

DAS COISAS DA VIDA PARA A FÍSICA DAS COISAS: UM EXEMPLO EM ELETRICIDADE

ANTONIO AUGUSTO SOUZA BRITO

Departamento de Física, UFPB - Campina Grande

1. INTRODUÇÃO E RESUMO

O domínio dos fenômenos eletromagnéticos permitiu uma revolução tecnológica no final do século passado, marcando profundamente o tipo de vida que temos hoje. A nossa dependência da eletricidade como recurso energético fica nítida durante um "black-out" como o ocorrido recentemente, instalando-se o caos nas grandes metrópoles. Esta influência do papel da energia elétrica, na civilização atual, coloca um problema aos professores de física que ensinam eletricidade:

O tópico de eletricidade, tal como vem sendo desenvolvido no ensino de 2º Grau, auxilia o aluno a compreender os fenômenos elétricos presentes no nosso cotidiano?

A observação de algumas situações reais leva-nos a concluir que o desenvolvimento tradicional do ensino de eletricidade não só é de pequena utilidade, na compreensão do uso da eletricidade, como contribui para ampliar o fosso entre o conhecimento prático e o formal.

Este desenvolvimento segue tradicionalmente a ordem: Eletrostática (Lei de Coulomb, Campo Elétrico, Lei de Gauss), Eletrodinâmica (Leis de Kirchhoff, análise de circuitos simples) e Eletromagnetismo (Lei de Indução, interação entre correntes elétricas e campos magnéticos).

Devido a uma série de circunstâncias, este programa raras vezes é cumprido integralmente. A eletrostática converte-se numa revisão de vetores, a eletrodinâmica reduz-se ao cálculo de resistores equivalentes, e o eletromagnetismo é esquecido por falta de tempo. Deste modo o aluno fica limitado ao supérfluo, perdendo o essencial.

Os problemas típicos de eletrostática não passam de situações fictícias, onde perde-se mais tempo nas dificuldades matemáticas que nos conceitos físicos. Um exemplo de problema "típico" seria: Qual é o Campo Elétrico no centro (se não, fica muito difícil)

de um triângulo (só pode ser equilátero) devido a três cargas elétricas situadas nos seus vértices (único local possível)? A dificuldade envolvida com a soma de vetores é de tal monta que o conceito de Campo Elétrico acaba não sendo percebido. Ademais, que diabinhos estariam fazendo 3 cargas elétricas paradas nos vértices de um triângulo equilátero? O ensino de física converte-se na solução de quebra-cabeças, restando ao aluno decorar uma série de fórmulas a serem devolvidas através de uma prova escrita. O aluno finge que aprende e o professor finge que ensina.

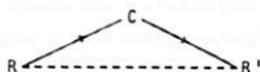
Agora, pergunte a um aluno, egresso do 2º Grau, como funciona o motor elétrico de uma furadeira; quanto custa um banho de chuveiro elétrico; como deve ser feita uma extensão de lâmpadas para uma festa; ou como é produzida e transportada a energia elétrica? Alguns perguntarão espantados: Isto é física?

Verificamos que os alunos são incapazes de fornecer uma resposta simples a estas questões. Embora recitem um aglomerado desconexo de fórmulas, aplicáveis somente a problemas "típicos", não conseguem distinguir potência elétrica de diferença de potencial.

Angustiadados com esta situação, que se repetia ano após ano, desenvolvemos uma abordagem não ortodoxa do tópico de eletricidade que julgamos oportuno apresentar aos professores de 2º Grau. Com isto queremos não só estender sua aplicação como receber melhorias através das críticas e sugestões. Não nos deteremos nos pressupostos pedagógicos. Para tanto o mais recomendável são os trabalhos de Delizoicov Neto ⁽¹⁾ e de Menezes ⁽²⁾.

Nossa preocupação principal reside em partir das "coisas da vida" (na falta de um vocábulo melhor), tal como se nos apresenta no cotidiano. Extrair destas coisas os conceitos mais relevantes e, através da física, retornar ao ponto inicial para compreender as "coisas", não só aquelas que nos motivaram inicialmente, mas generalizando para uma série de outras que vão aparecendo no caminho, construindo uma ponte entre o conhecimento prático e o formal.

Esquemáticamente, o processo pode ser resumido em tres fases:



R - Constitui as coisas reais e/ou importantes na vida, obtidas a partir da observação conjunta professor/alunos. É uma fase que poderíamos denominar de Investigação Temática, que se resume ao final na construção da Matriz de Investigação Temática (IT).

C - É uma fase onde os conceitos e modelos são elaborados, sem perder o referencial das coisas. O arcabouço conceitual necessário à compreensão dos fenômenos observados em R é construído, com todas as conexões lógicas intrínsecas à teoria. A ponte entre os conceitos e a realidade é construída através da Matriz de Mapeamento Conceitual (MC).

R' - São as novas coisas. O conhecimento prático R, junto com o conhecimento teórico C, constrói uma nova realidade R'. Os equívocos iniciais existentes em R são superados e surgem novos desafios.

