

# Formação em Química dos Professores e Ensino para a Mudança Conceptual

– uma estratégia inovadora

António F. Cachapuz <sup>a</sup>

Isabel P. Martins <sup>a</sup>



António Cachapuz



Isabel Martins

*Professor Associado da Universidade de Aveiro onde é responsável pela área de Didáctica da Química.*

*Licenciado em Química pela Universidade de Toulouse, França, aí também obteve o grau de «Docteur 3ème cycle» em química estrutural orgânica. Em Inglaterra obteve o Mestrado e depois o Doutoramento em Educação em Química.*

*Tem trabalhos de investigação no domínio de estereoquímica de compostos organo-fosforados, concepções alternativas de alunos sobre conceitos da Química e formação de professores.*

*Licenciada em Química pela Universidade de Coimbra.*

*Doutorada em Ciências da Educação - Didáctica da Química pela Universidade de Aveiro.*

*Professora Auxiliar na Secção Autónoma de Didáctica e Tecnologia Educativa da Universidade de Aveiro.*

*Na Licenciatura em ensino da Física e Química, lecciona Didáctica da Química e orienta o Estágio Pedagógico; e a nível do Mestrado em Ciências da Educação, especialidade de Supervisão.*

*Integra grupos de investigação que desenvolvem, na Universidade de Aveiro, projectos subsidiados pelo INIC e pela JNICT, sobre Concepções Alternativas de alunos e Formação de Professores de Ciências, em particular de Física e Química; é co-autora de diversos estudos publicados e apresentados em conferências nacionais e internacionais.*

*Co-autora de manuais escolares de Física e de Química, para o 3.º ciclo do Ensino Básico.*

*A teacher who is sensitive to students but not well-versed in a science discipline may become adept at ascertaining students' skills and concepts but be very unsuccessful in promoting growth in understanding that discipline. Conversely, a teacher who is well-versed in a science discipline but insensitive to students' skills and concepts may do a fine job outlining the discipline but also be very unsuccessful in promoting understanding of the discipline.*

Lunetta e Cheng, 1987

## Lógica do estudo

Que algo não corre bem no ensino da Química em Portugal é o que sugerem docentes/investigadores (ver p. ex. [1], [2], [3]) ou ainda avaliações «impressionistas» feitas pelos próprios alunos (para quem os quer ouvir). A reforma curricular em curso, ensino básico (EB) e secundário (ES), é filha aliás da mesma lógica. No entanto, qualquer proposta de inovação curricular, por muito válida que seja, arrisca-se a ser inócua se não se articular com adequadas estratégias de formação de professores. Com efeito, serão eles que, em última análise, regularão o impacto de quaisquer propostas inovadoras. Não ter devidamente compreendido e previsto o significado de um tal argumento tem levado a frequentes falsas expectativas sobre inovação curricular no ensino das Ciências: «Despite the innovations incorporated in science curricula developed since 1960's there is evidence to suggest that traditional teaching methods are still utilized and students outcomes are associated with memorization of science facts and algorithms to solve problems without necessarily understanding how the algorithms work» [4]. Ou seja, a questão central de qualquer inovação curricular não é tanto a construção de novos currículos (embora possa ser relevante) mas sobretudo o que os professores deles vão fazer no quadro das suas estratégias de ensino, em particular se estas reflectem ou não novas maneiras de estar no ensino.

Se algo de novo e marcante os anos 80 trouxeram a nível da Educação em Ciência (Química), foi a afirmação do construtivismo como um possível tema unificador no que respeita à investigação, ao desenvolvimento curricular ou à formação de professores (EB/ES). No essencial, o construtivismo

<sup>a</sup> Secção Autónoma de Didáctica e Tecnologia Educativa, Universidade de Aveiro.

