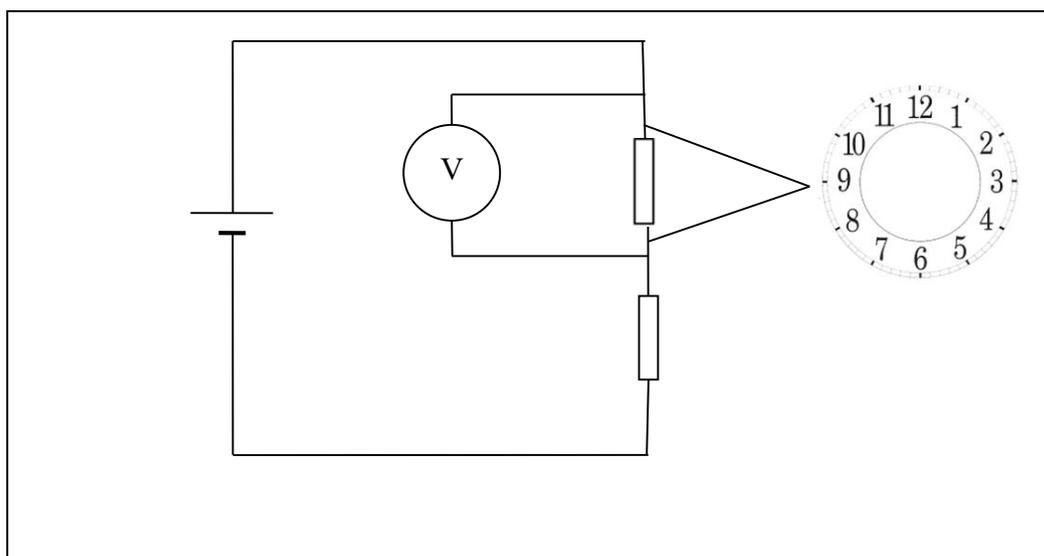


Fonte: Autoral.

O diagrama da ligação do circuito, com o relógio de parede, pode ser visualizado na Figura 21.

Medimos o valor da corrente elétrica fornecida para o relógio. Seleccionamos a escala adequada para se medir a corrente elétrica (200 mA). O multímetro foi inserido no circuito, ou seja, foi necessário interligar o aparelho em série para que fosse possível a visualização o valor da corrente elétrica fornecida para o relógio. A Figura 20 mostra a forma que o multímetro foi posto no circuito e o valor de 0,93 miliampere fornecido para o terminal de encaixe da pilha no relógio.

Figura 21 – Diagrama da ligação do resistor no relógio de parede.



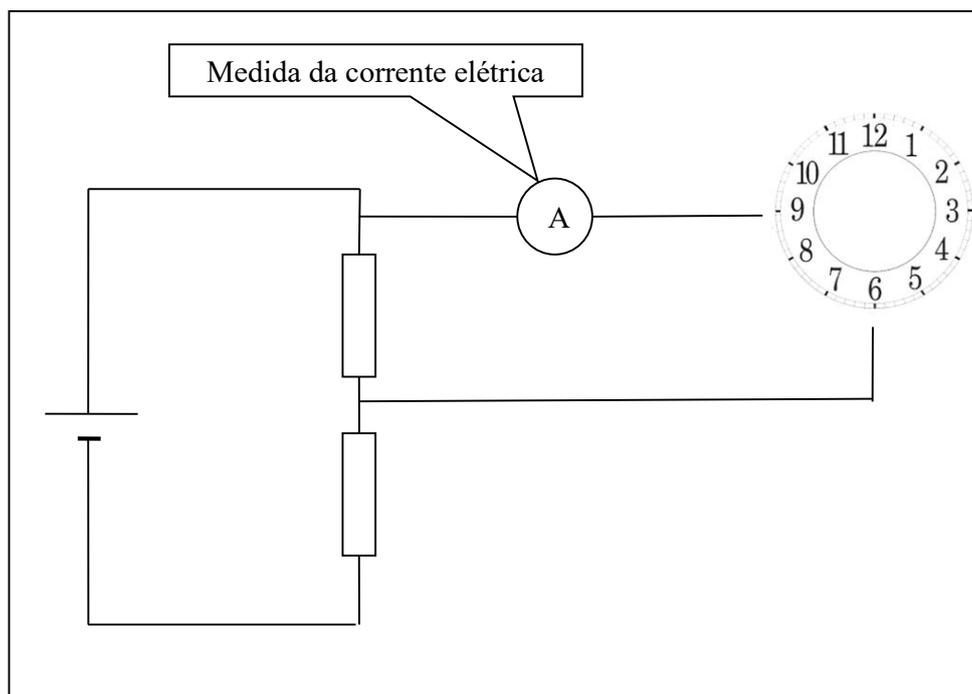
Fonte: Autoral.