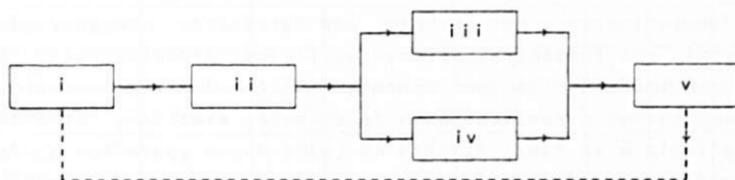
O mundo real passa a ser visto a partir de uma nova ótica. O trabalho didático se realiza na medida em que é capaz de transformar a realidade R em R' através de C.

Na Seção 2 será construída a Matriz de Investigação Temática (IT) e a do Mapeamento Conceitual (MC) para um curso de eletricidade. Embora o modelo seja restrito a um assunto, ele pode ser aplicado a outros tópicos de interesse. Ao sistematizar este processo, queremos construir uma ferramenta que possa ser útil em outros contextos, porém com a cautela de apresentá-lo mais como sugestão que como regra ou método.

Na Seção 3 a estratégia, material e atividades serão descritos. A estratégia pode ser resumida nos seguintes passos:

- i) levantamento das coisas relacionadas à eletricidade;
- ii) discussão a respeito do funcionamento das coisas, criação de situações problemas;
- iii) construção de protótipos e modelos; atividades intra e extra-classe;
- iv) experimentação e desenvolvimento teórico;
- v) explicação sobre o funcionamento das coisas e de outras coisas.

Estes passos não são estanques e um fluxograma possível é:



Os passos iii) e iv) podem ser feitos concomitantemente, e ao final do passo v) é importante retomar as reflexões iniciais desenvolvidas em i).

Descrevemos em seguida o material e o método produzido para

analisar a parte da eletrodinâmica. A eletrodinâmica constituir-se-á o nosso tema gerador central.

Finalmente, na Seção 4, comentamos os resultados obtidos e sugerimos atividades complementares. Este trabalho pretende ser aberto a contribuições posteriores. Deste modo, na medida do possível, buscamos detalhar as fontes de referência e o material utilizado de modo a estimular o seu uso não só no ensino de eletricidade mas de física em geral.

2. A INVESTIGAÇÃO TEMÁTICA E O MAPEAMENTO CONCEITUAL

Os alunos, particularmente os dos centros urbanos, convivem com uma série de aparelhos e instrumentos elétricos. Nosso diálogo inicial é em torno dos aparelhos elétricos por eles conhecidos. A partir de questões do tipo: Quais aparelhos que ele considera mais úteis, para ele como indivíduo e para a humanidade como um todo; quais os que ele gostaria de conhecer como funcionam; quais os que ele está em dúvida se estão ou não relacionados com a eletricidade. Como instigação inicial, os alunos são convidados a fornecer explicações a respeito da produção, transporte e consumo de eletricidade. As respostas servirão ao professor para a delimitação do conhecimento prévio e espontâneo dos alunos. Este levantamento pode ser feito através de um diálogo inicial, individual ou coletivo, além de questionário próprio. Em todo caso, o diálogo com a classe e o confronto com situações problemas é imprescindível à construção de um canal permanente de diálogo entre professor e alunos, além de ser útil na definição e delimitação do objeto de estudo que deve ser comum à classe e ao professor. Não se trata do professor escolher os temas que ele considera os mais adequados, mas deixar aos alunos a tarefa de levantar as coisas que lhes interessam.

Após este levantamento inicial, propomos que os alunos classifiquem as coisas a partir daquilo que têm em comum no seu mecanismo de funcionamento. Por exemplo, uma batadeira, uma enceradeira, o elevador, uma furadeira, possuem utilidades diversas, porém têm em comum um motor elétrico como mecanismo básico de funcionamento. Se compreendessemos o funcionamento de um motor elétrico, entenderíamos o princípio de funcionamento de todos estes aparelhos. Após a escolha de alguns exemplos, os alunos já são capazes de construir a Matriz de Investigação Temática.

A caracterização das coisas é feita a partir do mecanismo básico de funcionamento: resistor, motor, eletromagnético, eletrônico, corrente contínua ou alternada, gerador. Por eletromagnéticos

entendemos os mecanismos, exceto motores ou geradores, que envolvem o princípio de indução eletromagnética (transformadores, alto-falantes, etc.). Como eletrônicos entendemos todos os mecanismos que envolvem componentes eletrônicos (diodos, transistores, circuitos integrados, etc.). A distinção entre corrente contínua e alternada é útil, podendo ser desenvolvida desde o início, e constituir-se-á uma chave para a compreensão dos meios de armazenamento e transporte de eletricidade.

A Tabela I é uma matriz típica, construída em sala de aula pelos alunos, auxiliados pelo professor.

Tabela I - Matriz de Investigação Temática.

Mecanismo de Funcionamento	Resistor	Motor	Eletromagnético	Eletrônico	c.c.	c.a.	gerador
Coisas							
Lâmpada	X				X	X	
TV				X	X	X	
Rádio				X	X	X	
Campainha			X			X	
Liquidificador	X	X					
Forno Elétrico				X		X	
Pilha					X		
Carro*	X	X	X	X	X	X	X
Barbeador		X			X	X	
Alto-falante			X			X	
Aparelho de Som*		X	X	X	X	X	
Computador				X		X	
Chuveiro	X					X	
Instalação Residencial	X					X	
Usina Hidroelétrica						X	X

*A parte elétrica do automóvel e do aparelho de som são particularmente ricos em fenômenos elétricos a ponto de merecerem um trabalho posterior.