considera que, ao contrário de epistemologias empiristas, o conhecimento é sempre contextual e não tem existência independente do sujeito (aluno) que o constrói. Nesta perspectiva, o papel fundamental do professor de Química é o de ajudar os seus alunos a (re)construírem novos significados a partir de conhecimentos que já lhes são familiares através de desestruturação e reestruturação sucessivas do seu conhecimento – processo de mudança conceptual – e não a acumularem conhecimentos de acordo com uma lógica de aquisição conceptual. Para Santos [5] o grande desafio que se coloca ao professor «é o de ajudar o aluno a utilizar de forma consciente, produtiva e racional o seu potencial de pensamento – ensinar a pensar – bem como, a tornar-se consciente das estratégias de aprendizagem a que recorre para construir (reconstruir) conceitos científicos». Wheatley [6] sugere uma maior ênfase na exploração pelos alunos de situações problemáticas – Problem Centered Learning – organizadas com base em conceitos centrais da disciplina e aponta vários critérios (p. ex., encorajar os alunos a utilizarem os seus próprios métodos), de modo a que tal formato de instrução possa ser educacionalmente válido. Estamos longe portanto de perspectivas tradicionais sobre a aprendizagem dos alunos tão caras aos seguidores de John Locke, e considerando-os como uma «tábula rasa» onde os conhecimentos se inscreveriam, ou ainda como um balde vazio, «empty bucket», nas palavras (críticas) de Karl Popper. Tais perspectivas tradicionais, marcadamente empiristas, alimentam no entanto práticas de ensino da Química no EB e ES ainda dominantes as quais sobrevalorizam os comportamentos (behaviorismo) em desfavor do raciocínio e pensamento crítico. É neste quadro que se «compreende» a ênfase frequentemente dada à memorização de factos (p. ex., aspectos fenomenológicos), conhecimento de convenções (p. ex., escrita de fórmulas), classificações (p. ex., tipos de reacções), aplicação rotineira de conceitos ou ainda a utilização do trabalho experimental para descobrir (!?) conceitos da Química. O que está verdadeiramente em jogo é pois uma ruptura com quadros epistemológicos e metodológicos actualmente dominantes.

Não é por acaso que formatos tradicionais do ensino da Química do tipo acima referidos têm lugar\*. De um modo geral, o ensino virado para a mudança conceptual dos alunos exige um elevado nível na formação didáctica dos Professores o que implica quer uma sólida formação científica em Química quer uma sólida formação pedagógica. «Because knowledge is personalized, active teaching is required to monitor student understanding and to facilitate learning through the use of cues, prompts and clarifications» [7]. No que respeita à formação científica em Química, dimensão que se privilegiará neste estudo, as exigências de um ensino da Química para a mudança conceptual devem ser confrontadas com resultados de investigações recentes envolvendo alunos (universitários) futuros professores (AFP) em fase final da sua formação inicial, alguns mesmo já exercendo funções docentes (professores estagiários), e cuja conclusão principal é a de que tais AFP revelam possuir sobre conceitos

centrais da Química algumas das concepções alternativas (CA's)\*\* vulgarmente identificadas em alunos do EB e ES (ver exemplos em Quadro 1).

QUADRO 1  
Exemplos de CA's identificadas em AFP de várias Universidades

CA	AMOSTRA	FONTE
Confusão entre temperatura e energia	4.º ano de Licenciaturas em Ensino de Física, Química, e Física e Química	[8]
A solubilidade como propriedade dos iões	idem	idem
A entropia do universo mantém-se («Princípio da conservação da entropia»)	Professores estagiários de Química (N=13)	[9]
As reacções químicas rápidas são mais extensas	Professores estagiários de Química (N=66)	[10]
O aquecimento continuado como critério operacional de reacção endotérmica	idem	idem

Para nós é preocupante que uma boa ideia – ensino da Química para a mudança conceptual – possa ser ferida pela existência de lacunas a nível da formação em Química dos professores. A exemplo de outros países em que idêntico problema foi identificado (ver p. ex., [11]), uma possível estratégia de intervenção passa pela adopção de métodos inovadores a nível da formação de professores em Química. Em abono deste argumento, refira-se que uma das conclusões de um recente estudo sobre a problemática das CA's na formação inicial dos professores de Química (e Física) e envolvendo os regentes das disciplinas de Didáctica/ Metodologia da Química de todas as Universidades do Continente [12], é de que embora 70% dos professores universitários (inquiridos) entenda que os próprios AFP partilham algumas CA's que são supostos ajudar a superar só cerca de metade referem estratégias de formação minimamente estruturadas tendo em vista a eventual superação dessas CA's. É nesta lógica que este trabalho se insere.

