

1

Aprender a Resolver Problemas e Resolver Problemas para Aprender

MARÍA DEL PUY PÉREZ ECHEVERRÍA e JUAN IGNACIO POZO*

Introdução: a solução de problemas como conteúdo da Educação Básica. A solução de problemas como uma habilidade geral. A solução de problemas como um processo específico: diferenças entre especialistas e principiantes.

INTRODUÇÃO: A SOLUÇÃO DE PROBLEMAS COMO CONTEÚDO DA EDUCAÇÃO BÁSICA

Claxton (1984) relata um episódio engraçado ocorrido com um professor em um bairro periférico de uma cidade norte-americana, que perguntou a um menino negro quantas pernas têm o gafanhoto. Ao que parece, a criança olhou tristemente para o professor e respondeu: "Tomara que eu tivesse os mesmos problemas que o senhor!". Fica claro, como mostra esta anedota, que o termo problema pode fazer referência a situações muito diferentes, em função do contexto no qual ocorrem e das características e expectativas das pessoas que nelas se encontram envolvidas.

Todos os professores acabam aprendendo que os problemas que expõem aos seus alunos em sala de aula podem diferir consideravelmente dos que eles próprios se colocam fora da classe. E mais, o que para nós pode ser um problema relevante e significativo pode resultar trivial ou carecer de sentido para nossos alunos. Obviamente, eles não têm os mesmos problemas que nós. E, no entanto, um dos objetivos explícitos da Educação Básica, tanto no 10 como no 20 Graus, é fazer com que os alunos não somente se coloquem determinados problemas mas que cheguem, inclusive, a adquirir os meios para resolvê-los.

* Departamento de Psicologia Básica, Faculdade de Psicologia da Universidade Autónoma de Madrid.

Na reforma do Sistema Educacional reconhece-se a necessidade e a importância da solução de problemas como conteúdo curricular da Educação Básica. Na verdade, o fato de proporcionar aos alunos habilidades e estratégias para a solução de problemas fica reconhecido não somente como o objetivo parcial de cada uma das diversas áreas do Ensino Fundamental e do Ensino Médio mas, inclusive, nesta última etapa, reconhece-se como um dos objetivos gerais que deveriam ser alcançados no final do período de Educação Básica. Assim, de forma explícita, o objetivo geral nº 4 do *Disefio Curricular Base (DCB)* (Projeto Curricular Básico) da Educação Secundária Obrigatória (ESO) cita textualmente que, ao final da Educação Básica, deve-se conseguir que o aluno "elabore e desenvolva estratégias pessoais de identificação e solução de problemas nas principais áreas de conhecimento, através da utilização de alguns hábitos de raciocínio objetivo, sistemático e rigoroso, e que as aplique espontaneamente a situações da vida cotidiana" (p. 78).

Dessa forma, a solução de problemas deveria constituir um conteúdo necessário das diversas áreas do currículo obrigatório. Obviamente, dentro da classificação dos conteúdos educacionais na Reforma (ver, por exemplo, Coll, Pozo, Sarabia e Valls, 1992), a solução de problemas estaria mais relacionada à aquisição de procedimentos eficazes para a aprendizagem, sendo um *procedimento* definido como "um conjunto de ações organizadas para a consecução de uma meta" (DCB da ESO, p. 41-42). Orientar o currículo para a solução de problemas significa procurar e planejar situações suficientemente abertas para induzir nos alunos uma busca e apropriação de estratégias adequadas não somente para darem resposta a perguntas escolares como também às da realidade cotidiana. Sem procedimentos eficazes - sejam habilidades ou estratégias - o aluno não poderá resolver problemas. Por exemplo, um típico problema matemático pode consistir em decidir qual

de dois times de basquete é mais eficiente no arremesso à cesta: o Seattle Supersonics, que converteu 23 dos 40 arremessos tentados, ou o Atlanta Hawks, que encestou 28 das suas 47 tentativas. Sem habilidades adequadas de cálculo proporcional o aluno será incapaz de resolver este problema.

De certa forma, essas habilidades - um conhecimento de caráter procedimental-constituem o núcleo do saber necessário para resolver este problema. Mas seria errado reduzir a solução de problemas ao desdobramento de procedimentos aprendidos à exaustão? Pode ser que o aluno seja capaz de *fazereste* é o núcleo procedimental - um cálculo proporcional, mas que não o faça neste caso, por diversos motivos. Um primeiro motivo pode ter relação com as *atitudes* do aluno diante dessa aprendizagem concreta. Pode acontecer, como no caso do menino negro e o gafanhoto, que tal pergunta não represente para ele um verdadeiro problema, ou porque não se interessa por basquete, ou porque, mesmo tendo interesse por basquete, essa não seja para ele uma pergunta significativa ou, especialmente, porque não esteja disposto a propor-se um problema - ou seja, uma pergunta que precisa de uma resposta - com respeito a algo que não seja o *seu* problema. Ensinar a resolver problemas não consiste somente em dotar os alunos de habilidades e estratégias eficazes, mas tam

bém em criar neles o hábito e a atitude de enfrentar a aprendizagem como um problema para o qual deve ser encontrada uma resposta. Não é uma questão

de somente ensinar a resolver problemas, mas também de ensinar a *propor* problemas para si mesmo, a transformar a realidade em um problema que mereça ser questionado e estudado. Assim, como exige o objetivo educacional antes mencionado, a aprendizagem da solução de problemas somente se transformará em autônoma e espontânea se transportada para o âmbito do cotidiano, se for gerada no aluno a atitude de procurar respostas para suas próprias perguntas/problemas, se ele se habituar a questionar-se ao invés de receber somente respostas já elaboradas por outros, seja pelo livro-texto, pelo professor ou pela televisão. O verdadeiro objetivo final da aprendizagem da solução de problemas é fazer com que o aluno adquira o hábito de propor-se problemas e de resolvê-los como forma de aprender.

