

Por Que Uma Tecnologia da Educação na Aprendizagem de Física?

Conferência de

CLÁUDIO ZAKI DIB
IFUSP, São Paulo

Em 1980, conforme assinala o jornalista Pierre Rondiere, a população escolar do Terceiro Mundo se elevará do total atual de 400 milhões para 600 milhões de indivíduos. Se forem mantidos os atuais índices de crescimento econômico, serão necessários, então, cerca de 1.500.000 técnicos e engenheiros, sem contar administradores, agrônomos, advogados ou médicos. A inexistência de ensino, em qualidade e quantidade compatíveis com as exigências atuais, indica, com relativa certeza, que procedimentos e estratégias convencionais não permitirão atender à demanda de mais e melhor ensino que se fará sentir no final desta década (Rondiere, 1970). A lacuna que separa os países em desenvolvimento dos países industrialmente desenvolvidos, não poderá ser reduzida se não houver uma política de desenvolvimento de recursos humanos mais eficiente e mais realista.

A educação parece não ter sido afetada pela revolução tecnológica que vem introduzindo amplas e substanciais alterações em quase todos os setores da atividade humana. A educação tem permanecido, por todos esses anos, praticamente impermeável às mudanças, continuando a ser considerada dentro dos domínios da arte e da filosofia e não passível de uma abordagem científica. Conforme assinala Finn (1960), a escola é uma cultura relativamente primitiva ou subdesenvolvida, que sobrevive entre culturas tecnológicas altamen-

te sofisticadas, como a industrial, da comunicação, dos transportes, etc. E conclui: o sistema educacional é o último reduto da cultura de *folk*.

A crise por que passa presentemente a educação está intimamente associada a: 1) ausência de objetivos educacionais adequados e precisos; 2) emprego de estratégias e procedimentos educacionais antiquados e ineficientes; 3) reduzida utilização de recursos didáticos que possibilitem tanto o ensino individualizado como o ensino de massa; 4) existência de pessoal numericamente insuficiente e com formação inadequada para atender a demanda de educação voltada para o desenvolvimento; 5) carência de edifícios, instalações e materiais escolares que possibilitem um ensino mais ativo e eficiente; 6) explosão educacional e necessidade de se oferecer mais e melhor ensino em todos os níveis; 7) aumento da quantidade de informação que tem que ser manipulada e aprendida (Dib, 1974).

A presença de procedimentos convencionais no ensino pode ser reconhecida de inúmeras formas: é sistematicamente imputada ao aluno a responsabilidade pelo fracasso do ensino; aceita-se, sem maiores discussões, a afirmação segundo a qual aprender é *algo difícil*; considera-se como *normal* um elevado índice de reprovações; admissão do *fetichismo* associado às notas escolares e aceitação generalizada de que basta ouvir e tomar notas para aprender. Ao invés de dirigir-se a cada aluno, o ensino convencional dirige-se ao grupo, tendo sempre em mira um *aluno médio*. A verificação da aprendizagem somente é feita após uma grande quantidade de informações ter sido apresentada ao aluno, quando, talvez não haja mais condições do mesmo ser "recuperado". Não lhe é possibilitado saber, a cada passo, se está realmente aprendendo a matéria apresentada, a despeito de ter-se consciência de que isto poderá dificultar ou mesmo impedir o prosseguimento normal da aprendizagem, além de reduzir o seu nível motivacional para aprender. A passividade do estudante está sempre presente no processo. 0

sistema de ensino é aplicado sem que haja testes prévios para verificar seu grau de eficiência. Os objetivos do ensino são propostos em termos vagos, não operacionais, geralmente feitos a *posteriori*. A utilização dos resultados dos *exames* para fins administrativos e não para fins de aprendizagem — as *notas* devem ser entregues na secretaria e, de modo geral, não são utilizadas para a orientação do professor durante o curso, quanto à necessidade de se fazer alteração ou reestruturação do programa e da metodologia empregados. É reduzido o número de alunos que atingem os melhores resultados, sendo largamente aceito que uma distribuição "gaussiana" dos Índices relativos à aprendizagem parece ser um fato normal e esperado. Resultados uniformemente elevados para todos os estudantes, em termos de aprendizagem, não é algo que se considere aceitável e mesmo viável.

Ofiesh (1971) assinala que "Ensinar, hoje em dia, não é profissão. É, na melhor das hipóteses, uma *quase-profissão*. Não se tornará uma verdadeira profissão a não ser que se desenvolva uma tecnologia educacional baseada em teoria e ciência da instrução, ao invés de um conjunto de teorias, métodos e práticas vagos, que frequentemente são pobres e somente em raros momentos constituem uma excelente arte".

Mas, que é Tecnologia da Educação ?