Como objecto de estudo privilegiou-se a formação inicial dos professores por já se ter alguma informação de base e por

\* Por certo existem razões não imputáveis aos professores que seria importante e justo detalhar. Destaque-se em particular a ausência de uma adequada formação contínua a que têm direito.

\*\* As CA não devem ser confundidas com simples «erros primeiros» resultando por exemplo de simples distrações, respostas precipitadas, lapsos de memória, ou erros de cálculo, mas sim como potenciais modelos explicativos frequentemente com referenciais intuitivos, podendo unificar mais do que um tipo de fenómenos e resultando de um esforço consciente de teorização.

se pensar que seria mais fácil a difusão de propostas no sistema de ensino. O objectivo do estudo é duplo:

- Alertar os interessados para a existência de importantes lacunas a nível da formação em Química de AFP em fase final da sua formação.

- Sugerir uma possível estratégia de intervenção a nível da formação inicial tendo em vista superar tais lacunas.

Os destinatários do estudo são todos os docentes com responsabilidades a nível da formação em Química dos AFP. Destaque-se no entanto os orientadores de estágio e responsáveis a nível do ensino superior por disciplinas de Didáctica e Metodologia de Ensino da Química. São eles em última análise a quem eventualmente caberá aprofundar, complementar ou refinar a proposta que a seguir se expõe.

### Uma estratégia alternativa de formação

Qualquer estratégia de formação de índole construtivista deve ter em conta três princípios orientadores básicos:

- Ter como ponto de partida (e de chegada) os próprios sujeitos em formação, neste caso os AFP de Química.

- O processo de formação deve, tanto quanto possível, ser continuamente modelado pelas mudanças conceptuais dos AFP em formação; razão porque é vital que o professor formador dê tempo e oportunidades para a actividades de reflexão, conflito cognitivo e discussão entre os AFP.

- O formador deve estar em condições de poder apreciar o desenvolvimento do processo de formação sem o que não poderá ajustar mecanismos de retro-acção apropriados.

No caso de um dos objectivos de formação dos AFP ser capacitá-los para o ensino de um conceito X (p. ex., energia de reacção química), os princípios orientadores acima referidos estão na base de uma possível estratégia de formação cujas principais fases de desenvolvimento se esquematizam no Diagrama 1.

A análise deste Diagrama revela desde logo duas opções fundamentais abertas ao professor formador consoante são ou não detectadas em A – fase DIAGNÓSTICO – CA's dos AFP sobre o conceito em estudo. Embora a alternativa referente ao ramo ADE seja aquela que, dado o objectivo deste estudo, se desenvolverá com mais pormenor, refiram-se no entanto dois importantes aspectos relativos à alternativa ABC, ou seja, a menos problemática no que respeita à existência de CA's dos AFP.

Em primeiro lugar, o objectivo central da fase B é levar os AFP a compreender que é possível uma outra maneira de estar no ensino da Química que se afasta de práticas tradicionais e a que eles foram muito provavelmente expostos durante o seu percurso escolar. Para tal feito propõem-se duas actividades:

- A ilustração de CA's que os alunos do EB/ES vulgarmente apresentam sobre o conceito em estudo, possíveis razões e modos de as reconhecer;