Mas a solução de problemas não vai exigir somente procedimentos adequados e determinadas atitudes ou disposições. A solução de problemas tampouco é alheia ao terceiro tipo de conteúdos, os tradicionais *fatos e conceitos*. Pode ser que outro motivo pelo qual o aluno não se mostre capaz de fazer o cálculo proporcional exigido seja o seu desconhecimento do basquete e de suas regras, com o que, num dado momento, não poderia atribuir significado aos dados propostos pelo problema e, por conseguinte, não poderia compreendê-lo. Assim, por exemplo, se pedimos a alunos de 13-14 anos que coloquem em ordem cronológica uma série de datas correspondentes a diferentes eras ou calendários (gregoriano, muçulmano, judeu, etc.) podemos chegar à conclusão de que os alunos não realizam as operações adequadas, não porque sejam incapazes - basicamente exige-se somente somar e subtrair - mas porque não entendem o significado da tarefa, por não terem conhecimento de uma representação adequada do tempo histórico (Carretero, Pozo e Asensio, 1989).

Não é, portanto, um déficit procedimental, mas conceitual, que impede a solução da tarefa. Os procedimentos, sejam habilidades ou estratégias, aplicam-se a alguns conteúdos fáticos e conceituais que, se não forem compreendidos pelos alunos, impossibilitam que estes concebam a tarefa como um problema. Em outras palavras, sem compreensão da tarefa os problemas se transformam em pseudoproblemas, em meros exercícios de aplicação de rotinas aprendidas por repetição e automatizadas, sem que o aluno saiba discernir o sentido do que está fazendo e, por conseguinte, sem que possa transferi-l-o ou generalizá-lo de forma autônoma a situações novas, sejam cotidianas ou escolares. Conseqüentemente, é importante, antes de começar a analisar as estratégias e processos envolvidos na solução de problemas, estabelecer com a maior nitidez possível a distinção entre um exercício repetitivo e um problema.

Do exercício ao problema

Podemos partir de uma definição já clássica de *problema*, que o identifica com "uma situação que um indivíduo ou um grupo quer ou precisa resolver e para a qual não dispõe de um caminho rápido e direto que o leve à solução" (Lester, 1983). Esta definição, com a qual parecem concordar a maioria dos autores, quer

dizer que uma situação somente pode ser concebida como um problema na medida em que exista um reconhecimento dela como tal, e na medida em que não disponhamos de procedimentos automáticos que nos permitam solucioná-la de forma mais ou menos imediata, sem exigir, de alguma forma, um processo de reflexão ou uma tomada de decisões sobre a seqüência de passos a serem seguidos.

Esta última característica seria a que diferenciaria um verdadeiro problema de situações similares, como podem ser os exercícios. Dito de outra forma, um problema se

diferencia de um exercício na medida em que, neste último caso, dispomos e utilizamos mecanismos que nos levam, de forma imediata, à solução. Por isso, é possível que uma mesma situação represente um problema para uma pessoa enquanto que para outra esse problema não existe, quer porque ela não se interesse pela situação, quer porque

possua mecanismos para resolvê-la com um investimento mínimo de recursos cognitivos

e pode reduzi-la a um simples exercício.

Assim, responder à "defesa siciliana" pode ser um problema para um jogador de xadrez inexperiente, mas constitui um exercício para um jogador suficientemente experiente, que já automatizou as aberturas mais comuns. Consertar um circuito elétrico é um simples exercício para algumas pessoas, mas um problema complexo e trabalhoso para outras. Da mesma forma, interpretar a informação contida num gráfico ou isolar uma incógnita numa equação matemática pode representar um problema, um exercício, ou nenhuma das duas coisas, para alunos com diferentes conhecimentos e atitudes.

Além de conceber a distinção entre exercícios e problemas como algo relacionado com o contexto da tarefa e com o aluno que a enfrenta, e embora no capítulo 5 sejam retomadas algumas idéias fundamentais para a construção do conhecimento procedimental envolvido na solução de problemas, é importante agora especificar a relação existente, do ponto de vista da aprendizagem, entre a análise de um exercício e a resolução de um problema (para uma visão mais geral dos processos de aprendizagem envolvidos na aquisição de habilidades e estratégias, ver Pozo, 1989).

De forma sintética, podemos dizer que a realização de exercícios se baseia no uso de habilidades ou técnicas *sobreaprendidas* (ou seja, transformadas em rotinas automatizadas como conseqüência de uma prática contínua). Limitamo-nos a exercitar uma técnica quando enfrentamos situações ou tarefas já conhecidas, que não representam nada de novo e que, portanto, podem ser resolvidas pelos caminhos ou meios habituais. Escrever estas linhas num computador, usando o programa de edição de textos que usamos habitualmente - e que foi sobreaprendido - é um simples exercício que não se encaixa na definição de problema mencionada anteriormente. Para tanto, deveríamos encontrar-nos numa situação na qual, propondo-nos um objetivo (por exemplo, inserir referências bibliográficas procedentes de um fichário em uma base de dados), desconhecêssemos a forma ou o caminho para alcançar esse objetivo e tivéssemos que buscá-lo a partir dos procedimentos ou técnicas que conhecemos ou dominamos. Assim, um problema é, de certa forma, uma situação nova ou diferente do que já foi aprendido, que requer a utilização *estratégica* de técnicas já conhecidas (Pozo e Postigo, 1993). O aluno que enfrenta pela primeira vez a tarefa de comparar duas seqüências cronológicas ou calendários

históricos diferentes pode encontrar-se diante de um problema mas, quando já o tiver resolvido diversas vezes, o problema ficará reduzido a um exercício.

Como já colocamos, não é possível determinar, em geral, se uma tarefa escolar determinada é um exercício ou um problema; isto depende não somente da experiência e dos conhecimentos prévios de quem a executa, mas também dos objetivos que estabelece enquanto a realiza. Quando a prática nos proporcionar a solução direta e eficaz para a solução de um problema, escolar ou pessoal, acabaremos aplicando essa solução rotineiramente, e a tarefa servirá, simplesmente, para exercitar habilidades já adquiridas.

