

## Comparação da eficácia de três procedimentos instrucionais no ensino de um conceito de física\*

JOAQUIM MARCIAL CASTILHO\*\*  
JOSÉ FERNANDO BITENCOURT LOMÔNACO\*\*\*

1. Introdução; 2. Aprendizagem de conceitos: a lacuna entre o laboratório e a sala de aula; 3. *Concept-set*; 4. Justificativa e objetivos; 5. Método; 6. Resultados; 7. Discussão.

Avaliação da eficiência de três procedimentos instrucionais no ensino de um conceito de física: a) dedutivo, que consistia na definição do conceito, indicação de seus atributos críticos e apresentação de exemplos e contra-exemplos; b) indutivo, semelhante ao procedimento dedutivo, porém, constituído apenas pelas séries de exemplos e contra-exemplos; a definição e os atributos relevantes do conceito deveriam ser elaborados pelos alunos após observarem a sequência instrucional; c) tradicional, semelhante ao que os professores empregam normalmente para ensinar conceitos. Serviram como sujeitos 132 alunos do 3º ano secundário de uma escola pública do sistema escolar venezuelano, cujas idades variavam de 13 a 17 anos e pertenciam à classe sócio-econômica média. Todos os alunos responderam a um pré-teste destinado a avaliar seus conhecimentos relacionados ao conceito de refração da luz. Em seguida fez-se a aplicação dos três programas instrucionais, o que determinou a constituição de três grupos. A cada grupo se administrou um pós-teste imediato e um retardado, realizado seis semanas depois do imediato. Os resultados indicaram que os três procedimentos foram eficientes tanto na aprendizagem quanto na retenção a longo prazo do conceito ensinado. O procedimento indutivo revelou-se superior aos demais, enquanto o procedimento dedutivo mostrou-se superior ao tradicional.

### 1. Introdução

O ensino de conceitos é uma tarefa educacional relevante, especialmente nos níveis escolares básicos, dado que, além da importância dos conceitos para a estru-

\* Este artigo constitui uma versão resumida da dissertação de mestrado elaborada pelo primeiro autor, sob orientação do segundo autor, apresentada ao Instituto de Física da Universidade de São Paulo (1983). (Apresentado à Redação em 19.9.89.)

\*\* Da Universidade Pedagógica Libertador, Departamento de Física, Maracay, Venezuela. (Endereço: Calle Libertad Norte, Res. Tamarindo, Torre A, aptº 12-D, Maracay, Venezuela.)

\*\*\* Do Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo. (Endereço: Av. Prof. Mello Moraes, 1.721, 05508, São Paulo, SP; ou Caixa Postal 66.261, São Paulo, SP.)

turação do conhecimento, a formação alcançada pelos alunos nessa etapa determinará, em grande medida, sua futura história acadêmica. Apesar disso, nos meios escolares não se dá geralmente a esse processo a importância devida. No ensino de conceitos, grande parte dos professores limita-se a definições verbais e a uns poucos exemplos aleatoriamente escolhidos. Assim sendo, o que poderia se constituir numa atividade apaixonante se converte em rotineira memorização de definições verbais ou de descrições de fatos e fenômenos isolados que, em geral, não se relacionam nem com a estrutura da disciplina, nem com o processo de aprendizagem que implica a participação ativa do aluno.

A realização deste trabalho é produto das inquietações do primeiro autor, enquanto professor de física, e do segundo, enquanto um estudioso do processo de aquisição de conceitos. Como professor de física, o primeiro autor tem observado ao longo dos anos que a maioria dos alunos, talvez condicionados pela prática escolar predominante, procuram aprender física quase que exclusivamente através de exercícios de memorização. A resolução de problemas, sem nenhuma análise conceitual, se converte no cálculo do valor numérico de uma grandeza, retirada de alguma fórmula previamente memorizada. Na verdade, poderíamos chamar a esse procedimento de "método do quebra-cabeça". Os alunos, diante de um exercício, procuram selecionar dentre um conjunto de "fórmulas" memorizadas, aquela que contém as letras vinculadas às grandezas mencionadas no texto e, em seguida, com um pouco de álgebra elementar, podem transformá-la e calcular a resposta do "problema". Desta maneira não se faz nenhuma referência aos conceitos e princípios envolvidos no referido exercício e, por conseguinte, ao conhecimento de física correspondente. Não é de se estranhar, portanto, que quando os alunos são solicitados a raciocinar em física, se mostrem incapazes e, como consequência, fracassem nos estudos posteriores desta disciplina.

Da experiência como professor de física resta a convicção de que a melhoria do ensino desta disciplina tem relação direta com a aprendizagem mais eficiente de conceitos, princípios e leis correspondentes. Todavia, a literatura pertinente, apesar de registrar uma ampla gama de estudos sobre a aquisição de conceitos nos laboratórios de psicologia, apresenta um número reduzido de tentativas para aplicar esses conhecimentos ao ensino de conceitos na escola (Carroll, 1964; Wager & Broderick, 1974; Clark, 1971) e, menos ainda, no caso específico da física. Pelas razões expostas nos propusemos a realizar esta pesquisa que pretende contribuir, ainda que modestamente, para a melhoria do ensino de conceitos em sala de aula.

## **2. Aprendizagem de conceitos: a lacuna entre o laboratório e a sala de aula**

Para tornar mais eficiente o trabalho dos educadores, faz-se necessário conjugar, de forma apropriada, as descobertas da Psicologia da Aprendizagem, a estrutura da disciplina específica e os fatores do meio ambiente. É sabido que a didática ainda está bastante longe de alcançar esta meta, devido à existência de múltiplas dificuldades na aprendizagem escolar. Entre estas, cabe mencionar uma acentuada falta de articulação entre as descobertas dos psicólogos referentes às condições de aprendizagem em laboratório e as experiências reais dos docentes em suas salas de aula.

Neste sentido, Wager e Broderick (1974), afirmam que a maioria dos especialistas do ramo estão de acordo quanto à existência de um problema de coordenação entre a investigação básica sobre a aprendizagem de conceitos e o ensino escolar correspondente. Acrescentam que tem sido difícil para os especialistas transformar

os resultados experimentais em material instrucional. Em geral, a literatura referente à formação de conceitos caracteriza-se por uma notável e lamentável ausência de propostas que visem superar o impasse assinalado.

Clark (1971), após examinar 230 estudos experimentais, chegou à conclusão de que o paradigma típico da investigação sobre a formação de conceitos é muito diferente do procedimento adotado na escola com o mesmo intuito. Naquela, os experimentos são altamente específicos e controlados, enquanto que neste existe uma surpreendente variedade, tanto no material usado quanto no método empregado.