SIGNIFICADO DE TECNOLOGIA DA EDUCAÇÃO

Entende-se por *Tecnologia da Educação* a aplicação sistemática de conhecimentos científicos à solução de problemas da educação (Ofiesh, 1971). Da mesma forma que a tecnologia da engenharia está associada às ciências físicas e a tecnologia da prática médica está relacionada às ciências biológicas, a tecnologia da educação está associada às ciências da aprendizagem (Lumsdaine, 1964).

Apesar da tecnologia da educação derivar de diversas áreas científicas, assume especial importância a edificação

de uma tecnologia da educação fundamentada em três áreas do conhecimento, distintas com relação às suas origens, mas inter-relacionadas: Psicologia, Teoria de Sistemas e Teoria da Comunicação. Em trabalho recente, o autor desenvolveu uma tecnologia da educação com fundamentos na teoria associacionista estímulo-resposta, em modelo da teoria de sistemas desenvolvido por Glaser e no modelo de comunicação de Shannon (Dib, 1974), sendo feita a sua aplicação na elaboração de um sistema de aprendizagem de Física. Como consequência, os seguintes princípios da tecnologia da educação podem ser considerados:

1º) O desenvolvimento de um sistema de aprendizagem é precedido da especificação do comportamento final esperado, em termos mensuráveis.

2º) O comportamento inicial do sujeito é estabelecido em termos mensuráveis, e antes de o sujeito ser submetido ao sistema, é verificada a existência dos mesmos através de um teste de pré-requisitos.

3º) O conteúdo do sistema é analisado (análise comportamental), identificando-se generalizações, discriminações, conceitos e encadeamentos.

4º) O desenvolvimento da sequência de aprendizagem leva em conta: a) princípios relativos à modelagem de comportamento; b) participação ativa do aluno; c) realimentação durante a modelagem e no final do processo; d) reforço durante todo o processo; e) necessidade do sistema ser flexível, auto-suficiente e homeostático; f) comportamento inicial do estudante, compreendendo conhecimentos, experiências, padrões, valores, nível de motivação, etc.

5º) A utilização de meios específicos de ensino (textos, equipamentos, debates, filmes cinematográficos, simuladores, material experimental, materiais diversos, etc.) é feita em função dos objetivos intermediários e finais.

6º) O sistema de aprendizagem é testado e revisto junto a amostras representativas da população à qual se destina, até que o comportamento final seja alcançado.

