

## ESTUDO DO EFEITO DE DEMONSTRAÇÕES EM VÍDEO COMO ORGANIZADOR PRÉVIO PARA CONSTRUÇÃO DE CONCEITOS DE FÍSICA TÉRMICA

**Marcus Vinicius Pereira<sup>1</sup>**

Núcleo de Computação Eletrônica, NCE/UFRJ

Secretaria Estadual de Educação, SEE-RJ

Rio de Janeiro, RJ, Brasil

**Susana de Souza Barros<sup>1</sup>**

Instituto de Física, IF/UFRJ

22245-970, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

### Resumo

A observação de evidências fenomenológicas associadas às aulas de Ciências é apontada como necessária à construção conceitual da Física, antecedendo sempre o formalismo matemático. Propõe-se a utilização do vídeo como estratégia alternativa das demonstrações experimentais em sala de aula sem recursos para realizá-las ao vivo, pensando-se em utilizá-lo como um Organizador Prévio Experimental (OPE). A função principal do OPE funciona como análogo da proposta de Ausubel: uma ponte cognitiva entre o que o aluno já sabe e o que ele deverá aprender. Essa estratégia visa a facilitar os processos construtivos que levam o aluno, partindo da observação, a identificar as grandezas físicas relevantes e as relações entre elas em nível qualitativo. A análise dos resultados da aplicação do OPE com demonstrações de física térmica, numa turma de ensino médio, permitiu considerá-lo um material didático potencialmente significativo.

Palavras-chave: Física Térmica; Demonstração em Vídeo; Organizador Prévio Experimental; Aprendizagem Significativa.

### Introdução

Os trabalhos de pesquisa em ensino de Física realizados durante as últimas cinco décadas apontaram o laboratório como o grande potencializador do processo de ensino-aprendizagem, onde a experimentação por parte do aluno era considerada a ‘salvação’ para o fracasso do ensino de Física – um tipo de ‘*vareta mágica*’ que faria *milagres*, como indicam Colinvaux e Barros (2002).

Já em 1965, Nedelsky comentava, de forma crítica, seu descontentamento em relação à baixa contribuição do laboratório para a aprendizagem de ciências. Atualmente, alguns pesquisadores também discutem a eficiência da atividade de laboratório:

*“Existe muita controvérsia sobre as atividades experimentais e seu papel na aprendizagem; pouco se conhece dos processos cognitivos em jogo do aprendiz durante a realização e interpretação de uma experiência.” (Bécu-Robinault, 1997)*

*“O trabalho de laboratório não leva necessariamente o aluno à compreensão conceitual.” (Lunetta, 1998)*

---

<sup>1</sup> e-mails: marvin@posgrad.nce.ufrj.br; susana@if.ufrj.br

*“Uma reflexão crítica sobre o papel do laboratório de Física como vem sendo trabalhado no Ensino Médio, nas suas diversas abordagens, nos leva a reconhecer sua baixa contribuição para a aprendizagem conceitual.” (Filipecki e Barros, 1999)*

Na atividade laboratorial, o aluno deverá aprender a lidar com equipamentos, a montar a atividade experimental, a verificar funcionamento adequado, a obter dados assim como entender os conceitos físicos, quer dizer, um amplo espectro de habilidades que não são adquiridas de "um dia para o outro".

É necessário reconhecer que a infra-estrutura escolar e as condições de trabalho dos próprios professores de Física não oferecem facilidades para realização de atividades de laboratório. Mesmo quando existem, o uso e manutenção de práticas experimentais estão muito aquém do que se poderia considerar eficiente.

Preparar demonstrações ao vivo é sempre factível, no entanto isso exige que o professor tenha à disposição os materiais apropriados e os instrumentos de medida necessários para uso nas várias salas de aula. Isso implica gasto de energia, organização e disponibilidade de tempo, como também possibilidades de transporte que geralmente não são fáceis de manter ao longo do tempo.