Com a construção da Matriz de Investigação Temática, concluímos o passo i) e passamos imediatamente ao passo ii). Os alunos são solicitados a fornecer explicações sobre o funcionamento das coisas. Esta fase é particularmente apropriada para analisar o papel da física como ciência e sua influência na tecnologia moderna. O significado do domínio dos fenômenos elétricos pelo homem e o seu papel dentro da Revolução Industrial podem ser aqui abordados.

Nesta discussão, emerge uma questão natural a respeito da divisão entre o trabalho teórico e o prático existente na sociedade capitalista. Por exemplo, numa das classes havia um aluno que trabalhava como técnico em eletrônica. Isto abriu uma oportunidade para a discussão entre o papel exercido pelo professor, que "sabia" a teoria e ignorava os aspectos práticos e o técnico que "sabia" a prática e ignorava a teoria. Por outro lado observávamos sempre que, na qualidade de consumidores, pouco sabemos a respeito daquilo que compramos. Foram levantados dois exemplos significativos, um envolvendo a fabricação de lâmpadas com voltagem de funcionamento abaixo da voltagem de pico, acarretando maior desgaste e consumo rápido da lâmpada. Outro a respeito da potência de aparelhos sonoros e a publicidade em torno de aparelhos que funcionam usando muito pouco da potência sonora disponível. Após esta discussão evidencia-se a necessidade de superarmos o fosso existente entre o saber prático e o teórico.

Agora estamos em condições de explicitar nossos objetivos com respeito ao curso. Queremos compreender como as "coisas" funcionam. A física é útil na medida em que se constitui no conhecimento, elaborado ao longo do tempo, imprescindível à compreensão e à construção dos bens utilizados na presente civilização.

Que coisa cada aluno gostaria de melhor compreender como funciona?

Esta questão é dirigida à classe com o objetivo de aglutinar os alunos em grupos de trabalho para o desenvolvimento de atividades extra-classe. Os grupos serão constituídos a partir do interesse comum de construir um protótipo e melhor compreender o aparelho. Não se deve limitar os objetos de interesse, mesmo que não sejam de domínio do professor. A atitude de duvidar e pesquisar é mais importante que o próprio conteúdo final, pois não pretendemos tornar os alunos especialistas, mas sim indivíduos capazes de continuar aprendendo para o resto da vida.

Caso alguns alunos elejam um tema desconhecido pelo professor, isto deve se constituir em um desafio para ambos. Por exemplo, um grupo de alunos de uma das classes escolheu o rádio como um obje

to de estudo, e eu não sabia nada a respeito do funcionamento de rádio. Após um período de estudo em conjunto, o grupo foi capaz não só de entender o mecanismo de funcionamento do rádio, como aprendeu muito da física das ondas eletromagnéticas, de amplificação de sinais, sintonização, etc., além de, ao final, construírem um pequeno detector de ondas eletromagnéticas. Devo admitir que eu, como professor, é que passei a aprender com eles a partir de um certo ponto. De qualquer modo, esta dificuldade existe somente no início, pois à medida que o professor adquire auto-confiança, os alunos vão tomando consciência das dificuldades e deixam de encarar o professor como um "papai sabe-tudo".

Os passos iii) e iv) podem ser realizados ao mesmo tempo. Antes é necessário organizar e levantar os conceitos relevantes do ponto de vista do ensino de física. Esta fase é um ponto crucial, pois corre-se um sério risco de perder todo o trabalho inicial. De uma certa forma somos propensos a fazer aquilo a que estamos habituados. O professor pode ser induzido a desenvolver o conteúdo tal como existe nos livros-texto tradicionais. A falta de material de apoio e a dificuldade em reorganizar o conhecimento prático existente nas diversas fontes tornam bastante difícil este tipo de trabalho, mas devem constituir um desafio. Se após tanta discussão e questionamento, o professor voltar a desfiar as velhas fórmulas, os alunos sentir-se-ão frustrados ao não terem suas expectativas correspondidas.

Para evitar estas contradições, propomos uma tarefa prática aos alunos: anotar as características dos aparelhos, que estão impressas em todos eles, especificando a voltagem de uso, a potência consumida, se funcionam com corrente alternada ou contínua. Mesmo sem ter abordado antes o assunto de potência consumida e diferença de potencial, não nos preocupam as dificuldades que os alunos enfrentarão nesta tarefa. O que queremos é possibilitar-lhes a oportunidade de observar o quanto de informação existe nos próprios aparelhos que dela não fazemos conta. Outro objetivo é aguçar-lhes a curiosidade a respeito dos conceitos de voltagem e potência. O aluno estará muito mais motivado a compreender o significado do "W" nas lâmpadas elétricas após realizar essa tarefa.