Embora esse exercício seja importante porque permite consolidar habilidades instrumentais básicas, não deve ser confundido com a solução de problemas, que exige o uso de estratégias, a tomada de decisões sobre o processo de resolução que deve ser seguido, etc. Mas existe outra importante e sutil relação entre exercícios e problemas. Se um problema repetidamente resolvido acaba por tornar-se um exercício, a solução de um problema novo requer a utilização estratégica de técnicas ou habilidades previamente exercitadas. O aluno que enfrenta pela primeira vez o problema de decidir qual das duas equipes de basquete é mais eficaz no arremesso deve recorrer a uma estratégia baseada na utilização de uma técnica (a comparação de duas razões através de um cálculo proporcional) previamente exercitada. Se o aluno desconhecer a técnica instrumental básica, não será capaz de utilizá-la para resolver um problema novo. O aluno que não sabe usar uma balança para medir o peso de um objeto dificilmente recorrerá a essa técnica como *meio* para resolver um problema novo (por exemplo, determinar a relação entre o peso do objeto e a sua velocidade de queda).

Concluindo, a solução de problemas e a realização de exercícios constituem um *continuum* educacional cujos limites nem sempre são fáceis de estabelecer. Entretanto, é importante que nas atividades de sala de aula a distinção entre exercícios e problemas esteja bem definida e, principalmente, que fique claro para o aluno que as tarefas exigem algo mais de sua parte do que o simples exercício repetitivo. Nos próximos capítulos exemplificaremos, no âmbito das diferentes áreas do currículo, esta diferenciação. Por ora queremos salientar que os exercícios e os problemas exigem dos alunos a ativação de diversos tipos de conhecimento, não só de diferentes procedimentos mas também de diferentes atitudes, motivações e conceitos. Na medida em que sejam situações mais abertas ou novas, a solução de problemas representa para o aluno uma demanda cognitiva e motivacional maior do que a execução de exercícios, pelo que, muitas vezes, os alunos não habituados a resolver problemas se mostram inicialmente reticentes e procuram reduzi-los a exercícios rotineiros.

Na solução de problemas, as técnicas "sobreaprendidas" previamente exercitadas constituem um meio ou recurso instrumental necessário, mas não suficiente, para alcançar a solução; além delas, são exigidas estratégias, conhecimentos conceituais, atitudes, etc. No entanto, quando tentamos determinar o que os alunos precisam fazer para resolver um problema concreto com a finalidade de ajudá-los, nem sempre é fácil identificar os processos ou passos que precisam seguir. Nós *sabemos* resolver o problema, mas nem sempre conseguimos verbalizar ou descrever o que fazemos. Essa é

urna característica típica de todo conhecimento procedimental. Sabemos executar os procedimentos mas nem sempre conseguimos verbalizá-los. Como diz Lester (1983), procurar explicar o que fazemos para resolver um problema, o que deve ser feito, é como tentar explicar a um amigo que jamais andou de bicicleta quais são os movimentos e equilíbrios que realizamos normalmente para que a bicicleta não somente se mantenha de pé, mas, além disso, nos tranporte na direção que desejamos, na velocidade que nossas forças e o terreno permitam. No entanto, apesar da dificuldade para expressar nossas ações, nossos procedimentos, parece que muitas pessoas aprendem a andar de bicicleta, e que a maneira como andam pode ser diferente em função de como tenham aprendido a fazê-lo e de como lhes foi ensinado.

Por isso, é necessário indagar acerca da forma como as pessoas resolvem problemas. Os estudos realizados nas últimas décadas pela psicologia cognitiva e educacional, assim como inúmeras experiências educacionais orientadas para ensinar os alunos a resolver problemas ou, num sentido mais amplo, a pensar, podem ajudar-nos a compreender melhor os processos envolvidos na solução de problemas, e como esses processos podem ser aprimorados através do ensino.

No entanto, nestes estudos podemos identificar duas tendências gerais na abordagem da solução de problemas e do seu ensino. Durante muito tempo, os estudos psicológicos e as suas aplicações educacionais pareciam concordar com a idéia de que a solução de problemas se fundamenta na aquisição de estratégias gerais, de forma que uma vez adquiridas possam ser aplicadas com poucas restrições a qualquer tipo de problema. Com base nesse enfoque, ensinar a resolver problemas é proporcionar aos alunos essas estratégias gerais, para que eles as apliquem cada vez que se depararem com uma situação nova ou problemática.

A solução de problemas seria, assim, um conteúdo generalizável, independente das áreas específicas do currículo, que deveria ser abordado a partir das matérias mais formais (é sintomático que solucionar problemas evoque ainda a Matemática, a Filosofia, etc.) Face a esse enfoque tem surgido mais recentemente outra forma de entender a solução de problemas e a sua instrução, segundo a qual esta somente pode ser abordada no contexto das áreas ou conteúdos específicos aos quais os problemas se referem. Neste ponto de vista, não faria sentido falar em ensinar a resolver problemas em geral, mas seria necessário tratar da solução de problemas em cada uma das áreas (Ciências da Natureza, Matemática, Estudos Sociais, etc.). Os que defendem essa posição costumam realizar estudos comparando a solução de problemas por especialistas e principiantes numa área determinada, mostrando como os processos usados diferem em função do conhecimento e da experiência prévia nesse domínio, que dificilmente são transferidos ou generalizados para problemas de outras áreas.

Obviamente, ambos os enfoques diferem não somente na forma como percebem a solução de problemas do ponto de vista teórico mas também, no que aqui é mais importante, nas suas diferentes maneiras de incluir e abordar a solução de problemas no currículo. No restante deste capítulo abordaremos breve

mente cada um desses dois enfoques, analisando as repercussões que podem ter para o tratamento curricular da solução de problemas.

A SOLUÇÃO DE PROBLEMAS COMO UMA HABILIDADE GERAL

Como já vimos, quando um aluno ou qualquer pessoa enfrenta uma tarefa do tipo que denominamos *problema*, precisa colocar em ação uma ampla série de habilidades e conhecimentos. Essas habilidades e conhecimentos podem variar e, de fato, variam de acordo com o tipo de problema com o qual se deparam. É óbvio que não são necessários os mesmos conhecimentos para decidir qual dos dois times de basquete, no exemplo citado anteriormente, é mais eficaz, nem para decidir, por exemplo, se Joana a Louca estava realmente louca (1).

