

APLICAÇÃO DOS RECENTES AVANÇOS NA TEORIA DA APRENDIZAGEM E NA FILOSOFIA DA CIÊNCIA AO ENSINO DA QUÍMICA

FUNDAMENTOS FILOSÓFICOS DA APRENDIZAGEM

Durante mais de três séculos, a posição filosófica dominante acerca da natureza da ciência foi a que Francis Bacon estabelecem no seu livro *Novum Organum*. Bacon adoptou uma posição correcta contra a «filosofia natural» dominante na época que sublinhava a importância do estudo dos autores gregos e romanos e da argumentação lógica em detrimento da necessidade da **observação** cuidada. Bacon defendia que o nosso conhecimento do universo se desenvolveria melhor se observássemos escrupulosamente os fenómenos e objectos evitando recorrer a noções ou posições filosóficas pré-concebidas e limitadas.

A pouco e pouco as concepções de Bacon tornaram-se dominantes e foram reforçadas pelos trabalhos de Karl Pearson no início do séc. XX.

Com o desenvolvimento do ensino das ciências nas Escolas Secundárias e Universidades nos finais do séc. XIX, os manuais científicos reforçaram a tese de que a ciência é baseada na observação fidedigna e que com o decorrer do tempo a pesquisa científica conduz à **verdade** acerca da natureza. Este ponto de vista mítico da Ciência mantém-se ainda hoje em muitos manuais e na população em geral, contribuindo em parte para o não entendimento do que é a Ciência.

Por volta de 1947, contudo, cientistas notáveis como James Conant apresentavam concepções significativamente diferentes das de Bacon, Pearson ou dos Positivistas Lógicos do início do séc. XX. No seu livro *On Understanding Science*, Conant, que se tornou conhecido como investigador em Química, argumentava que os cientistas inventam e usam «esquemas conceptuais» («conceptual schemes») e que estes esquemas conceptuais são modificados com o decorrer do tempo e ocasionalmente abandonados. Um discípulo de Conant, Thomas Kuhn, expandiu esta ideia no seu livro *The Structure of Scientific Revolutions*, publicado em 1962, e Stephen Toulmin (1972) elaborou a natureza evolutiva dos conceitos definindo o papel que estes representam no conhecimento humano. Estas concepções levaram à tomada de novas posições ortodoxas segundo as quais a Ciência é vista como a constante modificação e revisão dos modelos conceptuais e dos métodos de pesquisa associados (Lakatos, 1976; Brown, 1979).

Mais recentemente, o meu colega Bob Gowin, desenvolveu um processo heurístico que achámos especial-

Joseph D. Novak, Cornell University
Ithaca, New York, U.S.A.

mente útil para professores e alunos a fim de representar a interacção de conceitos, princípios e teorias com a observação de fenómenos e objectos e aspectos processuais de registos, tratamento de dados, construção de **reivindicações** de conhecimento e de valor (**value claims**). A fig. 1 apresenta a forma geral do V heurístico de Gowin tal como foi utilizado no nosso trabalho. O V de Gowin está de acordo com a importância atribuída por Bacon e Pearson à observação, uma vez que na «ponta» do V ele colocou o que os cientistas observam. Contudo, o V também reforça o papel dos **conceitos** (*). De facto os nossos conceitos não apenas nos auxiliam a seleccionar objectos e fenómenos para observação mas também orientam o tipo de registos e tratamento de dados que fazemos. Os princípios e as teorias representam relações entre conceitos que têm as suas origens, pelo menos em parte, nas regularidades observadas nos objectos e/ou nos fenómenos. Assim, o V de Gowin incorpora igualmente ideias-chave das modernas concepções filosóficas da ciência que acentuam a interacção entre o que observamos ou fazemos em ciência e os conceitos, princípios e teorias que orientam a pesquisa científica («scientific inquiry»).

Se iniciarmos alunos e professores na nomenclatura do V de Gowin, verificamos que o V é uma técnica heurística poderosa para conceptualizar o trabalho de laboratório. Usámos este processo heurístico com sucesso com alunos das escolas secundárias e universitárias; adiante discutiremos este tema mais profundamente.

APRENDIZAGEM DE CONCEITOS COMO O ELEMENTO FOCAL DA APRENDIZAGEM

Face ao desenvolvimento do ponto de vista filosófico que colocou os conceitos como a fonte do conhecimento humano, era natural que se desenvolvesse uma teoria da aprendizagem centrada na natureza dos conceitos e na aprendizagem de conceitos na **escola**. Tal teoria não existia antes de 1963, pelo que usámos o modelo «cibernético» de Weiner nas nossas pesquisas iniciais até

(*) Conceitos são **regularidades** em fenómenos ou objectos designados por algum termo («label») arbitrário.