A gravação de demonstrações em vídeo é uma estratégia alternativa que pode ser eficaz no processo de ensino para a aprendizagem da Física. A produção de vídeos pelo próprio professor, assim como a produção de vídeos pelos próprios estudantes (Filipecki e Barros, 1999), já foi testada como técnica viável em trabalhos como em um projeto final de curso de graduação de Licenciatura em Física (Pereira, 1999), e em oficinas oferecidas para professores de Física no Rio de Janeiro (Filipecki e Barros, 2000) e em Curitiba no XV SNEF (Barros, Pereira e Filipecki, 2003).

Filipecki & Barros (1999) apontam o vídeo demonstrativo como sendo um potencializador de aspectos importantes que devem ser desenvolvidos através do trabalho dos estudantes em atividades práticas de laboratório.

A produção de vídeos de situações físicas simples permite seu uso em qualquer sala de aula que possua vídeo cassete e televisão, recursos freqüentes na escola. Nesse sentido o presente trabalho pode contribuir como estratégia alternativa para professores de escolas sem laboratório.

A utilização do vídeo como um ‘organizador prévio experimental’<sup>2</sup> (doravante denominado OPE) permite a introdução da fenomenologia – desconsiderada por muitos professores que se atêm apenas à resolução de problemas – nas aulas de Física discursivas tradicionais, das quais o professor não pode fugir.

*“O ensino de Física tem-se realizado freqüentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e professores e não só, mas também por isso, vazios de significado.” (MEC/SEMTEC, 1999)*

---

<sup>2</sup> Experimental no sentido de ser composto de experimentos científicos.

## Teoria

O referencial teórico deste trabalho se insere na perspectiva da aprendizagem significativa de Ausubel.

A aprendizagem significativa caracteriza-se pela interação entre aspectos específicos relevantes da estrutura cognitiva do aprendiz com as novas informações e a forma como ela se dá. Através dessa interação, as novas informações adquirem significado e são integradas à estrutura cognitiva de maneira não arbitrária e não literal, contribuindo para a diferenciação, elaboração e estabilidade dos subsunçores<sup>3</sup> preexistentes e, conseqüentemente, da própria estrutura cognitiva, como indica Moreira (1999).

Propostos originalmente por David Ausubel (1968), os organizadores prévios<sup>4</sup> podem ser utilizados para manipular a estrutura cognitiva do indivíduo. São constituídos por material introdutório e apresentados antes de qualquer material instrucional propriamente dito.

Organizadores prévios podem contribuir para a aprendizagem significativa à medida que funcionam como ‘pontes cognitivas’, pois permitem relacionar idéias, proposições e conceitos existentes com aqueles contidos no novo material de aprendizagem.

Pode-se associar o vídeo às etapas *icônica* e *ativa* da aprendizagem (Bruner, 1993) através das imagens e da seqüência de situações que representam um fenômeno demonstrado, enquanto a escolarização associa-se à etapa *simbólica*, em que a aprendizagem se dá por meio das linguagens mais abstratas, palavras, números, esquemas, equações e símbolos.

A estratégia a ser apresentada propõe que a construção dos conceitos físicos se dê em ‘espiral’ (Baez, 1960; Bruner, 1993), onde o estudante expressa suas idéias espontaneamente. A partir das evidências experimentais observadas e discutidas, as ‘idas e voltas’ permitem que o estudante reflita em vários níveis quando trabalha os novos conceitos.

## O Estudo Realizado

A pesquisa foi desenvolvida com um grupo de 32 alunos da segunda série do ensino médio de uma escola pública estadual no Rio de Janeiro, sem laboratório. Um Pré-teste foi aplicado visando levantar as representações que o aluno possui sobre os conceitos básicos da física térmica e a sua forma de expressão escrita. Esse estudo permitiu categorizar as respostas dadas a fim de escolher as demonstrações que comporiam o vídeo (OPE) “*Demonstrações sobre Conceitos de Física Térmica*” (Pereira e Barros, 2001). O vídeo foi utilizado em sala de aula em conjunto com as Fichas do Aluno. Após a aplicação, houve discussão sobre os tópicos abordados no vídeo a solicitação dos alunos. Um Pós-teste foi aplicado a fim de estudar o efeito da utilização do OPE.

