

para pesquisas; pelo fato de vários químicos, infeliz e erroneamente, julgarem que tal área não diz respeito ou não tem ligação com química e, finalmente, porque em vários países, a promoção na carreira científica tem sido conseguida exclusivamente via consideração de trabalhos científicos nas áreas tradicionais da química.

V. Sugestões

Em vista do exposto acima, apresenta-se algumas sugestões no sentido de incrementar a qualidade e a quantidade de pesquisas em educação química.

- 1) Reconhecer a educação química como uma área da química.

EDUCAÇÃO

PEDAGOGIA E PSICOLOGIA DA APRENDIZAGEM: a quem possa interessar. . .(*)

Luiz Carlos de Freitas(**)

Em primeiro lugar, julgo conveniente, em rápidas palavras, identificar o estágio de desenvolvimento que atravessamos, como ciência, a Pedagogia, a Psicologia e, portanto, a Psicologia da Aprendizagem. Muitos dos senhores já devem ter participado de ações conjuntas com pedagogos e psicólogos. Devem ter percebido, ao menos, dois aspectos: primeiro: há uma diversidade de posições dentro da área; segundo: nem sempre tais posições podem ser amparadas por critérios científicos desenvolvidos pelas ciências naturais — por exemplo, os da química. Ao contrário do que possam talvez imaginar, não argumentarei que tal diversidade seja prejudicial e, também, não argumentarei que os critérios das ciências naturais não podem ser aplicados nesta área — já que se trata do próprio homem. Estou convencido de que a utilização do método das ciências naturais pode ser de grande ajuda no domínio dos assuntos humanos, principalmente porque não vejo quebra de continuidade entre o homem e a natureza. Porém, a Química, a Educação e a Psicologia têm idades diferentes. Foram desenvolvidas, ao longo da história das ciências, puxadas por interesses econômicos e culturais diferentes. Ao contrário da Química, foi somente na virada de nosso século que a Psicologia começou a empreender esforços mais sérios na direção de uma abordagem científica de seu objeto de estudo. Além disso, tal abordagem tem causado reações emocionais as mais diversas, somente comparáveis às reações da intelectualidade aristocrática às concepções científicas de Darwin sobre a origem do homem. No caso da Educação, ainda é mais difícil. Campo aberto da religião, foi somente na segunda metade da década de 1950 que a necessidade de um enfoque mais científico começou a ser levada a sério (coincidentemente, nos EUA, por ocasião do lançamento soviético do Sputnik ao espaço). Portanto, Pedagogia e Psicologia são ciências jovens e nossas questões básicas, muitas vezes, encontram-se em aberto, gerando a diversidade de posições que muitos dos senhores podem ter observado. Tal diversidade não só é vantajosa no atual estágio destas ciências, como é normal em qualquer ciência, inclusive na Química. O que pode parecer estranho é o volume ou a natureza de algumas destas divergências.

- 2) Criar e aumentar o número de centros para treinar mais químicos como pesquisadores em educação química.
- 3) Ser mais crítico em relação a trabalhos sobre educação química pouco válidos.
- 4) Divulgar a necessidade de que os químicos transfiram, pelo menos, 1% do investimento financeiro de suas pesquisas, bem como, 5% do seu tempo para o desenvolvimento de pesquisas em educação química.

* Texto da Conferência "O que é Educação Química?" proferida durante o 1º Encontro Nacional de Ensino de Química, UNICAMP, em 07/07/82.

Não obstante tais limitações, grandes progressos têm sido obtidos nos últimos 40 anos. A Química também teve seu átomo de Dalton, mas progrediu com ele. Talvez, em alguns casos, ainda estejamos trabalhando com a noção de órbita, quando já deveríamos estar trabalhando com a de orbital, porém, o que nos anima é que a noção de orbital passou pela noção de órbita.

Na longa caminhada do homem pelo domínio da natureza, as verdades científicas têm sido apenas provisórias. Como diz um clássico da literatura filosófica, a ciência, ao longo de seu desenvolvimento, procura cometer erros cada vez menos vergonhosos. Contudo, a ciência consegue acumular, pacientemente, passo a passo, às vezes fragmentariamente, conhecimento relevante ao controle e à predição da natureza. Juntamente com esta característica cumulativa, está a experimentação, ou seja, a especificação e quantificação dos efeitos de determinadas variáveis experimentais, na tentativa de isolar relações funcionais.