Carroll (1964) sintetiza seu ponto de vista sobre este assunto em cinco pontos:

1. Enquanto um conceito novo aprendido na escola é realmente desconhecido para os alunos, um conceito ensinado no laboratório consiste geralmente numa combinação artificial de atributos já conhecidos pelos sujeitos, tal como o conceito de "três quadrados azuis".
2. Os conceitos típicos do currículo escolar baseiam-se geralmente em atributos que são, em si mesmos, conceitos difíceis a quase expressos verbalmente. Além do mais, tais atributos não são facilmente representáveis em termos de qualidades sensoriais simples, como ocorre com os conceitos utilizados na investigação psicológica.
3. A maioria dos conceitos ensinados na escola são relacionais, em contraposição aos conjuntivos, caracteristicamente estudados no laboratório.<sup>1</sup>
4. Um conceito ensinado na escola implica um problema adicional de memória associativa. É preciso vincular os conceitos aprendidos com palavras que são, em muitos casos, desconhecidas e estranhas para o aluno. De outro lado, a aprendizagem de conceitos na investigação experimental não requer, necessariamente, tais exercícios memorísticos.
5. Finalmente, a diferença mais acentuada entre a sala de aula e o laboratório reside no fato de que, naquela, os conceitos são normalmente ensinados de forma dedutiva e, neste, de maneira indutiva. O método dedutivo empregado na didática escolar consiste em apresentar os conceitos mediante a definição e descrições verbais. Por sua vez, o método indutivo caracteriza-se pela apresentação ao aprendiz de uma série de estímulos adequados, indicando-lhe quais são os exemplares do conceito e quais não o são. Desta forma, espera-se que o sujeito aprenda o conceito.

Preocupados com o distanciamento entre os estudos de laboratório, a maioria dos quais sobre a aprendizagem de conceitos artificiais, e a situação real de escola, alguns pesquisadores têm se dedicado a estudar a aprendizagem de conceitos em situações mais próximas às que ocorrem em sala de aula, e/ou a desenvolver procedimentos instrucionais aplicáveis ao contexto escolar. É nesse sentido que se insere a proposta de um de tais procedimentos, elaborado por Tennyson e Boutwell (1974), denominado "concept-set", objeto de estudo do presente trabalho.

<sup>1</sup> De acordo com Flavell (In: Mussen, 1976), o significado de um conceito não se refere apenas a um conjunto de atributos, mas também a uma afirmação sobre a maneira pela qual estão relacionados. Se para que uma pessoa, evento ou coisa seja considerado como exemplar de determinado conceito se exige que apresente simultaneamente duas ou mais propriedades, o conceito será conjuntivo: por exemplo, "ovíparo", que deve ser um animal e nascer de um ovo. Por outro lado, se for necessário levar em conta a inter-relação entre os atributos, o conceito é dito relacional; por exemplo, "quadrado", que é uma figura plana de quatro lados iguais e quatro ângulos também iguais.

### 3. Concept-set

O *concept-set*<sup>2</sup> constitui uma tentativa de elaborar um procedimento instrucional que incorpore resultados experimentais provenientes da área de aquisição de conceitos e que ofereça possibilidades reais de auxiliar o professor no ensino de conceitos em situação escolar.

Markle e Tiemann (1969) afirmam que a aprendizagem adequada dos conceitos efetua-se somente se forem empregados na instrução exemplos divergentes (atributos não-críticos tão diferentes quanto possíveis) emparelhados com contra-exemplos cujos atributos não-críticos sejam similares a seus correspondentes pareados. Segundo os autores, a primeira exigência favorece a generalização e a segunda facilita a discriminação. Além disso, Markle e Tiemann salientam que, se não ocorrerem as condições a que se referiu anteriormente, isso implicará erros de classificação, tais como: a) supergeneralização – quando um sujeito, além de classificar todos os exemplos de uma classe, ainda inclui nela alguns contra-exemplos, caracterizando a existência de uma discriminação interclasses deficiente; b) subgeneralização – o sujeito classifica corretamente os elementos mais óbvios da categoria, mas falha no que se refere aos exemplos menos evidentes, caracterizando uma deficiência de generalização intraclasse; c) o tipo de erro que ocorre quando o sujeito parte de uma concepção errônea, confundindo alguns atributos irrelevantes ou combinações destes com atributos críticos do conceito.

A técnica instrucional denominada *concept-set*, proposta por Tennyson e Boutwell (1974), fundamenta-se nas recomendações de Markle e Tiemann, anteriormente consideradas. Um *concept-set* consiste da definição do conceito, indicação de seus atributos relevantes, de exemplos e contra-exemplos adequadamente emparelhados, e da indicação, pelo menos para alguns exemplos, da presença dos atributos críticos correspondentes.

A seguir, explicitar-se-á melhor os elementos de um *concept-set* e far-se-á referência às suas características mais importantes.

A definição deve ser elaborada numa linguagem acessível à população que se pretende ensinar e preferivelmente de maneira objetiva, evitando-se o uso de palavras supérfluas.

A partir da definição deve-se indicar e ressaltar os atributos relevantes, a fim de facilitar o processo de classificação. É conveniente que tal indicação se faça com os mesmos cuidados dispensados à definição do conceito. Desta maneira facilita-se a compreensão e retenção por parte do aprendiz.

Os exemplos devem ser dispostos de maneira que facilite a generalização e a discriminação. A generalização é facilitada se os dois exemplos que integram cada conjunto de exemplos e contra-exemplos apresentarem atributos irrelevantes os mais diferentes possíveis. A discriminação é favorecida se cada exemplo se emparelhar com um contra-exemplo com atributos irrelevantes similares. O quadro 1 ajuda a compreender melhor esta exigência.

Um exemplo ajudará a esclarecer melhor em que consiste esse procedimento instrucional. O *concept-set* refere-se ao conceito de *hereditariedade* e foi retirado do trabalho de Dorin (1981).

<sup>2</sup> Conservou-se a denominação em inglês por considerar que traduzida como “conjunto de conceitos”, ou similar, poderia engendrar confusão. Na realidade, um *concept-set* é um procedimento instrucional proposto por Tennyson e Boutwell (1974), que se refere apenas ao ensino de um conceito.

## Quadro 1

**Definição:** hereditariedade é a transmissão de características de pais para filhos através das células reprodutoras, ou seja, a transmissão de traços de uma geração a outra, os quais podem ou não se manifestar no organismo dos descendentes, embora estejam presentes em suas células.

**Atributos críticos:** transmissão de traços (ou características) através das células reprodutoras e sua presença no organismo dos descendentes.

**Exemplo:** Mendel e as ervilhas

Ao cruzar ervilhas lisas e rugosas, o abade observou que todas nasceram lisas. Aí, ele as cruzou entre si e, para seu espanto, surgiram pés de ervilhas lisas e rugosas. Ele pensava que as rugosas tinham desaparecido para sempre. (Observe que o traço hereditário pode não ser visível numa geração, mas ele não desaparece.)