Figura 22 – Medida da corrente elétrica.



Fonte: Autoral.

Figura 23 – Diagrama da medida da corrente elétrica.



Fonte: Autoral.

5 CONCLUSÃO

Este capítulo apresenta as apreciações que findam esta proposta de ensino, a qual abordou a temática de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos. Nesta, o propósito do autor foi buscar direcionar materiais eletroeletrônicos, sem utilidade para as funções nas quais foram projetados, para a área educacional, e assim, promover aulas mais interativas para os alunos.

Na literatura bibliográfica pesquisada, autores na área da educação e do meio ambiente destacam a importância das aulas práticas e os perigos de contaminação do lixo eletrônico. Neste sentido, a proposta assumiu relevância, pois, trata-se de estimular o recolhimento de materiais danosos para a sociedade, quando descartados de forma inadequada, pensando no reaproveitamento de alguns e na carência de materiais no processo de ensino aprendido.

Desta forma, dentre várias pesquisas existentes que podem ser encontradas em artigos e monografias sobre o tema, este trabalho tratou de chamar a atenção para materiais que podem servir de base para o ensino de circuitos elétricos. Foi discutida a possibilidade de laborar e desenvolver atividades interdisciplinares durante o processo da educação ambiental.

Sendo assim, esta pesquisa se propôs a utilizar, como objetivo geral, componentes de resíduos eletroeletrônicos para fabricação de circuitos eletrônicos simples. Os componentes propensos ao funcionamento do circuito foram separados e interligados e com estes foram possíveis ser feitas teste e verificação de algumas grandezas elétricas.

Na vertente dos objetivos específicos o recolhimento de resíduos eletroeletrônico se deu no depósito de materiais do próprio autor. No entanto, na prática docente, ou seja, nas escolas, outras estratégias podem ser adotadas, como por exemplo, campanhas educativas ou atividades de campo, onde os próprios alunos podem fazer visitas domiciliares em residências ou assistências técnicas de eletroeletrônicos.

Quanto à hipótese desta pesquisa acredita-se que o trabalho com resíduos eletroeletrônicos, poderá proporcionar atividades com participação dinâmica dos alunos. No decorrer do processo de montagem, o discente assim como o autor, deixa os moldes

tradicionais de aquisição de conhecimento e de maneira prática, passa a obter experiência e informações de modo interativo. Percebe-se que as etapas apresentadas neste trabalho expuseram formas que poderão ser exploradas no cotidiano do aluno oferecendo com isso conhecimento coerente com sua realidade.

Estimular a curiosidade dos alunos colocando em prática, propostas instigantes como esta, poderá beneficiar a ciência. Neste sentido, o aluno poderá incentivar-se a se lançar no desenvolvimento de outras pesquisas, assumindo o papel importante em busca de novas descobertas científicas visando também a preservação ambiental.

Espera-se que esta pesquisa possa motivar educadores. Quando se parte para a prática e manejo de materiais, observações podem ser feitas ou novas ideias podem surgir. Com isto, haverá sempre o que ser debatido, negado ou confirmado e teorias podem ser mais bem entendidas ou esclarecidas. Deseja-se com isso que outros trabalhos possam ser desenvolvidos e que possam proporcionar experiências engrandecedora e gratificante para os alunos e docentes.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, Charles K.; SADIKU, Matthew N. O. **Fundamentos de circuitos elétricos**. 5ª Edição, Editora AMGH, Porto Alegre, 2013.
- BEZERRA, R. P L.; AGUIAR, W. J.; EL-DEIR, S. G. 2017. **Resíduos sólidos: gestão de em indústrias e novas tecnologias**. Disponível em: <https://bit.ly/3nnm6gp>. Acesso em: 09 de abr. 2021.
- BORGES, Antônio Tarciso. **Novos rumos para o laboratório escolar de ciências**. Belo Horizonte, 2002. Artigo. Disponível em: <https://bit.ly/3nadVnv>. Acesso em: 22 jan. 2020.
- BRATTI, Vatison Mauro. **Desenvolvimento de um kit didático experimental para o ensino de resistores, capacitores e circuitos de temporização rc**. Dissertação (Mestrado no Ensino de Física) – Departamento Acadêmico de Física, Campo Mourão, 2017. Disponível em: <https://bit.ly/3av1ZHE>. Acesso em: 23 mar. 2020.
- CATELAN, Senilde Solange; RINALDI, Carlos. **A atividade experimental no ensino de ciências naturais: contribuições e contrapontos**. Revista Eletrônica Experiência em Ensino de Ciências. Cuiába – MT: UFRGS, 2018 – ISSN 1982-2413. Disponível em: <https://bit.ly/3xhXCJN>. Acesso em: 23 jan. 2020.
- CASTAÑON, Gustavo. **Introdução à epistemologia**. São Paulo: EPU, 2007. Disponível em: <https://bit.ly/32AlOcm> Acesso em: 29 jan. 2020.
- CONCEIÇÃO, Joelma Telese Pacheco; CONCEIÇÃO, Márcio Magera; ARAÚJO, Paulo Sérgio Lopes. **Obsolescência programada: tecnologia a serviço do capital**. Revista Eletrônica INOVAE - Journal of Engineering and Technology Innovation. São Paulo. FMU: (ISSN 2357-7797) Disponível em: <https://bit.ly/3axPqeO>. Acesso em: 23 fev. 2020.
- DIAS, Leonice Seolin; ANTONIO, Cezar Leal; SALVADOR, Carpi Junior. **Educação ambiental: conceitos, metodologias e práticas**. ANAP - Associação Amigos da Natureza da Alta Paulista, 2016. São Paulo. Disponível em: <https://bit.ly/3dFfx5i>. Acesso em: 27 fev. 2020.
- FIEDRICH, Leandro da Silva. **O lixo eletrônico como possibilidade para ensino de química na formação de professores**. 2014. Dissertação (Mestrado em Educação em