---

<sup>3</sup> O *subsunçor* é um conceito, uma idéia, uma proposição, já existente na estrutura cognitiva, capaz de servir de ‘ancoradouro’ a uma nova informação.

<sup>4</sup> Na concepção ausubeliana, organizadores prévios não são necessariamente textos; podendo ser, como no caso deste trabalho, um conjunto de demonstrações experimentais (OPE).

## Instrumentos

Um instrumento diagnóstico – Pré-teste – foi elaborado (anexo 1) baseado nos resultados da literatura da pesquisa em ensino de Física (Erickson e Tiberghien, 1985; Tiberghien, 1985; Barros et alii, 1986; Yeo e Zadnik, 2001).

O Pré-teste, assim como o Pós-teste que é idêntico (anexo 1), é constituído de treze questões: quatro delas com opções “sim” e “não” (Q1, Q2, Q9 e Q10); três com respostas objetivas, mas sem alternativas explícitas (Q5, Q8 e Q13); e seis discursivas, onde é solicitada justificativa (Q3, Q4, Q6, Q7, Q11 e Q12).

O vídeo (anexo 2) apresenta situações experimentais que permitem colocar em evidência conceitos físicos relevantes a partir da observação do fenômeno em situações controladas. As demonstrações experimentais que compõem o vídeo têm em média duração de 90 segundos. Cada demonstração apresenta a seguinte estrutura: título; materiais utilizados e as cenas do fenômeno com legendas (condições físicas e/ou grandezas medidas relevantes).

As demonstrações do vídeo são monoconceituais e têm títulos de acordo com os conceitos abordados. São elas:

- I) *Modelo do calor: matéria x energia*
  - A) *Calor pode ser de natureza material?*
  - B) *Calor pode ser associado a alguma forma de energia?*
- II) *Grandezas intensivas e extensivas: temperatura e calor*
  - A) *Que tipo de grandeza física é a temperatura?*
  - B) *Que tipo de grandeza física é o calor?*
- III) *Condutores e isolantes térmicos: Fronteiras de um sistema: paredes condutoras e isolantes*
- IV) *Trocas de calor / equilíbrio térmico: Qual a temperatura final de uma mistura?*
- V) *Curva de aquecimento da água: mudanças de estado*
- VI) *Dilatação térmica dos sólidos*
  - A) *As dimensões de um corpo dependem de sua temperatura? (1)*
  - B) *As dimensões de um corpo dependem de sua temperatura? (2)*
- VII) *Propagação do calor*
  - A) *Condução: como o calor se propaga através dos sólidos?*
  - B) *Convecção: como o calor se propaga nos líquidos e gases?*
  - C) *Como o calor do sol chega à Terra?*

Optou-se pela produção do vídeo, inicialmente, sem som para permitir os alunos utilizassem sua linguagem natural para dar explicações e responder às perguntas, evitando a influência da linguagem escolarizada que o vídeo teria.

Para exemplificar, apresenta-se no anexo 2 uma das demonstrações (demo VII-B), com roteiro em forma de *story-board*, com a respectiva Ficha do Aluno, que é estruturada em duas partes para cada uma das demonstrações:

- a) *Registro da observação*: dados experimentais e condições explicitadas no vídeo.

*Perguntas*: questões de aplicação direta do fenômeno apresentado, classificadas como observacionais (simples transposição do fenômeno em palavras) e conceituais (abstração maior do conceito, que depende em geral não

b) só do efeito do vídeo sobre o aluno, mas do conteúdo escolarizado que ele possui).

TABELA 1 - CORRELAÇÃO ENTRE AS QUESTÕES DO PRÉ/PÓS TESTE E AS DEMONSTRAÇÕES

Pré e Pós	Vídeo
Q1, Q3, Q10	DEMO I-A
Q1, Q3, Q10	DEMO I-B
Q7	DEMO III
Q7	DEMO III DEMO IV
Q4	DEMO IV
Q8, Q11	DEMO VII-B
Q5	DEMO VII-A
	DEMO VII-C
Q6, Q12	DEMO VI-A DEMO VI-B
Q6, Q12	DEMO VI-A DEMO VI-B

### Aplicação em sala de aula

1) Primeira aula: Pré-teste.