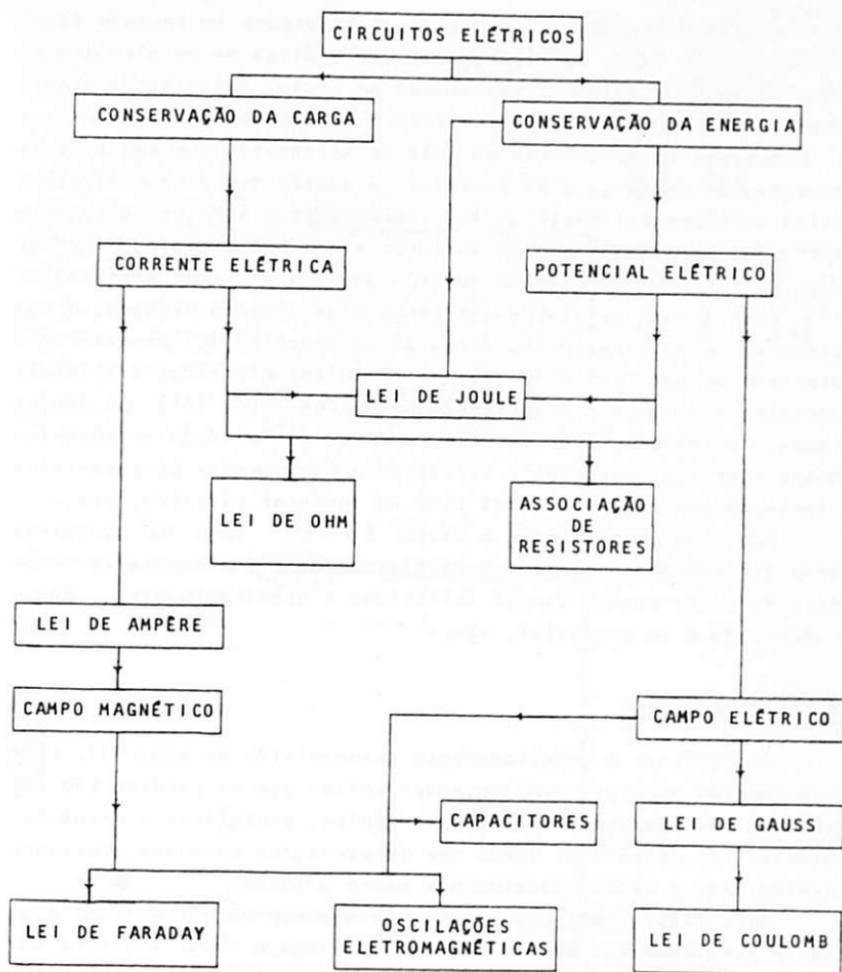
O professor pode sentir-se perdido dentro da parafernália de aparelhos apresentados e não encontrar um meio para desenvolver o conteúdo. A solução encontrada foi desenvolver uma matriz que associasse os tipos de mecanismos de funcionamento com os conceitos físicos envolvidos. Esta atividade é exclusiva do professor e insere-se no passo iv). A título de exemplo, a Tabela II mostra a matriz

de Mapeamento Conceitual desenvolvida num curso de eletricidade.

Tabela II - Matriz de Mapeamento Conceitual. Relaciona os conceitos físicos e o mecanismo de funcionamento dos aparelhos.

Mecanismo de Funcionamento / Conceitos Físicos	Resistor e Circuitos Elétricos	Motor	Eletromagnético	Eletrônico	Medidores	Gerador
Lei de Conservação de Carga	X					
Lei da Conservação da Energia	X	X				X
Lei de Ohm	X			X	X	
Lei de Joule	X					
Associação de Resistores	X					
Potencial Elétrico	X					X
Campo Elétrico	X	X	X			X
Capacitores	X			X		
Lei de Ampère		X	X		X	X
Lei de Faraday		X	X		X	X
Campo Magnético		X	X		X	X
Oscilações Eletromagnéticas			X	X		

A matriz de Mapeamento Conceitual possibilita visualizar um número enorme de alternativas passíveis de escolha para o desenvolvimento do conteúdo. O que fizemos foi selecionar um termo gerador central a partir do qual outros temas gravitariam. Esta escolha baseou-se no critério de maior densidade de conceitos físicos envolvidos, na facilidade de construção de um protótipo experimental e no interesse dos alunos. No nosso caso elegemos os Circuitos Elétricos e Resistores como tema gerador principal. Os conceitos possuem conexão lógica entre si, e podem ser desenvolvidos de diversas maneiras. Uma solução pode ser o fluxograma abaixo:



Fluxograma do desenvolvimento dos conceitos.

Este desenvolvimento, descrito no fluxograma, subverte a ordem tradicional estabelecida para o ensino de eletricidade. Por que começar um curso de eletricidade pela Lei de Coulomb, com os inevitáveis problemas de unidades e constantes? No nosso caso, a Lei de Coulomb não foi omitida, porém foi relegada a um segundo plano. Conceitos fundamentais tais como a Conservação da Carga e Energia foram priorizados, pois encerram um significado conceitual importante, além de serem verificados experimentalmente.