«Cadeira» é o termo que utilizamos em português para designar objectos de quatro pernas, assento e costas que usamos para nos sentarmos. A maior parte dos conceitos adquirem significado através de **proposições**, que estabelecem ligações entre dois ou mais conceitos, como, por exemplo, «o **grama** é uma **unidade** de **massa**». Os conceitos ganham em significado à medida que um indivíduo aprende novas proposições que envolvem um determinado conceito.

que nos familiarizámos com a obra de Ausubel (1963) *Psychology of Meaningful Verbal Learning* e mais tarde (1968) *Educational Psychology: A cognitive view*. A psicologia behaviorista dominou as Universidades (e influenciou conselhos editoriais) nas décadas de 50 e de 60 na América do Norte de tal modo que poucos educadores americanos foram treinados numa psicologia de aprendizagem que acentuasse o papel que os conceitos desempenham na aquisição, retenção e aplicação do conhecimento nas aulas. Apesar da psicologia **genética** de Piaget se ter popularizado nos círculos educacionais dos E.U.A. após 1960, a sua teoria de desenvolvimento cognitivo tem apenas uma importância limitada para a aprendizagem escolar (Novak, 1977b).

No decurso da última década e meia, achámos que a teoria de aprendizagem cognitiva de Ausubel era a mais útil como orientação para os **fenómenos de aprendizagem (learning events)** que construímos quer com objectivos de pesquisa quer para incrementar o ensino científico. O seu trabalho fornece igualmente os conceitos psicológicos fundamentais para construir uma teoria de educação (Novak, 1977a).

A teoria de aprendizagem de Ausubel atraiu-nos quer pela sua simplicidade no tipo e quantidade de conceitos-chave quer pela unificação dos fenómenos de aprendizagem escolar para os quais é relevante. No que diz respeito à aquisição do **conhecimento**, a teoria adopta o critério da parsimonia; tem também implicações significativas para a aquisição de capacidades intelectuais ou capacidades motoras e para a aquisição de sentimentos positivos.

Sete conceitos-chave orientam a pesquisa e o ensino, segundo a teoria de Ausubel. cada um deles serão discutidos nas suas implicações no ensino de Química.

1. APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA (Meaningful Learning).

A ideia central na teoria de Ausubel é a de aprendizagem significativa que ele define como «não arbitrária, substancial, não incorporação literal de novo conhecimento na estrutura cognitiva». A estrutura cognitiva é o quadro de referência («framework») do **conhecimento** armazenado na nossa memória que cresce e desenvolve-se da infância à senilidade. Por incorporação **não arbitrária** do conhecimento, Ausubel pretende dizer que o **aluno** deve fazer um esforço consciente para relacionar os novos conhecimentos aos que ele já possui. Por exemplo, um aluno que adquira nova informação acerca das reacções do sódio com os não-metais deve relacionar **conscientemente** este novo conhecimento com o que ele já sabe acerca das reacções químicas em geral e, mais especificamente, com as reacções entre metais e não-metais. A aprendizagem **substancial** (substantive learning) ocorre quando o aluno faz um esforço consciente para identificar os conceitos-chave nos novos conhecimentos e relacionar estes conceitos com outros conceitos que já possuía, tais como as características do sódio como metal e do reconhecimento dos iões cloreto e hidróxido como unidades reactivas. A aprendizagem não arbitrária e substancial desenvolve-se gradualmente; ambos os aspectos requerem um esforço deliberado da parte do aluno. A aprendizagem não-literal («non-verbatim learning») é simplesmente o produto de aprendizagem não arbitrária e substancial, uma vez que os últimos processos de aprendizagem activos alteram necessariamente o significado do novo conhecimento apreendido.

Se o estudante memoriza literalmente que «um ácido mais uma base origina um sal» sem reflectir conscientemente sobre «o que é um ácido?» ou «o que é uma base?», então a aprendizagem que ocorre em tal caso é literal, arbitrária e não substancial. Pode conduzir ao sucesso nos exames que requeiram memorização literal de definições, mas tal aprendizagem tem pouco valor prático e pode **interferir** com aprendizagens posteriores.

2. APRENDIZAGEM MECÂNICA (Rote Learning)

Encontra-se no pólo oposto da aprendizagem com significado e é o resultado do aluno incorporar nova informação na estrutura cognitiva de modo arbitrário, literal e não substancial. Na prática, é improvável um aluno qualquer aprender alguma Química completamente de cor e, deste modo, Ausubel reforça o facto de que a distinção entre aprendizagem mecânica e significativa não é dicotómica, mas sim correspondente a um **continuum**.

Infelizmente muitos alunos das escolas secundárias (e dos cursos introdutórios nas universidades) aprendem a maior parte dos seus conhecimentos de Química de cor.

3. INTEGRAÇÃO (Subsumtion)

Este é o termo que Ausubel utiliza para representar a natureza ideosincrética da aprendizagem significativa e o facto dos novos conhecimentos serem incorporados (integrados) geralmente em conceitos mais gerais (*). A estrutura cognitiva de cada pessoa é única e portanto a integração do novo conhecimento produz um «produto interactivo» que depende quer dos conceitos que o aluno já possuía (ou das confusões que tinha) quer do material apresentado. As questões de ensaio nos exames que requerem mais do que um recordar literal de informação mostram muitas vezes a natureza idiosincrética da integração de aprendizagem. Por exemplo, os alunos confundem muitas vezes os conceitos de peso e densidade e por conseguinte reclamam muitas vezes que uma pequena quantidade duma substância densa pesará mais que uma quantidade proporcionalmente maior de uma substância menos densa; ou reclamam que uma pequena quantidade de água quente tem mais energia térmica que uma quantidade relativamente grande de água fria. Em ambos os casos, os conceitos do «senso-comum» pré-existentes estão integrados (erroneamente) nos nossos conhecimentos acerca da densidade e da energia térmica.