2) Segunda aula: OPE – Vídeo

A utilização do vídeo, assim como o preenchimento das fichas pelos alunos, teve duração média de duas horas e finalizou com uma discussão informal.

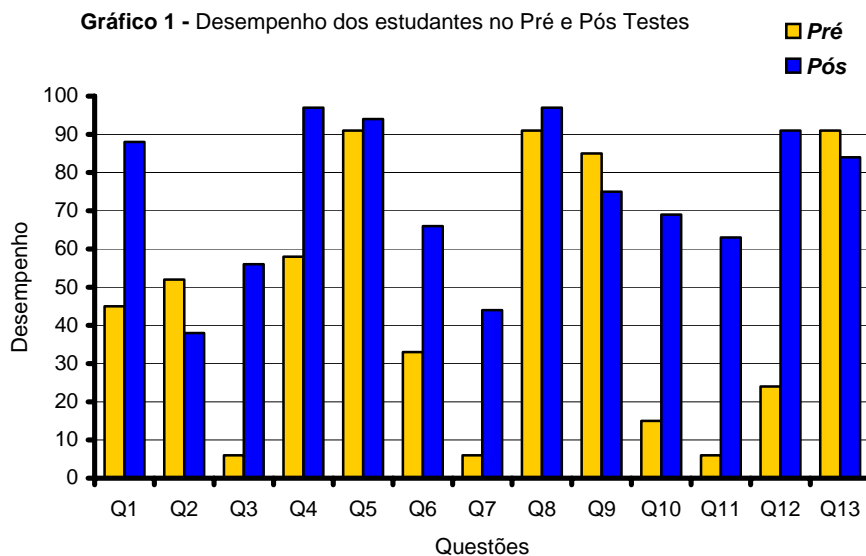
Para compreensão do método de trabalho e familiarização dos alunos com a estratégia utilizada, apenas a primeira demonstração foi trabalhada pelo professor em conjunto com os alunos. As fichas foram preenchidas e respondidas individualmente. O vídeo foi mostrado da seguinte forma:

- (a) Observação: a demonstração é apresentada uma primeira vez, onde os alunos podem solicitar pausas;
- (b) Entrega da ficha: nesta etapa, os alunos devem ler toda a ficha e refletir sobre o que eles viram anteriormente e o que é solicitado na ficha;
- (c) Re-observação: segunda e última apresentação da demonstração para preenchimento da primeira parte da ficha – registro da observação;
- (d) Respostas: os alunos têm um determinado tempo para responder a segunda parte da ficha – perguntas.