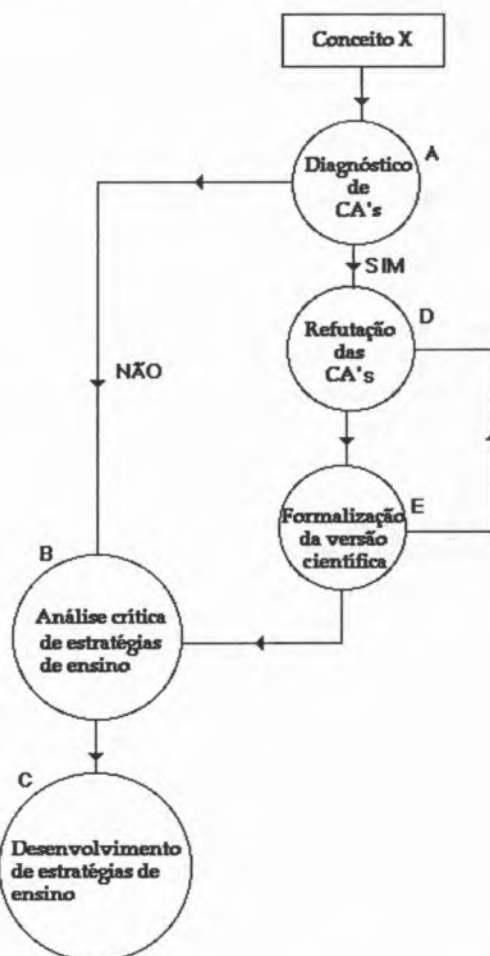
- Análise crítica de estratégias exemplares de ensino usadas para promover a mudança conceptual desses alunos. Com estas actividades não se pretende a transferência mecânica das experiências que outros têm sobre o ensino da Química, mas tão só utilizar aquelas como objecto de análise crítica dos contextos, condições e dificuldades de realização, seus sucessos e insucessos. A exploração educacional referida,

particularmente útil no âmbito de disciplinas de Didáctica/ Metodologia de Ensino da Química, será tanto mais vantajosa quanto os exemplos de estratégia de ensino apresentados\* tenham como intérpretes diferentes professores, para que mais facilmente os AFP possam ser confrontados com diferentes estilos de ensino.

Em segundo lugar, e no que respeita à fase C (Diagrama 1), não é de esperar que os AFP, como fruto da sua formação

DIAGRAMA 1

Possível estratégia de formação dos AFP para o ensino do Conceito X



anterior, possam desde logo planear e levar à prática estratégias exemplares do ensino da Química. Este é por certo um percurso lento porque tem a ver com o crescimento e autonomia profissional dos professores. No entanto, no âmbito de disciplinas de Didáctica/Metodologia de Ensino da Química, os AFP devem já ter iniciativas de planeamento de aulas, incluindo recolha e organização de materiais de apoio ou ainda sugestões de novas experiências (ou modificações nas

\* É uma prioridade incrementar estudos de investigação sobre estratégias de ensino da Química nos EB/ES visando a mudança conceptual já que não abundam trabalhos desse tipo. Nesse sentido, os autores vêm desenvolvendo na Universidade de Aveiro, com outros colegas (Grupo INEA/FQ) e também com professores de Química do EB/ES, projectos de investigação-acção financiados pelo Instituto Nacional de Investigação Científica (INIC). Pense-se deste modo facilitar que a pesquisa seja apreendida por referências às próprias práticas dos professores colaboradores do EB/ES para melhor as fazer evoluir no sentido inovativo desejado.



geralmente utilizadas) tendo em vista promover o conflito conceptual nos alunos do EB/ES. No caso dos professores estagiários (já envolvidos portanto em situação real de ensino) é fundamental que sejam encorajados e ajudados a reflectir criticamente sobre as estratégias que desenvolveram. Tal reflexão não deverá limitar-se à análise de comportamentos manifestados mas também incidir nos fundamentos que os justificam, p. ex., perspectiva epistemológica subjacente. Finalmente, e em termos de gestão do modelo de formação, é desejável assegurar a coerência na formação dos AFP, pelo que a mesma equipa de docentes (ou docentes com a mesma filosofia de trabalho) devem poder estabelecer a adequada articulação entre as fases B e C.

No caso da fase DIAGNÓSTICO (ver A, Diagrama 1) permitir trazer à luz do dia CA's dos AFP a estratégia de formação deve seguir um percurso consideravelmente diferente do referido.

O diagnóstico de CA's através de simples questões escritas/orais (ver sugestões na literatura especializada), pode tornar o processo mais flexível do que com a administração de testes. As questões a colocar aos AFP devem ser construídas tendo em conta a lógica interna da presumível CA. Tal significa que questões vulgarmente usadas para fins sumativos não adquirem necessariamente o estatuto pretendido só pelo facto de passarem a ser administradas antes do início do ensino de um dado tema. São de preferir questões de resposta estruturada sempre que o número de AFP não seja excessivo. Caso o seja, a opção por questões de resposta de múltipla escolha, embora mais redutoras e difíceis de construir, poderão ser a alternativa possível.