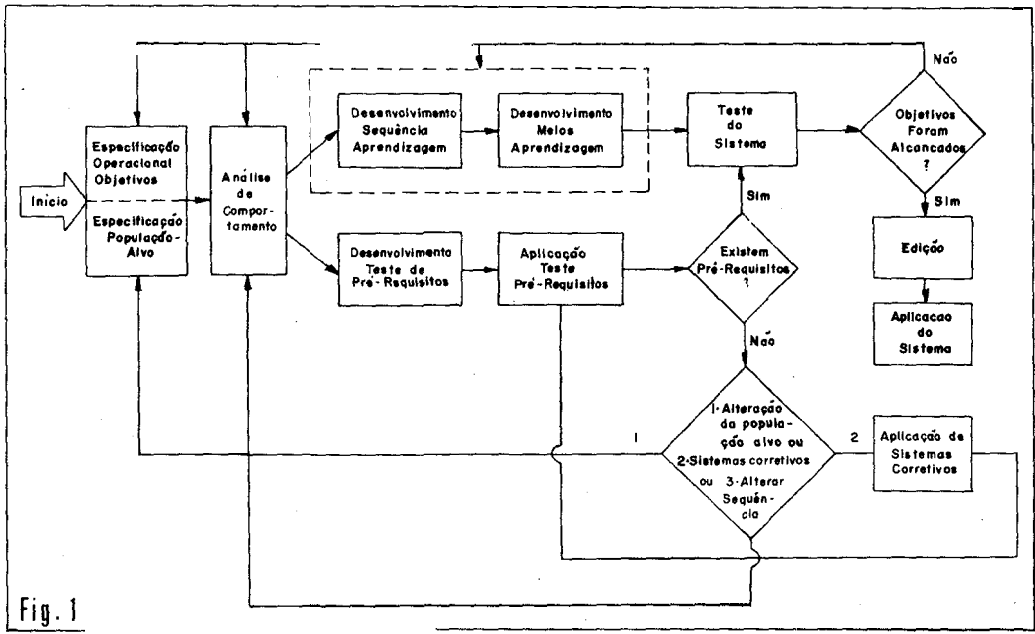


Fig. 1

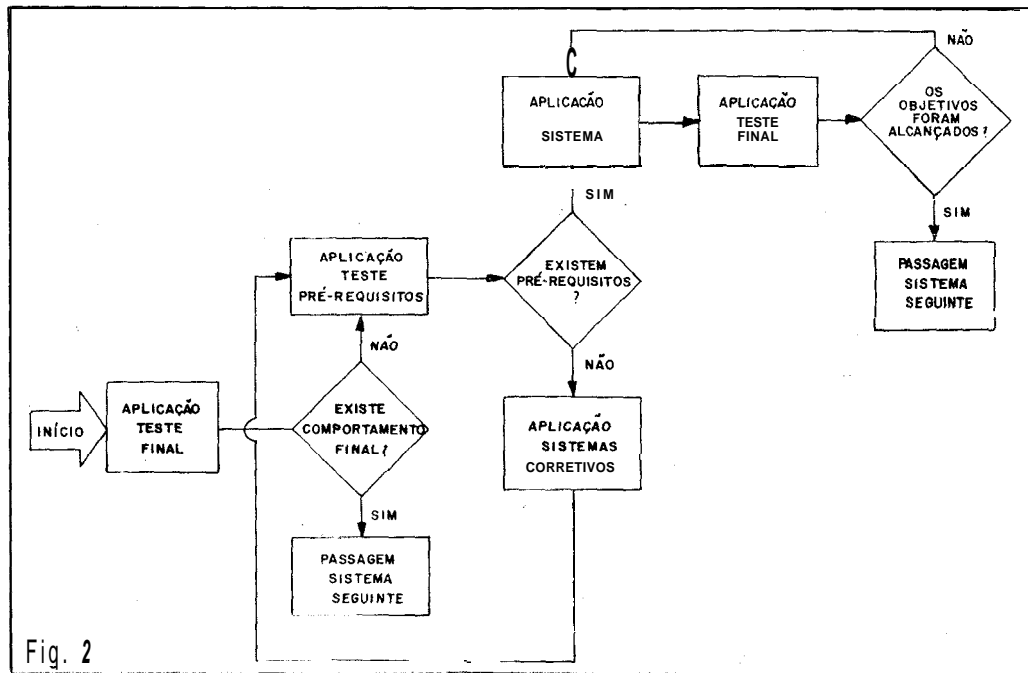


Fig. 2

A Figura 1 mostra, de forma esquemática, os principais passos no desenvolvimento de um sistema de aprendizagem, no final do qual deverão estar disponíveis: a) teste de pré-requisitos e correspondentes folhas de respostas; b) sistema de aprendizagem, envolvendo textos, material experimental, material complementar, equipamentos, simuladores, filmes cinematográficos, etc.; c) teste final e correspondentes folhas de respostas.

Uma forma de utilização do sistema de aprendizagem acima proposto é indicado na Figura 2. Pode-se observar que *antes* da aplicação do sistema verifica-se, com o emprego do teste final, qual a parcela do comportamento final que o estudante já possui; se o estudante já possui todo o comportamento final, ele será enviado para o sistema seguinte. A aplicação do teste de pré-requisitos possibilitará sanar possíveis lacunas no conhecimento inicial do estudante. Se após a utilização do sistema o estudante não apresentar o desempenho esperado, o sistema deverá ser novamente aplicado, pois se o sistema foi testado e revisto, e se o estudante apresenta os pré-requisitos mínimos exigidos, o seu insucesso somente poderá decorrer de razões fortuitas (estado emocional ou físico) ou de condições inadequadas de trabalho (local, iluminação, ruído, ventilação).

Para que se possam ser melhor avaliados os resultados da aplicação de uma abordagem tecnológica à educação, particularmente à aprendizagem de Física, serão discutidos a seguir aspectos relativos à *especificação operacional de objetivos, formação de conceitos e encadeamentos em Física*.

ESPECIFICAÇÃO OPERACIONAL DE OBJETIVOS

Como vimos anteriormente, no desenvolvimento de um sistema de aprendizagem, a primeira etapa corresponde à especificação de objetivos, que deve ser feita em termos que descrevam de forma inequívoca o que o estudante deverá ser capaz de fazer no final da aprendizagem, e dentro de que condições isso deverá ocorrer. Essa especificação possibi-

litará avaliar o desempenho do estudante e, portanto, avaliar a eficiência do próprio sistema.

Apesar de assemelhar-se a um *exame*, a especificação operacional de objetivos difere deste em vários sentidos: a) avalia não apenas uma amostra do comportamento final, mas *todo* o comportamento; b) corresponde a um conjunto de perguntas e respectivas respostas; c) a despeito de se parecer com um teste, não é um teste no sentido usual (é elaborado previamente ao ensino e não corresponde a *armadilhas* ou *questões difíceis*; d) não é usado basicamente como um teste; e) usualmente não é *objetivo* (na maioria das vezes não tem a forma de um teste de múltipla escolha; corresponde, em geral, a testes ou provas discursivas ou do tipo ensaio, ou itens que exigem respostas longas (Mechner e Cook, 1964, p. 16).