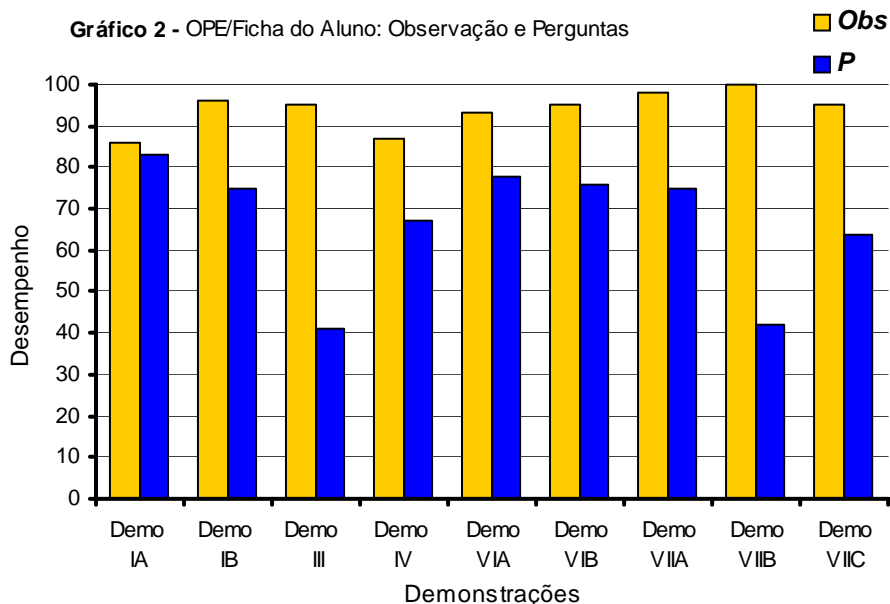
3) Terceira aula: Pós-teste

### Análise dos Dados

O gráfico 1 permite comparar o desempenho médio da turma em cada uma das questões do Pré e Pós-teste.



Observa-se uma piora no desempenho dos alunos ao responderem às questões 2, 9 e 13 que pode ser atribuída ao fato de que não foi mostrada aos alunos uma demonstração que tratasse explicitamente desses conceitos. Essas questões são provavelmente respondidas aleatoriamente. A questão 2 trata de um conceito de difícil interpretação (*Q2 – Todo corpo tem temperatura própria?*). As questões 9 e 13 estão relacionadas com o conceito de ponto fixo, que precisa de evidência experimental, porém a demonstração correspondente (demo V<sup>5</sup>) não foi trabalhada com esse grupo de estudantes. As outras respostas permitem associar uma melhora no desempenho médio dos alunos, que pode estar relacionada com a aplicação do OPE.



Depois de assistirem as demonstrações, como mostrado no gráfico 2, os alunos não apresentaram dificuldades em completar o Registro da Observação (Obs) – dados e informações solicitados na Ficha do Aluno. Os resultados do desempenho dos alunos nas respostas dadas às Perguntas (P) mostram que a discussão conceitual posterior que será feita em sala de aula ao longo da escolarização se faz necessária.

<sup>5</sup> Assim como a demonstração II.

A leitura das respostas discursivas dadas pelos alunos às questões do Pós-teste, após assistirem às demonstrações, indica uma compreensão conceitual mais apropriada, como é exemplificado a seguir<sup>6</sup>:

A) Aluno A: Q5) Qual das colheres que tem na cozinha sua mãe escolhe para mexer na panela no cozimento do doce de banana: madeira, metal ou plástico?

- Pré-teste: *"A de madeira, porque a de metal esquenta, a de plástico derrete, então a de madeira é mais recomendável que não acontece nenhuma das situações acima."*
- Pós-teste: *"A de madeira, porque a madeira demora mais a esquentar. Ela é um mal condutor de calor."*

Observa-se que no Pré-teste o Aluno A utiliza idéias do senso comum, se expressando com a linguagem do cotidiano, apenas comparando os três materiais de que pode ser feita a colher e escolhendo a de madeira por eliminação, através dos fenômenos que acontecem com o metal e o plástico. No Pós-teste ele utiliza o conceito de condução associado ao fenômeno que já conhecia. Tal conceito pode ter sido 'reativado' ao assistir as demonstrações III e VIIA, que tratam do conceito de condução térmica.

B) Aluno B: Q6) O que você faria para abrir um tampo metálico "rosqueado" muito justo em um vidro?

- Pré-teste: *"Pegaria um pano e tentaria abrir."*
- Pós-teste: *"Botaria fogo na tampa para haver a dilatação da tampinha."*

Verifica-se que o Aluno B também utiliza o senso comum em sua resposta ao Pré-teste – o cotidiano da 'cozinha de sua casa' – enquanto que no Pós-teste pensa no efeito do calor através do conceito de dilatação da tampa metálica para soltá-la do vidro, utilizando ainda linguagem coloquial.

C) Aluno C: Q7) Você está numa sala à temperatura ambiente. Toque numa superfície metálica e outra de madeira. Compare sua sensação da temperatura e justifique a diferença face à temperatura ambiente.