Devo advertir-los que já à altura desta pequena introdução não estou falando da Pedagogia e da Psicologia, mas, sim, de um grupo de pedagogos e psicólogos que optaram por trabalhar dentro destas premissas.

Estamos usando o pouco que sabemos?

Porém, a despeito do pouco que sabemos, cabe uma pergunta: Estamos usando este pequeno conhecimento, que já possuímos, no ensino da química? No Brasil, a resposta é não. Dessa forma, embora não saibamos muito sobre a aprendizagem, por exemplo, o fato é que nem este pouco está sendo sistematicamente utilizado no ensino da química. Isto nos deixa, de certa forma, empatados: 1 a 1. Dados que comprovam este diagnóstico, no ensino da química, serão apresentados, logo mais, num excelente trabalho realizado pelas Professoras Maria Eunice R. Marcondes e Roseli P. Schnetzler.

Mas, por que este conhecimento não é utilizado sistematicamente no âmbito do ensino de química no Brasil? Várias respostas podem ser dadas. Ensaiei apenas algumas.

Em primeiro lugar, é possível que, oriundos de uma disciplina com sólida tradição experimental, os químicos tenham tido alguma dificuldade em sintonizar a mesma frequência de seus colegas da área educacional e psicológica. Esta diferença de embasamento científico e, como disse anteriormente, de idade entre as ciências, pode ter dificultado a cooperação.

Em segundo lugar, o interesse mais direto em uma análise sistemática do ensino de química é fenômeno recente no país. Isto poderia explicar a ausência de uma preocupação mais constante com as ciências que servem de base para uma melhor compreensão do processo de ensino e de aprendizagem. É possível, contudo, que à medida que o status da disciplina de educação química se firme, se possa atingir o mesmo nível de envolvimento que os matemáticos e físicos têm com os assuntos ligados à educação e à psicologia.

Em terceiro lugar, conhecemos muito pouco sobre a forma real com que as escolas operam. Não falo, obviamente, do contato diário assistemático que possamos ter com a escola. Falo de estudos sistemáticos sobre o funcionamento da escola, seus problemas e o contexto de tais problemas. Sem um conhecimento adequado destes problemas, não poderemos reavaliá-los, adequadamente, à luz da psicologia e da pedagogia. Para tal, será necessário romper a tendência imediatista de abordar problemas pouco definidos ora perdendo de vista o apoio da psicologia, ora perdendo de vista o próprio conteúdo da disciplina química.

Em quarto lugar, há a repercussão de todo um sistema político-ideológico sobre os profissionais das várias disciplinas. Hoje, o problema da educação é mais político que técnico. Conhecimento técnico para melhorar a educação existe, falta, porém, disposição política. Como entender que há 20 anos atrás gastávamos o dobro do que gastamos, hoje, com educação? Como entender que de cada 1.000 alunos que iniciam o 1º grau, 180 consigam terminar o 2º grau? A baixa eficiência, a reprovação em massa e a deserção constituem mecanismo de controle político destinado a favorecer interesses econômicos e culturais obtusos. O sistema educacional brasileiro depende, para continuar em pé, de que um grande número de alunos seja reprovado. Caso contrário, isso implicaria em aumento de vagas, de escolas, mais e melhores professores, melhores condições salariais, posto que haveria mais demanda de professores do que a oferta, etc. É difícil acreditar, portanto, que o "sistema" esteja interessado na melhoria da qualidade de ensino, como conseqüente repercussão na quantidade do ensino. Melhorar a qualidade do ensino é colocar em cheque a quantidade de ensino.

O que temos a oferecer?

Independentemente de qual seja a razão pela qual químicos, pedagogos e psicólogos tenham tido um interrelacionamento pouco freqüente, talvez caiba perguntar: o que a psicologia da aprendizagem tem a oferecer ao ensino de química?

Esta pergunta não tem uma única resposta. Creio ter deixado claro que, nesta área, existe diversidade de opiniões. Neste sentido, mais uma vez, minha resposta poderá não ser compartilhada por outros colegas.

Atualmente, duas grandes áreas de pesquisa, entre outras, apresentam um impacto significativo nas práticas educacionais. Entre estas duas, uma ampla gama de posições podem ser encontradas, porém, neste documento, vou limitar-me a duas que, em minha opinião, são as mais difundidas.