Na especificação de objetivos, o tecnólogo da educação procura *traduzir* para a linguagem operacional objetivos especificados de modo pouco preciso. Expressões como *conhecer*, *compreender*, *apreciar*, *saber*, etc. dão lugar a *escrever*, *identificar*, *resolver*, *construir*, etc. Correspondem a diferentes habilidades do amplo espectro do comportamento humano. Ao invés de se contraporem, cada uma dessas habilidades corresponde a uma *dimensão* de um espaço comportamental multidimensionado. O número de dimensões que deve ser considerado varia em função do objetivo final a ser alcançado. As referidas *dimensões* não são intercambiáveis. Assim, se se deseja que o estudante, por exemplo, *descreva* o mecanismo de absorção e emissão de luz por um átomo, não se poderá substituir esse objetivo por um que corresponde a *discriminar* entre várias descrições, indicando a correta. Conforme assinala Mechner (1963, p.17), "A capacidade de reconhecer uma afirmação correta é muito diferente da capacidade de construí-la".

Enquanto no ensino, como é desenvolvido de modo geral em nossas escolas, determina-se inicialmente qual o conteúdo que será apresentado e quais os procedimentos que serão

adotados, para somente no final do processo *ccnstruir-se* um exame para a avaliação da aprendizagem, em uma abordagem tecnológica especifica-se previamente o comportamento final desejado e, em seguida, buscam-se os procedimentos e os materiais didáticos mais convenientes para se atingir o objetivo. Há, pois, uma inversão no processo.

Se considerarmos não apenas a *educação pela educação*, mas a educação voltada para o desenvolvimento pessoal, social e econômico, somos inclinados a aceitar que a especificação de objetivos não pode ficar restrita ao *universo* do professor e ser assim influenciada unicamente pelo seu modo pessoal de encarar o papel da escola no desenvolvimento do indivíduo, da comunidade ou da nação. A especificação de objetivos deve envolver, além de professores, educadores, psicólogos, economistas, sociólogos, antropólogos, etc.

FORMAÇÃO DE CONCEITOS

Inúmeros princípios da aprendizagem derivados de experimentos realizados com seres humanos e animais sugerem que no estudo de comportamentos relativos à educação é útil considerar quatro elementos básicos: conceitos, generalizações, discriminações e encadeamentos. Será examinado, a seguir, o primeiro desses componentes, de forma breve, e feita a sua aplicação à aprendizagem de Física.

"Organismos vivos", assinala Travers (1968, p. 135), "nem sempre discriminam um estímulo de outros com os quais são confrontados". Em muitos casos, estímulos são agrupados e tratados como estímulos equivalentes, conduzindo a uma mesma resposta. Frente a diferentes cães, uma criança poderá dar a resposta *cachorro*, independentemente da raça, tamanho ou cor do animal, indicando a existência de uma classe de estímulos equivalentes. Por outro lado, como a criança discrimina entre cães e outros animais, como gatos ou coelhos, diz-se que ela demonstra um comportamento conceitual ou, mais simplesmente, que tem o conceito de cão.

Quando uma pessoa dá a resposta *trapézio* a desenhos

de trapézios e a trapézios construídos com materiais quaisquer, a trapézios de diferentes relações lados-ângulos, e a projeções luminosas com formas de trapézios feitas sobre um anteparo, pode-se afirmar que há generalização dentro da classe dos trapézios. Mas somente pode-se dizer que a pessoa tem o conceito de trapézio se ela *não* dá a resposta *trapézio* a triângulos, quadriláteros e outras figuras geométricas. A aprendizagem do conceito de trapézio envolve generalização tanto dentro da classe dos trapézios (exemplos) como generalização dentro da classe dos *não-trapézios* (contra-exemplos), e discriminação entre as mesmas.

A aprendizagem de um conceito envolve a identificação de todos os atributos que caracterizam o conceito, denominados *dimensões críticas* dos estímulos (Taber, Glaser e Schafer, 1965, p.44). A identificação das dimensões críticas é feita através da discriminação entre exemplos e contra-exemplos. Se o conceito apresentar, por exemplo, três atributos, a escolha de cada par exemplo/contra-exemplo deve ser feita de modo que o contra-exemplo apresente todas as características do exemplo, *exceto uma*.

A verbalização dos atributos que caracterizam o conceito não evidencia, por si só, se houve aprendizagem do conceito. O fato de uma pessoa ser capaz de associar uma palavra, ou conjunto de palavras, a um conceito não garante, em absoluto, que tal conceito tenha sido aprendido. Por outro lado, conforme acentua Carroll (1970), uma criança que adquiriu um certo conceito, aprendendo a reconhecer que certos eventos são semelhantes, pode não ser capaz de verbalizar quais os atributos comuns, e pode nem mesmo saber que adquiriu o conceito.