4. DIFERENCIAÇÃO PROGRESSIVA (Progressive Differentiation)

A partir do início da infância, os conceitos que possuímos estão em constante modificação e elaboração tornando-se mais precisos e simultaneamente mais exclusivos e mais inclusivos; isto é o que Ausubel entende por diferenciação progressiva dos conceitos. Por exemplo, para uma criança pequena, comer dá-nos energia, tal como dormir. Mais tarde as crianças reconhecem que

(*) Integração está de algum modo relacionado com os conceitos de **assimilação** e **acomodação** da Teoria de Piaget, excepto no facto do conceito de integração, segundo Ausubel, estar relacionado com conceitos específicos na estrutura cognitiva e envolver sempre quer a incorporação de nova informação (assimilada) e alguma alteração nos conceitos pré-existentes (acomodação).

apesar de nos **sentirmos** com mais energia de manhã, apenas certos alimentos fornecem energia.

A diferenciação progressiva dos conceitos nunca é completa, uma vez que os cientistas que investigam nas fronteiras do conhecimento ainda estão diferenciando os **seus** conceitos. Neste aspecto, a nossa psicologia da aprendizagem funde-se com a epistemologia que sustenta que os conceitos numa disciplina estão em evolução constante, pelo menos até certo ponto.

5. APRENDIZAGEM DE ORDEM SUPERIOR («Superordinate learning»)

A maior parte da aprendizagem significativa envolve integração («subsumption») mas, por vezes, conceitos mais gerais e inclusivos são aprendidos providenciando também relações significativas entre dois ou mais conceitos já existentes. Por exemplo, quando os alunos adquirem o conceito de mole eles relacionam as propriedades atômicas e moleculares da matéria com os conceitos de volume, massa e densidade. Se forem bem sucedidos nesta aprendizagem de ordem superior (isto é, sejam capazes de algo mais do que memorizar literalmente a definição de mole), os conceitos já integrados tomam novos significados e estabelecem-se novas relações entre eles. Uma vez que usamos sequência de conteúdos em que os conceitos mais gerais são apresentados primeiro, a aprendizagem que propicia a integração ocorre mais frequentemente.

Por outro lado, pode-se argumentar que mesmo conceitos como o conceito de **mole** são integrados sob anteriores conceitos relevantes mais gerais tais como em «substância» ou «matéria».

6. RECONCILIAÇÃO INTEGRATIVA (Integrative Reconciliation)

Quando dois ou mais conceitos parecem relacionáveis de um novo modo, talvez para descrever uma nova regularidade perceptível, ocorre a reconciliação integrativa dos conceitos. Peso, massa, volume, densidade e gravidade são alguns dos conceitos cujos significados podem parecer em princípio não relacionados ou contraditórios mas são mais tarde reconciliados integrativamente numa estrutura cognitiva mais potente. A aprendizagem de ordem superior resulta sempre em alguma nova reconciliação integrativa e ambas juntamente com a integração, numa diferenciação progressiva dos conceitos.

7. ORGANIZADOR PRÉVIO (Advance Organizer)

Para facilitar a incorporação de novos conhecimentos na estrutura cognitiva de modo não arbitrário e substancial, Ausubel propôs uma estratégia de ensino utilizando organizadores prévios. Um organizador prévio é uma pequena tarefa de aprendizagem que envolve conceitos mais gerais e inclusivos que a aprendizagem subsequente, e que é **compreendida pelo aluno** servindo como uma «ponte cognitiva» («cognitive bridge») entre o que o aluno já sabe e o que vai aprender. Por exemplo, um dos meus colegas usa uma analogia com uma dúzia de roscas de massa frita (doughnuts) com dois buracos cada para ilustrar o conceito de equivalente molar. Os alunos pensando em dúzias ou grosas de «doughnuts» podem ver de facto que uma dúzia de «doughnuts» de dois buracos têm 24 buracos e uma grosa 288. O conceito de equiva-

lente molar pode ser ligado a conceitos que o aluno já possui com esta analogia, embora muitos alunos tenham ainda dificuldades com números com potências como é o caso do número de Avogadro.

A teoria de Ausubel tem outros aspectos que aqui não apresentei; no entanto, estes conceitos são as ideias-chave que podem ser aplicadas no planeamento do ensino e na investigação em educação em Química.

É igualmente importante distinguir entre processo de **aprendizagem** («learning approach») e processo de **ensino** («instructional approach»). Esta é outra área em que Ausubel apresentou importantes contribuições. A fig. 2 mostra que a aprendizagem pode variar desde a rotina à altamente significativa **independentemente** do tipo de estratégia de ensino utilizada. Um dos erros feitos durante o «movimento de reforma curricular» nos E.U.A. nos anos 50 e 60 foi a ausência de distinção entre processo de **ensino** e processo de **aprendizagem** (Novak, 1969). Se houver um novo esforço de reforma curricular, acreditamos que este beneficiará das novas perspectivas acerca da aprendizagem.