Em uma das orientações, os pesquisadores admitem que devemos começar por conhecer os processos mais simples de aprendizagem para, posteriormente, tentarmos conhecer melhor os processos mais complexos. Estudando a interação entre o organismo e o meio ambiente, buscam regularidades nestes processos interativos, na forma de relações funcionais, validadas pela experimentação.

Na outra orientação, os pesquisadores admitem que devemos começar diretamente pelo estudo dos processos complexos de aprendizagem, sem passar, necessariamente, pelo estudo de processos mais simples. Estão interessados no desenvolvimento qualitativo das estruturas intelectuais, utilizando-se, também, da experimentação.

Estas duas orientações têm suas vantagens e desvantagens. Enquanto os primeiros correm o risco de ficar presos a dados científicos e terminar não propondo uma teoria que lhes permita avançar na abordagem dos comportamentos mais complexos; os segundos correm o risco de elaborar uma teoria do comportamento complexo sem o suficiente suporte de dados e terminarem usando tais dados seletivamente, de forma a comprovar a teoria previamente estabelecida. Enquanto os primeiros podem especificar mais concretamente formas de intervir e desenvolver o processo de aprendizagem, os segundos correm o risco de dedicarem-se mais ao estudo de formas de avaliação do estágio em que se encontram, em um indivíduo, suas estruturas intelectuais — sem uma preocupação maior pela forma de intervir em seu desenvolvimento. Sem querer cair numa posição eclética que desconhecera que ambas propostas estão baseadas em supostos diferentes, acredito que, do ponto de vista de estratégia de pesquisa, é possível encontrarmos elementos válidos em cada uma delas.

Esta diversidade põe em relevo uma área de pesquisa ativa. É importante verificar que estas orientações não foram geradas no âmbito da educação. Skinner, trabalhando na psicologia básica e Piaget, trabalhando no campo da epistemologia genética, produziram mais alterações na área educacional do que os milhões de dólares gastos anualmente em pesquisa educacional. No caso de Piaget, uma psicologia foi desenvolvida à luz de sua epistemologia. Neste sentido, é relevante estarmos atentos para as ligações psicologia-educação química, bem como, pedagogia-educação química.

Acredito que, no campo da psicologia, a educação química poderá beneficiar-se de:

- uma concepção do homem e sua atividade;
- uma forma de pesquisar seu comportamento; e
- um conjunto de dados, princípios e, até mesmo, teorias e modelos sobre aprendizagem, dependendo da orientação que decida estudar.

Acredito que, no campo da pedagogia, a educação química poderá encontrar um conjunto de procedimentos, baseados na psicologia e em outras ciências que aqui não estamos considerando por questões metodológicas, que poderão ser extremamente úteis e necessários ao desenvolvimento do

ensino de química. Poderão ser encontrados, por exemplo:

- métodos para descrever atividades profissionais que servirão de base para o delineamento do curriculum, dos programas e ações educativas específicas;
- formas de formular objetivos, meio de comunicação entre professores e alunos;
- métodos para a organização do conteúdo da disciplina química;
- formas de organizar o desenvolvimento da aprendizagem de maneira efetiva;
- procedimentos para o desenvolvimento de recursos instrucionais;
- formas de avaliação e de organização da sala de aula; para citar apenas alguns.

Isso já está disponível hoje. Embora seja apenas um começo, é um começo razoável.

Como diz B.S. Bloom, houve época em que se podia fumar inocentemente, sem sermos responsabilizados pelo fato, pois não tínhamos conhecimento disponível que demonstrasse uma relação causal entre fumo e doenças. Porém, hoje, estando disponível este conhecimento, fica difícil inocentarmos uma pessoa que contrai doenças a partir do fumo. Algo semelhante começa a acontecer na área da educação química.

Gostaria de indicar, a seguir, um conjunto de recomendações que emergem da prática de pedagogos e psicólogos. Elas não constituem um método de aprendizagem; como digo, são apenas recomendações. Estimo que, nesta forma, é possível que sejam endossadas por uma ampla gama de pesquisadores, já que cada um poderá combinar tais recomendações na forma que cada uma das suas propostas teóricas e experimentais assim determinar. Vale a pena ressaltar que tais recomendações são oferecidas como exemplos. Há muito mais por ser dito nesta matéria.