Ao definirmos o conceito, verbalizamos os atributos ou dimensões que o caracterizam. Portanto, a *definição* nada mais é do que a verbalização das dimensões críticas do conceito (Dib, 1971, p.52). Conforme assinalam Markle e Tiernann (1970, p.41), uma boa definição pode ajudar o estudante a identificar os atributos relevantes do exemplo con-

siderado.

Segundo Mechner (1964, p.20), o procedimento básico no ensino de conceitos consiste em levar o aluno a generalizar dentro de classes e discriminar entre classes, aprendendo a dar a mesma resposta a todos os exemplos de uma classe e diferentes respostas a membros de outras classes. Deve-se inicialmente apresentar exemplos e contra-exemplos que contenham o menor número possível de atributos irrelevantes. Mas não basta isso. É necessário, também, facilitar a identificação dos atributos relevantes, criando situações que focalizem a atenção do estudante sobre os mesmos.

Algumas regras gerais relativas à aprendizagem de conceitos: a) a aprendizagem de conceitos abstratos deve ser feita a partir de exemplos concretos; b) nunca se deve iniciar o processo com exemplo e contra-exemplo muito próximos entre si em termos de atributos relevantes; esse procedimento facilitará a discriminação; c) nunca se deve iniciar o processo com exemplos e contra-exemplos muito distantes entre si em termos de atributos relevantes; d) se as dimensões críticas correspondem a vários atributos, a apresentação de Dares de exemplos e contra-exemplos deve, de início, levar o estudante a identificar individualmente esses atributos.

A aprendizagem de Ciências experimentais pode beneficiar-se desses resultados:

a) A definição de conceito ("um conceito envolve generalização dentro de classes e discriminação entre classes") é substituída por "generalização dentro de uma classe de observações e experimentos e discriminação entre essa classe e outras classes de observações e experimentos".

b)' Como corolário resulta que o processo de formação de conceitos em áreas científicas requer que o estudante faça observação e realize experimentos.

c) Outro corolário: um único experimento ou observação não é suficiente para a formação de um conceito, já que

não é possível generalizar a partir de um único exemplo e, também, para que haja discriminação o estudante necessita de no mínimo um exemplo e um contra-exemplo do conceito em questão (Mechner, 1963).

d) O processo de indução experimental surge como um subproduto de uma abordagem tecnológica.

Pode-se verificar facilmente que *princípios*, *afirmações*, *leis* e *definições* são aprendidos segundo os mesmos procedimentos válidos para conceitos: generalização dentro de classes e discriminação entre classes. Consideremos, por exemplo, um dos princípios da relatividade de Galileo, considerado para o nível universitário básico: "As equações da mecânica *newtoniana* têm a mesma forma em sistemas de referências inerciais". A classe de exemplos deve possibilitar a identificação dos termos relevantes da afirmação e compreende os exemplos que mostram que a forma das equações não se altera em sistemas de referência inerciais. A classe de contra-exemplos envolve sistemas não-inerciais, para os quais não é válido o princípio. Através de generalizações e discriminações o estudante conclui que somente para sistemas inerciais são válidas as equações. Reservaremos a *leis*, *princípios*, *definições* e *afirmações*, o nome de *afirmações conceituais*, para distinguí-los dos conceitos (simples) vistos anteriormente. Portanto, os conceitos compreendem conceitos simples e afirmações conceituais. Entretanto, enquanto as dimensões críticas permitem caracterizar os conceitos simples, no caso das afirmações conceituais toda a sentença parece ser necessária para caracterizar o processo. Esse fato irá levar a uma nova classificação de conceitos, como será visto a seguir.

Segundo Brodbeck (1963), a abstração que caracteriza os conceitos científicos, como *massa* e *Q. I.*, repousa no fato de esses termos não poderem ser definidos fazendo-se simplesmente a lista de atributos observáveis diretamente. As definições científicas raramente são do tipo das encontradas nos dicionários, pois correspondem a características que

somente podem ser discernidas sob certas condições. Ao invés de ser definido por si sô, um termo é definido dando-se as condições para que uma sentença na qual o termo ocorre seja verdadeira. Por exemplo, pode-se definir *campo elétrico* como "a propriedade de uma região de espaço, de acordo com a qual toda vez que uma carga for colocada nessa região ficará sujeita à ação de uma força". Tais definições são *operacionais*, pois frequentemente dizem o que deve ser feito de modo a se fazer certas observações. A parte principal de uma oração relativa a uma definição operacional é uma sentença do tipo *se-então*. Por exemplo: "Se a temperatura de um gás se mantiver constante, *então* o produto da pressão pelo volume será constante". Todos os termos que requerem uma forma de definição do tipo *se-então* podem ser chamados de *conceitos de disposição*. Assim, por exemplo, o Princípio da Inércia é um exemplo de conceito de disposição pois afirma que "se a força total que atua sobre a partícula é nula, *então* a partícula está em repouso ou em movimento retilíneo e uniforme". Nos conceitos de disposição, as condições sob as quais as características podem ser observadas fazem parte do significado do conceito.

