

## Contributos da Psicologia da Aprendizagem

O modo como se ensinam as ciências tem também a ver com o modo como os professores pensam que se processa a aprendizagem dos seus alunos. Tem pois sentido equacionar, ainda que de modo sumário, pontos de vista sobre a Psicologia da Aprendizagem. De acordo com a figura 1.3, trata-se aqui de desenvolver argumentos apoiando transposições da Psicologia para a Educação em Ciência e, em particular, para o ensino das Ciências.

Destacam-se actualmente na Psicologia da Aprendizagem duas orientações fundamentais: Behaviorismo e Cognitivismo. Radicando embora na orientação cognitivista registe-se a emergência recente de uma outra orientação, ela mesmo polifacetada, o Construtivismo. Daí por vezes a expressão de cognitivo-construtivista para tornar reconhecível esta última perspectiva. Embora alguns autores considerem o Construtivismo independente do Cognitivismo, a posição que aqui se toma é de considerar aquele como uma variante deste já que, embora com diferentes cambiantes, a ênfase continua a ser a cognição. Na parte final deste sub-capítulo voltaremos a este tema.

De um modo sumário, o Behaviorismo surge formalmente no início do séc. XX como forma de superar o subjectivismo ligado ao uso de métodos introspectivos e corresponde à afirmação da Psicologia como disciplina autónoma da filosofia. Pode considerar-se pois que o Behaviorismo operou uma revolução metodológica já que se baseava (baseia) no estudo de comportamentos observáveis.

Tomando como objecto de estudo os comportamentos observáveis, fruto da influência directa do meio ambiente, o Behaviorismo não se interessa pelos processos passados na mente que considera, numa analogia bem conhecida, uma "caixa negra". Não nega a existência desses processos mentais mas não lhes atribui relevância dado não se poderem observar e medir. Só se tem em conta os estímulos ("input") e os comportamentos ("output"), sendo o objectivo central estabelecer ligações sistemáticas entre eles. Não se tem pois em conta a organização do sujeito psicológico e o pensamento é definido como uma "fala subvocal". A aprendizagem que, para Skinner, se tornou a preocupação central da Psicologia, é uma aprendizagem de tipo meramente associacionista em que o conhecimento procede dos sentidos. Estritamente marcada, portanto, com concepções epistemológicas empiristas.

O Behaviorismo dominou claramente na 1ª metade do séc. XX sendo hoje patentes as suas dificuldades quer de ordem teórica quer de ordem empírica aspectos cujo tratamento ultrapassa os limites deste estudo.

A passagem de uma orientação behaviorista para uma orientação cognitivista seguiu caminhos diversos nos Estados Unidos da América (EUA) e na Europa. No primeiro caso, surgiu ligado ao desenvolvimento do Processamento de Informação (PI), nomeadamente com os trabalhos de Miller nos

anos 50 e de Lindsay & Norman (1977) a partir dos anos 70 nos USA. Esta nova concepção psicológica, fortemente apoiada pela revolução tecnológica decorrente da II Guerra, pretendeu recuperar para a Psicologia os processos mentais ignorados pelo Behaviorismo. O PI é uma concepção ainda hoje perambulada por vários investigadores e em que o sujeito é aí visto como um sistema de processamento de informação, uma "máquina de aprender". O pensamento é considerado como uma espécie de computação e a "lógica computacional" seria suficiente para representar o conhecimento. Esta concepção da aprendizagem propõe-se estudar e modelizar as actividades mentais de tratamento de informações simbólicas armazenadas na memória e chamadas representações. Memória (de curto e longo prazo), conhecimento declarativo e de procedimentos ou ainda níveis de processamento são aqui noções centrais. É neste contexto que apareceram nos anos 70 os trabalhos de Craik & Lockart (1972) sobre níveis de processamento, em que se postula uma relação entre a durabilidade de uma informação na memória ("memory trace") e o nível mais ou menos profundo de codificação dessa informação. Ou ainda, os trabalhos de Pask (1975) sobre diferentes tipos de estratégias de aprendizagem, nomeadamente estratégias de aprendizagem valorizando o processamento sequencial da informação e estratégias de aprendizagem em que o processamento é de índole mais holística. O construto sequencial/holístico permitiu aliás alguns avanços interessantes na compreensão sobre diferentes estratégias usadas por alunos na resolução de problemas no âmbito das ciências, em particular na fase inicial de representação do problema.

No entanto, para o PI, a influência do contexto sociocultural, da afectividade ou ainda de factores filo e ontogenéticos continuaram a não ser considerados relevantes. Sendo certo que os métodos de simulação no computador aumentaram as possibilidades de investigação e experimentação, não se resolveram contudo limitações explicativas detectadas nesta perspectiva já que, no fundamental, se continuava (continua) a valorizar a concepção de aprendizagem baseada em mecanismos associativos (daí a designação por vezes de associativismo computacional). Para alguns autores o PI é considerada como uma orientação de transição entre o Behaviorismo e o Cognitivismo.

Por sua vez, na Europa, e em paralelo com o Behaviorismo, desenvolveram-se no período entre as duas guerras várias teorias de aprendizagem tendo pressupostos cognitivistas, nomeadamente da Gestalt, Piaget & Vygotsky, uma vez que se preocupavam com a compreensão das estruturas e processos da mente, em especial no caso de processos cognitivos de mais alto nível. Freud e a Psicanálise vieram também pôr em evidência, logo no início do século XX, o papel das emoções e dos afectos na aprendizagem e desenvolvimento humanos.

Ao contrário do Behaviorismo, o pensamento passou a ser considerado como uma actividade mental que importava estudar. Em termos simples, considerou-se então que a aprendizagem é feita por reestruturação da estrutura

cognitiva e o conhecimento é fruto da interacção entre as nossas ideias a realidade exterior. Posição que radica em concepções epistemológicas racionalistas contemporâneas.

No Cognitivismo europeu tomaram preponderância os trabalhos de Piaget e de Vygotsky. Embora com assinaláveis diferenças estes dois psicólogos são justamente considerados como percursores do construtivismo. Com o psicólogo de Geneve a investigação realizada representou uma ruptura no modo de elaborar conhecimentos no domínio da Psicologia ao buscar evidência empírica acerca da natureza do processo de construção do conhecimento (e não só sobre os seus produtos). Designou-a de epistemologia genética porque as suas preocupações tinham como pano de fundo a compreensão da gênese e do desenvolvimento do conhecimento. Para Piaget, o desenvolvimento das estruturas cognitivas e, simultaneamente, do conhecimento, faziam-se por processos de desequilíbrio e de equilíbrio causados por conflitos cognitivos, como aliante se explicitará. Por outro lado, embora Piaget não estivesse propriamente interessado na teorização sobre a aprendizagem, na medida em que para testar as suas concepções epistemológicas decidiu realizar "experiências psicológicas" com crianças desde idades muito precoces, Piaget acabou por gerar um acervo de conhecimentos sobre o desenvolvimento cognitivo da criança e dos jovens com forte impacto quer na Psicologia quer na Educação. Porventura, e sob o ponto de vista do ensino das ciências, o maior mérito de estudos subsequentes de índole piagetiana foi (e não foi pouco) o de ter posto em cheque a noção instrumental de currículo como um corpo de conhecimentos a ser seguido sem referência ao aluno que é suposto segui-lo.

No entanto, a apropriação educacional das ideias de Piaget (e do desenvolvimento delas feito pelos seus seguidores) não foi isenta de problemas, em particular devido à ênfase colocada na dependência da aprendizagem do estádio de desenvolvimento cognitivo do aluno. A validade da designada teoria dos estádios de desenvolvimento cognitivo bem como a falta de elaboração sobre a influência do contexto da aprendizagem no processo de construção do conhecimento, são aspectos controversos e que ainda hoje são alvo de debate. Na verdade, para os professores de ciências, não chega só ter respostas pela "negativa" sobre o que o aluno não pode aprender devido a supostos desajustamentos com um eventual estádio de desenvolvimento cognitivo. Por outro lado, dado não existir tal coisa como desenvolvimento cognitivo "médio", fica de pé a questão prática de como vão os professores no dia a dia do seu ensino identificar um eventual estádio de desenvolvimento cognitivo de cada aluno. Este é um exemplo da frequente dificuldade da investigação educacional chegar à sala de aula.

Com Vygotsky (anos 30) & Wallon (1945) valorizou-se a influência de factores socioculturais na aprendizagem. Para estes autores a interacção social é fulcral no processo do desenvolvimento cognitivo e da aprendiza-

gem, isto é, são as interações sociais que conduzem à construção de novas estruturas cognitivas. Ou seja, embora se continue a admitir o conflito cognitivo e sócio-cognitivo como importantes fatores de aprendizagem, pensa-se actualmente que outras formas de interacção têm também uma importante função, como por ex. relações de cooperação sem conflito, mecanismos de controlo mútuo ou modelização. Ao contrário de Piaget, a verdadeira direcção do desenvolvimento não vai do individual para o social mas sim do social para o individual.

Para Vygotsky, o sujeito só pode desenvolver-se, num dado contexto social sendo a linguagem um instrumento fundamental nesse processo, enquanto mediadora das relações do sujeito com o mundo. Ao invés de Piaget, para Vygotsky, a aprendizagem é precursora do desenvolvimento do aluno e, dado que o conhecimento se desenvolve na interacção com os outros, valoriza-se assim o papel da educação, da escola, do professor e dos outros alunos (aprendizagem cooperativa). São pois de reatuar as implicações educacionais que uma tal abordagem sócio-construtivista da aprendizagem arrasta, em particular sob o ponto de vista de metodologias de trabalho. Por isso mesmo esta é a abordagem que neste estudo se valoriza (ver transposição didáctica referida na figura 1.3) e que adiante se desenvolve.

Também nos EUA as ideias de Vygotsky têm vindo a suscitar interesse crescente. Bruner, um dos seus maiores divulgadores, insiste na construção do conhecimento num contexto eminentemente cultural privilegiando a mediação do adulto enquanto Vygotsky destacava a dos pares. Mediação que é um processo de interacção fundamental onde se cruzam os domínios cognitivo, afectivo e ético para que possa haver uma verdadeira aprendizagem. Novos e importantes desenvolvimentos desta abordagem já nos anos 90, nomeadamente no quadro da designada Aprendizagem Situada (Lave & Wenger, 1991) realçam a crescente importância actual do sócio-construtivismo ao articular o papel da vertente afectiva e dos contextos socioculturais no desenvolvimento e na aprendizagem. Para o que muito contribuíram investigações realizadas ao longo das duas últimas décadas sobre a aprendizagem de conceitos das ciências pelos alunos, pelo que permitiram tomar uma melhor consciência das dificuldades identificadas, estrangulamentos subjacentes e possíveis condições de superação, estimulando portanto outras abordagens sobre a problemática da aprendizagem.

Registe-se no entanto que, apesar de notáveis desenvolvimentos teóricos, a complexidade da problemática da aprendizagem é tal que estamos ainda longe de dispor de uma metateoria – de natureza necessariamente interdisciplinar e integrando apropriações não só das Psicologias (Aprendizagem, Desenvolvimento e Social), mas também de outras áreas do conhecimento, em particular das Neurociências, da Epistemologia, Didácticas e Ciências Cognitivas – metateoria que dê sentido, unidade e coerência ao acervo de informação existente sobre como se aprende, permita aos professores orientar

adequadamente o seu ensino visando a excelência da aprendizagem dos seus alunos e, naturalmente, sirva de quadro teórico de referências para o desenvolvimento da investigação.

Lima das consequências da inexistência de uma tal metateoria é que, apesar de algumas perspectivas de aprendizagem estarem ultrapassadas sob o ponto de vista teórico (casos das teorias propostas por Skinner, Gagné ou mesmo Ausubel), é nossa convicção, alicerçada na nossa prática de formadores de professores, que vários aspectos de tais perspectivas continuam bem vivas nas nossas salas de aula de ciências. Uma segunda consequência da inexistência de uma metateoria sobre a aprendizagem, é a difícil unidade conceptual de propostas teóricas recentes (pós Vygotsky) sobre a aprendizagem, e onde pontificam contribuições da neurobiologia, inteligência artificial, teorias de mediação, teoria das inteligências múltiplas e, embora num registo mais familiar, estudos sobre a metacognição. Apesar da dificuldade em encontrar um quadro teórico auto-coerente que as englobe, desenvolvemos no final deste capítulo algumas considerações de sentido prospectivo sobre algumas delas dada a sua potencial pertinência educacional. Temos boas razões para o fazer já que, no nosso entender, a formação do professor reflexivo, a menos que não passe de retórica educacional, deve começar por cada um de nós se indagar sobre os fundamentos e sentido do que faz no quadro da sua actividade docente. O que implica, entre outras coisas, ter adequados quadros teóricos de referência. Um melhor conhecimento da epistemologia da aprendizagem é um bom ponto de partida.