Evitando estender em demasia, consideremos um exemplo específico de um dos ramos do fluxograma. Na análise de um circuito elétrico de malha simples, 2 resistores em série, descrita na próxima Seção, medimos em classe a corrente e a voltagem em todos os ramos. Deduzimos empiricamente as Leis de Kirchhoff, que são as Leis de Conservação da Carga e da Energia. A partir desta experiência o conceito de Potencial Elétrico foi introduzido e o Potencial Gravitacional foi utilizado como um análogo, (ver, por exemplo, Brito⁽³⁾). O Campo Elétrico é introduzido de modo análogo ao Campo Gravitacional⁽³⁾, ressaltando as diferenças entre eles. Neste esquema, o Campo Elétrico se materializa na forma de um conceito (C) necessário à compreensão de uma realidade (R), os circuitos elétricos simples. Este conceito auxiliará a compreensão de outros fatos (R') que não percebíamos a princípio. Por exemplo, uma vez consolidado o conceito de Campo Elétrico, passamos a verificar o funcionamento de para-raios e a formação dos raios, a terra como um condutor elétrico, etc..

Não só é possível dar o salto $R \rightarrow C \rightarrow R'$ como os conceitos físicos (C) são desenvolvidos a partir dos mais fundamentais, como as Leis de Conservação, Campos (Elétricos e Gravitacionais), Energia associada a um potencial, etc..

3. MATERIAL E MÉTODO

Ao terminar o questionamento desenvolvido no passo ii), emerge uma questão natural: como entender coisas que se parecem tão complicadas? Cabe ao professor propor modelos, protótipos e situações problemas. Os obstáculos devem ser apresentados em ordem crescente de dificuldade e sendo solucionados passo a passo.

Deve ficar claro aos alunos que o nosso objetivo final é conhecer o funcionamento de um fenômeno complexo, o motor elétrico por exemplo, porém devemos conhecer coisas muito mais simples primeiro como um circuito elétrico. No nosso caso elegemos um circuito elétrico como tema gerador principal.

Apresentamos em classe um circuito elétrico misto, construído com lâmpadas, pilhas e fios de ligação, conforme a Figura 1.

O material* utilizado em tal montagem é:

- 1) Prancha de Duratex perfurada de aproximadamente 30 cm x 50 cm.
- 2) Suporte para 3 pilhas grandes de 1,5 V.

*O material aqui relacionado visa facilitar uma montagem de baixo custo, que pode ser encontrado em qualquer loja de produtos eletrônicos. O material de eletricidade desenvolvido pela CENP e distribuído para a rede escolar do Estado de São Paulo, adaptou-se perfeitamente bem às nossas necessidades.

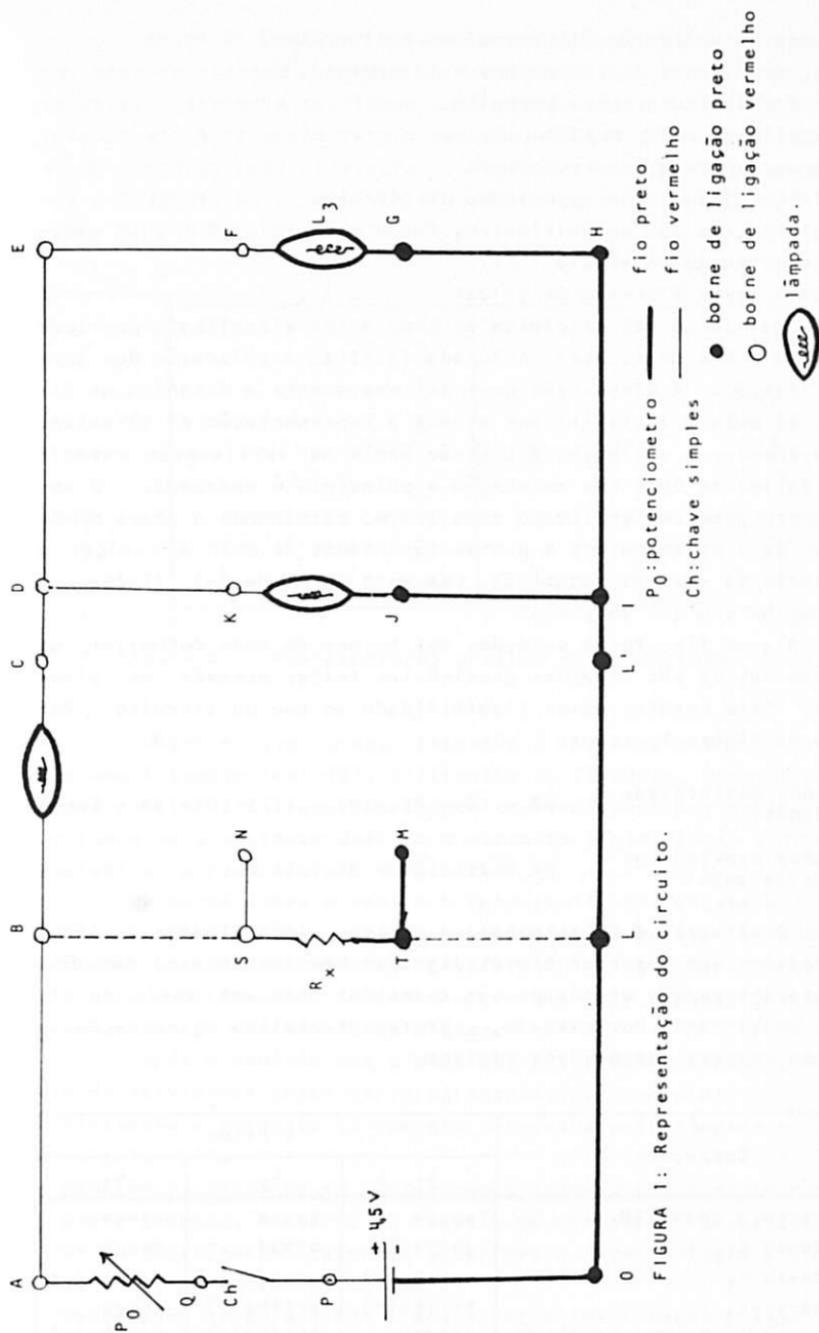


FIGURA 1: Representação do circuito.