ELABORAÇÃO DE MAPAS DE CONCEITOS (Concept Mapping)

Nas investigações que efectuámos, baseadas na teoria da aprendizagem de Ausubel, empenhámo-nos na resolução do problema de medir alterações na estrutura cognitiva como resultado de aprendizagens significativas. No que se refere ao V de Gowin (fig. 1), o nosso problema consistiu em imaginar novas formas de elaboração de registos e de transformações desses registos que possam ser utilizadas para fazer reivindicações válidas («valid claims») respeitantes a acontecimentos significativos do ponto de vista da aprendizagem, especialmente estruturados para encorajar aprendizagem e integração de conceitos em segmentos hierarquicamente organizados da estrutura cognitiva. As entrevistas clínicas Piagetianas ligeiramente alteradas (ver Picres et al, 1978) mostraram-se úteis, mas as entrevistas individuais com os alunos demoravam muito tempo bem como a análise das respectivas gravações. Uma década de estudo de estratégias alternativas de avaliação conduziu a uma técnica a que nós chamámos **mapa de conceitos (concept mapping)**. A fig. 3 mostra um exemplo de um mapa de conceitos construído no início do nosso trabalho em Química Orgânica e a fig. 4 mostra um mapa mais recente construído por um professor de Universidade da Carolina do Norte ao planejar aulas teóricas.

Nos primeiros mapas que elaborámos, assumimos que as ligações entre conceitos eram mais ou menos evidentes não sendo necessário, portanto, «identificar as linhas». Isto era ainda um procedimento útil quando estávamos tentando ilustrar que aquilo em que acreditávamos era a relação entre os conceitos numa parte da matéria, ou para representar a estrutura conceptual tal como a interpretávamos a partir de análise de entrevistas clínicas. Contudo, mais recentemente, começámos a ensinar alunos a construir mapas de conceitos e descobrimos ser de importância crucial enfatizar uma estrutura hierárquica e a indicação cuidadosa do significado implícito das linhas de ligação nos mapas para melhorar a aprendizagem. A elaboração de mapas de conceitos tornou-se para nós não apenas um artifício para «registo de resultados» de pesquisa mas também um novo instrumento pedagógico.

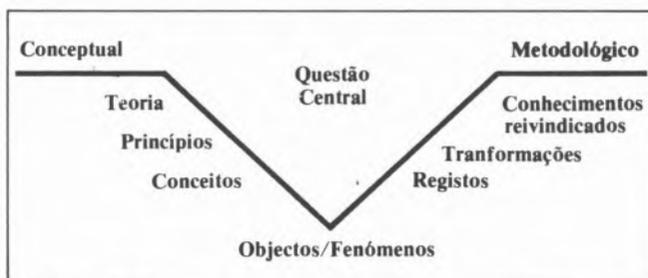


Fig. 1 — V heurístico de Gowin para mostrar elementos na estrutura do conhecimento e na produção do conhecimento (epistemologia). Os elementos que figuram no lado «esquerdo» interactivam com os elementos do lado «direito» na produção ou interpretação do conhecimento acerca de fenómenos ou objectos.

Fig. 2 — Esquema para mostrar as diferenças entre o **continuum** de aprendizagem (mecânica até significativa) e o **continuum** instrucional (recepção até descoberta autónoma) bem como as **relações** entre estes **continua**.

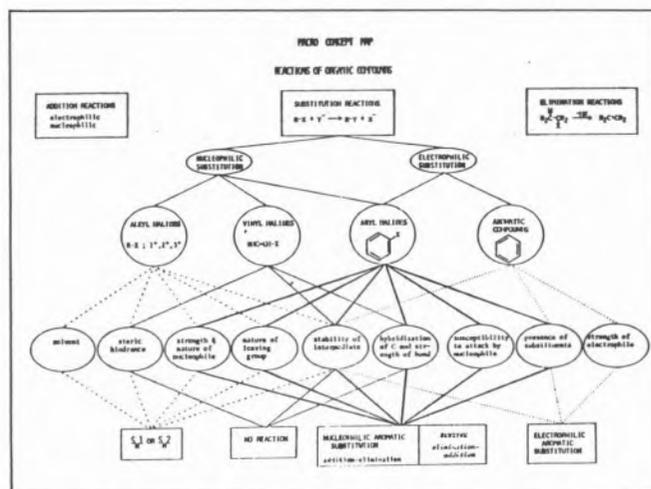


Fig. 3 — Um mapa de conceitos elaborado por Atkin (1977) para um curso de Química Orgânica. Um exemplo dos primeiros mapas que não apresentavam ligações específicas entre os conceitos.

A elaboração de mapas de conceitos serve vários propósitos úteis ao encorajar aprendizagens **significativas**.

Em primeiro lugar, a feitura de mapas requer que os alunos identifiquem explicitamente os conceitos-chave numa parte da matéria. Isto conduz sempre ao reconhecimento que alguns conceitos-chave são já, de algum modo, familiares. Contudo, quando os alunos começam a construir um mapa e a identificar **relações** entre conceitos, à medida que esclarecem o significado das linhas, cedo reconhecem que o seu entendimento de alguns conceitos «familiares» é inadequado, i.e., não suficientemente diferenciado.