Na figura 2.3 apresenta-se a evolução de algumas perspectivas de aprendizagem com particular pertinência no ensino das ciências e, por isso mesmo, a desenvolver no que se segue. As rupturas aí assinaladas referem-se a três dimensões essenciais: o *sujeito* que sem dúvida o aluno é; o desenvolvimento do conhecimento como *produto* da relação desse sujeito com a realidade; relação que se estabelece através de um *processo* mais ou menos activo que constitui a aprendizagem. Finalmente, vários dos princípios da psicologia humanista de Carl Rogers (1969), embora aqui não explicitamente desenvolvidos (não configuram propriamente uma teoria de aprendizagem), foram tentativamente incorporados quando do desenvolvimento da perspectiva de Ensino por Pesquisa (ver capítulo 3).

Para um tratamento mais detalhado destas (e de outras) perspectivas sobre a aprendizagem, o leitor poderá consultar textos específicos como por exemplo Moreira (1999).

#### *Aprendizagem por condicionamento*

Ao considerar-se, no Behaviorismo, que no início o aluno é uma "tábua rasa", compreende-se qual o quadro em que a aprendizagem se assume: a aprendi-



zagem é definida como a modificação do comportamento pela experiência, uma ideia que nos remete até aos trabalhos de Watson nos anos 20 do século passado. Ou seja, a aprendizagem não é uma qualidade intrínseca do aluno. As contingências externas é que servem de modelo à mente. A aprendizagem é de tipo associativo tendo por base o conhecido esquema estímulo-resposta (S-R) de recorte Pavloviano. Neste quadro teórico, os estímulos externos provocam no aluno respostas internas ou comportamentais. Obtêm-se novos comportamentos pela repetição das associações S-R numa aprendizagem por condicionamento. A aprendizagem é, portanto, um processo mecânico em que os comportamentos do aluno são determinados pelo reforço encontrado no meio ambiente. As "boas" respostas são recompensadas e reproduzidas, as "más" são punidas e rejeitadas (Poço, 1996). A prática, ainda muito frequente, de resolver muitos exercícios (não confundir com problemas) do mesmo "tipo" como estratégia de aprendizagem tem aqui as suas raízes.

Na versão do condicionamento operante de Skinner (1969), o reforço continua a ser um requisito para a aprendizagem. O valor pedagógico do erro é simplesmente ignorado. Supõe-se que a aprendizagem assenta sobre fragmentos de comportamentos, a partir dos quais é possível obter uma nova competência por junção de elementos e indo do particular para o geral, numa lógica que reflecte (coerentemente) os fundamentos empíricos desta perspectiva da aprendizagem. É esta concepção de aprendizagem que está na base do ensino programado desenvolvido por Skinner. A matéria a ensinar é dividida em unidades tão elementares quanto possível que são depois apresentadas ao aluno numa ordem crescente de dificuldade. O aluno sozinho tem possibilidade de ir seguindo a matéria de acordo com a organização prévia que lhe foi conferida. Ensino que fez moda sobretudo nos EUA, sendo o precursor do ensino assistido por computador cujos princípios são ainda hoje retomados por muito software didáctico não interactivo. Neste caso, o que mudou foi somente o suporte (de papel para electrónico), pois a actividade do aluno limita-se nesse caso à selecção de um determinado ícone que o conduz através de assuntos prévia e sequencialmente organizados por outros. Assim, ensinar continua a ser "organizar contingências de reforço" (Skinner, 1969). Reconheça-se no entanto que o condicionamento operante pode-se ajustar ao treino de técnicas, nomeadamente no quadro do ensino experimental das ciências, como por exemplo realzar adequadamente uma pesagem, focar um microscópio... Tais aspectos não devem ser minimizados precisamente pela sua potencial relevância (ainda que instrumental). Mas a matriz Behaviorista que lhe está subjacente é inadequada para compreender e explicar aprendizagens mais abstractas e complexas requeridas no âmbito das Ciências. Tenha-se por exemplo em conta que as concepções associacionistas da aprendizagem potenciam frequentemente uma visão sobre o ensino das ciências valorizando a abstracção de atributos comuns a uma dada categoria.

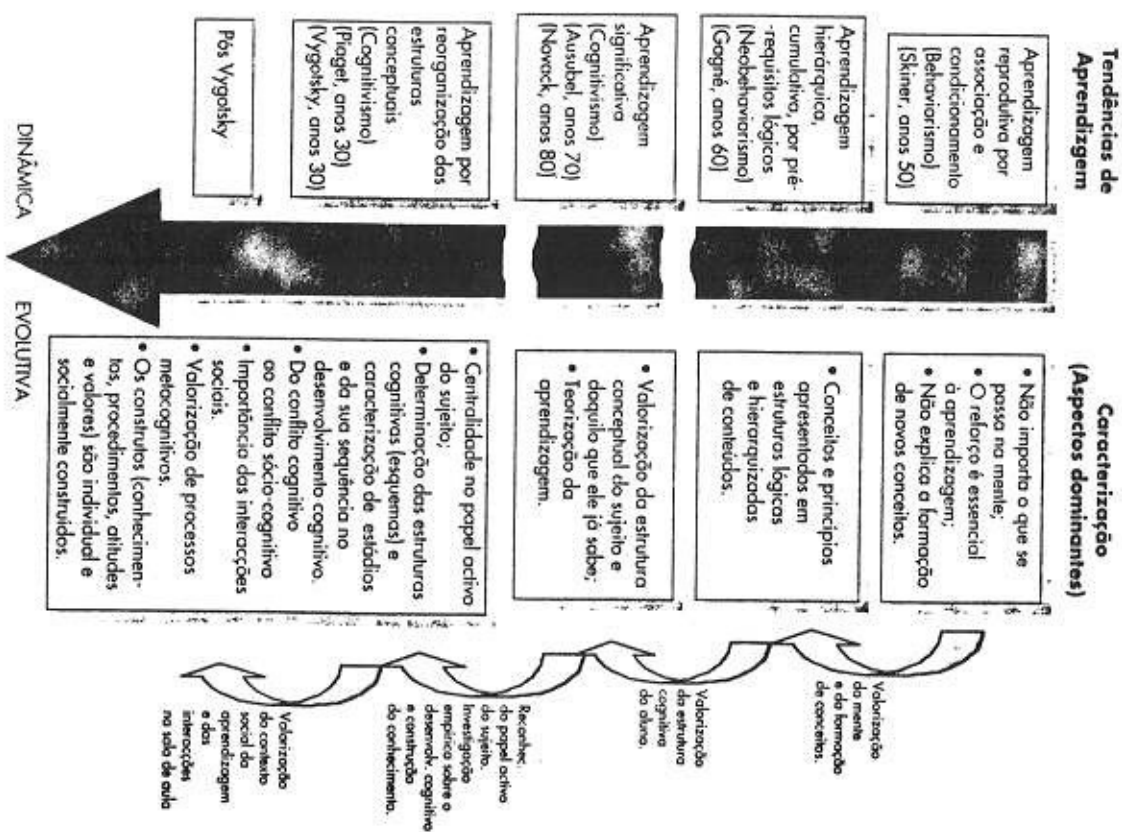


Figura 2.3 Tendências de Aprendizagem-Caracterização

Neste caso, aprender é considerado como o adquirir os atributos comuns a todos os exemplares em estudo por abstracção e indução. Em boa verdade trata-se antes de mais de uma identificação de conceitos ao catalogá-los em categorias já conhecidas. Por exemplo, ensina-se aos alunos (do 3.º ciclo do ensino básico) o conceito de reacção química através de características comuns a exemplares de reacções químicas que as tornam diferentes de reacções físicas. Trata-se naturalmente de um ensino que visa a aprendizagem ao nível descritivo/terminológico; no melhor dos casos ao nível operacional (através da medida de uma dada propriedade). O nível formal está necessariamente excluído. E, no entanto, é este precisamente aquele que os programas de ensino insistentemente valorizam e em que os alunos têm reconhecida a maior dificuldade de compreensão. O mesmo raciocínio poder-se-ia estender a exemplos da física e da Microbiologia. Por explicar, para o Behaviorismo, fica também a questão central sobre a aprendizagem de novos conceitos.

Em síntese, verifica-se na perspectiva de aprendizagem por condicionamento típica do Behaviorismo: a desconexionalização e simplificação das tarefas; a redução dos comportamentos mais complexos a uma série de associações entre elementos simples do tipo estímulo-resposta; a negação dos estados e processos mentais ou, no caso de se aceitar a existência da mente, ela é uma cópia da realidade, fruto de uma correspondência linear entre os processos mentais e as variáveis observáveis; a desvalorização das condições em que a aprendizagem se realiza.

Como já anteriormente se referiu, qualquer teoria de aprendizagem é marcada de um modo explícito ou implícito por posições sobre a natureza da realidade e da construção do conhecimento. A orientação Behaviorista da aprendizagem que se acabou de apresentar é claramente marcada pelo empirismo e pelo realismo ingenuo a que já nos referimos anteriormente.

A concepção Behaviorista de aprendizagem revelou-se, entretanto, cada vez mais incapaz de ultrapassar suas próprias dificuldades e limitações. A existência de múltiplas divergências teóricas entre os autores desta corrente contribuiu também para o seu declínio relativo. Muitos dos autores behavioristas foram-se aproximando de pressupostos cognitivistas adoptando uma posição intermédia. No que respecta à aprendizagem das ciências merece destaque no decurso dos anos 60 a perspectiva hierárquica e cumulativa da aprendizagem proposta por R. Gagné nos USA.

#### *Aprendizagem hierárquica e cumulativa*

Para Gagné (1965) a aprendizagem consiste numa mudança na disposição ou capacidade humanas, com carácter de relativa permanência e que não é atribuível simplesmente ao processo de desenvolvimento. Mudança que se mani-

festa numa modificação de comportamentos. A preocupação central de Gagné não são os processos de aprendizagem mas sim as condições de aprendizagem, que considera serem de dois tipos: condições internas, inerentes ao aluno e que têm a ver com suas capacidades próprias; condições externas como por exemplo a importância de dar *feedback* ao aluno do que ele vai conseguindo.

É importante referir que em relação à perspectiva Behaviorista acima referida há um avanço no que respecta à valorização do papel do aluno enquanto sujeito psicológico. Simultaneamente, e em contraste com a perspectiva desenvolvimentalista piagetiana, uma dada competência de aprendizagem (p. ex. aprendizagem de princípios) é independente da idade cronológica do aluno e do seu desenvolvimento; depende, no essencial, do aluno ter adquirido previamente as competências (p. ex. aprendizagem de conceitos ou múltiplas discriminações) que estão abaixo numa hierarquia de oito competências propostas pelo autor. Segundo ele, os tipos simples de aprendizagem têm lugar durante todo a vida escolar de um aluno qualquer que seja a sua idade. Considera por isso que um estudante de cálculo aprende a identificar o sinal de integração sob as mesmas condições (internas) que um aluno de aritmética aprende o sinal de dividir.

Para Gagné, os vários tipos de aprendizagem organizam-se pois desde os mais simples como, por exemplo o estímulo-resposta (típico das concepções behavioristas), até aos mais complexos como a aprendizagem de conceitos (que podem ser concretos como *burra* ou abstractos como *átomo*), de princípios (combinações de conceitos como por exemplo Pressão=Força/Superfície) e sobretudo de resolução de problemas (combinações de dois ou mais princípios). A aprendizagem desenvolve-se assim segundo uma hierarquia linear, partindo de baixo para cima (transferência vertical), do mais simples ao mais complexo e em que cada tipo de aprendizagem funciona como requisito prévio para a aprendizagem de tipo imediatamente superior.

Ao estabelecerem-se os requisitos prévios está-se na verdade a esboçar uma espécie de plano do que se tem para aprender (Gagné, 1965). Consequentemente torna-se fundamental a maneira como o professor apresenta as sequências de instrução. Na figura 2.1 apresenta-se um exemplo típico a propósito da hidrólise salina.

Tais hierarquias são elaboradas de acordo com a estrutura lógica do conteúdo a ensinar acreditando Gagné que elas possibilitam o estabelecimento de relações entre conteúdos de instrução e os requisitos das condições de aprendizagem. Exige, portanto, que o professor conheça a estrutura de conteúdo a apresentar de modo a identificar para um dado conteúdo quais os que lhe estão subordinados logicamente na hierarquia. É importante registar que se trata de uma organização *lógica* e não psicológica, não devendo pois tais pré-requisitos lógicos da hierarquia serem confundidos com conceitos prévios dos alunos (que têm já a ver com a dimensão psicológica do aluno).