Os resultados anteriores sugerem a classificação dos conceitos em *conceitos por observação* e *conceitos operacionais* (Dib, 1974). Os primeiros são caracterizados por atributos ou combinação de atributos observáveis. Estabelecem que uma palavra (por exemplo, *triângulo*), ou um conjunto de palavras (por exemplo, *ângulo de refração*), corresponde a um *nome* dado a um conjunto de atributos presentes em uma situação. *Comprimento de onda, amplitude, ondas estacionárias, caminho óptico*, são alguns exemplos de *conceitos por observação*. Os *conceitos operacionais* têm como característica básica apresentar os seus atributos sob certas condições. As condições podem estar explícitas, como ocorre nas leis, princípios e afirmações, ou não explícitas, como no caso da maioria dos conceitos em Física (por exemplo, *massa, gravitação, campo, carga elétrica, potencial*).

O fato, de um conceito ser representado por uma só palavra não indica necessariamente que o mesmo corresponda a um conceito por observação. Consideremos, por exemplo, o conceito de *ressonância*: se a força que atua sobre um sistema tem frequência igual a uma das frequências próprias do sistema, *então* a amplitude de vibração do sistema irá aumentar. Os atributos desse conceito devem, pois, ser identificados através de uma definição operacional. *Ressonância* corresponde, portanto, a um conceito operacional. Conteúdos como os de *gravitação*, *energia*, *potencial* não podem ser tratados como conceitos por observação, pois correspondem a conceitos operacionais. As dificuldades em geral encontradas na análise de conceitos em Física decorrem da incorreta classificação de conceitos: analisa-se um conceito como sendo um conceito por observação, quando na realidade corresponde a um conceito operacional.

ENCADEAMENTO

Outro componente do processo de aprendizagem cuja análise apresenta-se extremamente útil corresponde ao encadeamento. Se a aprendizagem de conceitos envolve exemplos e contra-exemplos, na aquisição do conceito de conceito, qual é o contra-exemplo? A resposta a essa questão nos conduz ao termo *encadeamento*. A teoria de encadeamento foi apresentada pela primeira vez, de forma sistemática, por Watson, em 1924. Tem como ponto de partida um estímulo, frente ao qual é dada uma resposta, a qual, por sua vez, produz um novo estímulo que leva a outra resposta, repetindo-se novamente o processo com diferentes estímulos e respostas. A resposta dada pelo sujeito atua sobre o meio, modificando-o e produzindo um novo estímulo. O princípio básico do encadeamento fundamenta-se no fato de que "... respostas comumente ocorrem em séries e não como unidades isoladas de comportamento... (onde) uma resposta em geral produz o estímulo para a outra" (Keller e Schoenfeld, 1950).

Encadeamento é o termo técnico para o que é algumas

vezes chamado *procedimento, processo, seqüência de ações, seqüência de raciocínio, processo de pensamento* ou *rotina*. Corresponde a "uma seqüência de respostas onde cada resposta cria o estímulo para a próxima resposta" (Mechner, 1967).

Alguns exemplos de encadeamentos na área da Física: a) resolver uma equação diferencial, dadas as condições iniciais e de contorno; b) escrever um relatório sobre uma observação realizada; c) fazer um experimento; d) calibrar um equipamento experimental; e) detectar falha em equipamento eletrônico ou mecânico.

Coloca-se a questão: Devemos ensinar encadeamentos em Física? Apesar de, sob um ponto de vista tecnológico, não haver qualquer impedimento para o desenvolvimento de sistemas para a aprendizagem de Física (apesar da metodologia empregada ser extremamente elaborada), pode-se questionar se o aluno deve aprender passo a passo (por exemplo, com o método do *encadeamento para trás*) o procedimento a ser seguido no encadeamento, ou se deve, no caso específico da Física, *descobrir* o processo.

A questão não é trivial. A seqüência de passos que o estudante deve seguir para traçar a direção do raio refratado com o auxílio do Princípio de Huygens ou para analisar um feixe de luz com auxílio de um analisador e uma placa de $1/4$ de onda enquadra-se nos itens acima. Correspondem, pois, a exemplos de encadeamentos, *apesar de ser insustentável o ponto de vista de que qualquer um dos exemplos dados deva ser ensinado quer como um encadeamento, quer de qualquer outra forma a alunos de um curso de Física de nível superior ou médio*. De modo geral, espera-se que se forem dados alguns conhecimentos mínimos (pré-requisitos), o aluno deverá ser capaz de *descobrir* o caminho para resolver o problema, sem qualquer ajuda. Assim, por exemplo, após conhecer o Princípio de Huygens, e já tendo alguns conhecimentos de óptica como *índice de refração, velocidade de propagação da luz em um meio, frente de onda* e certos rudimentos de geometria, como *traçar por um ponto uma tangente a*

um arco de circunferência, espera-se que o aluno seja capaz de resolver o problema.