Como resultado apresentam dificuldades em estabelecer ligação entre conceitos.

Uma boa organização hierárquica dos conceitos para um determinado tema pode ser estruturado numa variedade de modos, mas todos os diferentes modos devem repetir o facto de que os conceitos mais específicos, me-

nos gerais, devem ser **integrados** sob conceitos mais gerais, mais inclusivos. Para organizar hierarquicamente um mapa de conceitos, um aluno deve fazer um esforço consciente para determinar «qual» o conceito mais geral e inclusivo para este tópico?, o que refere uma participação **activa** de parte do aluno para reavaliar daquilo que conhece, o que é relevante, ou o que ainda é um pouco confuso acerca de cada um dos conceitos-chave.

À medida que avançamos de tema para tema, alguns conceitos reaparecerão nos mapas de conceitos, mas provavelmente em posições substancialmente diferentes no que diz respeito à hierarquia conceptual.

Isto reflecte, em parte, que à medida que consideramos fenómenos ou objectos diferentes em hierarquias conceptuais alternativas podem-se mostrar com um grande poder explicativo. Segundo a perspectiva do V de Gowin, os novos fenómenos ou objectos podem estar incluídos em diferentes estruturas conceptuais «armazenadas por cima», e, deste modo, podemos enriquecer e expandir as reivindicações que validamente lhes sucedem. Uma notável propriedade da estrutura cognitiva é a de que es-

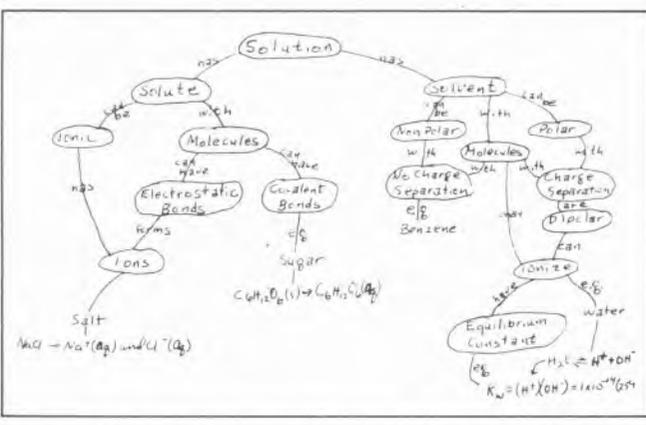


Fig. 4 — Um mapa de conceitos para soluções construído a partir de uma aula teórica de um curso introdutório de Química na Faculdade. Os exemplos específicos não são conceitos, apesar de apresentarem as regularidades de conceitos de ordem superior (segundo J. Willey)

- Propositions.** Is the meaning relationship between two concepts indicated by the connecting line and linking word(s)? Is the relationship valid? For each meaningful, valid proposition shown, score one point.
- Hierarchy.** Does the map show hierarchy? Is each subordinate concept more specific, less general than the concept drawn above it (in the context of the material being mapped)? Score five points for each valid level of the hierarchy (see scoring model shown in accompanying figure).
- Cross links.** Does the map show meaningful connections between one segment of the concept hierarchy and another segment? Is the relationship shown significant and valid? Score ten points for each cross link that is both valid and significant and two points for each cross link that is valid but does not illustrate a synthesis between sets of related concepts or propositions. Cross links can be an indicator of **creative ability** and hence special care should be afforded to identifying and rewarding this expression. Sometimes surprising unique and creative cross links may be drawn and these might receive special recognition.

Relationships (if all valid)	= 14
Hierarchy (if valid) 4 x 5	= 20
Cross Links (if valid) 10 x 3 (significant)	= 30
64 points total	

N.B.
If you wish, you can construct your **criterion** concept map for a text or other study material and score student maps as $\frac{\text{Score}}{\text{X 100}}$, thus getting percentage of criterion map score. Some students will get over 100% on this basis and this could have positive affective consequences. Remember that scoring is somewhat arbitrary. Do not hesitate to modify the procedure shown here or to apply your best judgment to application of scoring criteria.

Fig. 5 — Chave para cotação de mapas de conceitos. Baseada na teoria de Ausubel; podem ser construídas chaves diferentes.

ta é semelhante, de certo modo, a um lençol de borracha que pode ser «levantado» em pontos diferentes para ver (ou aplicar) novas hierarquias de conceitos, mantendo o mesmo conjunto de conceitos ligado.

Elaborámos uma variedade de «processos de cotação» (scoring keys) para mapas de conceitos; um dos mais recentes é mostrado na fig. 5. Achámos ser igualmente útil fornecer aos alunos cópias do processo de cotação para auxiliar a construir melhores (ou mais significativos) mapas de conceitos.

