
O PAPEL DO VOLTÍMETRO NA AQUISIÇÃO DO CONCEITO DE DIFERENÇA DE POTENCIAL

Rolando Axt
Virgínia Mello Alves
Instituto de Física - UFRGS
Porto Alegre - RS

Resumo

É sugerido uma estratégia para auxiliar os alunos a desenvolverem a noção de diferença de potencial. Tal estratégia combina experimentação qualitativa e quantitativa com um teste-tarefa (de lápis e papel) usado como recurso didático. Nos diversos itens desse teste os alunos são solicitados a predizer as possíveis leituras de um voltímetro.

I. Introdução

A noção de diferença de potencial é, para muitos estudantes, um conceito de difícil apreensão. As dificuldades de aprendizagem manifestam-se claramente quando eles são solicitados a diferenciá-lo de corrente elétrica e de outras grandezas relacionadas com propriedades elétricas de um circuito – e de seus elementos – como potência e energia elétricas.

Para os professores, a procura de estratégias apropriadas para introduzir e desenvolver a noção de diferença de potencial é motivo de constante preocupação. Nesse sentido, propondo uma seqüência de objetivos de aprendizagem a serem atingidos, Neto, Valente e Valente (1991) sugerem que uma estratégia ideal seria aquela que conseguisse levar o aluno a:

“- diferenciar claramente os conceitos de diferença de potencial e corrente elétrica, por um lado, e diferença de potencial e energia elétrica, por outro;

- perceber que a diferença de potencial é a causa que tem a corrente elétrica como possível efeito;

- compreender que a diferença de potencial não é uma grandeza puntual mas bipuntual;

- perceber que, ao contrário do que acontece com a corrente elétrica, a diferença de potencial não flui pelo circuito.”

Eles ainda destacam a relação de causa e efeito entre essas duas grandezas: “diferença de potencial é a causa da corrente elétrica e não seu efeito”.

Por outro lado, em dois estudos interrelacionados, Millar e King (1993) e Millar e Beh (1993) investigam a compreensão que estudantes de 15 anos têm sobre diferença de potencial

analisando sua "performance" em testes escritos que envolvem predição de leituras de voltímetros em circuitos com resistores ligados em série e em paralelo.

Orientada para esclarecer o que seria “compreensão de diferença de potencial”, a ser detectada no aluno, e o que poderia constituir evidência de tal compreensão, a construção dos testes é feita com itens para o aluno fazer predições sobre leituras de voltímetros em certos circuitos eletrônicos simples. O grau de correção nas respostas deverá constituir, por si só, um estágio na “compreensão de diferença de potencial” que o aluno tem. Segundo Millar e King, a habilidade de lidar com essas questões é parte daquilo que consideram “compreensão de diferença de potencial” ou, dito de outro modo, eles encontram na performance e no contexto para demonstrar tal performance as evidências para julgar sobre a compreensão do conceito.

Para Solomon (1988), isto equivaleria a dizer que “o conhecimento é possuído pelo aluno porque ele é capaz de usá-lo, não o contrário”.

II. O voltímetro: na prática e no papel

O primeiro teste proposto por Millar e King constitui uma seqüência progressiva de itens, cada um avaliando um aspecto do conhecimento necessário para analisar um circuito eletrônico que possui um “divisor de voltagem” como estágio de entrada. Nesse divisor de voltagem são analisadas as ligações em série. As questões contidas nesse teste, bem como a idéia básica que orienta sua construção, foram por nós aproveitadas para, juntamente com outras que acrescentamos, compor um teste-tarefa que fosse usado não tanto como fonte de dados para análise nem como teste diagnóstico, mas sim como instrumento de aprendizagem dentro de uma estratégia com vistas à aquisição pelos alunos do conceito de diferença de potencial.

A estratégia não se limita à experimentação qualitativa baseada, por exemplo, na comparação do brilho de lâmpadas, mas considera importante, também, o uso do voltímetro (e do amperímetro) no estudo das questões relativas a circuitos simples e a seus componentes. Tais instrumentos são necessários para superação das dificuldades e limitações inerentes ao uso de lâmpadas como “indicadores” de corrente elétrica e, particularmente, de diferença de potencial. Adotando a posição de que o gradativo domínio do instrumento (voltímetro) leva ao gradativo domínio do conceito (diferença de potencial), propusemos, a um grupo de estudantes do ensino médio, em cinco aulas de 3 horas cada uma, uma seqüência de atividades experimentais sobre um circuito simples (resumidamente apresentada na tabela a seguir). Inicialmente o tratamento foi qualitativo e o objetivo era o domínio do circuito e dos seus elementos. Na parte final o tratamento foi quantitativo, envolvendo uso do voltímetro e do amperímetro. Os dados experimentais obtidos pelos alunos foram ordenados de modo a levá-los a concluir que, entre os extremos de uma ligação de resistências em série, a diferença de potencial é a soma das diferenças de potencial lidas em cada resistência individual.