Da mesma forma, o encadeamento relativo à polarização da luz não deve ser ensinado a estudantes de Física; se o aluno possui os conhecimentos relativos à polarização da luz, particularmente os relacionados com polarização circular (compreendendo naturalmente a conceituação e utilização de uma placa de $1/4$ de onda), deve-se pedir que o mesmo faça experimentalmente a análise do feixe de luz. Nos dois casos considerados, espera-se que o aluno, a partir de alguns conhecimentos básicos, manipule e reorganize esses conhecimentos dentro do seu quadro de referência a fim de resolver o problema. Se o encadeamento pode ser considerado um conjunto de elos interligados entre si (cada elo correspondendo a um par estímulo-resposta), desde que o estudante possua alguns elos básicos, espera-se que *use o seu raciocínio* para relacionar e rearranjar esses elos, *construindo* os elos que faltam para solucionar a questão. Ao fazer isso, dizemos que estamos *estimulando o raciocínio, desenvolvendo a habilidade de pensar, desenvolvendo a habilidade de resolver problemas, desenvolvendo métodos de raciocínio*, etc.

É inegável que, embora pouco conhecidas, essas habilidades ocupam um papel central na formação de um indivíduo, particularmente na formação de um estudante de Física. Deve-se pois, procurar desenvolver essas habilidades como um dos objetivos a serem alcançados em um curso de Física. Entretanto, para que isso ocorra, é necessário ressaltar que o estudante deve possuir sólidos conhecimentos dos pré-requisitos exigidos, sem os quais será diminuta a possibilidade de encontrar o caminho para resolver o problema. A insuficiência no conhecimento dos pré-requisitos é, talvez, a principal responsável pelo frequente insucesso obtido por educadores ao procurar desenvolver essas habilidades em seus estudantes (Dib, 1968, p. 486).

Em conclusão, parece carecer de fundamento procurar-se levar o estudante a aprender encadeamentos no caso da Físi-

ca. Deve-se levá-lo a adquirir os conhecimentos básicos necessários e estimulá-lo a procurar a solução (ou soluções) para o problema. Entretanto, isso não quer dizer que não se deva fornecer ao estudante, durante a aprendizagem, exemplos de encadeamentos lineares e ramificados que ocorrem em Física. Não se deve pedir ao estudante para memorizá-los. O estudante deve ser levado a identificar, em cada exemplo dado, os pontos importantes do raciocínio efetuado, particularmente os relativos aos pontos que requerem uma tomada de decisão. A apresentação e discussão, durante um curso, de uma série de *bons* exemplos de encadeamentos irá favorecer o desenvolvimento de *esquemas de raciocínio*, apesar de o encadeamento em si não ser necessariamente aprendido pelo estudante. Tudo se passa como se ocorresse *generalização* e *discriminação* na série de exemplos de encadeamentos dados. Entretanto, o processo de aprendizagem não é certamente tão simples assim, já que o aluno não irá aprender o *conceito* de encadeamento, pois existem obviamente infinitos exemplos de encadeamentos. Os exemplos de encadeamentos irão possibilitar ao estudante, através de sua análise, discussão e aplicação, desenvolver algumas das habilidades relevantes para a sua posterior aplicação a novos encadeamentos.

CONCLUSÃO

Os pontos analisados, de forma breve neste trabalho, mostram que *as contribuições da tecnologia da educação não podem ser ignoradas no planejamento, execução e avaliação de um sistema de aprendizagem*. Constituindo um poderoso instrumento de análise do processo educacional, a tecnologia da educação fornece subsídios para uma ampla reformulação dos conceitos de aprendizagem, professor e escola. Estabelece regras e critérios para o desenvolvimento e utilização de um sistema de aprendizagem. É universal, pois fundamentando-se em princípios científicos e tecnológicos tem liberdade para utilizar diversas teorias psicológicas, de sistemas e de comunicação. Não se restringe a uma teo-

ria. A tecnologia da educação pode e *deve* amparar-se em teorias que melhor descrevam os objetivos comportamentais esperados. Em função destes, uma ou mais linhas científicas poderão ser utilizadas. Não sendo uma metodologia — tecnologia da educação é uma *tecnologia* — não preconiza a adoção de um método ou sistema de aprendizagem. A metodologia a ser empregada — estudo individualizado, debates, seminários, exposições, trabalho experimental individual ou em grupo, uso de recursos audiovisuais (filmes, televisão, gravações em fita, audiovisuais, etc.), simulações, técnicas de dinâmica de grupo, etc. — deverá levar em conta tanto os objetivos intermediários e finais que se deseja alcançar, como fatores e variáveis relativos ao aluno, escola e sociedade — número de estudantes, pré-requisitos, níveis motivacional e de interesses, faixa sócio-econômica, instalações e equipamentos da escola, recursos existentes, etc. Isso indica que *poderemos ter diferentes metodologias para diferentes objetivos e condições.*