O processo de cotação foi estruturado de modo a ter em conta os princípios de aprendizagem formulados por Ausubel. As relações entre os conceitos são **proposições** que reflectem o grau de diferenciação dos conceitos que as compõem. Por exemplo, a fig. 4 ilustra uma distinção entre moléculas de soluto e de solvente, relacionando estes conceitos com outros conceitos relevantes na química das soluções. O número de hierarquias identificadas mostra também a extensão da diferenciação dos conceitos no facto de que as relações subtis entre conceitos são indicadas hierarquicamente demonstrando parcialmente pequenas discriminações entre a extensão de inclusividade e de exclusividade dos significados dos conceitos. Ligações cruzadas, quando traduzem relações significativas entre conceitos em diferentes segmentos da hierarquia, podem ser bons indicadores de reconciliação integrativa e, em alguns casos, algumas interrelações criativas podem ser seguidas.

Há ainda muita pesquisa a ser efectuada com os alunos para avaliar e refinar a estratégia da elaboração de mapas de conceitos como uma estratégia que auxilie a aprendizagem dos alunos e como um método de investigação nos estudos sobre a estrutura cognitiva. Posso dizer-vos que o nosso entusiasmo na elaboração de mapas de conceitos tem aumentado com cada novo ano de pesquisa e de experiência. Posso também sugerir-vos que tentem aplicar esta estratégia com os vossos alunos e/ou na preparação dos vossos materiais de ensino.

UTILIZAÇÃO DO V DE GOWIN AO ENSINO LABORATORIAL

Como afirmámos atrás, o V de Gowin (fig. 1) resultou dos nossos esforços para aperfeiçoar o ensino laboratorial. Quando trabalhámos inicialmente em cursos universitários, verificámos que os alunos preocupavam-se em fazer observações, registá-las e, especialmente em Física, transformar os seus registos.

Usualmente prestavam atenção cuidadosa e explícita aos fenómenos e objectos que estavam observando ou às **regularidades** que observavam.

Coerentemente, os alunos raramente perguntavam quais os conceitos, princípios ou teorias que orientavam as suas observações. Uma consequência da falta de atenção à orientação teórico-conceptual do seu trabalho era o facto de que os alunos viam poucas relações entre o trabalho de laboratório e os livros de texto. Em resumo, preocupavam-se com o «como fazer», tal como figura no lado direito do V de Gowin, e não tomavam em devida conta a importante função de orientação que a «teoria», lado esquerdo do V, podia providenciar.

A nossa experiência diz-nos que os alunos têm consciência do papel dos conceitos e das teorias na selecção de fenómenos e de objectos para observação e correspondentes elaboração e transformação dos registos, mesmo após terem sido informados que isso é extremamente importante.

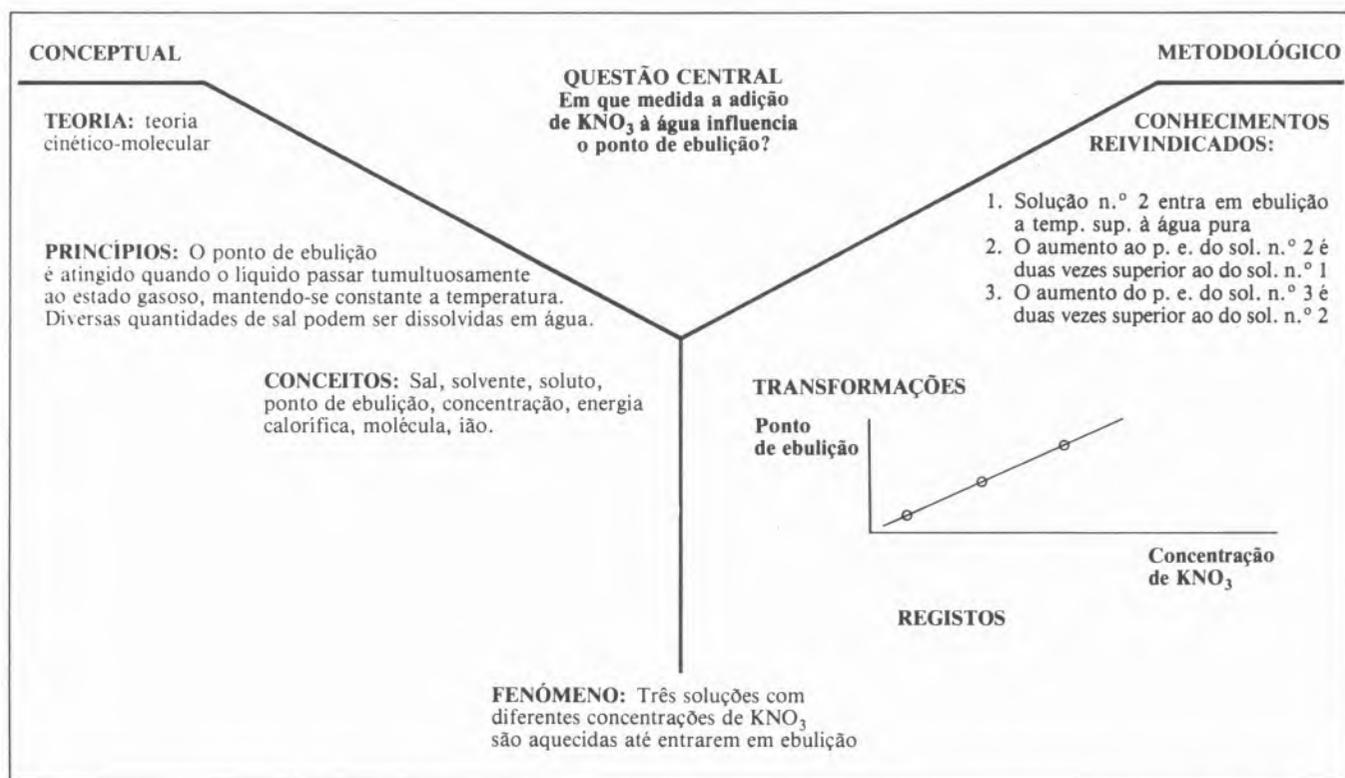


Fig. 6 — Experiência sobre soluções realizada com alunos do 8.º grau relatada num mapa em V.