Ciências) – Centro de Ciências Natural e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014. Disponível em: <https://bit.ly/3eDJ3bd>. Acesso em: 08 nov. 2018.

FILHO, Jose de Pinho Alves. **Regras da transposição didática aplicada ao laboratório didático**, Santa Catarina: Departamento de Física – UFSC, 2000. Disponível em: <https://bit.ly/3av9MoM>. Acesso em: 23 jan. 2020.

FILHO, Herbert Radispiel. “**Avaliação de compósitos cimentícios com adição de fibras curtas originadas de placas de circuito impresso**”. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Rede Temática em Engenharia de Materiais, Ouro Preto, 2013. Disponível em: <https://bit.ly/3enmKpN>. Acesso em: 17 mar. 2020.

GASPAR, Alberto, **Atividade experimentais de física: uma nova visão baseada na teoria de Vigotski**. São Paulo: Livraria da Física, 2014. Disponível em: <https://bit.ly/2Pj8Z3a>. Acesso em: 25 jan. 2020.

GLEISER, Marcelo. **Por que ensinar física?** 2000. Física na Escola. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol1/Num1/>. Acesso em: 14 jan. 2020.

JÚNIOR, José Voste Lustosa. **Ao povo e ao governo: o ideário educacional do manifesto dos pioneiros da escola nova no brasil**. Anais V FIPED, Realize Editora 2013. Campina Grande. Disponível em: <https://bit.ly/3vbeobB>. Acesso em: 26 jan. 2020.

LEMME, Paschoal. **O Manifesto dos Pioneiros da Educação Nova e suas repercussões na realidade educacional brasileira**. Brasília: Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos. v. 86, n. 212, 2005. p. 163-178. Disponível em: <http://rbep.inep.gov.br/ojs3/index.php/rbep/article/view/2941>. Acesso em: 26 jan. 2020.

LIMA, K. E. C.; TEIXEIRA, F. M. **A epistemologia e a história do conceito experimen-to/experimentação e seu uso em artigos científicos sobre ensino das ciências**. In: VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências - VIII ENPEC/I Congresso Iberoamericano de Investigación en Enseñanza de las Ciencias - CIEC, 2011, Disponível em: <https://bit.ly/3vcQ9db>. Acesso em: 23 jan. 2020.

MENDES, Alessandro Araújo; COSTA, Katia Regina Lopes. **Escola nova: breves considerações**. In: COLÓQUIO INTERNACIONAL, EDUCAÇÃO E

CONTEMPORANEIDADE. 8, 2014, São Cristóvão. **Anais [...]**. Sergipe: 2014.

Disponível em: <https://bit.ly/32DmVb5>. Acesso em: 16 abril. 2020.

Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Orientações curriculares para o ensino médio. 2000**: Bases Legais (PCN). Disponível em:

<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2020.

NATUME, R. Y; ANNA, F. S. P. Sant´. **Resíduos Eletroeletrônicos: Um desafio para o desenvolvimento sustentável e a nova lei da política nacional de resíduos sólidos.**

3rd International Workshop | Advances in Cleaner Production. São Paulo, 2011.

Disponível em: <https://bit.ly/2RNArXu>. Acesso em: 26 fev. 2020.