As duas fases seguintes, REFUTAÇÃO e FORMALIZAÇÃO (ver Diagrama 1) estão estreitamente articuladas no espaço e no tempo e são por certo as mais problemáticas da estratégia proposta. A fase de REFUTAÇÃO tem como objectivo a desestruturação das CA's do AFP, como primeiro passo para a preparação racional à mudança. A fase de FORMALIZAÇÃO visa a reestruturação do conhecimento do AFP por forma à apreensão por este da versão cientificamente aceite do conceito em estudo. A reestruturação é formalmente equivalente à fase maéutica do método socrático. O processo global não é certamente linear sendo pois de prever ciclos de desestruturação/reestruturação sucessivos. Na fase de REFUTAÇÃO, as actividades facilitadoras do processo de desestruturação referido devem ser concebidas e organizadas de modo que os AFP possam tomar consciência das suas CA's e tenham oportunidade de as pôr em causa, como p. ex.:

- Encorajar a reflexão individual do AFP sobre as suas concepções previamente diagnosticadas como CA's (sem que no entanto seja explícita a natureza do erro) como o intuito de se (nos) esclarecer os pressupostos subjacentes à mobilização que delas fez.
- Promover a discussão em grupo (3 a 4 AFP) de modo a confrontar diferentes concepções usadas (suas semelhanças e diferenças), esclarecer o porquê e sob que condições fórmulas e algoritmos foram empregues, de modo a facilitar ao formador a compreensão da lógica interna da CA. A constituição dos grupos deverá pois ser heterogénea, incluindo também aqueles que evidenciaram explicações adequa-

das (estes, em particular, não deverão manipular a discussão o que exige uma certa disciplina).

Apresentar exemplos de CA's identificadas em alunos dos EB e ES, e promover o confronto entre as concepções dos AFP e essas CA's, tal como sugerem alguns autores [13].

- Explorar implicações das CA's identificadas noutros contextos químicos de modo a fazer ressaltar limitações e contradições nos argumentos apresentados pelos AFP.
- Realizar, quando possível, experiências simples de modo a explorar conflitos cognitivos nos AFP, contrapondo as suas perspectivas teóricas inadequadas com dados da observação (ver p. ex., [14]).

É previsível que tais actividades ajudem os AFP a tomar consciência do erro e a assumi-lo. Eventualmente, o conflito inter-pares gerado a nível do trabalho de grupo pode mesmo fazer surgir a versão científica correcta, ou próxima da que se pretende introduzir. Se tal acontecer, e a não ser que aquela seja consensualmente aceite, tal versão não deverá ser senão uma alternativa a «testar» na fase seguinte.

Na fase de FORMALIZAÇÃO, os AFP devem ser envolvidos em actividades que lhes permitam apreciar a vantagem das versões científicas do conceito em estudo em relação às CA's anteriormente caracterizadas, em particular no que respeita a novos contextos químicos. É na dialéctica entre «velhas» e «novas» ideias e na compreensão do seu diferente potencial explicativo que assenta um dos critérios de aceitabilidade das versões científicas. Quer o ensino assistido por computador quer o uso de analogias podem ser meios com grande impacto (quer motivacional quer cognitivo) que ajudem à reestruturação e desenvolvimento do conhecimento dos AFP. Nem por isso a apreensão das versões cientificamente correctas é necessariamente garantida.

### Um exemplo de aplicação

O exemplo que se apresenta envolveu 29 professores estagiários (Licenciaturas em Ensino das Universidades de Aveiro e Coimbra e seleccionados na base de voluntariado); o tema era energia das reacções químicas\*. A concepção alternativa cuja existência se pretendia diagnosticar (hipótese de trabalho) era, em que medida numa reacção de combustão a evolução da reacção é feita à custa de sucessivas quantidades de uma componente energética fornecida inicialmente ao sistema.

A lógica interna desta CA envolve, nomeadamente, a noção de energia como substância material (que passaria para dentro do sistema) e uma falta de compreensão do papel de  $\Delta H$  (reacção) em manter o sistema reaccional à temperatura que permite a sua evolução.