- Pré-teste: *"Sim. O metal é mais gelado que a madeira."*
- Pós-teste: *"A metálica é bom condutor térmico, já a de madeira não, mas todas as duas estão em temperatura ambiente."*

Do grupo de 32 alunos, apenas 3 acertaram esta questão ao responderem o Pré-teste, e mesmo assim com explicações incompletas. O Aluno C responde ao Pré-teste considerando apenas a temperatura fornecida pelo tato, o que não ocorre depois de assistir as demonstrações referentes à condução térmica, quando reconhece que todos os corpos estão a uma mesma temperatura ambiente (temperatura de equilíbrio) utilizando a propriedade correta para explicar a observação feita.

D) Aluno D: Q8) Qual é a melhor posição para instalar um aparelho de ar condicionado: perto do teto ou perto do chão?

- Pré-teste: *"Perto do chão. Porque no alto não dá para eu ligar, e porque todo mundo põe."*

<sup>6</sup> As respostas dos alunos foram transcritas dos Pré e Pós-testes da mesma forma como foram escritas, mantendo-se inclusive possíveis erros ortográficos e gramaticais.

- Pós-teste: "*Perto do teto, porque o ar frio é mais denso e fica em baixo, então o ar frio vai descer e refrigerar todo o ambiente.*"

Neste caso, o Aluno D responde o Pré-teste de forma óbvia e sem fazer referências ao fenômeno físico, enquanto que no Pós-teste já utiliza a propriedade de convecção abordada na demonstração VIIB.

E) Aluno E: Q12) Você sabe por que se deixa um espaço entre os trilhos do trem?

- Pré-teste: "*Para não super aquecer o trilho.*"
- Pós-teste: "*Para não haver uma dilatação nos trilhos, senão os trens descarrilha.*"

O Aluno E responde aleatoriamente o Pré-teste, enquanto que no Pós-teste, mesmo expressando-se com linguagem coloquial, ele consegue associar o conceito de dilatação ao fenômeno da possível deformação, cuja consequência ele aponta como 'descarrilha'.

### Considerações Finais

A aplicação da estratégia escolhida neste estudo inicial do OPE não teve objetivo de levantar os conceitos intuitivos dos alunos, bem estudados na literatura específica, mas sim de analisar como os alunos estruturam sua linguagem e suas explanações após terem assistido demonstrações experimentais em vídeo.

A utilização do OPE parece ser um fator positivo, no sentido de construir conectores significativos para a aprendizagem posterior.

É importante reconhecer que o organizador prévio pode ser um vídeo desenvolvido pelo próprio professor com recursos domésticos (câmera VHS-C com filmagem linear) como proposto no trabalho de Pereira e Barros (2001).

A facilidade de utilização do vídeo é indiscutível, já que, das novas tecnologias facilitadoras da aprendizagem, o aparelho de TV e o vídeo-cassete são os que mais frequentemente se encontram nas escolas, justificando a escolha de vídeos como alternativa didática ao laboratório ausente.

A estratégia utilizada dá possibilidades ao aluno de 'ir e voltar', refletindo sobre os mesmos conceitos em diversos níveis de complexidade – processo que dificilmente acontece na sala de aula – e com vários enfoques: i) intuição (Pré-teste); ii) observação fenomenológica – aspecto *icônico*<sup>7</sup> (Vídeo); reflexão/'reativação'<sup>8</sup> (Pós-teste); iv) simbólico – formal<sup>9</sup> (escolarização).

Os instrumentos utilizados nesta pesquisa estão sendo revistos a procura de uma adequação do pré e pós-teste aos conceitos trabalhados nas demonstrações. Uma avaliação pós-escolarização será elaborada com o propósito de estudar a eficiência do OPE no processo

<sup>7</sup> Bruner, 1993.

<sup>8</sup> Ausubel, 1968.

<sup>9</sup> Bruner, 1993.



de ensino-aprendizagem. Pretende-se também fazer um estudo de validação e correlação estatística dos instrumentos utilizados com esta estratégia.