Figura 1 - Representação do circuito.

- 3) 22 bornes de ligação (11 vermelhos e 11 pretos).
- 4) 26 pinos bananas (13 vermelhos e 13 pretos).
- 5) Fios flexíveis, preto e vermelho.
- 6) Potenciômetro 10 k log 254.
- 7) 3 lâmpadas GE-13, com suportes.
- 8) Resistência de valor aproximado de 500 ohm.
- 9) 2 multímetros (ou um voltímetro, fundo de escala 10 V e um amperímetro, fundo de escala 1 A).
- 10) Solda e ferro elétrico de soldar.

A dimensão foi escolhida de modo a ser visualizada por toda a classe. O uso de duratex perfurada facilita a colocação dos bornes de ligação. A disposição deve ser exatamente a descrita na Figura 1, de modo a facilitar aos alunos a representação do circuito. O potenciômetro e a ligação B-L serão úteis na verificação experimental da lei de Ohm, sua colocação a princípio é opcional. O potenciômetro pode ser utilizado como chave, eliminando a chave adicional Ch. Os fios vermelhos e pretos são usados de modo a realçar a polarização da corrente contínua, com polo da pilha (+) ligado ao fio vermelho e o (-) ao preto.

Alguns fios foram soldados aos bornes de modo definitivo, ao passo que outros são ligações provisórias feitas através de pinos bananas. Isto permite maior flexibilidade no uso do circuito. Por exemplo na Figura 1, temos:

ligações definitivas (soldadas)	AB - CB - DE - HI - IL - LO - SN - TM .
ligações provisórias (pinos bananas)	DK - JI - GH - BS - TL .

Método:- O circuito é exposto para a classe. Após ligadas as lâmpadas pede-lhes que observem bem as ligações envolvendo as 3 lâmpadas. Após esta observação os alunos são colocados ante uma série de situações problemas. Por exemplo, o professor realiza as operações a baixo com os seus respectivos efeitos.

Operações	Efeitos		
	L ₁	L ₂	L ₃
Desliga-se a chave CH	apaga	apaga	apaga
Desliga-se L ₁	apaga	apaga	apaga
Desliga-se L ₂	brilha(-)	apaga	brilha(+)
Desliga-se L ₃	brilha(-)	brilha(+)	apaga
Desliga-se L ₁ e liga-se o fio AD	apaga	brilha(+)	brilha(+)
Liga-se ofio entre C e L'	brilha(+)	apaga	apaga

Antes de realizar estas operações pergunta-se à classe, o que aconteceria caso se ligasse ou desligasse tal coisa. Para surpresa deles, raramente confirmam suas previsões. Estas contradições serão o ponto de apoio para o desenvolvimento posterior. Abstraindo o circuito real da Figura 1, representamos na lousa e nos cadernos o diagrama do circuito misto, descrito na Figura 2.

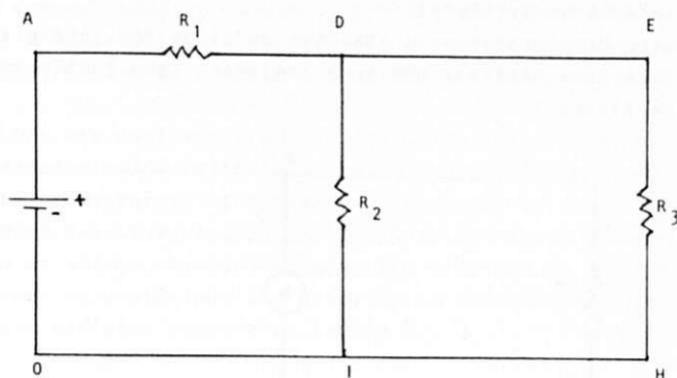


Figura 2 - Representação gráfica de um circuito misto.

Observe que nossa intenção é fazer os alunos representarem uma situação real (R), o circuito de lâmpadas, através de um diagrama abstrato (C), que representa uma resistência R qualquer. Para tanto será bastante útil se o circuito físico tiver a mesma disposição do circuito misto imaginário.

A ponte entre o real e o conceitual está estabelecida, cabe-nos agora explorá-la ao máximo. Neste ponto podemos imaginar experiências no diagrama abstrato e verificar o seu desenvolvimento no circuito experimental. Podemos assim discutir o papel desempenhado pelo protótipo e o modelo em Física.

Após o domínio dos alunos das situações concretas, uma série de atividades podem ser programadas, por exemplo:

- Discussão a respeito da energia consumida pela lâmpada e fornecida pela pilha.
- Medição da corrente em vários ramos (como a resistência das lâmpadas é pequena, os erros na medição de correntes são grandes devido à resistência interna do amperímetro. Uma solução é limitar-se ao circuito em série somente).