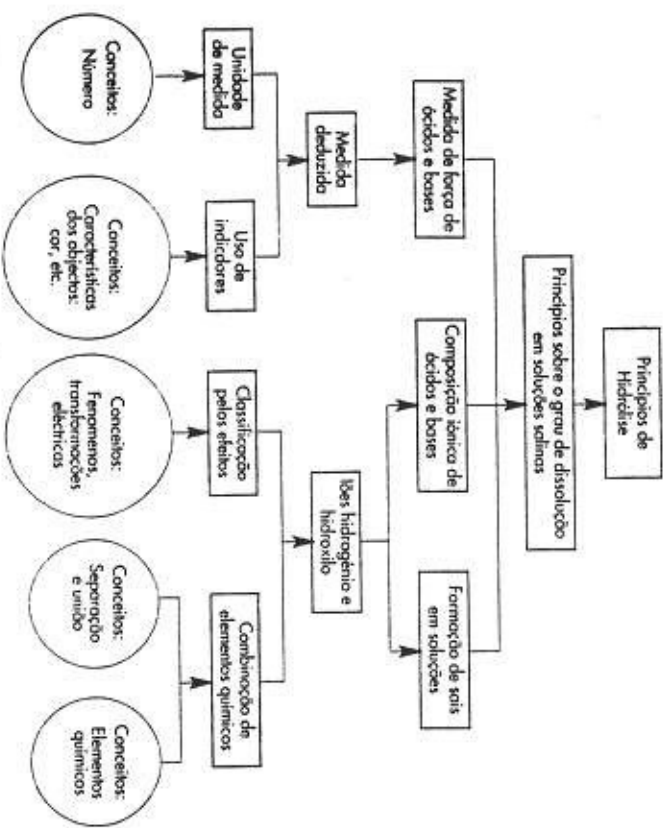


Figura 2.4 Hierarquia para o aprendizado dos Princípios da Hidrólise de Sais (Gagné, 1965)

Por exemplo, no caso acima referido da hidrólise, a investigação dialéctica evidencia que o conceito de elemento (apesar de estar no fundo da hierarquia lógica) é um conceito sobre o qual os alunos (do ensino não superior) apresentam frequentemente concepções alternativas.

Para um dado assunto, o plano assim definido pode ser o guia de estudo ou de trabalho na sala de aula. Para evitar ambiguidades, os comportamentos reveladores das aprendizagens adquiridas, devem ser expressos, se possível, em termos de objectivos comportamentais. No exemplo da hidrólise salina, um objectivo a ter em conta poderia ser: representar quimicamente a composição iónica de ácidos e bases fortes. Esses objectivos de aprendizagem consistem para Gagné a base para planificar a instrução, guiar o ensino e controlar-se a aprendizagem que se efectivou.

Este modelo, que na realidade corresponde mais a uma concepção da instrução do que propriamente de aprendizagem, foi incorporando dados de outras linhas de investigação aproximando-se no final dos anos setenta (Gagné & White, 1978) de propostas oriundas do Processamento de Informação, de que tomou vários conceitos como memória de curto e longo prazo,

controlo executivo, ou ainda distinguindo conhecimento declarativo de conhecimento de procedimentos. Todavia a ideia central de aprendizagem hierárquica e cumulativa manteve-se.

Segundo Gutierrez (1989), a perspectiva hierárquica e cumulativa da aprendizagem proposta por Gagné, está bem viva nas salas de aula ainda que o professor nunca tenha ouvido falar de Gagné. E isto principalmente porque os professores não têm que saber psicologia para poderem "aplicar" tal perspectiva. Acontece ainda que para alunos academicamente motivados e, particularmente no ensino superior, a perspectiva de Gagné frequentemente "funciona".

No entanto, são várias as críticas pertinentes que têm sido feitas a esta perspectiva de aprendizagem fortemente marcada por posições epistemológicas empíricas. Em primeiro lugar, e sob o ponto de vista teórico, apesar de um grande número de investigações realizadas no âmbito desta perspectiva de aprendizagem durante os anos setenta incidir na validação de hierarquias de aprendizagem (elaboradas para vários conteúdos de diferentes áreas disciplinares), os resultados obtidos não foram de modo algum convincentes. Em segundo lugar, os pré-requisitos lógicos podem ser significativos para o professor que conhece a matéria mas não o são para o aluno. Pressupõe, ainda, que a sequência psicológica que o aluno segue se subordina à sequência lógica de conceitos, o que não contempla as diferenças individuais dos alunos e não corresponde necessariamente ao modo como aprendem. O erro básico é pois de confundir o conteúdo pedagógico da experiência de aprendizagem com a estrutura lógica da área disciplinar em estudo. Esta concepção de aprendizagem - que foi apropriada nos anos setenta pela perspectiva de ensino designada Pedagogia por Objectivos (como se sabe imbuída de uma racionalidade técnica pretendendo conferir ao ensino cientificidade, objectividade e sobretudo eficácia) - não conseguiu (também aqui) explicar resultados de numerosas investigações realizadas a partir de meados dos anos setenta no âmbito do Movimento das Concepções Alternativas. Por outro lado, a pretensão de especificar as aprendizagens em termos de objectivos comportamentais conduziu à desvalorização de importantes vertentes da aprendizagem designadamente no domínio atitudinal e dos valores. Em terceiro lugar, o tipo de hierarquias proposto, organizando o conteúdo a ensinar num crescendo de complexidade aparece aos olhos dos professores menos experimentados como extremamente alucinante e sobretudo facilitador do acto de ensinar, fomentando assim concepções ingenuas sobre o ensino.

Apesar de ser uma perspectiva tecnicista da aprendizagem, a teoria de Gagné representou um esforço no sentido de o professor clarificar para si e para os alunos o que se propõe com o seu ensino e de o articular com a avaliação. Chamou também a atenção para a importância do *feedback* por parte do professor e para a necessária organização do processo de ensino centrado embora na estrutura de conteúdo do assunto a ensinar.



Foi preciso esperar pela perspectiva de aprendizagem significativa de Ausubel para se passar a valorizar a estrutura cognitiva do aluno e aquilo que ele já sabe.

#### *Aprendizagem por recepção significativa*

A perspectiva ausubeliana da aprendizagem (Ausubel, 1968), representa uma primeira tentativa coerente de criar uma teoria da aprendizagem escolar. Nela se destacam duas importantes características: o seu carácter cognitivo, ao considerar a articulação entre a nova informação e a estrutura cognitiva já existente do aluno; e a sua índole aplicada dado o enfoque nos problemas de aprendizagem em situação de sala de aula e em que a linguagem verbal é valorizada como sistema de comunicação e transmissão de conhecimentos.

No essencial, o que separa Ausubel de Gagné é uma visão da aprendizagem que envolve o estabelecimento de inter-relações da nova informação com ideias previamente existentes do aluno (processos de assimilação) isto é, com o que o aluno já sabe. Tal processo é a chave do que designou por aprendizagem significativa, o conceito central da sua teoria. Quando tais inter-relações entre o novo e o que o aluno já sabe não têm lugar, a aprendizagem tende a ser de rotina, meramente instrumental. Ao valorizar deste modo o que o aluno já sabe, Ausubel é frequentemente considerado como um autor de transição para uma concepção cognitivista da aprendizagem.

Para que a aprendizagem significativa tenha lugar é necessário que o conteúdo a aprender se possa relacionar de um modo substantivo (e não arbitrário ou à letra) com o que o aluno já sabe. (Ocorre quando a nova informação é assimilada e é integrada na estrutura cognitiva do aluno, adquirindo significado a partir da sua interacção com conhecimentos anteriores. Para tanto, é necessário que a informação a apresentar tenha, em si própria, um significado lógico, o que em princípio está assegurado por ter a ver com um contexto escolar. Mas, também, que o aluno disponha dos requisitos cognitivos que lhe permitam assimilar esse significado. O aluno deverá então, ter uma atitude favorável à tarefa atribuindo significado aos conteúdos que assimila. E a sua estrutura cognitiva necessita conter ideias mais inclusivas com as quais se possa relacionar a nova informação. Como refere Ausubel numa célebre frase, "o mais importante factor que influencia a aprendizagem é o que o aluno já sabe" (idem).

Na figura 2.5 apresenta-se um diagrama pondo em evidência as relações entre aprendizagens e ensino (Novak, 1978). Um tal diagrama permite mais facilmente esclarecer a diferença entre aprendizagens significativas e a chamada aprendizagem por descoberta, que Ausubel abertamente contesta, afirmando mesmo que o ensino valorizando estratégias por descoberta dificilmente constituem um meio eficiente para transmitir o conteúdo de uma

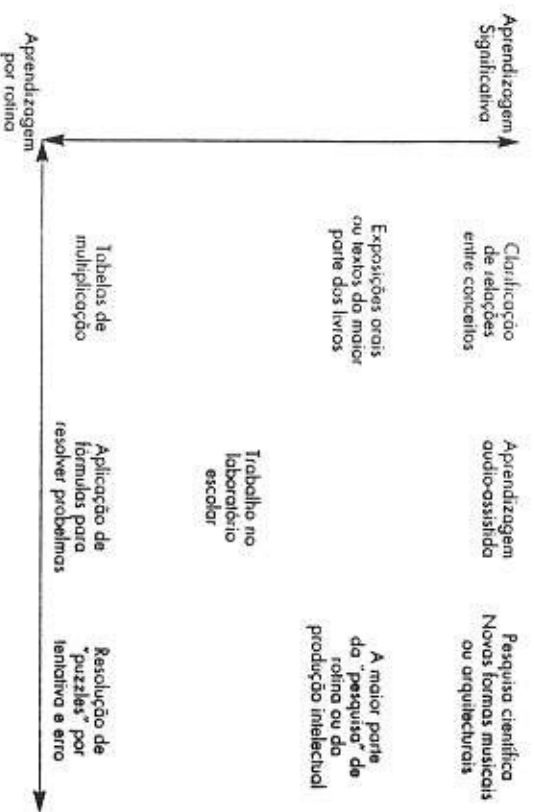


Figura 2.5 Relação entre tipos de aprendizagem e ensino (Novak, 1978).

disciplina. No seu entender, tal estratégia não é mais do que uma perda de tempo que poderia ser melhor utilizado pelo professor exemplificando verbalmente os princípios em estudo (idem).

Nesta teoria de aprendizagem é muito importante o conceito de diferenciação progressiva que se baseia em dois pressupostos. Por um lado, os alunos aprendem mais facilmente aspectos diferenciados a partir de um todo mais amplo previamente aprendido, do que o inverso. Por outro lado, a organização do conteúdo de um dado material, na mente do aluno, faz-se segundo uma estrutura hierárquica em que as ideias mais englobantes ocupam o vértice e incluem as proposições, conceitos e dados factuais, progressivamente menos inclusivos e diferenciados mais finamente. Para Ausubel "se o sistema nervoso humano, como mecanismo de processamento e de armazenamento de dados está constituído de tal maneira que tanto a aquisição de conhecimentos novos como a organização destes na estrutura cognitiva se adaptam naturalmente ao princípio de diferenciação progressiva, parece razoável supor que a aprendizagem e a retenção óptima ocorrem quando os professores ordenem deliberadamente a organização e sequência da matéria de um modo similar" (Ausubel, 1968). Ou seja numa sequência também ela hierarquizada. Neste aspecto, Ausubel está formalmente próximo de Gagné, pela importância que atribui a uma rígida organização do ensino centrada no professor e valorizando a estrutura hierárquica do conteúdo. Mas a forma de organizar tais hierarquias e de as explorar é diferente de Gagné. Na verdade, a

tarefa do professor é de organizar e sequenciar os conteúdos a apresentar por forma a que o aluno possa fazer uma aprendizagem significativa. A sequência certa em termos de aprendizagem subordinada, de forma a incluir os novos conceitos ou proposições em ideias mais amplas e gerais já existentes na estrutura cognitiva do aluno, o que implica (ao contrário de Gagné) uma atenção particular ao aluno enquanto sujeito psicológico. E Ausubel dá mesmo um exemplo: a baleia é um mamífero (nesse caso a presunção é de que o aluno já tenha adquirido o conceito de mamífero). O problema é quando não existem tais ideias mais inclusivas; nesses casos, propõe o uso de organizadores prévios que são "um material introdutório com um nível mais elevado de generalidade e inclusividade do que o novo material a aprender". Embora se possam distinguir dois tipos de organizadores prévios em função da familiaridade da nova informação para o aluno, em qualquer caso eles têm a função de um quadro conceptual de carácter mais amplo onde se integraria a nova informação. Fariam a ponte "entre o que o aluno já sabe e o que precisa de saber" (idem). Analogias e metáforas podem ser usadas como organizadores prévios já que, por definição, envolvem o conhecimento de um domínio familiar. Tal implica, ao invés de Gagné, que se parta dos conceitos mais gerais para os mais elementares.