Concluindo, pode-se afirmar que a estratégia alternativa proposta poderá ser utilizada pelos professores nas condições reais de sala de aula, pois:

- a) preserva a hierarquização conceitual do currículo;
- b) permite trabalhar em grupos numerosos de forma disciplinada;
- c) dá ao professor possibilidades de utilizar as demonstrações individualmente quando está introduzindo em sala de aula os conceitos associados;
- d) torna a aula mais produtiva devido a eficiência do uso do tempo e a motivação dos alunos;
- e) introduz um recurso que não é utilizado com frequência em sala de aula, pelo menos não de forma adequada;
- f) pode contribuir para que os alunos aprendam significativamente.

## Referências

AUSUBEL, D. **Educational Psychology: a Cognitive View**. New York: Holt Rinehart and Winston, 1968, 685p.

BAEZ, A. **Physics: A Spiral Approach**. New York: Wesley, 1960.

BARROS, S. S. et ali. A Study of Spontaneous Concepts Related to Heat Phenomena Conducted with Brazilian Students. In: SHIMODA, K. e RYU, T. (Eds) INTERNATIONAL CONFERENCE IN TRENDS IN PHYSICS EDUCATION, ICPE – IUPAP, 1986, Japan. **Proceedings...** Physics Education Society of Japan: KTK Scientific Publishers, 1986.

BARROS, S. S.; PEREIRA, M. V.; FILIPECKI, A. T. **Produção de Vídeos Didáticos de Física: Estratégia Alternativa para Aprendizagem**. In: SNEF, Simpósio Nacional de Ensino de Física, XV, 2003, Curitiba.

BÉCU-ROBINAULT, K. Activités de modélisation des élèves en situation de travaux pratiques traditionnels: introduction expérimentale du concept de puissance. **Didaskalia: Recherches sur la Communication et l'Apprentissage des Sciences et des Techniques**, Lyon, 11, p.7-37, 1997.

BRUNER, J. **The Process of Education**. Massachusetts: Harvard University Press, 1993.

COLINVAUX, D.; BARROS, S. S.. O Papel da Modelagem no Laboratório Didático de Física: O que há para se aprender? In: EPEF, ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, VIII, 2002, Águas de Lindóia. **Atas...** (CD-ROM) São Paulo: SBF, 2002.

ERICKSON, G.; TIBERGHIE, A. *Heat and Temperature*. In: Driver, R.; Guesne, E.; Tiberghie, A. (Ed.) **Children's Ideas in Science**. UK: Open University Press, 1985.

FILIPECKI, A. T.; BARROS, S. S.. Uma nova estratégia para o laboratório de Física no 2º grau: elaboração de vídeos pelos estudantes. In: ENPEC, ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, II, 1999, Valinhos. **Atas...** (CD-ROM) Porto Alegre: ABRAPEC, 1999.

\_\_\_\_\_. **Oficina: Desenvolvimento de Vídeos para Professores de Física de Ensino Médio**. Escola de Verão 50 anos: CBPF-RJ (1999). Curso de Especialização em Ensino de Ciências: UFF-RJ (2000). Grupo Integrado de Ensino de Ciências: CEFET-RJ (2000).

LUNETTA, V. N. The School Science Laboratory: Historical Perspectives and Contexts for Contemporary Teachers. In: **International Handbook of Science Education** (Part One). FRASER, B. J. & TOBIN, K. G. (Eds). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1998. p. 249-262.

MEC/SEMTEC. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: Ministério da Educação, 1999. 364p.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa** – Série Fórum Permanente de Professores. 1ª ed. Brasília: Editora UnB, 1999, 129p.

NEDELSKY, L. **Science Teaching and Testing**. New York: Harcourt, Brace & World Inc., 1965.

PEREIRA, M. V. **A Transferência da Pesquisa em Ensino de Física para a Sala de Aula: Alguns Exemplos**. 1999. 42p. Monografia (Licenciatura em Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

PEREIRA, M. V.; BARROS, S. S. Desenvolvimento de um Organizador Prévio Experimental em Sala de Aula para a Construção dos Conceitos de Calor e Temperatura Partindo das Concepções Prévias dos Alunos. In: ENPEC, ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, III, 2001, Atibaia. **Atas...** (CD ROM) Porto Alegre: ABRAPEC, 2001.