A tarefa utilizada consistiu em perguntar (resposta estruturada) aos professores estagiários (fase DIAGNÓTICO) para explicarem (por escrito), como é que tem lugar a combustão de uma fita de magnésio quando se chega a chama de um fósforo a uma das suas extremidades (recorde-se que um tal

\* Os resultados que se apresentam são parte de um trabalho de investigação, «Activation energy and Chemistry learning: Alternative conceptions of student teachers - Implications for science instruction» apretnado pelos autores na 11th Biennial Conference on Chemical Education, Atlanta, USA, 1990.

exemplo de combustão é abordado no 8.º ano de escolaridade). Os AFP foram instruídos no sentido de escreverem tanto quanto considerassem necessário para explicar as suas ideias acerca da questão colocada e também de que os resultados não teriam qualquer efeito na sua avaliação final (é fundamental assegurar um clima de mútua confiança).

A análise dos resultados revelou que, de um modo geral, os professores estagiários não tinham concepções adequadas sobre o modelo formal de reacção química. A distribuição das respostas revelou: 24,1% (N=7) perfilham a CA em estudo; 6,9% (N=2) respondem correctamente; 55,2% (N=16) dão outras respostas (combinações de CA's e modelos «ad-hoc» da termodinâmica de modo a gerar explicações localmente plausíveis). Alguns alunos, 13,8% (N=4), não respondem ou declaram não saber como responder. Não foi identificada nenhuma diferença particular entre os professores estagiários pertencentes às duas Universidades. Em face destes resultados, os AFP foram convidados (uma semana depois) a participarem nas fases seguintes, REFUTAÇÃO e FORMALIZAÇÃO (ver Diagrama 1), a terem lugar com o apoio dos autores. Grupos de 4/5 AFP reuniram-se (cerca de 1 h para actividades referidas nos dois primeiros pontos de REFUTAÇÃO e depois com os autores (um por grupo, durante cerca de 2.30 h, em actividades referidas no terceiro ponto de REFUTAÇÃO e em FORMALIZAÇÃO). Como resultado da reflexão e análise crítica levada a cabo, foi patente que a dificuldade maior dos AFP era a compreensão da natureza das modificações que têm lugar no sistema magnésio-oxigénio como resultado do aumento de temperatura. Frequentemente, os AFP pensavam que a energia «dada» inicialmente ao sistema era a energia de activação da reacção e que seria conservada dentro do sistema (substancialização da energia) para o fazer evoluir. (Nota: recorde-se que desde o 12.º ano os alunos são supostos dar uma explicação elementar em termos da articulação entre temperatura (T) de um sistema e energia de activação (Ea, Arrhenius), i.e., com o aumento da temperatura aumenta também a proporção de partículas com energia suficientemente alta (Ea) para que as suas colisões sejam eficazes, ou seja, Ea como valor mínimo da energia que é necessária para a formação do «complexo activado», a partir dos reagentes). As respostas dadas pelos AFP sugerem que a energia que «entrou» no sistema propagar-se-ia ao longo deste segundo um de dois mecanismos analógicos: (i) modelos mecanicistas – p. ex., «... quando o magnésio entra em ignição as colisões entre os diferentes átomos aumentam e portanto a energia é transferida para os átomos vizinhos até que toda a fita arda». Neste caso, um dos argumentos usados para promover o conflito cognitivo foi confrontar os AFP com o facto de que durante a combustão (e não só no fim) a temperatura na vizinhança dos sistema também aumenta; (ii) modelos de condução térmica – p. ex., «... o magnésio é um metal e portanto um bom condutor, então todo ele arde», ou ainda, «... o calor é transferido ao longo da estrutura metálica». Para realçar as limitações desta perspectiva, os AFP foram solicitados a explicar porque é que a combustão do etanol é (vulgarmente) uma reacção mais rápida que a do magnésio, embora este último seja um melhor condutor térmico. Para a judar os AFP a compreenderem a diferença entre energia/temperatura início da reacção) explorou-se o facto de ser indiferente a reacção ser