Ausubel e os seus colaboradores recomendam que o docente fomente no aluno o desenvolvimento de formas activas de aprendizagem por recepção. O aluno recebe os conteúdos que tem a aprender na sua forma final, acabada. O que não garante de facto, uma aprendizagem activa e destaca o carácter externo ao sujeito do conhecimento a adquirir. Esta concepção de aprendizagem por recepção significativa, de carácter hierárquico e cumulativo, foi sendo desenvolvida por Ausubel e os seus colaboradores. De entre eles, Novak tem sido um dos mais empenhados defensores do modelo de aprendizagem ausubeliano e sobretudo da sua aplicação ao ensino das ciências. Desenvolveu com Gowin (Novak & Gowin, 1984) uma abordagem do ensino dando particular relevância à construção de mapas conceptuais para guiar o processo de ensino/aprendizagem. Um mapa conceptual é uma representação gráfica com nodos representando conceitos ligados por linhas que pretendem mostrar a relação entre esses conceitos. Em coerência com uma aprendizagem significativa, que é facilitada quando os novos conceitos se vão integrar em conceitos mais amplos, os mapas conceptuais deveriam ser também hierárquicos (ver um exemplo na figura 2.6). O que se faz "descendo verticalmente através do mapa curricular para adquirir conexões significativas entre os conceitos mais gerais e inclusivos e os conceitos mais específicos" (Novak & Gowin, 1984).

Muitos autores interpretam os mapas de conceitos elaborados pelos alunos como representativos da sua estrutura cognitiva servindo, então, para avaliar a aprendizagem. Tal aspecto deve ser visto com precaução não só porque a validade psicológica dos pressupostos subjacentes aos próprios mapas

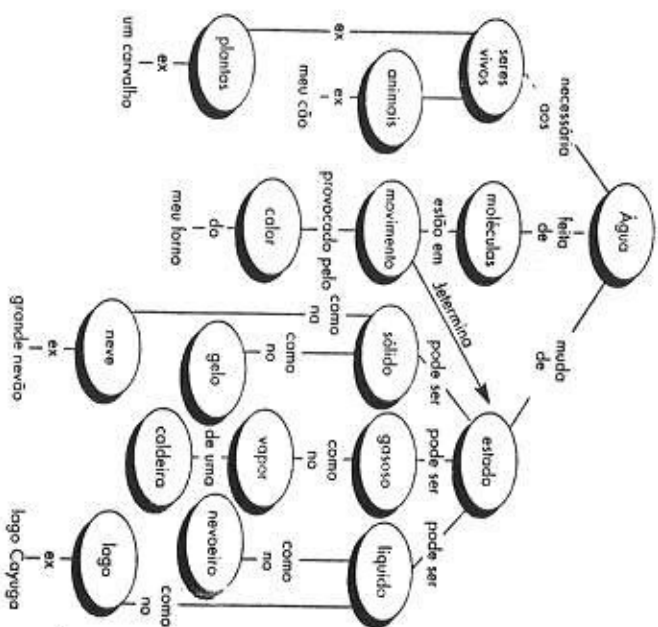


Figura 2.6 Um mapa de conceitos para o água (Novak & Gowin, 1984)

Nota: Os mapas conceptuais continuam a ter bastante utilização em particular no planeamento do ensino.

de conceitos está longe de ser consensual (nem todo o conhecimento está hierarquicamente organizado) mas também, sob o ponto de vista prático, a sua própria construção pelos alunos nem sempre é fácil. Do ponto de vista da avaliação da aprendizagem, embora se devam ser usados com finalidade diagnóstica/formativa, podem ajudar a visualizar o tipo de relações que os alunos estabelecem entre termos chave, bem como eventuais falhas reveladoras de dificuldades de compreensão. Quando realizados em grupo, permitem, pelo debate que proporcionam, ajudar os alunos a argumentar, a defender os seus pontos de vista. Postos em comum na turma podem servir, mediante apoio do professor, para sistematizar um assunto, fechar uma temática, funcionando como uma reflexão de tipo metacognitivo sobre o que se aprendeu.

A experiência que os autores têm a nível da formação de professores aponta para o frequente uso de forma atórica e instrumental dos mapas de conceitos; isto é sem o devido enquadramento numa teoria da cognição. A alternativa dos chamados mapas semânticos realizados pelos próprios alunos



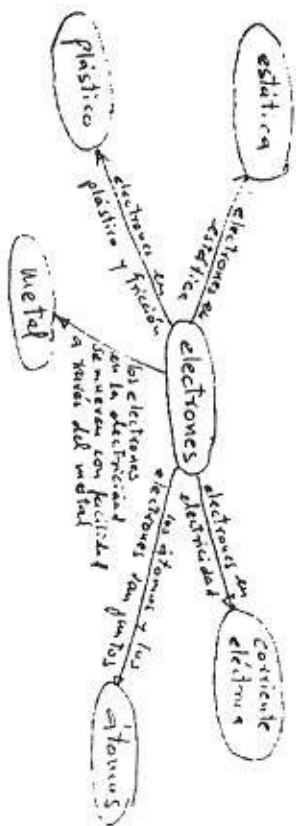


Figura 2.7 Um mapa semântico realizado por alunos de 10 anos (White, 1999)

sem constrangimentos de organização hierárquica têm maior relevância educacional e significado psicológico mais rico (fig. 2.7).

Uma das maiores críticas feitas à aprendizagem significativa por recepção é de que ela valoriza os métodos expositivos verbais (orais ou escritos) que Ausubel considerava que têm sido mal utilizados. Para Ausubel, a aprendizagem faz-se por transferência, induzida pelo professor, entre a estrutura de conteúdo da disciplina e a estrutura cognitiva do aluno. Acaba assim por reforçar perspectivas de ensino de carácter transmissivo que se demonstram não serem eficazes em termos de superar as ideias prévias dos alunos. Em parte tal é devido ao facto de esta perspectiva de aprendizagem não ter em conta que na aprendizagem intervem outros factores que não só os de carácter meramente cognitivo. Outra grande crítica tem a ver com o facto de Ausubel não atribuir um papel relevante à tomada de consciência nos processos de aprendizagem, em particular no âmbito da metacognição. Por outro lado, a sobrevalorização da linguagem verbal em aulas de ciências como consequência das exposições a fazer pelo professor, pode acarretar conhecidas dificuldades de compreensão em alunos mais jovens. Dificuldades que podem ser agravadas se não se valorizar um estudo dos fenómenos explorando actividades de carácter experimental. Autores como Driver (1983) e Gilbert & Watts (1983), consideram ainda que, para se chegar à compreensão de conceitos há que ter em conta não só os conteúdos (que Ausubel chama conhecimentos declarativos), mas também os processos (conhecimentos procedimentais).

A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel foi, todavia, muito importante, pois foi a partir do seu trabalho que se passou a conhecer melhor a função que os conhecimentos prévios dos alunos assumem na regulação da sua própria aprendizagem. Potenciou numerosas investigações que enformam o chamado Movimento das Concepções Alternativas (de que à frente se falará), uma linha de investigação ainda hoje em dia muito activa e permiti-

tindo um acervo de informação sobre a natureza das conceptualizações dos alunos sobre conceitos de ciências questionando assim perspectivas dominantes de ensino por transmissão.

#### *De Piaget ao sócio-construtivismo de Vygotsky*

Uma outra maneira de designar o título deste sub-capítulo poderia ser: da aprendizagem como processo cognitivamente mediado à aprendizagem como processo social e culturalmente mediado. No essencial, a primeira, onde se destaca Piaget, coloca a ênfase no que e no como se aprende valorizando processos funcionais de como se pensar; a segunda, onde se destaca Vygotsky, valoriza a compreensão de situações e contextos sócio-culturais em que a aprendizagem tem lugar. Ambas as concepções têm por base estudos elaborados desde os anos 30.

Piaget centrou os seus trabalhos de investigação no estudo da aquisição e utilização do conhecimento, a partir da génese das operações lógico-matemáticas, supostamente subjacentes a toda a actividade cognitiva, com a finalidade de criar um modelo de funcionamento do sistema cognitivo. As experiências que realizou com crianças e jovens e envolvendo conceitos como espaço, tempo, conservação da matéria... permitiram-lhe concluir que a lógica do pensamento das crianças e dos jovens é qualitativamente diferente da lógica dos adultos. Dito de outro modo, uma criança não é um adulto mais jovem, uma conclusão que hoje nos parece óbvia, mas que está longe de ser devidamente explorada sob o ponto de vista pedagógico.

Para Piaget, o pensamento é uma forma de acção, só que realizada interiormente, e o desenvolvimento cognitivo um processo que radica em conflitos e perturbações epistémicas, provocadas pela interacção do sujeito com o mundo, com os objectos do conhecimento. Entram então em funcionamento os mecanismos de assimilação e acomodação produzindo uma reorganização da estrutura cognitiva do sujeito correspondente a um novo equilíbrio. Pela assimilação o sujeito "incorpora" o mundo exterior de acordo com a estrutura cognitiva de que dispõe. E pela acomodação dá-se um reajustamento dessas estruturas em função do que se incorporou (Piaget, 1964). Isto é, a aprendizagem de um dado conceito pelo aluno, por exemplo célula, não consiste somente na mera incorporação da nova informação na estrutura cognitiva do aluno (metáfora da adição), mas também na modificação qualitativa dessa mesma estrutura que já não será mais a mesma. Os trabalhos de Piaget influenciaram profundamente o ensino das ciências, caso nomeadamente do movimento de reforma curricular nos anos 50 nos EUA.

Um dos aspectos da perspectiva piagetiana que mais implicações teve para o ensino das ciências nomeadamente para os jovens alunos iniciando seus estudos de ciências, foi a conhecida teoria dos estádios de desenvolvi-

mento cognitivo, esquemas formalizados em termos lógicos-matemáticos segundo uma sequência hierarquizada (sensório-motor, pré-operacional, operacional-concreto e operacional-formal), de carácter universal e invariante. Elaboraram-se novos currículos, prepararam-se materiais com base na teoria dos estádios e experimentaram-se novas metodologias de ensino das ciências (Abraham & Renner, 1986). Também no Reino Unido, num amplo estudo sobre o perfil cognitivo do currículo de ciências (nível secundário), Shayer & Adey (1981) inventariaram importantes desfasamentos existentes entre as extensões do currículo proposto e o estádio de desenvolvimento cognitivo dos alunos nos estádios das operações concretas e formais (em princípio os mais pertinentes para alunos do 3º ciclo do ensino básico e ensino secundário). O estádio das operações formais é particularmente importante no âmbito da aprendizagem das ciências já que, de acordo com a teoria piagetiana, é aí onde se insere o pensamento hipotético-dedutivo, de cariz completamente abstracto e, por isso mesmo, fundamental para a aprendizagem das ciências. No quadro 2.3 apresentam-se alguns exemplos de conceitos e sua previsível elaboração cognitiva por alunos nos estádios de operações concretas e formais referidos nesse estudo.

Um dos resultados desse estudo foi a frequente falta de congruência entre o nível cognitivo proposto no currículo e o suposto estádio de desenvolvimento cognitivo dos alunos. Os desfasamentos iam no sentido de no currículo se privilegiar o estádio das operações formais (colunas mais à direita no quadro). Uma importante conclusão desse estudo foi sublinhar a importância dos materiais de aprendizagem se adequarem ao nível de desenvolvimento cognitivo do aluno.

É pertinente assinalar que, subjacente a esta concepção de aprendizagem está o pressuposto que o aluno aprende melhor do particular para o geral, e do concreto para o abstracto (um pressuposto que porventura tem suas raízes longínquas em Rousseau). Muitos professores de ciências acreditam que é mesmo assim (independentemente de partilharem ou não opções piagetianas). Tal posicionamento teórico (um bom exemplo de como as concepções que os professores têm sobre a aprendizagem influenciam o seu ensino) pode levar a um beco sem saída no caso do ensino de conceitos particularmente abstractos (de que os currículos de ciências estão repletos). Na verdade, segundo Wellington (1981), certos conceitos das ciências precisam ser definidos ou descritos antes de poderem ser aplicados a exemplos concretos e particulares, especialmente no âmbito da física. Assim, por exemplo, "nós não podemos ver um campo (física) antes de ter a noção do que é um campo; ou seja, o conceito precede a instância, o abstracto precede o concreto" (idem). O mesmo se poderia dizer de todos os conceitos das ciências tendo a ver com o mundo microscópico. Neste caso, a posição de Ausubel, ao partir de conceitos mais inclusivos (gerais) pode ser uma saída mais satisfatória para os professores embora com as limitações aí nela referidas.

Quadro 2.3 Exemplos de elaboração cognitiva relativamente a alguns conceitos das ciências.