Aula/Título	Conteúdo
1 - Componentes de um circuito elétrico	Funções e símbolos dos componentes. O voltímetro.
2 - Circuito elétrico simples	O conceito de corrente elétrica. Experimentação com pilhas, fios, lâmpadas, NTC e diodo.
3 - Circuito de corrente alternada	Experimentação qualitativa com circuito a corrente alternada. Associação diodo-capacitor em circuito a corrente alternada.
4 - Resistência elétrica e Lei de Ohm	Medidas de V e de i para uma lâmpada e para um fio de NiCr. Resistência de um fio metálico: comprimento, secção transversal e material.
5 - Associação de resistências	Medidas de V e de i na associação de resistências em série (mantendo i constante) e em paralelo (mantendo V constante).

Na seqüência foi proposto o **teste-tarefa** para ser individualmente resolvido pelos alunos. Ao mesmo tempo em que eles avaliavam sua capacidade de fazer predições corretas sobre a leitura do voltímetro nas situações propostas no teste, exercitavam-se, agora não mais com o voltímetro e os diversos circuitos reais, mas com a forma, isto é, com a representação feita em figuras que simbolizam circuitos e instrumentos.

Finalmente foi aplicado um **teste complementar** elaborado especificamente para verificar em que medida os alunos associavam o conceito que construíram para diferença de potencial com os objetivos de aprendizagem enunciados por Neto, Valente e Valente, na suposição de que um bom desempenho neste teste poderia constituir uma evidência a favor da estratégia adotada

III. O teste-tarefa

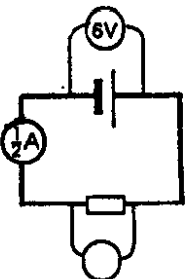
Diagrama do Circuito	Resposta Solicitada
<p>1.</p> 	<p>(a) Qual a leitura do voltímetro cuja escala está em branco?</p> <p>(b) Qual o valor da resistência R?</p> <p>(c) Se R aumentar, o que acontecerá com i e com V?</p>

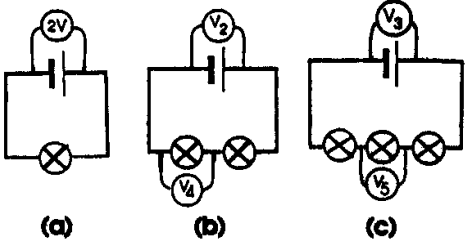
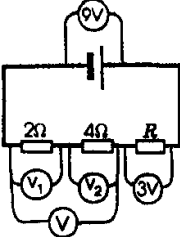
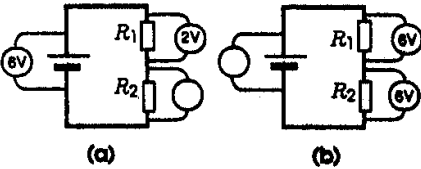
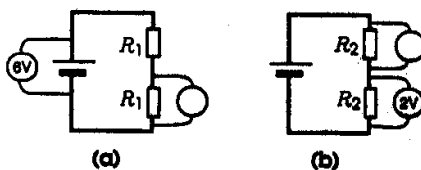
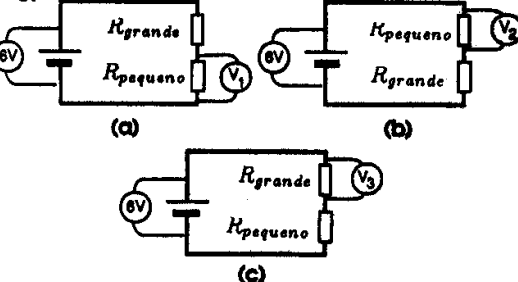
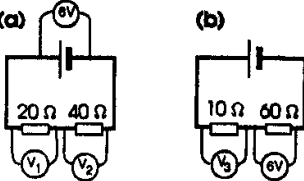
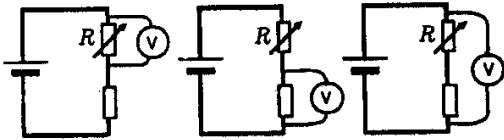
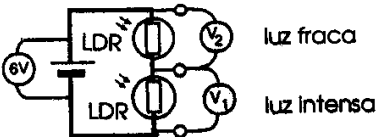
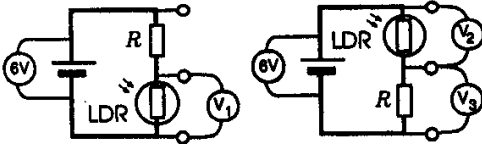
Diagrama do Circuito	Resposta Solicitada
<p>2.</p> <p>Em (b) e em (c) o brilho das lâmpadas (todas idênticas) é o mesmo que em (a).</p> 	<p>Diga qual a leitura dos voltmímetros em (b) e em (c).</p>
<p>3.</p> 	<p>(a) Qual a leitura do voltmímetro V? (b) Qual a leitura dos voltmímetros V₁ e V₂? (c) Qual o valor da resistência R?</p>
<p>4.</p> 	<p>Em cada caso, diga qual a leitura do voltmímetro cuja escala está em branco.</p>
<p>5.</p> 	<p>Em cada caso, diga qual a leitura do voltmímetro cuja escala está em branco.</p>
<p>6.</p> 	<p>Em cada caso, escolha a alternativa que você julga correta para a leitura do voltmímetro:</p> <p>A exatamente 6 V B pouco menos do que 6 V C exatamente 3 V D pouco mais do que 0 V E exatamente 0 V</p> <p>Explique seu raciocínio.</p>
<p>7.</p> 	<p>Qual a leitura dos voltmímetros V₁, V₂ e V₃?</p>