Parcialmente por este motivo, a pesquisa educacional mete em evidência que a melhoria na compreensão dos resultados da ciência é pequena ou nula a partir do trabalho de laboratório quando comparada com aulas teóricas ou aulas de demonstração.

Os cientistas estão geralmente de acordo que o trabalho de laboratório é importante para a compreensão, baseados nas suas próprias experiências, pelo que os efeitos desprezáveis nos resultados escolares dos alunos surgem como um enigma.

O que estamos encontrando nas investigações que realizamos é que os cientistas **importam** a estrutura teórico-conceptual para o seu trabalho, mais ou menos inconscientemente: os alunos não o fazem e muitas vezes não o podem fazer. Mesmo nas aulas teóricas de Química, Leo West e Jan Gerard na Universidade de Monash (Austrália) estão descobrindo que o que é escrito no quadro ou enfatizado na aula teórica é principalmente o que seria colocado do lado direito do V.

Num grau surpreendente, estão a descobrir que devem importar conceitos e princípios dos seus conhecimentos de Química para **compreender** o tema apresentado na aula teórica, mesmo que o professor tenha sido selecionado pela sua reputação.

Para minorar o problema descrito no último parágrafo, constatámos ser útil ensinar aos alunos a nomenclatura do V de Gowin bem como a utilização deste processo heurístico para interpretar o trabalho de laboratório.

A maior parte das pesquisas que completámos foram ao nível do ensino secundário (12 a 16 anos) mas o nosso trabalho ainda se encontra no início e será continuado com alunos dos primeiros anos da Faculdade, incluindo alunos de Química.

A fig. 6 apresenta um mapa em V elaborado por alunos do 8.º grau (13-16 anos) num projecto de pes-

quisa recentemente completado. (Novak, 1981). Numa experiência similar com alunos de anos mais avançados podem ser utilizadas três ou quatro soluções (com solutos ionizáveis ou não ionizáveis) e maior número de concentrações diferentes, mas o tipo de raciocínio requerido é o mesmo. É de esperar, naturalmente, que os alunos mais avançados apliquem um maior conjunto de conceitos e princípios nas suas interpretações.

Nos E.U.A. e em muitos outros países, existe uma preocupação crescente sobre a generalizada ausência de compreensão de conceitos da Ciência na população. O resultado é uma apatia geral acerca da ciência e do ensino da ciência e também acerca da ciência e do ensino da ciência e também acerca da pesquisa científica. Os efeitos desta apatia tem consequências temíveis relatadas recentemente num relatório da **National Science Foundation** ao Presidente (1980).

Parte desta apatia deriva das desilusões com a guerra do Vietnam, com o caso Watergate, com o problema dos reféns no Irão e a recessão económica, mas outra parte desta apatia deve ser também atribuída ao inadequado ensino das ciências. Os capítulos introdutórios de muitos manuais de disciplinas no ensino secundário (e no ensino superior) apresentam os obsoletos modelos da Ciência de Bacon e de Pearson e falham completamente na apresentação da interdependência entre Ciência e Tecnologia. O V heurístico de Gowin pode ser uma ferramenta útil para ilustrar como a teoria e os conceitos são necessários para criar novos fenómenos ou novas maneiras de registar observações e como as pesquisas científicas conduziram a novos produtos químicos, novas fábricas, transistores, osciloscópios, televisões e microscópios electrónicos. Pode demonstrar-se que toda a tecnologia moderna deriva das pressões teóricas e conceptuais para melhor observação de novos fenómenos ou objectos e novos processos de elaboração e tratamento de registos. Mostrámos (Novak, 1981) que alunos jovens podem compreender e aplicar o V de Gowin, e com o tempo, esperamos mostrar que a sua compreensão pode reforçar

significativamente a compreensão da ciência pela comunidade.

Quando a elaboração de mapas de conceitos é introduzido antes do V de Gowin, podem construir-se «mapas compostos» que mostram a estrutura hierárquica dos conceitos que o aluno aplica na pesquisa e nos registos, transformações e reivindicações que derivam da pesquisa. Os mapas em V e os mapas de conceitos são uma forma alternativa para os relatórios de laboratório que podem ser muito mais reveladores do que o aluno pensa e são mais fáceis de serem avaliados do que os relatórios convencionais. É evidente que as revistas científicas não estão preparadas para publicar mapas em V, pelo que se torna necessário que os alunos também escrevam relatórios do tipo convencional.

Uma outra utilização do V de Gowin é na análise de relatórios e de artigos já publicados.