Também parece óbvio que estes dois problemas exigem o acionamento de algumas habilidades diferentes. Se medirmos a eficácia em função do número total de bolas encestadas, bastará contabilizar as bolas que foram colocadas dentro da cesta por cada uma das equipes em um determinado período de tempo. Se a medirmos em função da porcentagem de cestas obtida em relação aos arremessos precisaremos realizar um cálculo de proporções. Nessa tarefa teríamos, então, que determinar o que entendemos por eficácia e a partir disso usar alguma das técnicas algorítmicas que tenhamos adquirido previamente. No entanto, na segunda tarefa as coisas parecem diferentes. Certamente temos critérios mais acessíveis e mais fáceis de avaliar para determinar se um time de basquete é eficaz do que para determinar quais são as características da loucura. Contamos com técnicas algorítmicas que nos permitirão uma certa exatidão nas medidas da eficácia, mas não existem técnicas desse tipo para medir o grau de loucura de um personagem histórico. Podemos comprovar até que ponto determinamos de forma correta a eficiência dos times em função de seus desempenhos posteriores em outras partidas, mas nunca poderemos ter certeza se a nossa conclusão sobre a loucura de Joana está certa ou não.

A abordagem do processo de solução de problemas que descreveremos nesta seção não nega que existam divergências quanto aos procedimentos usados para solucionar problemas tão heterogêneos como os que acabamos de expor, mas também afirmaria que por trás dessas diferenças os dois problemas exigem o acionamento de uma série de capacidades de raciocínio e de habilidades comuns que precisariam adaptar-se às características de cada tipo de problema. As diferenças individuais na maneira de resolver problemas não seriam devido tanto a diferenças nas capacidades das pessoas, como a diferenças entre as tarefas e a diferenças na aprendizagem dos alunos que as resolvem. Nesse sentido, a aprendizagem contribuiria para que o aluno se adaptasse cada vez melhor à estrutura da tarefa.

(1) Esta tarefa era incluída como atividade de resolução de problema na adaptação espanhola *Hacer Historia* do projeto inglês *History* 13-16, elaborado pelo Schools Council.

Tipos de problemas

Existem inúmeras classificações das possíveis estruturas dos problemas, tanto em função da área à qual pertencem e do conteúdo dos mesmos como do tipo de operações e processos necessários para resolvê-los, ou de outras características. Assim, por exemplo, seria possível diferenciar entre problemas do tipo dedutivo ou do tipo indutivo, dependendo dos raciocínios que o sujeito precisasse realizar. Fazer a demonstração de uma fórmula matemática poderia ser um exemplo de problema dedutivo, enquanto que estabelecer regularidades no comportamento dos objetos em função do seu peso seria um problema do tipo indutivo.

Uma das classificações clássicas dos diferentes tipos de problemas é a realizada pela *Gestalt* em função das atividades que as pessoas realizam para resolver uma tarefa. A *Gestalt* foi uma escola de Psicologia que se desenvolveu na Alemanha entre as duas guerras mundiais e que deve seu nome a um termo alemão que pode ser traduzido como "configuração", já que consideravam que os processos psicológicos deviam ser analisados de forma global e estrutural. Os psicólogos da *Gestalt* e, mais concretamente, Wertheimer (1945) distinguem entre pensamento produtivo e reprodutivo. O pensamento produtivo consiste na produção de novas soluções a partir de uma organização ou reorganização dos elementos do problema, enquanto que o pensamento reprodutivo consiste na aplicação de métodos já conhecidos. Esta distinção é semelhante à que antes fizemos entre um problema e um exercício. Embora ambos exijam uma conduta dirigida para um objetivo e a utilização de uma série de meios para alcançá-lo, no caso dos problemas essa situação pressupõe algum obstáculo que o sujeito deve superar, ou porque precisa obter novos meios para alcançar uma solução, ou porque deve organizar de maneira diferente os meios de que já dispõe. Ao contrário, no caso do exercício o sujeito conhece e já automatizou as técnicas que o levarão inexoravelmente à solução da tarefa.

Essa classificação que acabamos de expor baseia-se fundamentalmente nas características do sujeito e nos processos que ele coloca em ação para solucionar a tarefa. À diferença dela, a maioria das definições dos tipos de problemas elaboradas a partir desse enfoque baseiam-se nas características da tarefa (ver, por exemplo, Mayer, 1981, 1983). Dentre essas classificações, uma das mais usadas é a diferenciação entre problemas bem definidos e mal definidos. Um problema bem definido ou estruturado é aquele no qual é possível identificar facilmente se foi alcançada uma solução. Neste tipo de tarefa tanto o ponto de partida do problema (proposição) como o ponto de chegada (solução) e o tipo de operações que devem ser feitas para percorrer a distância entre ambos estão especificados de forma muito clara. Um exemplo de problema bem definido poderia ser qualquer problema de matemática escolar.

Pelo contrário, um problema mal definido ou mal estruturado seria aquele no qual o ponto de partida ou as normas que estipulam quais são os passos necessários para resolver a tarefa são muito menos claros e específicos. Além disso, nas tarefas mal estruturadas é possível encontrar várias soluções muito diferentes entre

si, todas elas válidas como forma de resolver o problema por meio de métodos também diferentes e igualmente válidos. Nesse sentido, é muito mais difícil determinar em que momento foi alcançada uma solução clara para um problema mal definido ou mal estruturado do que para um problema bem definido. Um exemplo de problema mal definido poderia ser o seguinte: "O que você faria para evitar as consequências da recessão econômica ocidental nos países do terceiro mundo?".