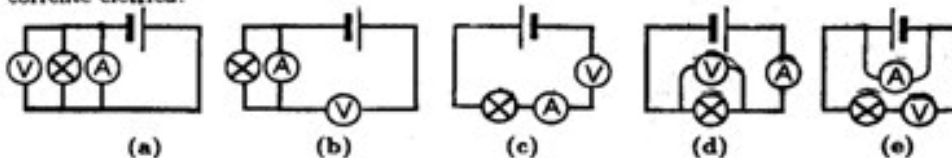
Diagrama do Circuito	Resposta Solicitada
<p>8.</p>  <p>(a) (b) (c)</p>	<p>Quando a resistência do reostato aumenta, a leitura do voltímetro:</p> <p>A aumenta B não muda C diminui</p> <p>Explique seu raciocínio.</p>
<p>9.</p> <p>O LDR possui uma resistência elétrica que diminui quando a intensidade da luz incidente aumenta.</p> 	<p>Diga se a leitura do voltímetro V_1 será:</p> <p>A Maior do que a do voltímetro V_2 B Igual à do voltímetro V_2 C Menor do que a do voltímetro V_2</p>
<p>10.</p> <p>No ESCURO (quando não incide luz), a resistência do LDR torna-se muito maior do que R.</p> <p>No CLARO (quando incide luz), a resistência do LDR torna-se muito menor do que R.</p>	<p>Em cada caso, escolha a alternativa que você julga correta para a leitura dos voltímetros:</p> <p>A exatamente 6 V B pouco menos do que 6 V C exatamente 3 V D pouco mais do que 0 V E exatamente 0 V</p> <p>Explique seu raciocínio.</p>
<p>Há luz incidindo sobre o LDR.</p>  <p>(a) (b)</p>	

Os itens 4, 5, 6, 7, 8 e 10 são originais do teste de Millar e King; os itens restantes foram por nós elaborados: O item 9 foi desenvolvido para facilitar a transição para o item 10 tendo em vista que o LDR foi, para nossos alunos, um componente novo, não estudado nas aulas experimentais.

IV. O teste complementar

O teste complementar

1. Em qual das alternativas o voltímetro (V) e o amperímetro (A) estão conectados à lâmpada (X) de modo a efetuar nela medidas corretas de diferença de potencial e de corrente elétrica?



Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas nas afirmações das questões 2, 3, 4 e 5.

Na questão 2 "bipuntual" significa que o instrumento de medida deve ser conectado a dois pontos diferentes do circuito elétrico.

2. Diferença de potencial é () e tem corrente elétrica como possível (). Diferença de potencial é uma grandeza (); corrente elétrica é uma grandeza ().

- (a) causa, efeito, bipuntual, puntual. (d) efeito, causa, puntual, bipuntual.
(b) efeito, causa, bipuntual, puntual. (e) causa, efeito, bipuntual, bipuntual.
(c) causa, efeito, puntual, bipuntual.

3. Corrente elétrica () pelo circuito; diferença de potencial () pelo circuito.

- (a) flui, flui. (d) flui, não flui.
(b) não flui, não flui. (e) flui, às vezes flui.
(c) não flui, flui.