A aprendizagem é facilitada pela atuação do aluno

Uma situação de aprendizagem em que o aluno permanece passivo, ouvindo um professor, é menos facilitadora do que outra onde o aluno atua sobre o conteúdo que está sendo ensinado. A emissão de respostas é fundamental para que se possa estabelecer novos repertórios.

A atuação do aluno deve ocorrer em vários níveis

Dependendo dos objetivos da aprendizagem, as respostas emitidas devem variar desde simples memorização até a transferência destes conhecimentos para novas situações através de resolução de problemas ou, até mesmo, criando novas situações onde o conhecimento aprendido em instâncias anteriores possa ser reelaborado de forma particular.

A qualidade dos materiais instrucionais é importante

A preparação das condições oferecidas para aprendizagem, através de recursos instrucionais, é uma variável relevante na aprendizagem. Muitos recursos instrucionais, por exemplo: manuais, são preparados dentro de um enfoque exclusivamente lógico, sem levar em conta a estruturação

psicológica do conteúdo da disciplina. Há toda uma área de organização e análise de conteúdo que pode ser de grande utilidade na preparação de tais recursos.

A aprendizagem deve ser constantemente monitorada

A aprendizagem é facilitada se, durante sua realização, o aluno é frequentemente monitorado, recebendo informações precisas sobre o seu desempenho. É no próprio momento em que está sob situação de aprendizagem que deve ter informação sobre seu desempenho e não por ocasião de provas bimestrais ou mensais.

Deve haver algum tipo de avaliação/diagnóstico

A avaliação é um instrumento que deve ser utilizado para manter o aluno informado de seu desempenho e permitir que ele corrija seus pontos débeis. O aluno deve ter a chance de diagnosticar seu desempenho de forma a obter o domínio integral em cada aspecto da disciplina. Como diz B.S. Bloom, existe uma evidência crescente de que, em grande medida, o que chamávamos "diferenças individuais" se deve ao efeito que tem, sobre os alunos, determinadas condições, mais do que as diferenças básicas na capacidade dos educandos.

Deve-se respeitar a velocidade de aprendizagem de cada aluno

Hoje está muito bem estabelecido que cada aluno tem uma velocidade própria de aprendizagem. Não porque este ritmo esteja implícito nas diferenças individuais de cada aluno, mas porque cada aluno vive, fora da escola, em condições de vida diferentes. Estas diferenças são muito mais claras entre os alunos que pertencem à classe dominante e os que pertencem às classes trabalhadoras, quando contrastados. Quando o professor impõe a sua velocidade de aprendizagem (segundo provavelmente a dificuldade do aluno médio ou do mais apto), está violentando o ritmo individual de aprendizagem de uma ampla gama de alunos. As diferenças de aproveitamento são oriundas da diferença de ritmo. Se unificamos o ritmo, diversificamos as notas. Se diversificamos o ritmo, unificamos as notas.

As avaliações repercutem na formação da personalidade

Há evidência crescente de que os resultados das avaliações repercutem na formação da personalidade do aluno. O desenvolvimento da auto-imagem do aluno também está ligado ao resultado de suas avaliações. Afinal, em nosso sistema educacional, a escola nunca fracassa. O aluno é que é o responsável pelo seu próprio fracasso.

A manutenção do aprendido depende de sua relação com a prática

Nosso sistema educacional, a pedido do sistema social, político e ideológico, separou a teoria da prática. Separou a escola do trabalho. Dessa forma, os alunos, frequentemente, estão condenados a conteúdos massantes, desprovidos de

utilidade para eles. Nestas condições, é difícil falarmos em manutenção do que se ensina. A oportunidade de poder utilizar o que foi aprendido é uma grande facilitadora da manutenção do que se aprendeu.