**Não-exemplo:** os limões gêmeos

Um menino encontrou num pomar alguns limões gêmeos, isto é, que se desenvolveram ligados. Depois que sua mãe cortou os limões, ele recolheu as sementes e as plantou. Pois bem, os pés de limão originários dessas sementes não produziram sequer um par de limões geminados, ligados. (Note que os limões se desenvolveram unidos acidentalmente e não por uma característica determinada pela hereditariedade.)

**Exemplo:** os míopes

José e Maria se casaram. Como José era míope, alguns de seus filhos vieram a ser míopes também. (Observe que alguns, mas não todos, os descendentes adquiriram a miopia paterna.)

**Não-exemplo:** um caso de rubéola

Quando grávida, a mãe de Ernesto teve rubéola. Ele nasceu com um braço pela metade, fato esse que foi atribuído pelo médico à doença da mãe. "A senhora – disse ele – poderá ter outros filhos, que dificilmente isto tornará a acontecer." (Perceba que a falta da metade de um braço não foi provocada por traços presentes nas células reprodutoras.)

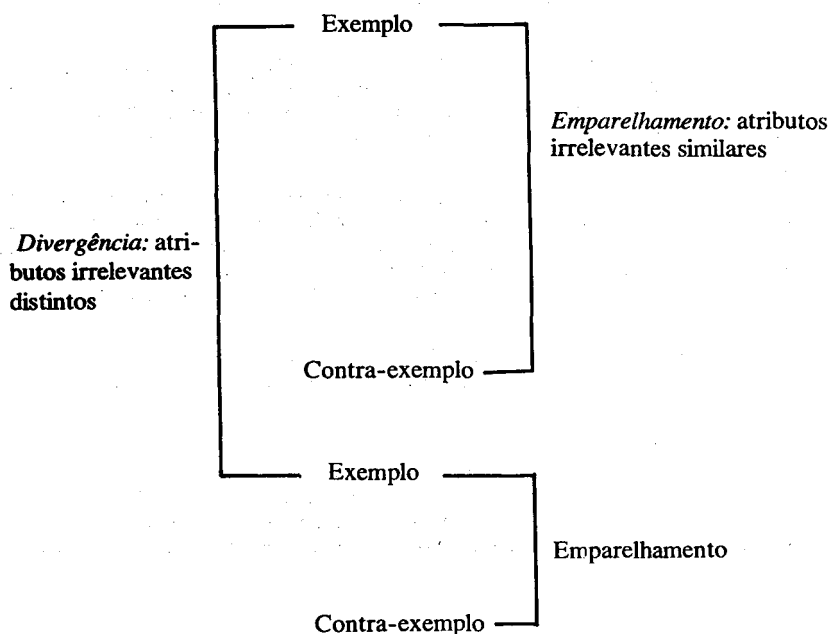
Cada conjunto de exemplos e contra-exemplos assim emparelhados constitui um *concept-set*. Geralmente um único *concept-set* não é suficiente para uma efetiva aprendizagem; assim sendo, vários *concept-sets* precisam ser elaborados. Como salientam Dorin e Lomônaco (1986, p. 169): "Não existem regras para determinar *a priori* a quantidade ótima de *concept-sets* a serem construídos. A complexidade do conceito é que determinará o número final de *concept-set* que deve ser incluído num programa de ensino."

No meio escolar brasileiro foram levados a cabo dois estudos objetivando verificar a eficiência do procedimento proposto por Tennyson e Boutwell (1974). Lomônaco et alii (1977) realizaram um estudo em que este procedimento foi comparado ao método usual de leitura de um texto comum. Para isto os autores elaboraram dois programas para o ensino do conceito de *proposição*: um consistindo de um texto dissertativo de 21 linhas e outro de seis conjuntos de exemplos e contra-exemplos. Este trabalho foi realizado com 137 sujeitos: 56 estudantes do colegial e 81 universitários, com idades entre 21 e 39 anos, os quais foram submetidos a um pré-teste inicial, em seguida aos programas instrucionais e, finalmente, responderam a um pós-teste. Os resultados não indicaram diferenças significantes en-

tre os métodos a nível dos sujeitos do colegial. Todavia, para os alunos universitários, o procedimento *concept-set* se mostrou superior ao tradicional.

Figura 1

Representação esquemática da disposição dos exemplos e contra-exemplos num *concept-set* (apud Tennyson, Wooley & Merryl, 1972)



Também Dorin e Lomônaco (1986) realizaram um estudo cujo objetivo foi avaliar a eficiência do procedimento em questão. Os autores investigaram ainda o efeito de variar a estrutura do *concept-set* sobre a aprendizagem. Foram elaborados três programas: A, constituído de um *concept-set* formado pela definição do conceito, indicação dos atributos relevantes e apresentação de uma seqüência de exemplos adaptada às normas indicadas por Tennyson e Boutwell (1974); B, semelhante ao programa A, exceto quanto à definição do conceito, que aparecia no final; C, semelhante ao programa A, mas sem a definição, a qual deveria ser enunciada pelo aprendiz depois de examinar os exemplos. Os sujeitos foram grupos de alunos do 2º grau, a quem se ensinou o conceito de “hereditariedade”, agrupados de acordo com o sexo e a idade. Todos os sujeitos responderam a um pré-teste. Logo após se administrar os programas instrucionais para cada conceito, se procedeu a um pós-teste imediato (idêntico ao pré-teste) e um pós-teste retardado, aplicado 30 dias após o pós-teste imediato. Os resultados indicaram que os três procedimentos foram igualmente eficientes, tanto na aprendizagem como na retenção a longo prazo. Segundo os autores, a disposição de exemplos em *concept-set* parece ter sido o fator mais importante na aquisição do conceito.

## 4. Justificativa e objetivos

Como descrito em item anterior deste trabalho, há um acordo entre os especialistas em relação à falta de vinculação entre a pesquisa experimental sobre a formação de conceitos e a sua aplicação na área escolar. De forma mais específica, o procedimento instrucional de Tennyson e Boutwell (1974) constitui, a nosso ver, uma proposta com suficiente base teórico-experimental para tentar melhor o ensino de conceitos. Os *concept-sets*, elaborados pelos autores citados, foram pouco testados a nível de sala de aula. Nesse sentido, verificamos na literatura específica a existência de apenas dois trabalhos realizados no contexto escolar. Por esse motivo, acreditamos que se justifica a realização de mais pesquisas objetivando verificar sua eficiência para o ensino dos muitos conceitos que fazem parte das várias disciplinas do currículo escolar.

Pelos motivos expostos nos propusemos, no presente trabalho, aos seguintes objetivos:

- a) Verificar a eficiência do procedimento dedutivo denominado *concept-set* – tal como originariamente proposto por Tennyson e Boutwell (1974) – no ensino de um conceito de física a nível de escola secundária.
- b) Verificar se modificações efetuadas na estrutura original do *concept-set*, de modo a transformá-lo num procedimento indutivo, influenciam sua eficácia no ensino de um conceito de física a nível de escola secundária.
- c) Comparar a eficiência dos *concept-sets* (dedutivo e indutivo) com o procedimento tradicionalmente usado pelos professores no ensino de um conceito de física, a nível de escola secundária.
- d) Verificar a influência dos procedimentos utilizados sobre a retenção a longo prazo do material apreendido.