TIBERGHIE, A. Heat and Temperature, the Development of Ideas with Teaching. In: Driver, R.; Guesne, E.; Tiberghie, A. (Ed.) **Children's Ideas in Science**. UK: Open University Press, 1985. Chapter 5, p. 67-84.

YEO, S.; ZADNIK, M. Introductory Thermal Concept Evaluation: Assessing Students' Understanding. **The Physics Teacher**, AAPT, v.39, p.496-504, 2001.

**ANEXO 1**  
**Pré-teste e Pós-teste**

- Q1) O calor é uma substância?     Sim     Não
- Q2) Todo corpo tem uma temperatura própria?     Sim     Não
- Q3) O que é temperatura?
- Q4) O que acontece quando você mistura volumes iguais de água fria e quente?
- Q5) Qual das colheres que tem na cozinha sua mãe escolhe para mexer na panela no cozimento do doce de banana: madeira, metal ou plástico?
- Q6) O que você faria para abrir um tampo metálico “rosqueado” muito justo em um vidro?
- Q7) Você está numa sala à temperatura ambiente. Toque numa superfície metálica e outra de madeira. Compare sua sensação da temperatura e justifique a diferença face à temperatura ambiente.
- Q8) Qual é a melhor posição para instalar um aparelho de ar condicionado: perto do teto ou perto do chão?
- Q9) A temperatura de ebulição é a temperatura máxima que um líquido pode atingir?     Sim     Não
- Q10) Calor e temperatura são propriedades diferentes?     Sim     Não
- Q11) Por que o congelador fica na parte superior de um refrigerador?
- Q12) Por que se deixa um espaço entre os trilhos de trem?
- Q13) Se mantivermos uma chama de um fogão acesa o tempo todo aquecendo um líquido, sua temperatura aumentará sempre?

## ANEXO 2

 Exemplo de demonstração do OPE – *Story-board*

CENA	IMAGEM	DESCRIÇÃO	ELEMENTO GRÁFICO	
			Nº	TÍTULO
01		Título da demonstração	01	COMO O CALOR SE PROPAGA ATRAVÉS DOS LÍQUIDOS E GASES?
02		Um dedo de cada mão é colocado simultaneamente acima e ao lado da chama de uma vela; acima não agüenta ficar por muito tempo.	—	—
03		Tomada do conjunto dos materiais utilizados	02	MATERIAIS UTILIZADOS vela termômetros isqueiro
04		Medida da distância dos termômetros até o pavio. Medida das temperaturas iniciais acima e lateral.	03	$d_{ACIMA} = 4\text{cm}$
			04	$d_{LATERAL} = 4\text{cm}$
			05	$T_{ACIMA} = 21,9^\circ\text{C}$
			06	$T_{LATERAL} = 22,9^\circ\text{C}$
05		Acende a vela, e após um certo intervalo de tempo, faz-se a medida das temperaturas finais acima e lateral.	07	$T_{ACIMA} = 55,0^\circ\text{C}$
			08	$T_{LATERAL} = 23,0^\circ\text{C}$

**Ficha do aluno**
**Registro da observação**

 Dedo colocado a 4 cm na lateral da chama:  queima  não queima

 Dedo colocado a 4 cm acima da chama:  queima  não queima

 Temperatura lateral inicial:  $T_{LATERAL} = \text{---}^\circ\text{C}$ 

 Temperatura vertical inicial:  $T_{ACIMA} = \text{---}^\circ\text{C}$ 

 Temperatura lateral da chama da vela final a 4 cm:  $T_{LATERAL} = \text{---}^\circ\text{C}$ 

 Temperatura acima da chama da vela final a 4 cm:  $T_{ACIMA} = \text{---}^\circ\text{C}$ 
**Perguntas**

1. Explique por que o dedo agüenta ficar a 4 cm na lateral da chama mas não a 4 cm acima.
2. Por que a temperatura final acima da chama é maior que a temperatura na lateral da chama?
3. Como o calor é transferido de um lugar para o outro no processo de convecção?