OLIVEIRA, Erich Lopes Braitback. **Remoção do chumbo de monitores de tubo de raios catódicos.** 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Porto Alegre, 2013. Disponível em: <https://bit.ly/3gvXeSb>. Acesso em: 14 mar. 2020.

PENA, Fábio Luís Alves; RIBEIRO FILHO, Aurino. **Relação entre a pesquisa em ensino de Física e a prática docente: dificuldades assinaladas pela literatura nacional da área.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 25, n. 3, p. 424-438, jan. 2009. ISSN2175-7941. Disponível em: <https://bit.ly/3dJtgZ7>. Acesso em: 18 jun. 2020.

PEREIRA, Marcus Vinicius; BARROS, Susana de Souza. **Análise da produção de vídeos por estudantes como uma estratégia alternativa de laboratório de física no ensino médio.** 2010. Revista Brasileira de Ensino de Física. São Paulo, 2010. ISSN 1806-1117. Disponível em: <https://bit.ly/3gsXHV6>. Acesso em: 25 jan. 2020.

PEREIRA, Marcus Vinicius; MOREIRA, Maria Cristina do Amaral. **Atividades prático-experimentais no ensino de Física.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 34, n.1, p. 265-277, 2017. ISSN2175-7941. Disponível em: <https://bit.ly/2RYoyOD>. Acesso em: 23 jan. 2020.

RIBEIRO, Paulo Rennes Marçal. **História da educação escolar no Brasil: notas para uma reflexão.** 1993, Paidéia (Ribeirão Preto), Disponível em: <https://bit.ly/3gBICSf>. Acesso em: 27 jan. 2020.

RODRIGUES, Angela Cassia. **Impacto socioambientais dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos: estudo das cadeias pós-consumo no Brasil.**

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara D`Oeste, 2007. Disponível em: <https://bit.ly/2QPfj2w>. Acesso em: 26 fev. 2020.

ROSSINI, Valéria; NASPOLINI, Samyra Haydêe Dal Farra. **Obsolescência programada e meio ambiente: a geração de resíduos de equipamentos eletroeletrônico.** Revista de Direito e Sustentabilidade, Florianópolis, 2017. ISSN 2525-9687. Disponível em: <https://bit.ly/3v3JfqG>. Acesso em: 23 jan. 2020.

SCHNEIDER, Daniele da Rocha. **Reaproveitamento de resíduo eletrônico como uma ação de preservação ambiental: um estudo de caso no centro marista de inclusão digital (cmid).** 2014. Trabalho de conclusão de curso (Especialização em Educação Ambiental) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/717>. Acesso em: 08 jan. 2020.

SILVA, Edson Diniz. **A importância das atividades experimentais na educação.** 2017. Monografia (especialização em Docência do Ensino Superior) – Faculdade Integrada, Universidade Candido Mendes AVM, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <https://bit.ly/3emPoaO>. Acesso em: 25 jan. 2020.

SILVA, Josmar Queiroz. **Eletrônica do básico ao avançado.** 2ª Edição, 2014. RJ, São João de Miriti. Disponível em: <https://bit.ly/3sIWDic>. Acesso em: 19 mar. 2020.

SILVA, Rogério Soares. **A realidade do ensino de física e suas problematizações.** Trabalho de conclusão de curso (Licenciatura em Física) – Instituto de Física, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2010. Disponível em: <https://bit.ly/3xjxRsQ>. Acesso em: 03 nov. 2018.

SOUZA, Rodrigo Augusto. **A filosofia de John Dewey e a epistemologia pragmatista.** Revista on line do GT de Pragmatismo e Filosofia Norte-americana, 2010. Disponível em: <https://bit.ly/3eoIUbh>. Acesso em: 27 jan. 2020.

TANAUE, A. C. B. *et al.* **Lixo eletrônico: agravos a saúde e ao meio ambiente.** Ensaios e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde. Universidade de

Anhanguera. ISSN: 1415-6938. Disponível em: <https://bit.ly/3gvQYcV>. Acesso em: 13 mar. 2020.

USHIZIMA, Mariana Monteiro; MARINS, Fernando Augusto Silva; JR., Jorge Muniz. **Política nacional de resíduos sólidos: cenário da legislação brasileira com foco nos resíduos eletroeletrônicos**. Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia: Logística, 2014. Disponível em: <https://bit.ly/2RRUQL3>. Acesso em: 27 fev. 2020.

VITAL, Richard Brandão Nogueira; VITAL, Tatiane Melo. **O envelhecimento de capacitores em circuitos eletrônicos**. Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, ISSN: 1679-0375. Disponível em: <https://bit.ly/32DqdLx>. Acesso em: 23 mar. 2020.