Construção de um análogo hidráulico: pilha = bomba d'água, lâmpadas = torneiras.

- Verificar a conservação da carga (ou da massa, no análogo hidráulico) e da 1ª Lei de Kirchhoff.
- Verificar que a soma da voltagem entre os diversos pontos da malha é zero, 2ª Lei de Kirchhoff.
- Verificar a conservação da energia por unidade de tempo. A potência fornecida pela pilha = potência consumida pelas lâmpadas (o produto $V \times I$ é uma quantidade que se conserva tanto no circuito em série como em paralelo).
- Usar parte da montagem para observar a lei de Ohm empiricamente, (é interessante analisar não só o resistor, como também um diodo), conforme Figura 3.

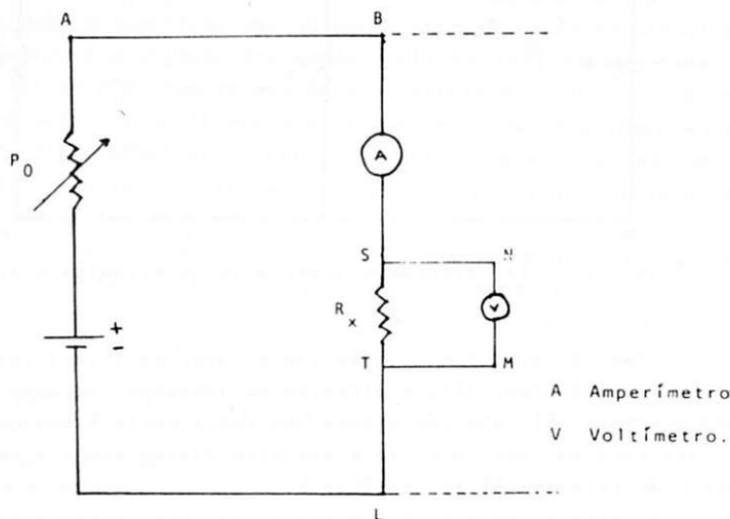


Figura 3 - Parte do circuito, utilizado para a verificação da Lei de Ohm.

Na construção do gráfico $V \times I$, observa-se que mesmo quando a voltagem é diferente de zero, a corrente é zero num certo ponto devido a imprecisões nas medições. Esta aparente contradição é uma excelente oportunidade para a análise das fontes de erro no experimento, tais como a qualidade dos aparelhos e sua resistência interna, os contactos imperfeitos nas ligações de solda, etc..

Com este circuito simples cobrimos uma boa parte dos conceitos fundamentais mais importantes. Inicialmente não nos detemos nas definições de corrente, carga do elétron, funcionamento dos medidores, etc.. Não omitimos estas definições, simplesmente deixamo-las para uma discussão posterior, quando os alunos já mediram corrente

e voltagem. Através das medições, os alunos vão amadurecendo e compreendendo os conceitos essenciais. A partir de um certo ponto os conceitos e definições abstratas começam a ser necessários para a solução de situações problemas concretos. Não é o conhecimento do valor da carga do elétron que auxilia na compreensão do fenômeno da corrente elétrica, antes o contrário. Do mesmo modo que nos acostumamos a medir o tempo com um relógio primeiro para depois refletir sobre a sua existência, ou mesmo como funciona um relógio, é que passamos a medir corrente diretamente por um amperímetro para depois definir o que é corrente e analisar o funcionamento dos medidores.

Uma vez dominada a análise de circuitos simples e dos conceitos fundamentais (C) voltamos a analisar as situações problemas inicialmente propostas (R) e buscar a compreensão de outras situações (R'). Numa das classes esta continuidade foi muito interessante pois um grupo de alunos estudou o circuito elétrico de uma casa. Desenvolveram um protótipo, com entradas de voltagem de 220 V e 110 V, e lâmpadas conforme esquema da Figura 4.

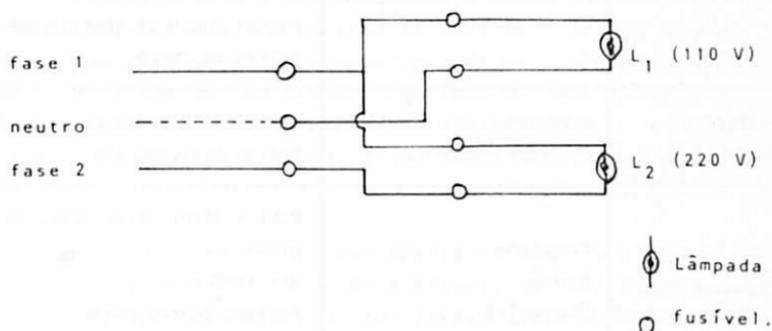


Figura 4 - Esquema representando a entrada no circuito elétrico de uma casa.

Este protótipo tornou possível a análise de novas situações problemas, como por exemplo:

- Qual é o papel desempenhado pelo fusível.
- Qual é a função do fio terra na instalação elétrica de uma casa.
- O que ocorre quando uma lâmpada de voltagem nominal 220 V é ligada numa tomada de 110 V.
- O que é corrente alternada e os fios fase e neutro.