Quando falamos de problemas bem ou mal definidos não estamos estabelecendo uma dicotomia clara, mas uma continuidade na classificação das tarefas. Certamente não existem problemas totalmente bem definidos, a não ser as tarefas que denominamos *exercícios*. Neste caso, os alunos sabem claramente de que elementos estão partindo, quais as técnicas que precisam em pregar para chegar à meta e qual é essa meta. Além disso, o professor e o aluno podem avaliar facilmente se essa meta foi ou não alcançada. No entanto, os problemas têm algum ponto de indefinição que os caracteriza como tal. Assim, a questão sobre a eficiência dos times de basquete seria um problema bastante bem definido: a meta seria medir a eficiência no arremesso à cesta; o ponto de partida seria constituído pelo conhecimento do número de bolas arremessadas e do número de bolas encestadas, e os procedimentos possíveis para ir do ponto de partida à meta seriam realmente poucos.

Também não existem problemas totalmente mal definidos, a não ser que sejam propostos alguns cuja solução seja impossível. Mesmo assim, o problema sobre a loucura de Dona Joana seria muito mais aberto e bem menos definido do que o do basquete. Neste caso, teríamos que começar determinando o que entendemos por loucura e o que os contemporâneos de Dona Joana entendiam por loucura, a forma como pode ser avaliada a loucura de uma pessoa morta há muitos séculos ou a validade dos documentos que chegaram a nós para responder a essa questão. Além disso, é possível que duas pessoas analisando o mesmo material cheguem a conclusões diferentes sobre a saúde mental desta senhora, e que em ambos os casos tenha sido realizado um processo rigoroso de solução da tarefa.

Não é coincidência que em nossos exemplos os problemas mal definidos pertençam ao campo das Ciências Sociais. Quase todas as tarefas procedentes deste campo estão geralmente pior definidas do que os problemas que procedem das Ciências da Natureza ou da Matemática. Essa diferença está relacionada com a forma como são estruturados os conceitos nas diferentes disciplinas e com o tipo de conhecimento que exigem, assim como aos procedimentos algo rítmicos desenvolvidos ou exigidos pelas diferentes ciências. Enquanto nas chamadas Ciências Sociais é muito difícil encontrar uma única solução exata para uma tarefa, nos problemas escolares procedentes das Ciências da Natureza - e sobretudo da Matemática - a maioria dos casos tem uma única solução possível. Como será exposto nos capítulos 2, 3 e 4 deste livro, esta disparidade entre os tipos de problemas tem como consequência uma utilização diferente do processo de solução de problemas em cada uma das áreas.

Embora tais diferenças entre os tipos de problemas possam trazer consigo divergências quanto aos procedimentos de resolução, também é verdade que existe uma série de procedimentos e habilidades que são comuns a todos os problemas e que todas as pessoas colocam em ação com maior ou menor competência. É evidente que para resolver qualquer problema temos que prestar atenção, recordar, relacionar entre si certos elementos; mas também é verdade que na maioria dos problemas estas habilidades têm que estar numa determinada ordem para que nos levem à meta.

Passos para a solução de um problema

Além dos elementos que acabamos de resumir, e independentemente de que uma tarefa esteja bem ou mal definida, a solução do problema exige uma compreensão da tarefa, a concepção de um plano que nos conduza à meta, a execução desse plano e, finalmente, uma análise que nos leve a determinar se alcançamos ou não a meta.

A seqüência que acabamos de descrever é semelhante à que o matemático Polya (1945) estabelecia como necessária para resolver um problema (ver o quadro 1.1.). Embora Polya tenha baseado seu livro em observações sobre a forma como especialistas em Matemática (incluindo ele mesmo) solucionavam problemas, tanto a seqüência descrita sobre como eles devem ser solucionados como os conselhos sobre a utilização e introdução dos problemas em sala de aula têm servido de base para planejar problemas escolares em diversos âmbitos do conhecimento. Em outras palavras, as fases de solução de problemas e os métodos heurísticos para buscar essa solução, na descrição de Polya, têm sido considerados como métodos gerais de solução de tarefas, independentes de seu conteúdo. Da mesma forma, grande parte dos modelos sobre como "ensinar a pensar e a resolver problemas" elaborados a partir desse enfoque basearam-se também em tarefas de caráter matemático ou numérico (ver, por exemplo, para uma revisão, Nickerson, Perkins e Smith, 1985) e, segundo se pretende, podem ser facilmente generalizados a outras tarefas.

Assim, segundo Polya e outros autores, o primeiro passo na solução de problemas consiste na compreensão dos mesmos. Certamente é desnecessário afirmar que é impossível resolver uma tarefa sem uma compreensão prévia da mesma, porém compreender um problema não significa somente compreender as palavras, a linguagem e os símbolos com os quais ele é apresentado, mas também assumir a situação desse problema e adquirir uma disposição para buscar a solução. Geralmente, para que possamos expor a situação como um problema devemos tomar consciência de que estamos diante de uma situação nova, de que ocorreu uma mudança em relação a uma situação anterior ou, então, de que nos deparamos com uma tarefa para a qual temos somente uma explicação insuficiente. Dito de outra forma, compreender um problema implica dar-se conta das dificuldades e obstáculos apresentados por uma tarefa e ter vontade

d~ tentar superá-las. Para que essa compreensão ocorra, é logicamente necessário que, além dos elementos novos, o problema contenha problemas já conhecidos que nos

Quadro 1.1. *Passos necessários para resolver um problema, segundo Polya*

Compreender o problema

- Qual é a incógnita? Quais são os dados?
- Qual é a condição? A condição é suficiente para determinar a incógnita? É suficiente? Redundante? Contraditória?