Conceito	Estádio		Formal (inicial)	Formal (tardio)
	Concreto (inicial)	Concreto (tardio)		
Temperatura	Não é feita a distinção entre calor e temperatura. Temperatura como noção qualitativa de quente e frio.	Temperatura como relação linear entre marcação no termómetro e grau mais ou menos quente. Quantidade de calor depende da massa do substrato.	Modelo colérico de calor/temperatura. Visão elementar da teoria cinético-molecular acelar aceite como explicação para a expansão dos gases.	Pode usar a teoria cinético-molecular como um modelo para prever e explicar fenômenos. Pode operar a primeira lei da Termodinâmica e compreender o carácter dinâmico e estático do equilíbrio térmico.
Color				
Oxidação e Redução	No caso do oxigénio as substâncias aparecem com mais brilho do que no ar.	Carbono pode reduzir óxidos de metal. Oxigénio pode oxidar metais. Metais podem ser colocados numa série de reactividade em função da rapidez e vigor com que oxidam.	Possui um modelo de reacção química envolvendo o elemento e portanto pode prever que quando o carbono reduz um óxido, pode produzir-se dióxido de carbono. Oxidação envolve um aumento de oxigénio.	Compreende a existência de diferenças teóricas e modelos de oxidação-redução e pode compará-los criticamente. Pode usar o modelo de reacção mesmo quando parece paradoxal. Preparado para compreender a mudança de valência ou formação de ligações.
Crescimento	Crescimento em termos de aumento de tamanho (altura e peso). Não é um fenómeno constante e depende dos factores físicos (ex. má nutrição).	Crescimento como resultado de divisão celular. Ocorre em partes especiais das plantas. Nos humanos alguns partes crescerem mais depressa do que outras e não estão necessariamente relacionadas.	Diferentes medidas de crescimento das plantas no escuro (altura e peso) não estão necessariamente relacionadas. Processos de especialização celular em animais e plantas. Taxas de crescimento.	Processo de divisão nuclear e transcrição de energia, múltiplas interações de factores influenciando o crescimento. Divisão celular nos ovos controlada pelo código genético orienta a diferenciação do órgão.

(Tradução de Shayer & Adey, 1981)

Embora a investigação levada a cabo por Piaget não tivesse uma intencionalidade educacional, a sua apropriação educacional conduziu à valorização do aluno como sujeito psicológico, em ruptura, portanto com orientações *behavioristas*. Chamou ainda a atenção para a importância da actividade do aluno, da sua reflexão sobre ela e o reconhecimento do papel fulcral desta no seu processo de desenvolvimento. Registe-se ainda que, embora numa vertente menos conhecida do seu trabalho, Piaget preocupou-se com o desenvolvimento moral (1932). O Homem elabora conceitos e normas através do exercício da razão. Para desenvolver moralmente as crianças é necessário suscitar nelas a reflexão sobre as suas acções, o que as motivou e o que as legitima. Piaget nos seus trabalhos evidenciou a evolução dos julgamentos morais fundada numa descentração progressiva por parte da criança. E, sobretudo, mostrou a oposição fundamental entre dois tipos de moral: uma assente no constrangimento e geradora de dependência (e que chamou da heteronomia) e outra, assente na cooperação (e que designou por moral da autonomia). O seu trabalho foi posteriormente continuado e aprofundado por Kohlberg.

Como se referiu no início deste sub-capítulo, as propostas piagetianas foram e continuam a ser alvo de fortes críticas. O carácter inelutável e universal dos diferentes estádios de desenvolvimento cognitivo várias vezes posto em cheque pela investigação, a desvalorização do contexto socio-cultural em que a aprendizagem ocorre, ou ainda a relação controversa entre aprendizagem e desenvolvimento em que este é o pólo dinamizador (desvalorizando na prática o papel do ensino), são aspectos controversos da teoria piagetiana.

Com Vygotsky (1962, 1978), autor cujos trabalhos desde os anos 30 só vieram a ser adequadamente divulgados a partir dos anos 60, foram dados contributos fundamentais para ultrapassar algumas dessas dificuldades e blocos. Vygotsky, ao contrário de Piaget, preocupa-se essencialmente com a aprendizagem e a influência do ambiente social e cultural nos processos de aprendizagem. Adopta uma abordagem sócio-cognitiva, que ultrapassa a visão intra-individual de aprendizagem, considerando a interacção do indivíduo com o meio social como uma componente determinante no seu funcionamento cognitivo. Para ele, a verdadeira direcção do desenvolvimento não vai do indivíduo para o social, mas do social para o indivíduo. De um processo de natureza interpessoal passa-se progressivamente para um processo de natureza intrapessoal. Sem deixar de reconhecer a importância fundamental da actividade individual, destaca que o indivíduo progride pela apropriação da cultura através das interacções sociais, cuja vivência favorece a sua interiorização. Tal interiorização corresponde à reconstrução interna de uma operação externa e, nesse sentido, para Vygotsky, o desenvolvimento é uma sócio-construção. A influência positiva das interacções sociais nas aprendizagens cognitivas foi experimentalmente demonstrada pelos investigadores da corrente da Psicologia Social. Particularmente no que respeita ao papel do con-

flito sócio-cognitivo no êxito das interacções mostrando a importância dos confrontos entre pares.

Vygotsky, considera que o conflito se gera num processo de interacção social sendo resultante de um confronto entre ideias de diferentes sujeitos, o que lhe confere uma dimensão interpessoal chamando-lhe então conflito sócio-cognitivo. Todavia, e como já se referiu, há outras formas de interacção em particular a designada aprendizagem cooperativa. Bruner (1987), por sua vez, tem vindo a desenvolver aspectos relativos a essa interacção em situação escolar que classificou de tutoria desenvolvendo particularmente a que é exercida pelo professor (uma actividade hoje em dia já relativamente frequente e com bons resultados no ensino universitário). Actualmente, pensa-se que um processo de tutoria entre alunos pode ser um factor de grande desenvolvimento quer para o tutor quer para o tutorado. Com efeito, na medida em que ao mobilizar os processos cognitivos, necessários às actividades de carácter sócio-cognitivo na interacção com o tutorado, e metacognitivos (reflexão crítica, reformulações...) requeridas pela situação, o tutor desenvolve-se também. Aprende, pois, ao ensinar. Os dados de investigações mais recentes confirmam que de um modo geral o trabalho de grupo (e não só em grupo) em que assenta a aprendizagem cooperativa, é um factor de progresso cognitivo. Johnson & Johnson, num estudo que realizaram em 1995, confirmaram as conclusões de uma meta-análise feita em 1981 apontando para que os ambientes pedagógicos em que os alunos são estimulados a colaborar são mais eficazes em termos de aprendizagem.

Para Vygotsky, a actividade do sujeito é fundamental, enquanto processo de transformar o meio mediante o uso de instrumentos, destacando dois tipos de mediadores: as ferramentas que actuariam directamente sobre os estímulos; e os signos ou símbolos que modificam o próprio sujeito e através deste os estímulos. É a cultura que proporciona ao indivíduo as ferramentas de que necessita para modificar o seu meio, adaptando-se activamente a ele. A cultura é constituída por sistemas de signos mais utilizados. A linguagem, sendo a linguagem o sistema de signos mais utilizado. A linguagem tem um papel essencial pois, para além de ser um instrumento do pensamento, é um factor de desenvolvimento do próprio pensamento ao funcionar como instrumento de mediação psicológica entre os indivíduos e a realidade onde se inserem. E também o é do ponto de vista intrapsicológico ao possibilitar a reflexão pessoal, a fala interna do sujeito, construindo as respostas que vão sendo necessárias e desenvolvendo a consciência. Os sistemas de signos são formados por conceitos e estruturas organizadas de conceitos. Os significados (mediadores simbólicos) são proporcionados pela cultura, pelo meio social. Há, porém, que interná-los o que implica uma série de processos psicológicos. A aprendizagem consiste, precisamente, na internalização progressiva de instrumentos mediadores, iniciando-se no exterior por processos que só depois se transformam em processos de desenvolvimento interno. Para



Vygotsky, e contrariamente a Piaget, o desenvolvimento dependeria da aprendizagem (o que não quer dizer que qualquer aprendizagem seja possível em qualquer momento). Mais especificamente, a aprendizagem passa a ser uma condição de desenvolvimento desde que se situe na designada "zona de desenvolvimento próximo" (ZDP) e que represente a diferença entre aquilo que o aluno é capaz de resolver por si só (em geral através da resolução de problemas) e aquilo que ele só é capaz de fazer sob a orientação de outros, professor ou colegas mais capazes. Para Vygotsky "a instrução de qualidade é aquela que precede o desenvolvimento" (idem). A ZDP é um construto central na teoria da mediação de Vygotsky e representa "uma medida do potencial de aprendizagem; representa a região na qual o desenvolvimento cognitivo ocorre; é dinâmica, está constantemente mudando" (Moreira, 1999). O limite inferior da ZDP é fixado pelo nível real de desenvolvimento do aprendiz. O superior é determinado por processos instrucionais, no ensino formal ou informal" (idem). O professor potencia assim as aquisições do aluno promovendo a transição de uma actividade tutelada para uma actividade autónoma. Uma das consequências educacionais da noção de ZDP é de que se deve orientar o ensino das ciências para os chamados objectivos de desenvolvimento e não somente para objectivos mínimos (de que a infantilização de algumas actividades propostas aos alunos é um bom exemplo). Outra consequência, esta já em termos de metodologias de ensino, é de privilegiar estratégias de pesquisa e de que a resolução de problemas (que não têm de ser só de papel e lápis) é uma parte integrante (ver cap. 3). Mais do que propor exercícios interessa pois propor aos alunos tarefas problemáticas e explorar adequadamente as interações entre os alunos. Falta, porém, conhecer melhor que intervenções didácticas a "zona de desenvolvimento próximo" possibilita e que modalidades de organização do tutorado (pelo professor) ou mentorado (por outros alunos) são mais eficazes em termos de aprendizagem.

Vygotsky dedicou particular atenção à aprendizagem de conceitos e às relações entre conceitos espontâneos (senso comum) e científicos. A aquisição de conceitos espontâneos tem por base abstrações realizadas sobre os próprios objectos mas a aquisição de conceitos científicos parte do sistema de conceitos existente. Este argumento revela pois uma posição que contesta frontalmente a perspectiva de aprendizagem por descoberta no ensino das ciências. Um conceito científico só adquire significado pela sua relação com outros conceitos implicando processos de reestruturação ou reorganização do sistema conceptual. O que exige uma consciência reflexiva. Para Vygotsky, o conhecimento conceptual do aluno resulta da interacção entre o conhecimento comum ("intuitive knowledge") e o conhecimento a que tem acesso via instrução ("school knowledge"), no caso que nos interessa a ciência escolar, interacção que pode seguir três vias diversas. Ao transpor estas ideias para o ensino das ciências, Cachapuz (1995) refere que, "o primeiro tem a ver com a sua (do aluno) própria visão do mundo natural e é de natureza privada;

o segundo resulta de interpretações feitas por outros, i.é. comunidade científica e a que o aluno tem acesso via (sobretudo) professor e/ou manuais escolares. É por isso que a teoria sobre a deriva dos continentes não cabe dentro da Geologia do sensível já que nenhum aluno pode observar tal deriva. As diferenças não param aqui. O conhecimento comum é construído na base do que o aluno acredita, enquanto que o conhecimento veiculado pela escola é marcado pela autoridade (professor e/ou manuais); o primeiro processa-se sem limites de tempo e de forma não sistemática, enquanto que, no segundo, há não só limitações temporais de acordo com o horário escolar mas também saberes dispersos de acordo com uma organização disciplinar; o primeiro, não é suposto ser demonstrado, enquanto que, no segundo, há expectativas de avaliação; o primeiro valoriza uma lógica de atributos e o segundo uma lógica de relações. Devido à natureza de tais atributos, Vygotsky sugere que o processo de interacção entre conhecimento comum e conhecimento científico pode seguir três vias diversas (por simplicidade aqui encaradas isoladamente):

- Situação de convergência: a integração faz-se sem problemas; tudo se passa como que uma diferenciação por continuidade, da realidade pessoal para uma perspectiva mais lata e sistemática. Por exemplo, sensações vividas pelo aluno, como a evaporação do álcool sobre a sua pele ou do suor após exercício físico, permitem-lhe uma apropriação em geral não problemática da noção de transformação endotérmica (ainda que sob outra designação menos técnica).

- Interação simbólica: é o que acontece quando se propõe ao aluno o estudo de um novo domínio conceptual, como, por exemplo, molécula, electronegatividade, cromossoma...; neste caso, a integração é facilitada já que uma das componentes (conhecimento comum) é minimizada. O que não significa que a aprendizagem se faça necessariamente sem problemas, mas devido agora ao carácter eventualmente abstracto das novas ideias ou falta de pré-requisitos conceptuais ou metodológicos do aluno.