4. Uma tomada é uma fonte de (). Na tomada a () geralmente se mantém estável.

- (a) diferença de potencial, corrente elétrica.
(b) corrente elétrica, diferença de potencial.
(c) diferença de potencial, diferença de potencial.
(d) corrente elétrica, corrente elétrica.
(e) diferença de potencial, potência dissipada.

5. Em uma mesma tomada são conectados três circuitos diferentes: um com uma lâmpada comum, outro com um secador de cabelos e outro com um barbeador elétrico. Nesses circuitos provavelmente a () () de um para outro.

- (a) diferença de potencial, difere. (d) resistência elétrica, não difere.
(b) corrente elétrica, difere. (e) potência dissipada, não difere.
(c) corrente elétrica, não difere.

V. Alguns dados

Nossa amostra foi pequena ($n = 16$) e, além disso, bastante heterogênea, por reunir alunos de escolas e de "performance" individual muito diferentes.

No teste-tarefa, em uma escala de zero a dez, a média do desempenho dos alunos foi seis, com extremos entre dois e dez. No teste complementar, aplicado em dois momentos – logo após o estudo da unidade e dois meses mais tarde, como teste de retenção – nossa amostra apresentou 80% e 60% de acertos, respectivamente

Consideramos este resultado satisfatório dentro das expectativas que tínhamos em relação a este teste.

Os alunos não foram previamente informados sobre a aplicação de nenhum dos testes.

Na medida em que adotamos os testes basicamente na função de exercícios, não cogitamos de nenhuma análise para validá-los. Por isso, os dados apresentados devem ser considerados apenas como parâmetros dos quais nada de conclusivo está sendo extraído. É claro que, por se referirem a estudantes de uma rede escolar brasileira, poderão ter algum significado para aqueles professores que irão aproveitar estes materiais em suas aulas. Contudo, desejando observar uma análise mais detalhada do desempenho dos alunos, o leitor deverá consultar o trabalho de Millar e King, onde essa análise é feita nos seis itens do teste construído por eles.

VI. Na sala de aula

Este trabalho propõe a adoção de um teste - em parte originalmente usado por outros autores em uma pesquisa de ensino de Física - como instrumento regular de trabalho associado à experimentação com uso do voltímetro.

Os professores que dispõem de voltímetros em suas escolas poderão associar diversas formas de experimentação quantitativa com os itens do teste-tarefa e acompanhar o desenvolvimento do conceito de diferença de potencial entre seus alunos. Àqueles que não dispõem de instrumentos, resta a alternativa forçada de utilizar apenas o teste com a representação do voltímetro em figuras, mas, até mesmo assim, acabarão descobrindo que os alunos sentem-se desafiados a respondê-lo. A curiosidade que desperta os motivará a uma reflexão maior diante das diversas situações em que surge o conceito de diferença de potencial.

A proposta, enquanto estratégia no processo ensino-aprendizagem, não se resume à situação aqui focalizada. A associação **instrumento = conceito** poderá ser adotada em todas aquelas situações nas quais o professor vislumbra a possibilidade de explorá-la no sentido de exercitar o domínio do conceito através do exercício para o domínio do instrumento. Sugestões nesse sentido poderão ser encontradas nas diversas referências deste artigo.

VII. Referências Bibliográficas

NETO, A. J.; VALENTE, M.; VALENTE, M. O. Circuitos elementares de corrente contínua: dificuldades de aprendizagem e formas de as superar. **Gaz. Fís.**, v. 14, n. 3, p. 94-107, 1991.

MILLAR, R.; KING, T. Students' understanding of voltage in simple serie electric circuits. **Int. J. Sci. Educ.**, v. 15, n. 3, p.339-349, 1993.

- MILLAR, R.; BEH, K. L. Students' understanding of voltage in simple parallel electric circuits. **Int. J. Sci. Educ.**, v. 15, n. 4, p.351-361, 1993.
- SOLOMON, J. Learning through experiment. **Studies in Sci. Educ.**, v. 15, p.103-108, 1988.
- AXT, R.; ALVES, V. M. **Física para Secundaristas: Eletricidade e Ótica**. Textos de Apoio ao Professor de Física, IF-UFRGS, n. 6, 1994.
- AXT, R.; MOREIRA, M. A.; SILVEIRA, F .L. Experimentação seletiva e associada à teoria como estratégia para facilitar a reformulação conceitual em física. **Rev. Ens. Fís.**, v. 12, p.139-158, dez. 1990.