## 5. Método

### 5.1 Sujeitos

Participaram como sujeitos 75 alunos, sendo 29 do sexo masculino e 46 do sexo feminino, nas faixas etárias de 13 a 17 anos, que cursavam o 3º ano do ciclo básico no Colégio Andrés Bello, na cidade de Maracay (Venezuela), pertencentes à classe sócio-econômica média.<sup>3</sup> Esse número foi selecionado de uma amostra maior, da qual foram excluídos sujeitos em função de, pelo menos, um dos seguintes fatores: a) já conheciam o conceito a ser ensinado; b) faltaram a alguma das três provas. Considerou-se que um aluno já conhecia o conceito a ser ensinado se obtivesse mais de 38% de pontos num pré-teste destinado a avaliar o domínio do conceito.

### 5.2 Material

O material usado nesta pesquisa, exceto alguns equipamentos pertencentes aos laboratórios de física do Instituto Universitário Pedagógico de Maracay, foi elabo-

<sup>3</sup> Esta informação baseia-se nos seguintes fatos: a) aproximadamente 30% dos estudantes do colégio são filhos de professores universitários; b) o colégio situa-se numa zona residencial de classe média.

rado pelo primeiro autor e destinava-se à avaliação e ensino do conceito de “refração da luz”. Tal material é descrito a seguir.

### 5.2.1 Prova de avaliação

O conhecimento anterior, a aprendizagem e a retenção do conceito de refração da luz foram avaliados, antes e após a instrução, mediante uma mesma prova escrita que foi utilizada como pré-teste, pós-teste imediato e pós-teste retardado. A prova em questão consistia de três questões de múltipla escolha e quatro questões que envolviam respostas curtas.

### 5.2.2 *Concept-set*

Para o ensino do conceito de refração da luz, elaborou-se um programa instrucional de acordo com as recomendações de Tennyson e Boutwell (1974). Como já foi dito, esses autores sustentam o ponto de vista de que a aprendizagem mais efetiva dos conceitos tem lugar quando são obedecidas duas condições na apresentação dos exemplos organizados em *concept-set*:

- a) Os exemplos de um mesmo *concept-set* devem diferir o mais possível em seus atributos *não-críticos*;
- b) Os exemplos e os contra-exemplos, emparelhados em um mesmo *concept-set*, devem apresentar atributos *não-críticos* o mais semelhante possível.

No ensino do conceito utilizou-se um programa constituído por três *concept-sets*, elaborados de acordo com a proposta de Tennyson e Boutwell, mas sem incluir, de forma explícita, a definição e os atributos do conceito.

### 5.2.3 – Álbuns seriados

Com a finalidade de apresentar aos sujeitos do Grupo Dedutivo (GD) a definição, os atributos críticos e as séries de exemplos e contra-exemplos, montou-se um álbum seriado. O álbum em questão consistia de cinco folhas de papel branco, de 60cm x 80cm, com o seguinte conteúdo: a) na primeira folha, o título; b) na segunda folha, a definição e os atributos críticos do conceito; c) nas três folhas seguintes, os três *concept-set* elaborados, uma folha para cada *concept-set*.

A fim de tornar mais claro ao leitor a forma de apresentação do conteúdo, consideramos interessante ilustrar o que foi descrito com a transcrição de um dos *concept-set* elaborados para esse trabalho, acompanhado da definição do conceito e da indicação de seus atributos críticos.

#### ● *Definição*

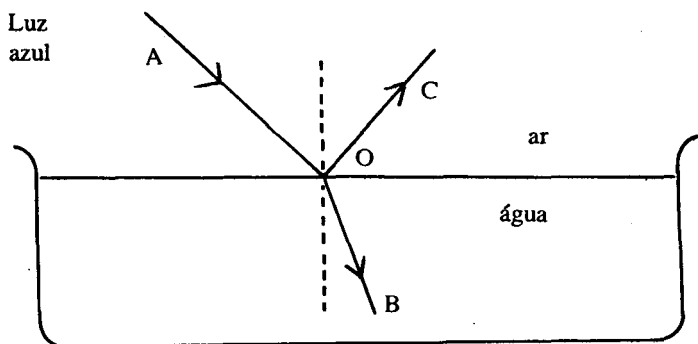
“A refração da luz é a mudança de direção de propagação que experimentam os raios luminosos quando passam de um meio transparente a outro meio transparente diferente.”

#### ● *Atributos críticos*

1. Mudança na direção da propagação.
2. Passar de um meio transparente a outro meio transparente diferente.

• *Concept-set*

Figura 2

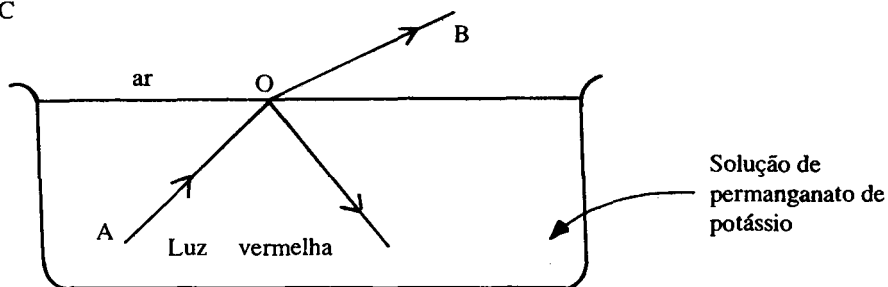


Exemplo 1. Fenômeno vinculado à propagação do raio de luz azul segundo o caminho ótico A O B

Não-exemplo 1. Reflexão do raio de luz azul segundo A O C

Figura 3

AOC



Exemplo 2. Fenômeno associado à propagação A O B seguida pelo raio de luz vermelha.

Não-exemplo 2. Reflexão do raio de luz vermelha na superfície da solução.

### 5.3 Procedimento

Para efeito de ensino a amostra foi dividida em 3 grupos, com igual número de sujeitos ( $n=25$ ), como se segue:

- a) GI, ensinado pelo procedimento indutivo (I);
- b) GD, ensinado pelo procedimento dedutivo (D);
- c) GT, ensinado pelo procedimento tradicional (T).

A seguir, faremos a descrição dos procedimentos instrucionais indutivo, dedutivo e tradicional referidos acima.

### 5.3.1 *Procedimento indutivo (I)*

Os sujeitos que se submeteram a este procedimento foram conduzidos a uma sala-laboratório previamente preparada e, em uma seção única de 3h30min, ministrou-se a instrução. Os alunos foram informados de que se tratava de um estudo sobre o ensino da física, sendo-lhes solicitada sua colaboração.