- Situação de conflito: neste caso, conhecimento comum e conhecimento científico apresentam-se ao aluno como eventualmente contraditórios. A integração é difícil e pode nem sequer ter lugar. Assim se explicam estratégias de estudo frequentemente usadas pelos alunos levando às aprendizagens rotineiras (decorarem a resposta certa). Dado ser nos 2º e 3º ciclos do ensino básico onde tem lugar a introdução de um grande número de modelos teóricos das Ciências, é previsível que seja também aí onde situações de conflito sejam mais pertinentes. Por exemplo, quando da abordagem da fotossíntese (ensino básico), são vulgares ideias sobre a fotossíntese como uma forma de "respiração ao contrário", que teria lugar de dia, enquanto que a segunda se processaria de

noite; ou, ainda, de que as plantas retirariam directamente do solo (raízes das raízes) os seus alimentos não se lhes reconhecendo o estatuto de produtores" (Cachapuz, 1995).

Registre-se de passagem, que o exame atento das propostas de Vygotsky sobre a interacção entre conhecimento do senso comum e conhecimento científico pode lançar novas luzes sobre a fundamentação psicológica das designadas concepções alternativas dos alunos que, como projecto de investigação, só surgiu em meados dos anos 70.

Para Vygotsky, o significado de um dado conceito (ou situação) é resultante da interacção com os outros (professor ou alunos), mediada através da linguagem que é o meio pelo qual se estimula os alunos a reflectirem e explicarem de modo a compreenderem como é que as suas experiências e o seu conhecimento contextualizado se integram num sistema mais amplo. Valoriza-se, pois, a vida social na classe, as interacções variadas, bem como o papel mediador do professor na construção de conhecimento dos alunos. Há todavia ainda que compreender melhor como se articulam as dinâmicas sociais e individuais no desenvolvimento cognitivo.

O seguinte extracto de um protocolo referente ao diálogo entre alunos do 11.º ano de escolaridade quando da tentativa de planeamento de uma experiência capaz de resolver o problema de determinar experimentalmente a energia libertada pela combustão de uma noz (Cachapuz, 2000), ilustra o modo como a linguagem é usada pelos alunos para dar sentido e resolver tentativamente uma situação problemática.

No essencial, o planeamento implicava os alunos serem capazes de conceber e montar adequadamente um dispositivo experimental que permitisse medir o aumento de temperatura de uma dada quantidade de água (pequeno balão/sistema fechado) provocado pela transferência de energia libertada pela combustão de uma noz (colocada em plano interior/sistema aberto).

(Extracto)

A1 - .... e agora ?

A2 - põe na lata (*comentário*: o aluno refere-se a colocar o carvão da noz no interior de uma lata colocada por baixo do balão com água)

A1 - ... não sei se segura ... sim ... no fundo

A2 - acende o lume e deixa ...

A3 - chega a lata para cima ...

A2 - .... foge tudo ... o termómetro não sobe (*comentário*: a noz em combustão estava demasiado longe do balão; praticamente toda a energia libertada se dissipou para o exterior; a que se transferiu para o balão não foi suficiente para elevar a temperatura da água de modo visível; segue-se nova tentativa)

..... (pausa).....

A3 - .... se chegar muito o lume fica preto (*comentário*: a origem da dificuldade foi compreendida mas agora a noz está demasiado perto; a base do balão não estava provavelmente limpa)

A1 - é como o carvão !

A2 - não se vê ... parece carvão ...

A1 - mas o termómetro sobe !

A3 - .... sim ...

Este extracto, em que os alunos se confrontam com o mundo real, revela vários aspectos da linguagem usada na sua função de aprendizagem que importa chamar a atenção: o seu carácter tentativo, permeado de hesitações como é natural face a uma situação problemática; a falta de precisão do discurso já que não se trata de apresentar aspectos definitivos mas sim de explorar a relação intersubjectiva para confrontar o seu conhecimento com o dos colegas; a aparente incoerência do discurso, que só é aparente porque o contexto situacional está perfeitamente definido; o uso de terminologia do quotidiano ainda que para tornar inteligível uma situação que não o é de todo, ou seja, estar-se-ia a pensar uma situação científica com conceitos do quotidiano (foge tudo, lume, etc...); uso de linguagem metafórica na tentativa de estabelecer umnexo entre o familiar (o carvão) e o desconhecido.

A linguagem tem aqui uma função fundamental mas não a que lhe é predominantemente atribuída durante a escolarização, isto é, a de instrumento de comunicação. A função da linguagem que importa valorizar, segundo Vygotsky, é a de um instrumento de aprendizagem. O que implica desde logo a valorização da relação intersubjectiva (necessariamente solidária) dos alunos sobre uma dada situação do mundo em estudo como ponto de partida para a construção do conhecimento. Não é difícil reconhecer que este argumento vai na esteira do (último) Wittgenstein (1958) para quem só podemos avaliar da coerência do nosso discurso através de normas reconhecidas intersubjectivamente. E é através da escola que o aluno pode aprender o que não pode experimentar directamente.

O estudo destes exemplos e a sua cuidada exploração na formação de professores como exemplos da construção social do conhecimento e do papel essencial que a linguagem tem na relação dialógica, deve ser fomentado. No nosso entender o essencial das ideias de Vygotsky estão por explorar quer no ensino quer na formação de professores" (Cachapuz, 2000).

Piaget & Vygotsky partilham uma visão sistémica do desenvolvimento. O sujeito é o protagonista principal, apesar das divergências existentes no que respecta ao modo como se faz a mediação necessária a essas transformações. Piaget privilegiando a actividade auto-estruturante do sujeito como factor determinante das transformações a promover conferindo, portanto, centralidade ao papel do sujeito na construção do conhecimento. Vygotsky, embora considerando que ela assume um papel imprescindível deslata, por



sua vez, a actividade hetero-estruturante do sujeito nesse processo. Ambas as perspectivas são pois relevantes serem conhecidas pelos professores de ciências nas suas vantagens, limitações e implicações para o ensino.

#### *O Pós-Vygotsky*

Sob esta designação de circunstância, entendemos apresentar as grandes linhas de algumas contribuições recentes com interesse para uma melhor compreensão da aprendizagem das ciências.

Como já se referiu no início deste sub-capítulo a não existência de uma metateoria sobre a aprendizagem que permita orientar os professores de ciências sobre quais as melhores condições de aprendizagem dos seus alunos (alguns autores duvidam mesmo que algum dia se possa formular tal metateoria), dificulta a coerência teórica das contribuições que a seguir se apresentam. O seu interesse educacional na actualidade e, previsivelmente no futuro próximo, ajudou-nos a tomar a decisão de aqui lhes fazer uma breve referência. Algumas são claramente inovadoras; outras, apesar de já conhecidas da psicologia, só mais recentemente viram reconhecida a sua pertinência educacional em particular no quadro de uma pedagogia de sinal emancipatório e transformador sob o ponto de vista pessoal e participativo e interventivo sob o ponto de vista social.

Tão (ou mais) importante que a diversidade coerente das contribuições individuais dessas propostas sobre a aprendizagem é o jogo de interações entre umas e outras de forma que o todo seja maior que as partes. Apesar deste ser um nó gordido da questão, serão dados exemplos que permitam ganhar algum optimismo sobre o desenvolvimento actual dessa dimensão sistémica. Num registo de investigação, por certo há amplo trabalho de pesquisa a desenvolver nessas interfaces.

#### *Metacognição*

No que respeita à metacognição - conceito nascido nos anos 70 com Flavell (1976) quando trabalhava sobre a aprendizagem de estratégias com o objectivo de melhorar o funcionamento da memória, e por ele definido como "a cognição sobre a cognição", ou dito de outra maneira, "como a actividade mental pela qual os outros processos mentais se tornam objecto de reflexão" (Yussen, 1985, citado por Doly, 1999) - a sua importância educacional tem a ver com os processos de tomada de consciência pelo aluno (e pelo professor), incidindo em particular sobre o que sabe, o que não sabe, compreender a razão de ter sido bem ou mal sucedido na realização de uma dada actividade ou ainda possíveis condições de transferência de uma aprendizagem anterior

para uma nova situação. Sob o ponto de vista da dimensão sistémica acima referida, regista-se que quer a metacognição quer estudos de neurobiologia que adiante se referirão, têm em comum o serem uma porta de entrada no estudo sobre a consciência, embora naturalmente com diferentes pressupostos, finalidades, metodologias e resultados.

Flavell (1985, citado por Doly, 1999) considera duas dimensões na metacognição (aqui sumariamente apresentadas e contextualizadas no ensino das ciências):

A primeira dimensão tem a ver com os metacomecimentos, ou conhecimentos sobre a cognição e os produtos dessa actividade cognitiva, a saber: processos cognitivos, que se referem ao modo de funcionamento do pensamento e das funções mentais como a memória, o raciocínio, a atenção... envolvidos na resolução de uma dada situação problema (por ex. saber como fazer para compilar a fraca capacidade de memorização); e, produtos cognitivos, que Flavell discrimina ainda em três importantes vertentes: (a) conhecimentos sobre as pessoas e sobre si próprio (por exemplo, saber que é necessária a atenção para se aprender); sobre os outros (por exemplo, saber que um colega é mais competente em física); e, ainda, sobre si próprio como aprendiz e que tem a ver com conhecer os seus pontos fortes (por exemplo, facilidade de cálculo mental) e fracos (por exemplo, não saber colocar questões pertinentes), aspectos muito importantes na elaboração do auto-conceito do aluno; (b) conhecimentos sobre as tarefas (por exemplo, saber que entender o "espírito" de um texto é mais importante do que a memorização); (c) conhecimentos sobre as estratégias (por exemplo, saber como elaborar um resumo). Flavell refere ainda a importância de se ter conhecimentos sobre a interacção entre todos eles.

Estes conhecimentos podem ser usados automaticamente ou de modo voluntário quando necessário. Podem não ser acessíveis no momento certo e nem sempre usados eficazmente. Por isso mesmo, torna-se necessário trabalhá-los com os alunos de modo a torná-los mais conscientes e elaborados. Dado que tal trabalho só tem sentido se integrado no contexto do processo de ensino/aprendizagem, é previsível que seja necessário reequilibrar a forma e a natureza de actividades propostas nos alunos.

A segunda dimensão da metacognição proposta por Flavell diz respeito às capacidades metacognitivas, ou seja, ao aspecto processual da metacognição, designando os processos que permitem ao aluno exercer o controlo ou auto-regulação da sua actividade. Flavell defende que quando o sujeito resolve um problema exerce essa supervisão através de "experiências metacognitivas" que são tomadas de consciência sobre o modo como se processa a actividade e envolvem componentes de tipo afectivo e cognitivo. Para Brown (1995), esse controlo interno faz-se por processos específicos envolvendo operações: de antecipação-planificação, de avaliação-regulação e de avaliação terminal. Por exemplo, na resolução de um problema de estequiometria em Química, tais operações correspondem, respectivamente, a processos em que o aluno



conceber uma possível estratégia de resolução a seguir, processos de alteração de resultados parciais entretanto obtidos (p. ex., probabilidade de resultados parciais) e, finalmente, uma avaliação do resultado final obtido face ao que se pretendia. Este controlo interno é, pois, um meio do aluno se guiar sozinho e ser capaz de desenvolver aprendizagens autónomas (o que será tanto mais fácil quanto haja metacombhecimentos disponíveis na memória).

Investigações várias revelaram que alunos com insucesso escolar não têm metacombhecimentos desenvolvidos, ignoram o que sabem e o que não sabem, quer quanto a conhecimentos quer quanto a estratégias. Os sucessos e fracassos são atribuídos a factores externos que, portanto acham que não podem controlar, o que os leva a não investir na procura de soluções. Neste caso, o auto-conceito é geralmente baixo. Previsivelmente, estas dificuldades manifestam-se em condutas cognitivas sem eficácia pois estes alunos não atribuem sentido à sua actividade.

Ter metacombhecimentos por si construídos e mobilizáveis e saber avaliá-los é uma condição necessária mas não suficiente para que haja metacognição. Os metacombhecimentos correspondem a efectivas aprendizagens e são transferíveis quando houve um processo de mediação para os saber utilizar. Ou seja, é necessário que o aluno opere experiências metacognitivas, analise a sua actividade cognitiva com a ajuda de um agente externo (professor) no sentido de o ajudar a explicitar as relações entre os procedimentos usados, a finalidade visada e a tarefa realizada. Por isso mesmo, reflectir criticamente sobre a resolução de alguns problemas é porventura bem mais relevante do que resolver muitos exercícios. O trabalho experimental em ciências, desde que organizado na perspectiva de pesquisa que se desenvolve no capítulo 5, é um bom ambiente para explorar tais experiências metacognitivas, ajudando o aluno a passar de um nível descritivo para um nível explicativo das situações. Pode então afirmar-se que com a metacognição se aprende. Há é que ter em conta a mediação que se proporciona. Mediação que, segundo Feurstein (1993, citado por Dooly, 1999), é o que o adulto interpele entre o jovem e o mundo para lhe tornar inteligível de tal modo que ela aí possa pensar, viver e construir a sua identidade humana.