O V heurístico de Gowin deriva em parte de cinco questões que Gowin enunciou para analisar documentos escolares (*); determinámos que é uma «cábula» útil para relatar um trabalho já publicado a um «jornal de clube» ou a um grupo de investigação. Assim que os membros do grupo se tornam familiares com o V, uma única página com uma representação esquemática dos elementos do V tal como aparecem no relatório pode resumir-lo. Alguns relatórios podem necessitar de dois ou mais V's, como no caso em que as experiências são repetidas com outros fenómenos ou com outros dados; nestas condições o V heurístico pode mostrar as diferenças principais nas experiências. A linguagem do V pode facilitar discussões nesses grupos uma vez que sugere questões simples como «Os registos traduzem adequadamente o fenómeno observado?» ou «O tratamento dos dados obtidos foi adequado para gerar o conhecimento reivindicado?», e assim sucessivamente. Associadas a discussões sobre os conceitos e princípios relevantes, tais questões podem ser mais esclarecedoras que as discussões usuais em seminário ou quaisquer outros grupos.

Pensamos também que o V heurístico é útil para jovens investigadores que procuram definir um bom problema para uma tese ou para reorientar a sua carreira científica para questões mais produtivas na sua disciplina. Mesmo investigadores experientes referem que o uso do V heurístico lhes deu novas perspectivas («insights»). Isto é um benefício adicional na aplicação de mapas de conceitos e de mapas em V para estruturar aulas teóricas ou sessões de laboratório — o tempo de preparação devotado ao ensino pode ter um lucro significativo em termos de novos «insights» acerca da pesquisa.

Nas universidades onde o ensino é necessário mas a pesquisa é o critério de sucesso, tal lucro é sempre bem vindo.

Em resumo, penso que os avanços recentes da epistemologia são em direcção à natureza evolutiva dos conceitos científicos e ao papel central que os conceitos tomam na investigação científica.

Complementarmente, a crescente compreensão da aprendizagem humana (aquisição de conhecimentos), também enfatiza o papel determinante dos conceitos individuais (ou concepções erróneas) e o papel das estruturas conceptuais na aprendizagem e resolução de problemas. Fora destes avanços teóricos, duas estratégias pedagógicas ou «técnicas de ensino» foram desenvolvidas: elaboração de mapas de conceitos e de mapas em V. Acreditamos que os dados limitados das pesquisas já efectuadas indicam que o uso generalizado destas estratê-

gias pedagógicas é justificável. Convidamos todos os professores a juntarem-se a nós para compartilharmos experiências no uso destas estratégias.

Tradução de Vitor D. Teodoro com a colaboração de Ana Laura Araújo.

(*) As «cinco questões» de Gowin foram desenvolvidas para analisar a estrutura do conhecimento em textos escolares são: (1) Quais são as questões-chave? (2) Quais os conceitos-chave utilizados? (3) Que métodos de pesquisa são usados? (4) Quais os principais conhecimentos reivindicados? (5) Quais os principais valores reivindicados?

REFERÊNCIAS

- Atkin, Julia A. 1977. «An Information Processing Model of Learning and Problem Solving.» Ph.D. Thesis, Cornell University.
- Ausubel, D. P. 1963. *The Psychology of Meaningful Verbal Learning*. New York: Grune and Stratton.
- Ausubel, D. P. 1968. *Educational Psychology: A Cognitive View*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Ausubel, D. P., J. D. Novak and H. Hanesian, 1978. *Educational Psychology: A Cognitive View* (2nd ed.). New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Edição em português: Liv. Pioneiro Editora, São Paulo.
- Brown, H. I. 1979. *Perception, Theory and Commitment: The New Philosophy of Science*. Chicago: University of Chicago Press.
- Conant, J. B. 1947. *On Understanding Science*. New Haven: Yale University Press.
- Gowin, D. B. In press. *Educating*. Ithaca, NY: Cornell University Press.
- Kuhn, T. S. 1962. *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.
- Lakatos, I. 1976. «Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes,» in *Criticism and the Growth of Knowledge*, I. Lakatos and A. Musgrave, editors. Aberdeen: Cambridge University Press.
- National Science Foundation, 1980. *Science and Engineering Education for the 1980's and Beyond*. Washington, DC: US Government Printing Office.
- Novak, J. D. 1969. A case study of curriculum change-science PSSC. *School Science and Mathematics*, May, 777-784.
- Novak, J. D. 1977a. *A Theory of Education*. Ithaca, NY: Cornell University Press.
- Edição em português: Livraria Pioneiro Ed., 1981.
- Novak, J. D. 1977b. An alternative to Piagetian psychology for science and mathematics. *Science Education*, 71(4): 453-477. By the same title in *Studies in Science Education*, 5(1978): 1-30.
- Novak, J. D. 1981. Applying learning psychology and philosophy of science to biology teaching. *American Biology Teacher*, 43(1) January.
- Novak, J. D. 1981. The use of concept mapping and Gowin's Vee mapping instructional strategies in junior high school science. Unpublished research report. Cornell University.
- Pines, A. L., J. D. Novak, G. J. Posner and J. VanKirk, 1978. The clinical interview: a method for evaluating cognitive structure. Research Report v6. Department of Education, Cornell University.