Conceber um plano

- Já encontrou um problema semelhante? Ou já viu o mesmo problema proposto de maneira um pouco diferente?
- Conhece um problema relacionado com este? Conhece algum teorema que possa lhe ser útil? Olhe a incógnita com atenção e tente lembrar um problema que lhe seja familiar ou que tenha a mesma incógnita, ou uma incógnita similar.
- Este é um problema relacionado com o seu e que já foi resolvido. Você poderia utilizá-lo? Poderia usar o seu resultado? Poderia empregar o seu método? Considere que seria necessário introduzir algum elemento auxiliar para poder utilizá-lo? - Poderia enunciar o problema de outra forma? Poderia apresentá-lo de forma diferente novamente? Refira-se às definições.
- Se não pode resolver o problema proposto, tente resolver primeiro algum problema semelhante. Poderia imaginar um problema análogo um pouco mais acessível? Um problema mais geral? Um problema mais específico? Pode resolver uma parte do problema? Considere somente uma parte da condição; deScarte a outra parte. Em que medida a incógnita fica agora determinada? De que forma pode variar? Você pode deduzir dos dados algum elemento útil? Pode pensar em outros dados apropriados para determinar a incógnita? Pode mudar a incógnita? Pode mudar a incógnita ou os dados, ou ambos, se necessário, de tal forma que a nova incógnita e os novos dados estejam mais próximos entre si?
- Empregou todos os dados? Empregou toda a condição? Considerou todas as noções essenciais concementes ao problema?

Execução do plano

- Ao executar o seu plano de resolução, comprove cada um dos passos. - Pode ver claramente que o passo é correto? Pode demonstrá-lo?

Visão retrospectiva

- Pode verificar o resultado? Pode verificar o raciocínio?
- Pode obter o resultado de forma diferente? Pode vê-lo com apenas uma olhada? Você pode empregar o resultado ou o método em algum outro problema?

permitam guiar a nossa busca de solução. Partamos, como exemplo, do famoso problema cripto-aritmético proposto por Bartlett (1958).

Sabendo que D é igual a 5 e que a cada letra corresponde, exclusivamente, um só dígito de 0 a 9, e que a cada dígito corresponde uma única letra, tente resolver a seguinte soma substituindo as letras por números:

$$\begin{array}{r} \text{DONALD} + \\ \text{GERALD} \\ \hline \text{ROBERT} \end{array}$$

Para compreender este problema seria necessário, em primeiro lugar, compreender a linguagem em que está expressa a tarefa e ter adquirido previamente certos conhecimentos como, por exemplo, as regras da adição. Além disso, exige que tomemos consciência de que estamos diante de uma tarefa conhecida, "uma soma", cuja solução exige que coloquemos em ação algumas regras conhecidas mas, ao mesmo tempo, de que esta tarefa apresenta elementos desconhecidos (somam-se letras, ao invés de números), o que representa uma certa dificuldade. Finalmente, para que esta tarefa constitua um problema é necessário que alguém tenha o tempo necessário e o interesse suficiente para tentar resolvê-lo (2).

Existem diferentes técnicas que podem contribuir para que um aluno compreenda um problema (ver, por exemplo, o livro de Bransford e Stein, 1984, *Solução ideal de problemas*). Algumas dessas técnicas foram incluídas no quadro 1.2. Geralmente, todas as atividades que ajudem a pessoa a dar-se conta de quais são os elementos conhecidos na tarefa e quais são os novos contribuem para uma melhor compreensão. Outras técnicas, como introduzir elementos surpreendentes, mudar as atividades ou encaixar os problemas no contexto dos interesses dos alunos certamente os ajudarão a adquirir interesse pelas tarefas, tentando resolvê-las.

De acordo com Polya (1945), após termos compreendido o problema! devemos conceber um plano que nos ajude a resolvê-lo. Em outras palavras, devemos nos perguntar qual é a distância entre a situação da qual partimos e a meta à qual pretendemos chegar, e quais são os procedimentos mais úteis para diminuir essa distância. Polya e outros autores distinguem entre procedimentos "estratégicos" ou "heurísticos" e outros procedimentos de solução de problemas tais como as "regras", os "algoritmos", ou os "operadores". Enquanto que estes últimos procedimentos se constituem em conhecimentos adquiridos que permitem transformar a informação de uma maneira fixa, eficaz e concreta, embora possam ser utilizadas num grande número de situações, as "estratégias" ou procedimentos "heurísticos" guiam a solução de problemas de uma forma muito mais vaga e global. Geralmente os planos, metas e submetas que o aluno pode estabelecer em sua busca durante o desenvolvimento do problema são denominados estratégias ou procedimentos heurísticos de solução de problemas, enquanto que os procedimentos de transformação da informação requeridos por esses planos, metas

(2) A resolução deste problema e a ordem que se deve seguir para encontrar a sua solução podem ser consultadas no final do capítulo (p. 42).

Quadro 1.2. Algumas técnicas que ajudam a compreender melhor os problemas

- Fazer perguntas do seguinte tipo:
 - Existe alguma palavra, frase ou parte da proposição do problema que não entendo?
 - Qual é a dificuldade do problema?
 - Qual é a meta?
 - Quais são os dados que estou usando como ponto de partida?
 - Conheço algum problema similar?
- Tomar a propor o problema usando seus próprios termos.
- Explicar aos colegas em que consiste o problema.
- Modificar o formato da proposição do problema (usar gráficos, desenhos, etc.) - Quando é muito geral, concretizar o problema usando exemplos.
- Quando é muito específico, tentar generalizar o problema.

e submetas são denominados regras, algo ritmos ou operações. A diferença entre esses dois tipos de procedimentos está estabelecida também no *DCB* da *ESO* na área de Matemática, onde é feita a distinção entre estratégias gerais, de um lado, e algo ritmos e habilidades, de outro.

Existe uma grande variedade de estratégias que qualquer sujeito pode utilizar diante de um problema determinado e que abrangem desde a busca por meio de ensaio e erro (útil somente em um pequeno número de tarefas, com algumas características muito determinadas e que, portanto, é pouco provável que apareça na solução de problemas escolares) até estratégias muito mais sofisticadas. Algumas dessas estratégias podem ser vistas no quadro 1.3. Como pode observar-se, são métodos gerais suscetíveis de serem usados em qualquer tarefa. A análise meios-fins e qualquer um dos outros diferentes métodos heurísticos podem ser úteis tanto num problema de Matemática como numa tarefa de Física ou num trabalho de História.