Entre nós, e no âmbito do ensino das ciências, têm sido feitos várias investigações no âmbito da metacognição (Novais & Cruz, 1989; Valente et al., 1991) tendo em vista estudar estratégias possíveis de ajudar os alunos a resolver situações problema, designadamente problemas de Física, melhorando a sua capacidade de "pensar sobre o pensar".

### *Teoria das inteligências múltiplas (Tim)*

O segundo contributo, Teoria das Inteligências Múltiplas (Gardner, 1983), vem de uma linha de pesquisa com raízes na neurobiologia e defendendo o

pluralismo da inteligência, entendida "como capacidade de resolver problemas ou de criar produtos que sejam valorizados dentro de um ou mais cenários culturais". Independentemente da TIM manter alguma ambiguidade sobre o construto *inteligência*, importa realçar a ruptura que ela introduz com os defensores de uma definição operacional de inteligência (perspectivas psicométricas em particular no uso do designado coeficiente de inteligência). Na verdade, a TIM vai contra o determinismo biológico da inteligência e do seu reducionismo lógico-matemático, reducionismo ainda hoje muito difundido (trabaja-se em conta o seu uso e abuso na avaliação dos alunos). Bem ao contrário, a TIM defende uma visão multidimensional e pluralizada da inteligência introduzindo um elemento de validação externa (de índole cultural) da inteligência" (Cachapuz, 2000). Referem-se aqui tres aspectos que consideramos essenciais (ver sobre o assunto o livro de Nogueira (2000) que se recomenda a professores). O primeiro é uma visão pluralista da mente, defendendo que cada aluno aprende de forma e estilo proprio independentemente de pertencer ou não ao mesmo contexto sócio-cultural. A TIM (na sua versão original) refere oito tipos de capacidades: lógico/matemática, linguística, espacial, corporal/cinestésica, musical, interpessoal, intrapessoal e naturalista; em desenvolvimentos posteriores Smole (1996) citado por Nogueira (2000), propõe a inteligência pictórica relacionada às manifestações de arte, do grafismo, da expressão por via do desenho e da resolução de problemas por este canal de comunicação. O segundo aspecto que se regista é de que o domínio de uma capacidade pelo aluno não implica necessariamente o domínio de todo o espectro de capacidades. Por exemplo, a capacidade de nos colocarmos no lugar do outro (empatia) que define a capacidade interpersoal, pode não ter nada a ver com a inteligência lógico/matemática (basta estar atento ao que dizem alunos universitários sobre o ensino de reputados cientistas). O terceiro aspecto a assinalar é da possibilidade de interacção entre as diferentes capacidades de tal forma a apoiarem-se mutuamente. É talvez isto mesmo o que leva Meg Stuart conhecida coreógrafa de ballet contemporâneo a afirmar: "Quando penso sobre a importância que em mim têm a racionalidade e a emoção chego a uma conclusão: tenho uma mente que dança" (entrevista do jornal "Público" de 21/8/2000).

Sob o ponto de vista educacional, o interesse da TIM é sobretudo a exploração da valorização da diferença em particular permitir a alunos o desenvolvimento de suas competências para além do que frequentemente se prevê curricularmente. No entender de Gardner, " todos nós nos caracterizamos por termos diferentes forças e fraguezas em diferentes domínios intelectuais. A maior parte dos esforços desenvolvidos anteriormente negaram essas divergências e valorizaram apenas uma única forma de pensar, baseada na linguagem e na lógica. É exactamente o caso do espírito cartesiano, em França. Inversamente, a minha abordagem põe em relevo os diversos perfis intelectuais. Considero que passamos demasiado tempo a avaliar as crianças e pouco

tempo a ajudá-las" (1998). A metodologia de trabalho de projecto parece ser a que melhor serve a exploração da TIM. Nogueira (idem) sugere vários exemplos de actividades no âmbito do estudo do sistema solar (nível elementar) em que várias combinações possíveis de capacidades são postas em jogo. Entre nós o Projecto Dianóia com uma forte ênfase na metacognição (Valente, 1989), reclama a TIM como uma das suas bases teóricas. Um exemplo mais recente que cabe no âmbito da inteligência pictórica (embora a autora explicitamente não o reconheça como quadro teórico fundador) é o estudo levado a cabo por Amador (1994) sobre a relação das concepções estéticas dos alunos (3º ciclo do ensino básico) suscitadas por imagens científicas nos livros escolares e os processos de aprendizagem do conhecimento geológico. Tais imagens dizem respeito a vulcões e estrutura do centro da Terra. Um dos interessantes resultados desse trabalho é que a leitura naturalista feita pelos alunos das imagens apresentadas, realça o seu enquadramento no meio envolvente e a sua opacidade. Uma das conclusões de índole educacional que a autora apresenta, é o desajuste entre a preferência abstraccionista dos manuais escolares (no que respecta a imagens geológicas) e a preferência (de concretização) dos alunos, desajuste que não facilita a sua aprendizagem.

De acordo com Segovia & Beltran (1998), a escola organizada tendo em vista o desenvolvimento de inteligências múltiplas é muito diferente da escola convencional. Os autores sugerem várias actividades como por exemplo: instrução diária sobre as diferentes inteligências (cada aluno deve aprender a tocar um instrumento musical desde o ensino infantil); temas escolares anuais (a escola escolhe três temas anuais sobre os quais os alunos desenvolvem projectos que tenham interesse para eles); aulas de enriquecimento (envolvendo actividades lúdicas quer individuais quer em grupo) e que permitam desenvolver suas inteligências); clubes de habilidades formados por alunos sob a supervisão de um professor. Para estes autores "... casi todo el mundo tiene virtualmente la capacidad de desarrollar todas las inteligencias en un nivel razonablemente alto de ejecución, si recibe las ayudas, refuerzos e instrucciones adecuados" (op. cit.).

#### *Pensar a emoção*

Ainda com origem na neurobiologia, embora num registo diferente da TIM, cabe aqui referir a potencial relevância para o ensino das ciências (e para a formação de professores) sobre a estreita relação entre razão e emoção e de que a face mais visível é actualmente entre nós o trabalho de Damásio (1995). Como se sabe, o que o autor, que não é neuropedagogo, defende (com base em estudos envolvendo a análise de tomografia por emissão de positrões), não é simplesmente o reconhecimento da existência das emoções (e portanto a

sua co-existência com os mecanismos da razão), mas sim o papel intrínseco das emoções e da maquinaria biológica que as sustenta nos processos da razão. "Não há facto algum da vida cognitiva que não esteja ligado a um determinado valor emocional. Sem isso a mente deixa de ser normal (Damásio, 2000). De um modo simples, sem as emoções, a razão não é possível. Não há pois um estado superior da razão dominante em relação à emoção mas sim um eixo "intelecto-afecto e que a capacidade de emoção é indispensável ao estabelecimento de comportamentos racionais" (Morin, 2000).

Para Damásio não pensamos apenas com o cérebro mas sim com todo o corpo o que vai muito mais além do que linhas de estudo tradicionais sobre o papel da motivação na aprendizagem. O conceito central de imagem (na teoria de Damásio) tem várias potenciais implicações de índole educacional e, em particular no âmbito da aprendizagem. Entre áreas prospectivas de estudo refiram-se o estudo da criatividade ou dos processos de decisão (emocionalmente mediados através dos designados marcadores somáticos) e ainda estudos sobre o processamento da informação. Assim, no âmbito das tecnologias de informação e comunicação, Damásio considera que a discrepância entre unidade de tempo em que as nossas capacidades cognitivas operam e a usada pelos processos emocionais (mais antigos em termos evolutivos), tende provavelmente a aumentar devido à exposição à televisão e computadores de crianças desde tenra idade. Estas, "processam a informação visual de uma forma muito mais rápida que os adultos" (idem). E acrescenta que tal discrepância na velocidade de reacção entre processos cognitivos e emocionais pode aliás conduzir a patologias semelhantes às verificadas com lesões cerebrais (idem).

Refira-se entretanto que a existência de um tal eixo intelecto-afecto não é propriamente uma novidade para os educadores (ver p. ex. os estudos de Vincent, 1986). Tenha-se em conta a experiência de muitos de nós sobre a tensão emocional quando da prestação de exames, ou ainda, a dificuldade ou mesmo impossibilidade de controlar o medo (pânico) em situações de catástrofe natural, situações de guerra (...). Os mais radicais consideram mesmo que "L'emotionnel agit sur l'intellectuel; la réciproque n'est pas vraie" (Bacile, 1983).

Mais recentemente, Damásio (2000) abordou as fundações neurobiológicas do *si* ("self") abrindo assim uma outra ponte para o estudo das problemáticas da consciência, num registo diferente da Filosofia, de estudos da metacognição (como acima se referiu) ou ainda, mais recentemente, através da inteligência artificial, em particular pela exploração do designado software evolutivo. Para este autor, o estudo das emoções é um mecanismo privilegiado para o estudo do conceito de auto-representação do sujeito e, por via disso, para o estudo substantivo da consciência. Estamos longe portanto do discurso com registo filosófico que durante muito tempo foi o único a abordar a problemática da consciência.

O suporte empírico do trabalho do casal Damásio e o prestígio científico de que gozam, são factores a registar e que podem não só ajudar a uma



melhor compreensão da problemática da aprendizagem em ambientes educacionais mas também, sob o ponto de vista epistemológico, fomentar uma atitude menos redutora sobre o significado de racionalidade científica.

#### *Aprendizagem situada*

O último contributo que aqui se faz referência, diz respeito à teoria da aprendizagem situada (Lave & Wenger, 1991), de inspiração vygotskiana, e que, no essencial, considera que a aprendizagem é uma função da actividade, contexto e cultura em que ocorre (por isso mesmo é situada). A aprendizagem é mediada pelas diferenças de perspectiva entre os alunos envolvidos cooperativamente na resolução de uma dada actividade. É a sua prática social e a cultura onde se inserem que passa agora a ser o pólo dinamizador e não o que se passa na mente de cada um. O que contraria concepções que defendem que o funcionamento da mente é (seria) universal. Também se contestam assim práticas de ensino assumindo de modo implícito ou explícito que a construção do conhecimento pode ser abstraído das condições em que se aprende e se usa esse conhecimento. Esta é uma perspectiva que ajuda a melhor compreender propostas muito recentes oriundas da psicologia social segundo as quais diferenças culturais influenciam as formas de raciocínio (estudo em curso de Richard Nisbett sobre diferentes modos de pensar de sujeitos dos EUA e do Japão).

O ponto de partida de Lave & Wenger, é de que a aprendizagem situada explora o carácter situado da compreensão e comunicação humana. "It takes as its focus the relationship between learning and the social situations in which it occurs. Rather than defining it as the acquisition of propositional knowledge, Lave & Wenger situate learning in certain forms of social coparticipation" (1991). Um tal enfoque tem consequências importantes ao nível das próprias questões de investigação. Assim, "rather than asking what kind of processes and conceptual structures are involved, they ask what kind of social engagements provide the proper context for learning to take place" (1991). A tradicional separação entre "conhecer que" e "conhecer como" (conhecimento declarativo e de procedimentos), típico do processamento da Informação, deixa aqui de ter sentido já que "the individual learner is not gaining a discrete body of abstract knowledge which (s)he will then transport and reapply in later contexts. Instead, (s)he acquires the skill to perform by actually engaging in the process, under the attenuated conditions of legitimated peripheral participation (LPP)" (1991). Este último (LPP) é um conceito nuclear que denota o modo específico de participação do aluno aprendiz (participação possível segundo vários níveis) como membro de uma comunidade de prática (que não tem de ser presencial) e envolvendo também professores de forma a integrar-se e desenvolver a sua identidade como membro

dessa comunidade. Tal aprendizagem passa pois por um processo de aculturação em sistema de valores, práticas, estilos de discurso... próprios de uma dada comunidade (p. ex. dos educadores em ciência). O conceito de comunidade de prática é pois nuclear nesta perspectiva. Sem comunidade de prática a aprendizagem é problemática dado que é esta que lhe confere sentido (uma visão formalmente análoga à da leitura khuniana de comunidade científica).

Sob o ponto de vista educacional, o problema do acesso à comunidade de prática (que envolve um problema de socialização) emerge então como decisivo para a aprendizagem. A info-exclusão de muitos alunos pode ser lida como uma consequência da marginalização em relação a uma dada comunidade de prática.