É necessário salientar, entretanto, que mais pesquisa se faz necessária em tecnologia da educação, particularmente em sua relação à aprendizagem de Física, levando-se em conta os problemas e as condições encontradas em cada país. Conforme assinala Roberto Bastos da Costa, diretor do Centro Latino-Americano de Física, "as tentativas de transferência direta ou de adaptação de inovações produzidas em países desenvolvidos, dá ênfase à necessidade de pesquisa autônoma realizada por pessoal local, trabalhando em consonância com o meio econômico, social e cultural nacional. Sob essas circunstâncias, somente a pesquisa poderá apontar as soluções mais convenientes". A mesma opinião é compartilhada por González (1975) ao ressaltar em trabalho recente em que analisou vários projetos e programas de ensino na América Latina que "na maioria dos países em desenvolvimento, o ensino de Ciências em todos os níveis tem sido frequentemente baseado na simples adoção ou na melhor das hipóteses, na adaptação de materiais produzidos em países de-

envolvidos". E assinala: "Essa situação é pouco satisfatória, pois impede países em desenvolvimento de melhorar, de forma significativa, seus próprios sistemas educacionais e pode, assim, ajudar a aumentar sua dependência de um ou mais países desenvolvidos".

Significativos avanços em direção a uma menor dependência poderão ser alcançados com a ampla e profunda utilização de procedimentos derivados da tecnologia da educação. Países em desenvolvimento necessitam, desesperadamente, mobilizar seus recursos humanos, ensinar habilidades e conhecimentos técnicos e científicos, enfim, prepará-los para se integrar e participar de forma ativa nos processos de mudanças sociais, econômicas e educacionais do país, ao invés de assistir passivamente a essas mudanças.

Face ao exposto, podemos afirmar que a tecnologia da educação tem um importante papel a desempenhar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BROADBECK, M. "Logic and Scientific Method in Research on Teaching". In: N.L. Gage (org.), *Handbook of Research on Teaching*, Chicago, Rand McNally, 1963.
2. CARROLL, J.B. "Words, Meanings and Concepts". In: E. Stones (org.), *Readings in Educational Psychology*, Londres, Methuen, 1970.
3. DIB, C.Z. "Criatividade e Instrução Programada". In: *Ciência e Cultura*, 20, 1968 (resumo).
4. DIB, C.Z. "Tecnología de la Educación y Enseñanza de la Ciencia". In: *Boletín de Educación* (UNESCO), 10, 1971, pp.49-55.
5. DIB, C.Z. *Tecnología da Educação e sua Aplicação à Aprendizagem de Física*, São Paulo, Pioneira, 1974.
6. FINN, J.D. "Technology and the Instructional Process". In: A. Lumsdaine e R. Glaser, *Teaching Machines and Programmed Learning*, Washington, National Education Association, 1960.

7. GONZÁLEZ, C. *A Case Study on Some Physics Teaching Projects in Latin-America*, Rio, Centro Latino-Americano de Física, 1975.
8. KELLER, F.S. e SCHOENFELD, W.N. *Principles of Psychology*, N. York, Appleton Century-Crofts, 1950.
9. LUMSDAINE, A. "Educational Technology, Programed Learning and Instructional Science". In: *Theories of Learning and Instruction: Sixty-third Yearbook, National Society for the Study of Education*, Chicago, Univ. of Chicago Press, 1964.
10. MARKLE, S.M. e TIEMANN, P.W. "Behavioral Analysis of Cognitive Content". In: *Educational Technology*, 1970, vol.X, n? 1.
11. MECHNER, F. *Science Education and Behavioral TechnoZogy*, N. York, Basic Systems, Inc., 1963.
12. MECHNER, F. e COOK, D. *Behavioral TechnoZogy and Manpower Development*, N. York, Basic Systems, Inc., 1964.
13. MECHNER, F. "Behavioral Analysis and Instructional Sequencing". In: *Sixty-sixty Yearbook of the National Society for the Study of Education*, Part II, Chicago, Univ. Chicago Press, 1967.
14. OFIESH, G. *Os Engenheiros Educacionais de Amanhã*, 1ª conferência Nacional de Tecnologia da Educação Aplicada ao Ensino Superior, Rio, 1971 (rnimeografado).
15. RONDIERE, P. "Education... But for Whom?... And How?". In: *The UNESCO Courier*, janeiro 1970.
16. TABER, J.I., GLASER, R. e SCHAEFER, H.H. *Learning and Programmed Instruction*, Reading, Mass, Addison-Wesley, 1965.
17. TRAVERS, R.M. *Essentials of Learning*, N. York, Mac-Millan, 1968.