De forma breve, através dos conceitos conhecidos de triângulo e da reflexão da luz, explicou-se aos sujeitos as idéias mais relevantes relacionadas com a aprendizagem dos conceitos (definição, atributos críticos e exemplos). Por outro lado, os sujeitos foram avisados sobre a realização de provas individuais e que os dois alunos que apresentassem melhor rendimento seriam presenteados com livros de física.

Procedeu-se, então, à aplicação do pré-teste, mediante uma prova avaliativa previamente elaborada, distribuída individualmente aos alunos, enfatizando-se o caráter individual da prova. Os alunos foram instruídos a levantarem a mão quando terminassem a prova. Assim, tão logo o aluno terminava a prova, esta era imediatamente recolhida pelo professor, enquanto o aluno permanecia em seu lugar, em silêncio.

Quando todos os alunos terminaram o pré-teste, teve início o ensino, realizado por dois professores de física, os quais informaram aos sujeitos sobre o número de atributos críticos do conceito em estudo; os alunos deveriam descobrir estes atributos através da observação cuidadosa da série de exemplos dados.

Após ser entregue a cada sujeito o programa instrucional correspondente, foi-lhes solicitado que observassem os exemplos no programa e no experimento associado a estes.

O exame da série de exemplos foi realizado na ordem estabelecida em cada programa. Por outro lado, cada exemplo do programa foi acompanhado por um experimento previamente montado sobre as mesas da sala-laboratório. Isto permitiu aos pesquisadores mostrar aos sujeitos quais os fenômenos que constituem exemplos do conceito, e quais são seus contra-exemplos.

Assim que terminou a observação da série de exemplos, pediu-se aos alunos que formassem pequenos grupos (de 4 ou 5), a fim de estabelecer a definição do conceito, em uma breve discussão de 5 minutos.

Imediatamente após o processo descrito aplicou-se o pós-teste, que consistiu em responder à mesma prova utilizada no pré-teste.

Findo o pós-teste imediato, não se fez nenhuma referência a qualquer outra prova, e agradeceu-se aos sujeitos pela sua colaboração na pesquisa.

Seis semanas depois, sem aviso prévio, foi aplicado o pós-teste retardado, que consistia em responder à mesma prova usada anteriormente como pós-teste imediato. Nesta ocasião, procedeu-se de forma análoga à que se procedera no pós-teste imediato.

### 5.3.2 *Procedimento dedutivo (D)*

Em termos gerais, este procedimento assemelhou-se ao procedimento indutivo descrito no que precede, exceto nos seguintes aspectos:

- a) a duração da instrução foi de 2 1/2 horas;
- b) não se informou aos sujeitos sobre o número de atributos críticos dos conceitos, para que eles os descobrissem como ocorreu no procedimento indutivo; pelo con-

trário, a definição e os atributos críticos foram dados explicitamente, e ilustrados através de exemplos e contra-exemplos; para isto, os dois professores encarregados da instrução serviram-se do programa contendo a série de exemplos, um álbum seriado contendo a definição, os atributos e a série de exemplos e uma réplica experimental da série de exemplos previamente disposta sobre as mesas da sala-laboratório. Em cada momento, os instrutores, por meio da definição e dos atributos críticos do conceito, mostravam os fenômenos aos sujeitos, explicando por que constituíam exemplos ou contra-exemplos;

c) ao término desta instrução, os alunos não se reuniram em pequenos grupos.

### 5.3.3 Procedimento tradicional (T)

Procedimento semelhante à prática comum no meio escolar venezuelano, exceto no que se refere às provas realizadas, as quais ocorreram de forma análoga à usada nos dois procedimentos descritos anteriormente, e ao fato de que também estes sujeitos foram avisados de que se tratava de uma pesquisa sobre o ensino da física, solicitando-se sua colaboração.

De maneira geral, consistiu na exposição oral da definição dos conceitos, sua ilustração através de um ou dois exemplos apresentados oralmente e esquemas na lousa. Toda a atividade esteve a cargo do professor, em uma sessão de 50 minutos, numa sala de aula comum.

## 6. Resultados

Na análise dos resultados procurou-se, em primeiro lugar, efetuar comparações intragrupos a fim de avaliar o grau de aprendizagem e retenção em cada um dos grupos, independentemente. Para tal, comparou-se os escores dos sujeitos de um mesmo grupo antes da instrução (escores do pré-teste), imediatamente após (escores do pós-teste imediato) e seis semanas depois (escores do pós-teste).

Em segundo lugar, procurou-se verificar as diferenças entre o nível e a retenção da aprendizagem alcançadas pelos diferentes grupos. Tratou-se, portanto, de uma comparação intergrupos, a fim de avaliar a eficácia relativa dos procedimentos instrucionais.

Para todas as análises estatísticas efetuadas o nível de significância adotado foi o de 5%, como é usual na investigação experimental em psicologia e educação.

Todavia, antes da apresentação das citadas análises estatísticas, julgou-se conveniente proporcionar ao leitor uma descrição geral dos resultados obtidos. Para tanto, elaborou-se a tabela 1. Na tabela 1 são apresentadas as médias e os desvios padrão das notas obtidas pelos sujeitos nas diversas avaliações.

Como se pode observar, as médias do pré-teste foram muito semelhantes; a maior diferença foi de 0,62 entre as médias do grupo submetido a ensino indutivo e o grupo submetido ao procedimento tradicional de ensino. Observe-se, também, nas colunas correspondentes, que as médias mais altas foram alcançadas pelos sujeitos instruídos de acordo com o procedimento indutivo. O grupo submetido ao procedimento dedutivo obteve médias de valores intermediários, e o grupo tradicional registrou as médias mais baixas.

Com base nos resultados médios registrados na tabela 1, foi construída a figura 4, a fim de mostrar, de forma clara, o desempenho geral dos grupos e facilitar a comparação intergrupos.