iniciada por um ou dois fósforos (quantidade de energia diferente mas a mesma temperatura de ignição do sistema). Para explorar a diferença entre  $\Delta H$  (reacção) e temperatura e permitir realçar a função de  $\Delta H$  em manter o sistema a uma temperatura adequada para que a reacção evolua, foi discutida em contraponto o caso de uma reacção endotérmica não-espontânea, a decomposição térmica do carbonato de cálcio. Em termos globais, a experiência realizada foi duplamente gratificante. Primeiro, pela natureza que ficou de uma melhor compreensão por parte dos professores estagiários envolvidos de importantes aspectos da Termodinâmica e Cinética química. Para alguns deles terá sido «... a primeira vez que sinto que percebi isto» ou ainda «... nunca tive uma oportunidade como esta para perceber isto» (isto, refere-se às interrelações  $\Delta H$  (reacção)/T/Ea). A maior dificuldade sentida foi criar um clima de confiança e empatia de modo a que os professores estagiários assumissem a sua inadequada formação científica com naturalidade. Segundo, foi possível aos autores construir uma melhor ideia de necessários enquadramentos institucionais na formação Inicial dos Professores de Química para que a proposta de estratégia apresentada possa ser enriquecida. Deles se falará brevemente no que se segue.

### Conclusões

Duas importantes conclusões são de destacar:

- É preocupante a permeabilidade de actuais modelos de formação de professores no que respeita à persistência de concepções alternativas, já que a formação científica em Química não sendo condição suficiente para se ser um bom professor de Química é certamente uma condição necessária.
- A proposta de estratégia de formação que se apresentou, não obstante as suas limitações, demonstrou já ter alguns méritos, o que a qualifica como possível ponto de partida para estratégias mais elaboradas.

Não tomar em devida conta as implicações destas conclusões tornará por certo mais problemático qualquer esforço de inovação a nível do ensino da Química nos EB/ES. Seria ingénuo pensar que o problema se circunscreve aos AFP das duas Universidade envolvidas neste estudo. Bem pelo contrário, o problema é da Universidade (estudo em curso envolvendo todas as Universidades Portuguesas do Continente aponta aliás para o mesmo tipo de resultados). Por certo algo de positivo poderá ser feito a nível da Formação Contínua dos professores, mas seria uma medida de bom senso começar por otimizar todo o potencial da Formação Inicial.

Embora a proposta de estratégia apresentada seja particularmente adaptada às disciplinas de Didáctica/Metodologia de Ensino da Química bem como ao estágio pedagógico, é relativamente fácil explorar aspectos desenvolvidos no segundo ponto de «Uma estratégia alternativa de formação» («ramo» ADE, Diagrama 1) a nível de disciplinas de Química dos dois primeiros anos das Licenciaturas em Ensino. Sem progressos a este nível, a tarefa dos docentes de Didáctica/Metodologia (no fim da formação) não parece fácil. O nó do problema não passa por aumentar o número de horas curriculares atribuídas às disciplinas propedêuticas de Química (os alunos já pouco tempo têm para estudar), mas sim em melhorar qualitativamente o tempo de ensino. Por exemplo,



bem mais se ganharia a nível das aulas teóricas-práticas, se em vez de (como frequentemente sucede) os alunos copiassem os exercícios que vão sendo resolvidos pelo professor no quadro (ou até ditados), se centrasse a atenção na análise crítica dos algoritmos usados pelos alunos, pressupostos e condições em que assentou a sua resolução, se confrontassem diferentes métodos de realização (quando tal é possível, ou seja, dar ênfase aos processos e não só aos produtos da aprendizagem, desvendar a natureza do erro e não só a sua medida. Outro estimulante exercício seria aproveitar para os fins acima referidos o tempo gasto com temas repetidamente tratados, em diferentes disciplinas de um mesmo curso, o que naturalmente implica um esforço de coordenação. Esta última deveria aliás também estender-se a professores de várias áreas de formação (Química/Didáctica) de modo a se construir uma estratégia de intervenção conjunta e devidamente planeada. Um passo fundamental nesta direcção será dado quando os docentes universitários transferirem para o seu ensino atitudes que normalmente têm para com a sua aprendizagem (investigação). Como se referiu no início deste estudo, o que está em jogo é uma outra maneira de estar no ensino da Química. Em nosso entender é um esforço que vale a pena fazer.