No problema $GERALD + DONALD = ROBERT$ que apresentamos anteriormente, essa fase consistiria, portanto, em conceber um plano que nos ajude a transformar as letras em números. Neste caso, o planejamento do problema deve levar em consideração muito especialmente a ordem que será seguida na solução, já que somente é possível alcançar a meta se agirmos seguindo determinados pas

Quadro 1.3. Alguns procedimentos heurísticos de solução de problemas

- Realizar tentativas por meio de ensaio e erro. - Aplicar a análise meios-fins.
- Dividir o problema em subproblemas.
- Estabelecer submetas.
- Decompor o problema.
- Procurar problemas análogos.
- Ir do conhecido até o desconhecido

sos. (Convidamos o leitor a procurar essa ordem por si mesmo, tentando observar as suas próprias estratégias antes de ler a solução no final deste capítulo). Um dos procedimentos heurísticos úteis para solucionar esse problema pode ser, por exemplo, "ir do conhecido até o desconhecido". Assim, podemos nos perguntar se existe alguma letra que seria possível transformar diretamente em número ($D = 5$) e se essa transformação nos permite procurar novas transformações por meio de regras conhecidas ($5 + 5 = 10$, logo $T = 0$).

Como parece claro, a utilização desses procedimentos heurísticos ou estratégias não garante, por si só, o sucesso de um problema. As estratégias são métodos vagos e muito gerais e por isso dificilmente podem garantir que se alcance a solução de uma tarefa determinada. O sucesso de uma estratégia dependerá tanto da maneira como a estrutura se adaptará à tarefa como da presença de regras, algoritmos e operadores concretos, ou seja, de técnicas que contribuam para que o sujeito desenvolva de maneira efetiva seus planos. Assim, no nosso exemplo, o procedimento heurístico "ir do mais conhecido para o menos conhecido" terá muito pouco sucesso se a pessoa que está resolvendo esta tarefa não souber, por exemplo, que a soma de dois números iguais dá origem a um número par, ou que quando a soma é superior à dezena escrevemos somente o dígito correspondente às unidades, "transportando" o correspondente às dezenas.

Nesse sentido, parte das diferenças individuais na solução de problemas podem ser motivadas por diferenças na aprendizagem que contribuem para que as pessoas armazenem em sua memória, a longo prazo, tipos e números diferentes de regras concretas para os diferentes problemas. Grande parte dessas regras foram aprendidas através da apresentação reiterada de tarefas similares que contribuíram para automatizar métodos de solução que os alunos não possuíam previamente. Em outras palavras, uma vez descoberto um método, diante de um determinado problema, ou após ter sido exposto pelo professor, a consolidação do mesmo e a sua transformação em regra automatizada depende da sua colocação em ação em exercícios variados, apresentados em diferentes contextos.

Entretanto, as diferenças na utilização de estratégias não dependem somente de que a pessoa conte com regras suficientes mas também dependem, em grande parte, da estrutura da tarefa e das instruções que a acompanham. Assim, por exemplo, Simon (1978) afirma que as representações que um sujeito constrói estão guiadas fundamentalmente pela forma como adquirem as instruções da tarefa. Dessa maneira, segundo este autor, o aluno escolherá, dentre as estratégias alternativas disponíveis, aquela que melhor se encaixe na linguagem usada no enunciado do problema que está resolvendo, ao invés de procurar a representação mais eficaz, que tornaria mais fácil a solução da tarefa. Como veremos mais adiante (por exemplo, no capítulo 2 sobre problemas matemáticos), existem inúmeros trabalhos que mostram que grande parte dos alunos se deixam guiar pelas características superficiais do problema quando escolhem a estratégia mais útil. Dessa forma, é possível que muitas pessoas tentem solucionar a tarefa que propusemos anterior mente tentando seguir a mesma ordem que usamos para uma soma normal.

Após termos delineado um plano, o terceiro passo que deve ser levado a cabo para solucionar uma tarefa é, dentro do esquema de Polya, logicamente, executar esse mesmo plano. Este passo consiste em desenvolver o plano que havia

sido previamente elaborado e transformar o problema por meio das regras conhecidas. Normalmente a execução deste terceiro passo faz com que o problema se transforme em outro, na medida em que variam os elementos conhecidos e desconhecidos. Essas modificações podem obrigar-nos a que nos coloquemos, desde o princípio, diante de um novo problema. A solução de problemas não segue sempre uma seqüência linear como a que estamos descrevendo. Na verdade, o que mais ocorre é a situação contrária. O estabelecimento de um plano e a sua execução fazem com que nos coloquemos novos problemas que precisamos levar em consideração e para os quais precisamos delinear novos planos. Essa situação produz-se especialmente naqueles problemas que exigem uma subdivisão em submetas. Cada vez que uma submeta é atingida, o problema transforma-se em uma questão tão diferente da inicial que nos obriga a começar novamente o processo de solução. Assim, se concebermos como uma submeta o fato de ter transformado as letras em números conhecidos no problema $GERALD + DONALD = ROBERT$ e substituímos as letras D por 5 e a letra T por 0, precisaremos definir um novo problema no qual estas letras e números não podem aparecer como solução.

Finalmente, o processo de solução de um problema termina quando o objetivo estabelecido foi alcançado e com a análise da solução obtida. Todo mundo sabe como os alunos costumam incluir em seus exames soluções impossíveis para uma determinada tarefa ou encontram resultados em situações impossíveis. Esses erros são mais prováveis diante de tarefas consideradas pelo aluno como exercícios, nas quais se requer a resolução de um problema. Nesse caso, a análise da solução obtida, tanto nos diferentes momentos ao longo do processo de resolução como ao final da tarefa, tornaria mais difícil o surgimento desses erros. Esta fase teria dois objetivos. De um lado, a pessoa que soluciona problemas avalia se alcançou ou não a meta e se deve, por isso, revisar o seu procedimento. De outro, do ponto de vista didático, pode servir para ajudar o aluno a tornar-se consciente das estratégias e regras empregadas e, dessa forma, melhorar a sua capacidade heurística.