A parte mais rica do curso foi a atividade extra-classe de

envolvida pelos alunos. Cada grupo interessado em um tipo de aparelho, ou coisa, construiu um pequeno protótipo e a cada aula analisávamos um deles. A Tabela III é um pequeno inventário dos trabalhos desenvolvidos, com as fontes de referência. Em alguns casos o protótipo era o próprio aparelho, como por exemplo, o chuveiro elétrico.

Tabela III - Atividades extra-classe e fontes de referência.

Coisas	Protótipos	Fonte de Informações
Circuitos	Esquema de uma casa	Manual CESP de Instalações Elétricas Residenciais
Motores e Geradores	Kit FUNBEC Motores de vitrola Dínamo e motor de partida de automóvel	Manual CESP de Instalações Elétricas Rurais PBEF - (Proj. Bras. Ens. de Física) Kit FUNBEC Revista Quatro Rodas Manual Bosch de Instalações Elétricas de Carro
Resistores e Potência	Chuveiro Ebulidor caseiro	Manual CESP de Instalações Elétricas Residenciais
Eletromagnéticos	Campainha Bobina Eletro-ímã Aguilha de vitrola	PBEF - (Proj. Bras. Ens. de Física) Kit FUNBEC Revista Quatro Rodas Revista Iris Revista Som Três
Rádio	Associação de diodos e Fone de cristal	Revista Divirta-se com a Eletrônica, nº 11
TV	Osciloscópio	Revista Eletrônica
Pilhas elétricas	Kit FUNBEC	Kit FUNBEC Revista Divirta-se com a Química

Estas atividades constituíram ao final uma pequena exposição e o material desenvolvido ficou incorporado ao acervo do laboratório didático, que passou a existir de fato a partir deste trabalho dos alunos.

4. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Tentamos aproveitar ao máximo o material disponível no mercado de modo a facilitar o uso do método sob condições as mais diversas. Como vimos na Tabela III, este material já existe, desenvolvido ou não para fins didáticos, cabe ao professor a oportunidade de usá-lo como achar conveniente. É surpreendente a quantidade de informações veiculadas em revistas não didáticas que podem ser aproveitadas. Deve-se observar que nem sempre os conceitos físicos nelas contidos são confiáveis. Algumas vezes na ânsia de simplificar o conteúdo aparecem até mesmo incorreções. Em todo o caso é um material de fácil acesso, e muitos alunos possuem estas revistas. Cabe ao professor fazer a ponte entre o material disponível no dia-a-dia e o conteúdo dos livros-textos de física.

Esta experiência foi desenvolvida em 3 classes sucessivas de alunos de Curso Supletivo noturno na periferia de São Paulo. Infelizmente não tivemos tempo e oportunidade para um julgamento, do ponto de vista didático, do método. Em todo o caso, a resposta dos alunos e o interesse neles despertado estimulava-nos a continuar tal experiência, haja vista a apatia (ou mesmo antipatia) que o desenvolvimento do conteúdo de física, como tradicionalmente feito, produz nos alunos.

As avaliações de aproveitamento escolar baseavam-se nas atividades de classe (construção de gráficos, participação nas experiências, etc.), nas atividades extra-classe (construção de protótipos, participação na exposição, etc.) além de provas objetivas. Fomos surpreendidos com a capacidade adquirida pelos alunos em abordar questões formais de vestibular. Não era nossa intenção, a princípio, capacitar-lhes a enfrentar um exame de vestibular, dada a lacuna existente na formação intelectual destes alunos. Porém as nossas provas objetivas eram questões de Vestibular FUVEST, em particular aquelas que envolviam mais profundamente o raciocínio com os conceitos físicos. Em que pese as deficiências destes alunos em Matemática, eles estavam mais seguros e apresentavam maior coerência de raciocínio, em média, que os alunos treinados a responder questões formais em outros contextos. Isto, a meu ver, deveu-se à manipulação de experimentos e ao método de situações-problemas desenvolvido.

Este trabalho insere-se no esforço de desenvolver uma metodologia do ensino de física consonante com a realidade em que vivemos, tal como foi desenvolvido do ponto de vista teórico por Delizoicov Neto ⁽¹⁾ e Menezes ⁽²⁾. Mais do que simples inspiração, estes trabalhos serviram como estímulo e subsídio para a aplicação das propostas neles contidas, embora os equívocos e desvios aqui cometidos são de única responsabilidade minha. Parte desse trabalho, em particular a idéia da Matriz de Investigação Temática e o uso do fluxograma no desenvolvimento dos conceitos, surgiu das reuniões da equipe de eletricidade do Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF) em discussão com os professores Jairo A. Pereira, M. Inês Nobre, Ana M. Oliveira, Nirce P.S. Gadfoli, a quem agradeço pelas críticas e sugestões.

REFERENCIAS

- (1) D. Delizoicov Neto, Rev. Ens. Fís. 5(2): 85, 1983.
- (2) L.C. Menezes, "Novo(?) método(?) para ensinar(?) física(?)", Rev. Ens. Fís. 2(2): 89, 1980.
- (3) A.A.S. Brito & J.O. Figueiredo, Rev. Ens. Fís. 3(1): 10, 1981.