Poderíamos agregar outras recomendações a esta lista. Mas creio que esta é suficiente para que se forme uma idéia do tipo de aporte que se pode encontrar na área da educação e da psicologia. A forma em que cada um destes pontos se combinam em uma determinada realidade dependerá desta mesma realidade. Não existem receitas. Quando estive no Instituto de Química da Universidade Católica do Chile, combinamos alguns destes aspectos para melhorar o desempenho da disciplina de Química Geral, dada ao nível do primeiro semestre da Universidade como uma grande revisão do que havia sido ensinado no 2º grau. Uma equipe interdisciplinar constituída por pedagogos, psicólogos e químicos foi formada. Mais de 20 profissionais participaram da modificação das condições de aprendizagem. Novos recursos instrucionais foram preparados; promoveu-se uma integração aulas teóricas-laboratório; novas práticas de laboratório foram planejadas; avaliações-diagnóstico foram preparadas num total de 20 oportunidades durante o semestre; planejou-se o monitoramento constante da aprendizagem por parte do professor, através da mudança do papel do professor e do aluno, transformando este último em um elemento ativo no processo de ensino-aprendizagem. Os resultados foram compensadores: reduzimos a reprovação em química geral de 60% para 24% e o relacionamento professor-aluno

melhorou sensivelmente, sem falar em uma série de outros subprodutos.

Estou certo de que a integração, a nível de conhecimento ou a nível interdisciplinar, entre pedagogos, psicólogos e químicos preocupados com o ensino de sua disciplina liberará novas energias e abrirá novos horizontes. Porém, isso não é tudo. Devemos estar preparados porque restará ainda um incômodo poderoso à nossa frente: o próprio sistema educacional. Ele se oporá à implantação eficaz destas recomendações pois elas atentam contra a sua função ideológica seletiva. Gostaria que tivessem bem presente esta última observação sobre nosso sistema de ensino, quando estiverem tentando combinar, em suas realidades, estas ou outras recomendações sobre a aprendizagem. Será necessário ter presente a obstrução do sistema para poder fazer uma avaliação adequada destas e de outras recomendações, e separar, muito bem, o que é um erro da própria recomendação e o que é uma intransigência do sistema educacional destinado a eliminar da escola os filhos das classes duramente dominadas pelas relações de produção vigentes em nossa sociedade.

(*) Documento lido durante o 1º Encontro Nacional de Educação Química promovido pela Sociedade Brasileira de Química, durante a 34ª Reunião da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, Unicamp, Campinas (SP), julho de 1982.

(**) Este documento foi preparado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, proc. nº 107298/79.

EDUCAÇÃO

DESENVOLVENDO A PERCEPÇÃO TRIDIMENSIONAL ATRAVÉS DE MODELOS MOLECULARES ACESSÍVEIS E VERSÁTEIS

Ana Maria da Costa Ferreira e Henrique E. Toma

*Instituto de Química, Universidade de São Paulo
CEP 20780, São Paulo.*

(Recebido em 13/10/81)

INTRODUÇÃO

No ensino, como na pesquisa, freqüentemente nos deparamos com problemas cuja solução poderia ser bastante facilitada pela utilização de modelos tridimensionais. Particularmente na química e na biologia molecular, são incontáveis os exemplos onde avanços significativos têm sido alcançados através de modelos estruturais, permitindo a visualização da geometria dos compostos e auxiliando na previsão do comportamento em função de sua configuração espacial¹.

A verificação dos elementos de simetria numa molécula, a constatação da possibilidade de formação de pontes de hidrogênio, a avaliação do grau de impedimento estérico, a distinção das diferentes conformações de um polímero, a diferenciação de isômeros, o estabelecimento de mecanismos de reação, são alguns exemplos de situações onde os modelos moleculares encontram larga aplicação. No ensino

de química, é muito extensa a lista de assuntos cuja abordagem pode ser enriquecida através da utilização de modelos, como por exemplo: teoria de repulsão dos pares eletrônicos de valência, hibridização, quartetos duplos de Linnett, grupos de ponto, isomeria geométrica, óptica e conformacional, retículos cristalinos, configuração de anéis quelatos, macrocíclicos e tipo gaiola, compostos clatratos e agregados moleculares. Muitos destes tópicos, como é o caso da isomeria espacial, podem ter a aprendizagem limitada pelas dificuldades de percepção e visualização por parte dos alunos, especialmente quando não se dispõe de modelos moleculares adequados.

Os modelos estruturais existentes no mercado apresentam custo relativamente alto e número limitado de peças. Os tipos mais comuns são conhecidos como "frame-work", "mini-system", "space-filling", "ball and stick", "sphere packing", com procedências das mais diversas, por exemplo: da Fisher, Science Related Materials, Maruzen, Prentice-