#### Referências

- [1] Actas do 1.º Encontro «Educação em Ciência», Universidade do Minho, 1987.
- [2] Actas do 1.º Encontro Nacional de Didácticas e Metodologias de Ensino, Universidade de Aveiro, 1988.
- [3] Actas do Simpósio «Formação de Professores em Química/Ciências - Desafios para um Mundo em Mudança», Pereira, M. (Ed.), Lisboa, 1988.
- [4] Tobin, K., e Garnett, P., 1988. «Exemplary Practice in Science Classrooms». *Science Education*, **72**(2), pp. 197-208.
- [5] Santos, E., 1991. «Mudança Conceptual na Sala de Aula - Um Desafio Pedagógico», Livros Horizonte, Lisboa.
- [6] Wheatley, G., 1991. «Constructivist Perspectives on Science and Mathematics Learning». *Science Education*, **75**(1), pp. 9-21.
- [7] Garnett, P. e Tobin, K., 1988. «Teaching for understanding: exemplary practice in high school chemistry». *J. Res. Sci. Teaching*, **26**(1), pp. 1-14.
- [8] Cachapuz, A., 1989. «De como a aprendizagem da Química na formação Inicial de Professores pode ser uma barreira à inovação»: Actas do Simpósio Ensino Superior de Química em Línguas Internacionais de origem Latina, Lisboa (em preparação).
- [9] Pereira, D., e Ribeiro, G., 1989. «Concepções erradas sobre energia, entropia e conceitos afins em alunos do ensino terciário». *Revista Portuguesa de Educação*, **2**(3), pp. 7-12.
- [10] Cachapuz, A., Malaquias, I., Martins, I.P., Pedrosa, M.A., Loureiro, M.J., Thomaz, Marília F., Costa, N., 1991. «Pre-service teacher training and alternative conceptions in chemistry»: Paper presented at the 11th ICCE, U.K.
- [11] Betkousky, M., McDonald, S., e Eggen, P., 1989. «Teacher misconceptions - implications for science instruction». Paper presented at the 14th Annual Conference of ATEE, Kristianstad, Sweden.
- [12] Cachapuz, A., Malaquias, I., Martins, I.P., Pedrosa, M.A., Loureiro, M.J., Thomaz, Marília F., Costa, N., 1991. «Problemática das Concepções Alternativas na Formação Inicial de Professores de Física e Química». Actas do 2.º Encontro Nacional de Didácticas e Metodologias de Ensino, Universidade de Aveiro, pp. 173-183.
- [13] Vasconcelos, N. e Loureiro, M.J., 1988. «Conceitos Alternativos em Física: sua importância na formação de Professores». Actas do 1.º Encontro Nacional de Didácticas e Metodologias de Ensino, Universidade de Aveiro, pp. 104-123.
- [14] Martins, I., e Cachapuz, A., 1990. «How do pupils perceive the concept of energy in chemical situations?». *School Science Review*, **71** (257), pp. 83-85.

65  
Tb  
158,93

TÉRBIO, de **Ytterby**, cidade da Suécia que também originou o nome de outros três elementos: as «terras-raras» itérbio e érbio e o metal de transição ítrio; descoberto em 1843. No estado impuro é piróforo, isto é, explode em chamas quando aquecido.

66  
Dy  
162,50

DISPRÓSIO, de **dysprositos** ou difícil de obter; descoberto em 1886. A principal aplicação do disprósio é em reactores nucleares, onde tem o papel de «veneno» nuclear, isto é, é usado como material absorvente de neutrões, de modo a controlar as cadeias reaccionais atómicas produtoras de neutrões.

67  
Ho  
164,93

HÓLMIO, de **Holmia**, nome latino de Estocolmo; descoberto em 1879. Tal como o disprósio, o hólmio é um metal que pode absorver neutrões obtidos por cisão nuclear. É por isso usado em reactores nucleares como «veneno» consumível enquanto conserva uma reacção em cadeia sob controlo.

68  
Er  
167,26

ÉRBIO, de **Ytterby**, Suécia; descoberto em 1843. É usado em cerâmica, na forma de óxido, para produzir um vidro róseo. O érbio, o hólmio e o disprósio têm propriedades químicas e físicas idênticas; apenas se distinguem, de um para outro, por mais um electrão na sua terceira camada interna.