**Tabela 1**

| Situções<br>Grupos | PRE  |      | PI    |      | PR    |      |
|--------------------|------|------|-------|------|-------|------|
|                    | X    | DP   | X     | DP   | X     | DP   |
| GI                 | 3,74 | 2,94 | 17,86 | 5,65 | 12,44 | 5,78 |
| GD                 | 2,98 | 2,51 | 11,72 | 5,48 | 8,05  | 4,49 |
| GT                 | 3,60 | 2,75 | 8,32  | 3,48 | 6,56  | 4,12 |

**PRE = pře-teste**

PI = pós-teste imediato

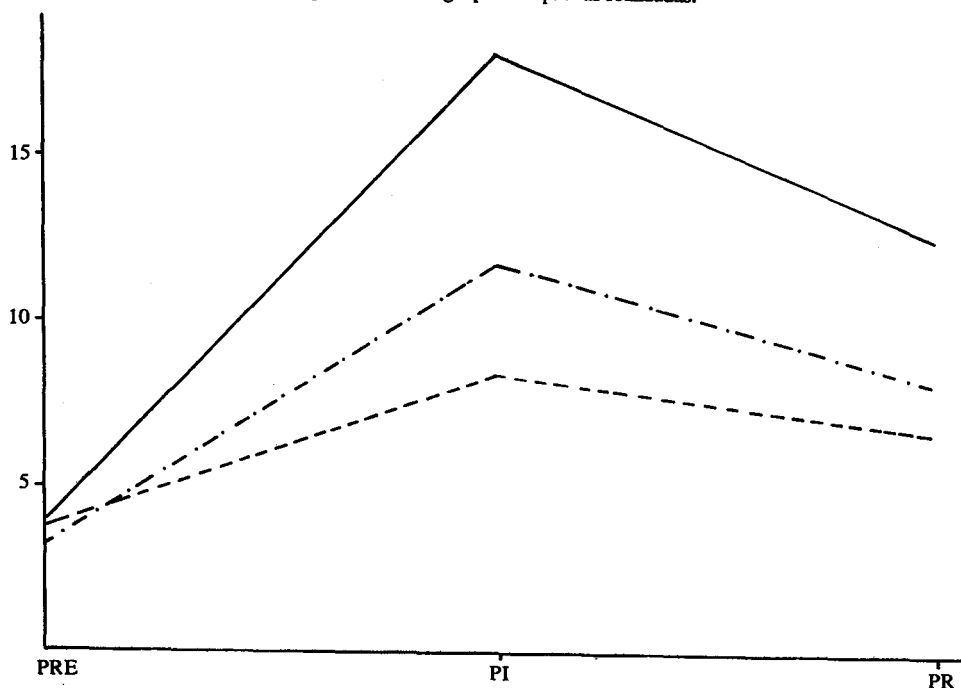
PR = pós-teste retardado

GI = grupo indutivo

GD = grupo dedutivo

GT = grupo tradicional

**Figura 4**  
**Desempenho dos três grupos nas provas realizadas.**



Grupo I: \_\_\_\_\_

**Grupo D:** - . - . - . - . - . -

**Grupo T:** \_\_\_\_\_

PRE: pré-teste

PI: pós-teste imediato

**PR: pós-teste retardado**

A figura 4 mostra o melhor desempenho do grupo instruído de acordo com o procedimento indutivo. Por outro lado, nota-se que o grupo ensinado pelo procedimento dedutivo teve um desempenho ligeiramente superior ao daquele tratado pelo procedimento tradicional. Observam-se, também, resultados semelhantes no pré-teste para todos os grupos.

### 6.1 Avaliação da eficiência dos procedimentos instrucionais

A fim de analisar a eficiência de cada procedimento instrucional, utilizou-se o Teste *t* de Student (Miller, 1977), para comparação de médias com dados pareados.

A tabela 2, referente à aprendizagem alcançada pelos grupos, apresenta, respectivamente, os “*t*” observados e os níveis de significância para as diferenças de médias entre o pós-teste imediato e o pré-teste.

Tabela 2  
Diferenças de médias entre o pós-teste imediato e o pré-teste

Grupo I :  $t_{obs} = 14,29$  (sig. a 1%)  
Grupo D :  $t_{obs} = 8,74$  (sig. a 1%)  
Grupo T :  $t_{obs} = 6,65$  (sig. a 1%)

As diferenças de médias, nos termos da comparação acima, foram significantes a 1%, o que indica a eficiência de todos os procedimentos instrucionais aqui examinados para a aprendizagem dos conceitos ensinados.

A tabela 3, referente à retenção da aprendizagem, apresenta respectivamente os “*t*” observados e os níveis de significância para as diferenças entre as médias do pós-teste imediato e do pós-teste retardado.

Tabela 3  
Diferenças de médias entre o pós-teste imediato e o pós-teste retardado

Grupo I :  $t_{obs} = 5,53$  (sig. a 1%)  
Grupo D :  $t_{obs} = 3,35$  (sig. a 1%)  
Grupo T :  $t_{obs} = 2,12$  (sig. a 5%)

De acordo com os dados da tabela 3, todas as diferenças de médias entre os dois pós-testes foram estatisticamente significantes. Os dados desta tabela, em virtude das diferenças terem se revelado significantes poderiam induzir o leitor a pensar que o grau de esquecimento foi muito elevado. Na realidade, isto não ocorreu, como se pode verificar pela tabela 4, que apresenta as percentagens de retenção média para os três grupos.

Tabela 4  
Percentagem de retenção dos grupos estudados

Grupo I = 69,7%  
Grupo D = 68,9%  
Grupo T = 78,8%

Como se pode observar, o grupo D apresentou o menor grau de retenção, mas, mesmo neste caso, alcança a elevada percentagem de aproximadamente 76%.

## 6.2 Diferenças de eficiência dos procedimentos instrucionais

Na seção precedente analisou-se a eficiência de três procedimentos para a aprendizagem e retenção de um conceito de física. Interessa-nos, agora, investigar se um destes procedimentos revelou-se mais eficiente do que os demais.

A fim de avaliar as possíveis diferenças, empregou-se o método de análise de covariância descrito em Winer (1971). Como covariável foi escolhida a nota obtida no pré-teste, já que o conhecimento prévio dos sujeitos no que tange ao conceito considerado não era idêntico.

A técnica estatística em questão permite utilizar as notas dos pré-testes para comparar a eficiência dos procedimentos, mesmo quando os grupos apresentam desempenhos distintos no pré-teste, como é o caso presente.

Os dados relativos à análise de covariância para as notas dos pré-testes encontram-se nas tabelas 5 e 6.

Tabela 5  
Análise de covariância para notas do pós-teste imediato

| Fontes de variação | SQ      | GL | QM    | F       |
|--------------------|---------|----|-------|---------|
| Tratamentos        | 1119,81 | 2  | 559,9 | 27,06 + |
| Residual           | 1468,96 | 71 | 20,69 | —       |
| Total              | 2588,77 | —  | —     | —       |

+ significativo a 5%

Tabela 6  
Análise de covariância para notas do pós-teste retardado

| Fontes de variação | SQ      | GL | QM    | F       |
|--------------------|---------|----|-------|---------|
| Tratamentos        | 430,99  | 2  | 215,5 | 10,62 + |
| Residual           | 1440,97 | 71 | 20,3  | —       |
| Total              | 1871,96 | —  | —     | —       |

+ significativo a 5%

Os dados apresentados nas tabelas precedentes indicam diferenças significantes entre os procedimentos instrucionais, ao nível de 5%, tanto no que diz respeito à aprendizagem (tabela 5) quanto à retenção (tabela 6).