O conceito de comunidades de prática é também potencialmente importante para uma melhor compreensão do que se passa hoje no âmbito de formas de aprendizagem cooperativa em ambiente virtual, "chats", fóruns, redes, etc... explorando a Internet. Do que se trata é de estabelecer condições, partilhar informação e visões dos participantes sobre o que estão a fazer e o significado do que fazem para as suas vidas e para as comunidades a que pertencem. Só agora começam a ser conhecidos alguns estudos sobre o ensino e aprendizagem das ciências explorando tais ambientes virtuais. A exploração das ideias de Lave & Wenger é facilitada através de metodologias activas, em particular de trabalho de projecto, já que é aí onde se podem mais facilmente envolver os alunos em contextos próprios de autênticas actividades (p.ex. não definindo à partida toda a informação relevante a ter em conta no estudo de um dado problema). O que contrasta com a maior parte das actividades de aprendizagem propostas aos alunos, frequentemente rotineiras, envolvendo informação descontextualizada e de sentido abstracto. Tais metodologias activas podem também facilmente valorizar a interacção social e processos de aprendizagem colaborativa que estão na base da construção social do conhecimento, através de actividades de discussão/reflexão em grupos, análise crítica de narrativas, de simulações (...). Claramente, estamos aqui longe de teorias de aprendizagem em que aprender se confunde com pensar. Aprender envolve aqui outro tipo de transformações a nível individual, transformações que são arrastadas pelos processos de socialização que conduzem o aluno aprendiz a pertencer agora a uma dada comunidade de prática e pelas novas possibilidades que esta lhe oferece. Pelas mesmas razões, a perspectiva de aprendizagem situada presta-se muito bem para a formação de professores (ver p.ex. Matos, 1999).

#### *Um balanço provisório*

Ensinar ciências pressupõe tomar decisões tendo em conta o aluno, o ambiente de aprendizagem e a natureza dos saberes a ensinar. Está por inven-



tar um único modo de ensinar ou programa de ensino servindo para todo e qualquer aluno, professor e contexto. Há que procurar outras alternativas no quadro do pluralismo metodológico.

Como já se disse, e não é demais repeti-lo, o melhor conhecimento pelos professores de ciências de quadros teóricos sobre o ensino das ciências pode ajudá-los a reflectir criticamente sobre esse ensino, incluindo o seu próprio ensino. O pressuposto é de que, como resultado de tal exercício, se possa desde cedo entusiasmar os jovens para a aprendizagem das ciências e melhorar a aprendizagem dos que já beneficiam do seu ensino.

Até aqui esforçamo-nos por aprofundar e cruzar aspectos sobre a natureza do conhecimento e do seu processo de construção pela comunidade científica (domínio epistemológico) com aspectos relativos à natureza dos processos de aprendizagem pelos alunos (domínio psicológico). Ambos são processos que têm a ver com a concepção que temos sobre nós e a realidade, ambos são processos que envolvem uma importante dimensão de construção social do conhecimento e ambos são, ainda, processos que envolvem a reconstrução do que já se sabe. Simultaneamente, procurámos chamar a atenção para a importância da frequentemente desvalorizada dimensão axiológica na educação em ciência, em particular para as problemáticas ético-sociais, no quadro de uma educação para a cidadania e na promoção de uma ética de responsabilidade e de solidariedade dos alunos.

Assim sendo, parecemo-nos pertinente extrair, ainda que tentativamente, dez princípios orientadores que, no nosso entender, devem enquadrar os currículos de ciências, quer o currículo intencional quer o currículo em acção. A ordem da sua apresentação no que se segue não tem qualquer intenção de seriação da sua importância relativa. Em boa verdade, a sua importância resulta antes de mais de serem assumidos como um todo coerente.

#### Princípios Orientadores:

- a Procurar que os alunos atribuam sentido ao que se aprende integrando contextos de vida dos alunos, interesses existentes e despertando outros que possam contribuir para o seu desenvolvimento pessoal e para uma consciência do papel central da Ciência nas sociedades modernas
- b Tratar problemas em contextos sociais e tecnológicos do mundo actual, valorizando abordagens inter e transdisciplinares, tendo em vista uma educação científica e tecnológica que promova uma cidadania interveniente e responsável
- c Fomentar um ensino das ciências em estreito diálogo com uma educação para os valores e, designadamente, a reflexão ética visando promover uma ética de responsabilidade e uma ética de solidariedade
- d Estimular a vivência pelos alunos de situações, experiências e projectos, nomeadamente valorizando o trabalho experimental e as TIC (em parti-

cular pela exploração de redes), que permitam desenvolver capacidades científicas e atitudes de rigor, espírito crítico, perseverança e entusiasmo pela aprendizagem das ciências

e Mobilizar fundamentos epistemológicos de sentido racionalista (contemporâneo) promovendo o diálogo entre a teoria e a observação (contexto de justificação) na construção do conhecimento

f Inserir a História da Ciência (contexto de descoberta) para uma compreensão mais humanizada e tolerante do notável empreendimento cultural que é a ciência, com os seus erros, controvérsias, dificuldades e êxitos

g Valorizar a interacção entre os alunos e entre estes e o professor, pelo debate de ideias, argumentação e confronto de opiniões fundamentadas como condição essencial para aprendizagens efectivas

h Valorizar o pluralismo metodológico, diferenciando métodos e estratégias de ensino e desenvolvendo a capacidade de aprendizagens autónomas

i Procurar explicitar, tanto quanto possível, ideias prévias dos alunos sobre um dado assunto como condição facilitadora do processo de ensino/aprendizagem de novas ideias

j Desenvolver processos de avaliação de indole formadora, criando o gosto em reflectir sobre o que se faz e pensa numa atitude de aprendizagem permanente

Possam os argumentos aqui desenvolvidos ir ao encontro do que refere DeBoer (1991) como sendo o mais importante, a saber: "compreendermos porque fazemos o que fazemos".

- Abraham, M. & Renner, J. (1986). The sequence of learning cycle activities in high school chemistry. *J. Res. Sci. Teaching*, 23(2), 121-143.
- Amador, F. (1994). *La influencia de los factores estéticos en los procesos de aprendizaje. Un estudio realizado con alumnos de 12 a 15 años de la enseñanza secundaria portuguesa en el área de la geología*. Tese de doutoramento (Não Publicada). Universidade Complutense, Madrid.
- Ausubel, D. (1968). *Educational Psychology: a cognitive view*. NY, Holt, Reinhart & Winston.
- Brown, A. et Camplone, J. (1995). Concevoir une communauté de jeunes élèves: leçons théoriques et pratiques. *Revue Française de Pédagogie*, 111.
- Bruner, J. (1987). *Le développement de l'enfant, savoir faire, savoir dire*. Paris, PUF.
- Cachapuz, A. (1995). O ensino das ciências para a excelência da Aprendizagem. In: *Novas Metadologias da Educação*, (anual), A. (org.), Porto, Porto Editora, 350-385.
- Cachapuz, A. (2000). A procura da excelência na aprendizagem. *Estudos em Educação*, nº 10, 9-26. Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande, MS, Brasil.
- Cachapuz, A., Praia, J. & Jorge, M. (2000). *Perspectivas de Ensino. Coleção Formação de Professores/Ciências*. Textos de apoio nº 1. org. Cachapuz, A. (org.), Porto, CIEC.
- Craik, F. & Lockhart R. (1972). *Levels of processing: a framework for memory research*. *J. Verh.*, *Learn. Verh. Behav.*, 11, 671-684.
- Damašio, A. (1995). *O erro de Descartes*. Lisboa, Europa América.
- Damašio, A. (2000). *O Sentimento de si, o corpo, a emoção e a neurobiologia da consciência*. Lisboa, Europa-América.
- DeBor, G. E. (1991). A History of Ideas in Science Education—Implications for practice. NY, Teachers College Press.
- Doly, A. (1999). Metacognition et médiation à l'école. In: *trangien, M. (coord.) La métacognition, une aide au travail des élèves*. Paris, ESF Ed.
- Dwyer, R. (1983). *The pupil as scientist? England*. The Open Univ. Press.
- Feuerstein, R. (1993). *Enseigner, apprendre, comprendre. In: Actes da Conférence du Colloque Nadban*. Novembre.
- Havell, J. (1976). Metacognitive aspects of problem-solving. In: *The nature of intelligence*. Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum Associates.
- Gagne, R. (1965). *The conditions of Learning*. NY, Holt, Rinehart & Winston.
- Gagne, R. & White, R. (1978). Memory structures and learning outcomes? Review of Educational Research, 48(2), 187-222.
- Gardner, H. (1983). *Frames of Mind. The Theory of Multiple intelligences*. NY, Basic Books.
- Gardner, H. (1998). *Uma nova concepção da inteligência* (entrevista com H. Gardner). *NOESIS*, 48, 1-17.
- Galper, J. & Wais, D. (1984). Concepts, misconceptions and alternative conceptions: changing perspectives in science education. *Studies in Science Education*, 10, 61-98.
- Gutierrez, R. (1989). *Psicología y Aprendizaje de las Ciencias*. El modelo de Gagne. *Enseñanza de las Ciencias*, 7(2), 147-157.
- Johnson, R. & Johnson, D. (1995). Cooperative versus competitive efforts and problem solving. *Review of Educational Research*, 65, 129-143.
- Lave, J. & Wenger, E. (1991). *Situated Learning - Legitimate Peripheral Participation*. Cambridge, Cambridge Univ. Press.
- Lindsay, P. & Norman, D. (1977). *Human information processing: an introduction to psychology*. New York, Academic Press.
- Matos, F. (1999). *A aprendizagem como protótipo em comunidades de prática: contributos para a construção de uma perspectiva de análise da aprendizagem da matemática escolar*. Lição apresentada nas provas de Agregação, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.
- Morera, M. (1999). *Teorias de Aprendizagem*. S. Paulo, Editora Pedagógica a Universitária.
- Morin, E. (2000). *Les Sept Savoirs nécessaires à l'éducation du futur*. Paris, Ed. Seuil.
- Nogueira, N. (2000). *Trabalho prático para o desenvolvimento das múltiplas inteligências*. S. Paulo, Etna.
- Novas, A. & Cruz, N. (1989). O ensino das ciências, o desenvolvimento das capacidades metacognitivas e a resolução de problemas. *Revista de Educação*, 1(3), 65-75.
- Novak, J. (1978). An alternative to Piagetian psychology for science and mathematics education. *Studies in Science Education*, 5, 1-30.
- Novak, J. & Gowin, B. (1984). *Learning how to learn*. Cambridge, Cambridge Univ. Press.
- Pask, G. (1975). *Conversation, cognition and learning*. Amsterdam, Elsevier.
- Piaget, J. (1952). *Le jugement moral chez l'enfant*. Paris, PUF.
- Piaget, J. (1964). *Six études de psychologie*. Genève, Comhar.
- Pozo, J. (1996). *Teorias Cognitivas del Aprendizaje*. Madrid, Morata (2ª ed.)
- Rack, G. (1983). *La pedagogie interactive*. Lathmos Metz.
- Segovia Olmo, F. & Bellán Ibarra, J. (1998). *El aula inteligente. Nuevo horizonte educativo*. Madrid, Ed. Espasa.
- Shayer, M. & Adey, P. (1981). *Teorias e Science of Science Teaching*. London, Heinemann educ.
- Smole, K. (1996). *A matemática na educação infantil: a teoria das múltiplas inteligências na prática escolar*. Porto Alegre, Artes Médicas.
- Valente, O., Santos, E., Raunho, A. & Salena, M. (1991). *Diagnósticos. Um balanço de duas abordagens diferentes*. In: *Actas do Segundo Encontro de Didáticos e Metodologias de Ensino*. Universidade de Aveiro, 165-171. Universidade de Aveiro.
- Vincent, J. (1986). *Biologie des Passions*. Paris, Seuil.

- Vygotsky, L. (1962). *Thought and Language*. Cambridge, MIT Press.
- Vygotsky, L. (1978). *Mind and Society*. Oxford, Blackwell.
- Wallon, H. (1945). *Les Origines de la Pensée chez l'Enfant*. Paris, PUF.
- Wellington, J. (1981). What's supposed to happen sir? some problems with discovery learning. *School Science Review*, 63(222), 167-173.
- White, R. T. (1999). condições para um Aprendizaje de Calidad en la Enseñanza de las Ciencias. Reflexiones a partir del proyecto PEEL. *Ensayos de las Ciencias*, 17(1), 3-15. Monash University, Melbourne.
- Witgenstein, L. (1958). *Philosophical Investigations*. London, Blackwell.
- Yussen, S. (1985). The role of metacognition in contemporary theories of cognitive development. In: *Metacognition, cognition and human performance*. Forrest-Preckley (ed.), vol. I. New York, Academic Press.

## Parte II

"Para a maior parte das garotas, o que importa não é saber voar, mas comer. Para esta garota, no entanto, o importante não era comer, mas voar. Mas que tudo, Fernando Calpelo Garbota adorava voar."

Richard Bach