Com o objetivo de identificar quais comparações são significantes, recorreu-se ao teste de Scheffê (Winer, 1971). Os resultados obtidos, referentes à eficiência dos procedimentos para a aprendizagem, estão apresentados na tabela 7 com a indicação dos intervalos de confiança para contrastes no pós-teste imediato.

Tabela 7  
Intervalo de confiança para contrastes (pós-teste imediato)

Grupos I e D :  $5,51 \pm 3,24$  (sig. a 5%)  
Grupos I e T :  $9,42 \pm 3,22$  (sig. a 5%)  
Grupos D e T :  $3,91 \pm 3,23$  (sig. a 5%)

De acordo com estes dados, o procedimento indutivo revelou-se superior aos outros dois para a aprendizagem dos conceitos ensinados. Por outro lado, o procedimento dedutivo mostrou-se superior ao tradicional.

A tabela 8, referente à retenção da aprendizagem, apresenta os intervalos de confiança para contrastes no pós-teste retardado.

Tabela 8  
Intervalo de confiança para contrastes (pós-teste retardado)

Grupos I e D :  $3,81 \pm 3,21$  (sig. a 5%)  
Grupos I e T :  $5,78 \pm 3,19$  (sig. a 5%)  
Grupos D e T :  $1,97 \pm 3,20$  (não sig.)

Os resultados apresentados revelam superioridade do procedimento indutivo na retenção da aprendizagem decorridas seis semanas após o término da instrução. Quanto aos procedimentos dedutivo e tradicional, apresentam uma eficiência equivalente em termos de retenção.

Em resumo, não obstante todos os procedimentos mostrarem-se eficientes para a aprendizagem e retenção do conceito ensinado, o procedimento indutivo foi superior aos demais. O procedimento dedutivo mostrou-se superior ao tradicional em termos de aprendizagem, mas não em termos de retenção.

## 7. Discussão

Para efeito da discussão dos resultados do presente estudo, far-se-á referência, em primeiro lugar, à eficiência dos procedimentos instrucionais em termos da comparação intragrupos, no que se refere à aprendizagem e à retenção a longo prazo do conceito ensinado. Em segundo lugar, será abordada a comparação intergrupos relativa à eficiência dos procedimentos em estudo.

A análise estatística dos resultados mostra que todos os procedimentos avaliados revelaram-se válidos, tanto para o ensino como para a retenção a longo prazo do conceito de física selecionado. No entanto, como analisaremos mais adiante, os níveis de eficiência correspondentes apresentaram diferenças significantes. Com efeito, a comparação intergrupos evidencia a superioridade do procedimento indutivo sobre os outros dois métodos, tanto no ensino como na retenção do conceito estudado. Por sua vez, o procedimento dedutivo revelou-se superior ao tradicional.

A seguir exporemos algumas hipóteses, incluindo fatores comuns aos procedimentos indutivo e dedutivo que, a nosso ver, influenciaram de alguma forma a eficiência dos métodos em referência para o ensino do conceito de refração da luz.

a) As séries de exemplos e contra-exemplos integrantes dos *concept-sets* foram elaboradas de maneira que resultaram o mais próximo possível do padrão proposto por Tennyson e Boutwell (1974). Por esta razão acreditamos que tenha possibilitado a atuação dos processos de generalização e discriminação entre os estímulos, necessários à aquisição do conceito considerado e, conseqüentemente, facilitado a aprendizagem do mesmo.

b) Os *concept-sets* foram apresentados em ordem crescente de dificuldade, seqüência que, segundo os autores, facilita a aprendizagem dos conceitos.

c) Os exemplos e contra-exemplos foram planejados de tal forma que puderam ser percebidos através de vários meios (experimentos, esquemas e descrições verbais), o que, segundo autores como Clark, Tennyson e Boutwell (1974), favorece a aprendizagem dos conceitos correspondentes.

d) Acredita-se que a motivação inicial dos sujeitos para desempenhar a tarefa de aprendizagem se realizou em função, ao menos em parte, de ter sido oferecido um prêmio para aqueles que obtivessem um melhor desempenho no pós-teste imediato (os alunos que obtivessem um maior número de pontos receberiam como prêmio livros de física).

e) O fato de saber que participavam de uma pesquisa sobre tecnologia de ensino da física pode ter se constituído em um fator positivo para o desempenho dos sujeitos.

Acreditamos ter exposto, sem pretender ser exaustivo, alguns fatores comuns que, a nosso ver, afetaram o desempenho dos alunos submetidos aos procedimentos dedutivo e indutivo. Existem, todavia, alguns fatores relevantes vinculados à aprendizagem, que não são comuns aos procedimentos empregados, e que serão expostos a seguir:

a) O desempenho dos alunos submetidos ao procedimento dedutivo foi, provavelmente, favorecido de forma substancial pelos *concept-sets* através dos quais se levou a cabo a instrução. Estes apresentam elementos, como a definição e os atributos relevantes do conceito, que são por si mesmos apropriados para o ensino de conceitos.

b) Ademais, o desempenho dos alunos ensinados através do procedimento dedutivo (*concept-set*) pode ter sido favorecido pelo fato de que este método apresenta alguns aspectos semelhantes à metodologia tradicional do ensino. É provável, portanto, que a familiaridade dos sujeitos com sistema instrucional tenha contribuído para facilitar a aprendizagem.

A eficácia do procedimento tradicional, que de um modo geral, apresentou um número mínimo de elementos comuns aos outros dois métodos, pode ser explicada em termos das seguintes possíveis variáveis, apresentadas em ordem de importância.

a) Familiaridade dos alunos com o procedimento instrucional.

b) A exposição e a explicação da definição do conceito.

c) Emprego na instrução de um ou dois exemplos ilustrativos do conceito.

d) Conhecimento, por parte dos alunos, de estar participando de um estudo que objetivava melhorar o ensino da física.

As hipóteses anteriormente expostas pretendem explicar, ainda que parcialmente, a eficiência dos três procedimentos de ensino empregados nesta pesquisa. No entanto, como foi assinalado inicialmente, o procedimento indutivo se mostrou superior aos outros dois métodos.

Acreditamos que as variáveis que influenciaram mais fortemente a diferença encontrada foram as seguintes:

a) É provável que o maior tempo de instrução correspondente ao procedimento indutivo, em comparação aos outros dois métodos, tenha contribuído para a sua maior eficiência.

b) É possível que os sujeitos submetidos ao procedimento dedutivo não tenham aproveitado adequadamente a informação apresentada nos *concept-sets*, enquanto os alunos ensinados através do método indutivo mostraram um aproveitamento adequado. A tendência, condicionada pela experiência escolar nos sujeitos submetidos ao procedimento dedutivo, no sentido de aprender os conceitos somente por meio da definição e em prazo curto, talvez tenha constituído um obstáculo para a aprendizagem. Por sua vez, os alunos ensinados indutivamente, em função da estrutura do programa, foram obrigados a utilizar com maior eficácia a informação contida nas séries de exemplos e contra-exemplos dos *concept-sets*.

c) Também é possível que os sujeitos submetidos ao método indutivo tenham desfrutado de recompensas interiores que facilitaram o seu desempenho. Como afirmam Rizzuto (1970) e Bruner (1961, apud Anastasiow, 1970) tal consequência é intrínseca ao método de descoberta. É interessante destacar que os alunos se mantiveram interessados durante todo o processo de aprendizagem.

d) A discussão entre pequenos grupos, incluída na parte final da instrução, parece ter constituído um fator favorável à aprendizagem: em primeiro lugar pela influência do ambiente de cooperação, próprio deste tipo de estratégia e, em segundo lugar, pelo incentivo criado pela competição, no sentido de que cada aluno queria ser o primeiro a verbalizar a definição e assinalar os atributos relevantes.

Consideramos conveniente ressaltar que todas as hipóteses expostas para explicar a eficiência dos procedimentos instrucionais em estudo não se excluem mutuamente, sendo possível que os fatores mencionados nelas tenham atuado simultaneamente como determinantes dos resultados obtidos.

Os resultados do presente estudo devem ser examinados levando-se em conta os objetivos dos autores no sentido de manter as condições experimentais o mais próximo possível do ambiente escolar. Nesse sentido, adverte-se ao leitor sobre as limitações que esta circunstância impôs à pesquisa e, conseqüentemente, ao alcance dos resultados. As variáveis ligadas à aprendizagem, por si mesmas difíceis de serem controladas, tornam-se ainda de controle mais difícil quando se transcende o âmbito do laboratório de psicologia.

Finalmente pede-se ao leitor que atente para algumas questões e sugestões que são levantadas a partir dos resultados desta pesquisa.

a) Os conceitos selecionados para esta pesquisa permitiram a elaboração de uma série de exemplos que puderam ser expressos tanto em descrições e esquemas co-

mo em referência empírico-concreta. Seria interessante verificar a eficiência dos procedimentos indutivo e dedutivo empregados nesta pesquisa no ensino de conceitos de física mais complexos. Da mesma forma, poder-se-ia investigar sua aplicação ao ensino de princípios e leis em física.

b) Como se mencionou, os resultados da comparação entre os procedimentos dedutivo, indutivo e tradicional devem ser considerados com algumas reservas, devido à presença de variáveis, especificamente no que se refere ao tempo de instrução, não controlado com rigor absoluto. Seria conveniente, portanto, elaborar uma pesquisa em que tal variável fosse controlada com maior cuidado. Por exemplo, numa pesquisa que pretenda comparar a eficiência dos procedimentos indutivo e dedutivo, semelhantes aos usados nesta pesquisa, seria conveniente estabelecer períodos de tempo iguais para a observação de cada par do tipo exemplo/contr-exemplo; desta maneira, o tempo de instrução global para cada grupo seria mais ou menos o mesmo.

Com a realização do presente estudo esperamos ter trazido alguma contribuição aos educadores e psicólogos no sentido de melhorar o ensino de conceitos. Se nossos resultados, apesar de suas limitações, puderem incentivar a outros estudiosos à elaboração de pesquisas afins, nos sentiremos profundamente recompensados.

## Abstract

Evaluation of the efficiency of three instructional procedures in the teaching of one concept of Physics: a) deductive, consisting of the definition of the concept, the indication of its critical features, and the presentation of examples and counter-examples; b) inductive, similar to the proceeding, except that it is composed only of the series of examples and counter-examples, while the definition and the relevant features of the concept are to be determined by the students from the observation of the instruction sequence; c) traditional, similar to that usually adapted by teachers in the teaching of concepts. The subjects were 132 high-school students enrolled in the Venezuelan state school system, their ages ranging from 13 to 17 years, and belonging to the socio-economic middle-class. All students answered a pre-test, designed to evaluate their knowledge about refraction of light. Thereafter, the three instructional programs were applied, resulting in three experimental groups. Each group was submitted to an immediate and to a retarded post-test, the latter six weeks after the former. The results indicated that the three procedures were efficient, both in the process of learning and in long-term retention. The inductive procedure, however, showed itself to be superior to the remainder in terms of learning as well as in long-term retention. On the other hand, the deductive procedure proved superior to the traditional.

## Referências bibliográficas

- Anastasiow, N.J.; Sibley, S.A., Leonhardt, T.M. & Borich, G. D. A comparison of guided discovery, discovery and didactic teaching of math to the kindergarten poverty, children. *American Educational Research Journal*, 7: 493-509, 1970.
- Carroll, J. B. Words, meaning and concept. *Harvard Educational Review*, 34: 178-202, 1964.
- Castilho, J. M. *Comparação da eficácia de três procedimentos instrucionais no ensino de dois conceitos de física*. São Paulo, 1983. Dissertação de mestrado. Instituto de Física na Universidade de São Paulo.
- Clark, D.C. Teaching concepts in the classroom: a set of teaching prescriptions derived from experimental research. *Journal of Educational Psychology*, 62: 253-78, 1971.

- Dorin, L. *Variações de um procedimento metodológico para o ensino de conceitos: um estudo comparativo*. São Paulo, 1981. Dissertação de mestrado. Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo.
- & Lomônaco, J.F.B. Variações de um procedimento metodológico para o ensino de conceitos: um estudo comparativo. *Arquivos Brasileiros de Psicologia*, 38: 167-77, 1986.
- Flavell, J.F. O desenvolvimento de conceitos. In: P.H. Mussen (org.), *Carmichael Psicologia da Criança*. São Paulo, Editora Pedagógica Universitária, 1976; v. 6.
- Lomônaco, J. F. B., Campos, M.A.A., Teixeira, R.L.M. & Braga, S.M.L. Avaliação de um procedimento metodológico para o ensino de conceitos. *Boletim de Psicologia*, 29: 17-22, 1972-73.
- Markle, S.M. & Tiemann, P. W. Behavioral analysis of cognitive content. *Educational Technology*, 10: 41-5, 1970.
- Miller, S. *Planejamento experimental e estatística*. Rio de Janeiro, Zahar, 1977.
- Rizzuto, M.F. Experimental comparison of inductive and deductive methods of teaching concepts of language structure. *Journal of Educational Research*, 63: 269-73, 1970.
- Tennyson, R. D., Wooley, F.R. & Merrill, M. D. Exemplar and non-exemplar variables which produce correct concept classification behavior and specified classification errors. *Journal of Educational Psychology*, 3: 144-52, 1972.
- & Boutwell, R.C. Methodology for the sequencing of instances in classroom concept teaching. *Educational Technology*, 14: 45-50, 1974.
- Wager, W. & Broderick, W. Three objective rules of sequencing applied to programmed learning materials. *Communication Review*, 22: 423-37, 1974.
- Winer, B. J. *Statistical principles in experimental design*. New York, McGraw-Hill, 1971.