Como já comentamos várias vezes, supomos que o processo que acabamos de descrever seja o utilizado por qualquer pessoa que esteja resolvendo um problema. Esta suposição não significa que acreditemos que todo mundo seja capaz de realizar corretamente esse processo. Quanto mais conhecimentos concretos uma pessoa tiver melhor poderá compreender, planejar, etc., o problema. Além disso, podem ser ensinadas determinadas técnicas que tornem esse processo mais eficiente em qualquer área. O próprio Polya

(1945), no livro que comentamos diversas vezes, sugere diferentes métodos que contribuem para melhorar a capacidade de resolução de problemas no campo da Matemática. Assim, este autor supõe que acostumar o aluno a colocar-se perguntas do tipo: "Qual é a incógnita?" ou "Quais são os dados de que disponho?" contribuirá para melhorar sua compreensão do problema. Da mesma forma, colocar-se perguntas do tipo: "Conheço algum problema similar a este?" "Este problema conhecido pode me servir de ajuda?", "Posso enunciar o problema de outra maneira?", etc., ajudaria a conceber um plano para abordar a tarefa.

Da mesma maneira que as diferentes fases de solução de problemas observadas por Polya, estas perguntas têm sido usadas para elaborar métodos que ajudem os estudantes a solucionar problemas. Parte-se do pressuposto de que tanto o processo de solução de problemas como as estratégias ou procedimentos heurísticos são gerais e que, por isso, o treinamento das mesmas em qualquer problema servirá para melhorar a capacidade heurística geral e o processo de solução de problemas em qualquer área. Assim, por exemplo, o programa IDEAL (Bransford e Stein, 1984) parte do princípio de que as diferenças na capacidade de solução de problemas são devido a diferenças na aprendizagem, e que é possível ensinar a resolver problemas de maneira geral. No seu modelo são utilizadas diferentes técnicas que ajudariam a superar as diferentes fases de solução do problema, representadas pelas letras da palavra IDEAL. Para eles, então, os problemas seriam resolvidos em cinco fases, semelhantes às descritas por Polya: *I* = Identificação do problema; *D* = Definição e apresentação; *E* = Exploração de diferentes estratégias; *A* = Ação fundamentada na estratégia e *L* = Logros (resultados), observação e avaliação dos efeitos de nossas atividades. O leitor interessado nesse tipo de método pode encontrar uma excelente revisão no livro de Nickerson, Perkins e Smith (1985).

A maioria dos programas e projetos que tentam ensinar a resolver problemas baseiam-se, fundamentalmente, no projeto e na execução de procedimentos heurísticos ou estratégias. O sucesso desses programas, geralmente, tem sido relativo. Nesse sentido, como colocam Nickerson, Perkins e Smith (1985), é necessário recordar que os procedimentos heurísticos de solução de problemas surgem da observação e análise de tarefas muito concretas. Como víamos antes, grande parte deles baseiam-se nos trabalhos de Polya (1945) referentes à solução de problemas matemáticos e à instrução dada para chegar a essa solução dos problemas nos quais se observou que esses procedimentos heurísticos eram úteis foram normalmente os muito bem definidos pertencentes ao campo da Matemática ou os que somente exigiam, para a sua resolução, a presença de alguns conhecimentos conceituais e procedimentos relativamente limitados. Um exemplo deste último tipo de problemas poderia ser o de *GERALD + DONALD* que expusemos anteriormente, no qual somente é necessário ativar os conhecimentos referentes às regras da adição. Portanto, podemos nos perguntar até que ponto esses tipos de estratégias são igualmente úteis em tarefas menos estruturadas e/ou mais complexas, tanto conceitual como estruturalmente, ou em tarefas pertencentes a outros campos de conhecimento.

Tanto as pesquisas sobre a atuação de especialistas e principiantes que veremos mais adiante como outros trabalhos sobre solução de problemas ou sobre o raciocínio (ver, p. ex. Carretero e García Madruga, 1984; Pérez Echeverría, 1990) parecem indicar que os procedimentos utilizados para solucionar problemas dependem tanto do tipo de conhecimento que os sujeitos possuem como das características do conteúdo ao qual se aplicam.

Estes procedimentos heurísticos estão enunciados de uma forma tão geral e abstrata que, pelo menos teoricamente, podem ser aplicados facil

mente a qualquer tipo de tarefas. "Decompor um problema em subproblemas", "ajustar os meios de que dispomos a um fim determinado", etc. são conselhos certamente úteis para qualquer problema. No entanto, como afirmam Nickerson, Perkins e Smith (1985, p. 104 da tradução para o espanhol) "enunciar princípios abstratos pode ser muito mais fácil do que levá-los à realidade ou encontra: exemplos deles na prática". Em outras palavras, pode ser que instruir um estudante para que "divida um problema em subproblemas" não seja muito útil, já que esse estudante não sabe como usar essa estratégia nesse problema concreto; da mesma forma, o fato de aprender a usar essa estratégia no campo da Matemática pode servir para muito pouco em uma tarefa de Estudos Sociais ou aplicada a um problema de Mecânica.

Nesse sentido, Polya (1945) recomenda ensinar essas estratégias usando, para isso, problemas específicos de áreas muito diversas, o que facilitaria a generalização a diferentes campos do conhecimento e contribuiria para a formação de estratégias gerais. No entanto, é necessário lembrar mais uma vez que o trabalho de Polya se volta fundamentalmente para a solução de problemas matemáticos, e que estes geralmente caracterizam-se por ter uma estrutura muito bem definida e fechada. Nickerson, Perkins e Smith (1985) salientam na sua revisão de diferentes métodos e teorias sobre como ensinar a pensar que os trabalhos sobre o ensino desse tipo de estratégias enfrentam duas dificuldades. De um lado, é difícil saber quando tais estratégias são úteis e irão ajudar a resolver uma tarefa. De outro, mesmo que essas estratégias ou procedimentos heurísticos sejam suficientemente bem especificados ou operacionalizados para poderem ser programados em um computador, podem não ser suficientemente concretos para a sua realização dentro de um campo ou área pouco conhecidos. De qualquer forma, parece difícil, tanto por razões psicológicas como didáticas, treinar os alunos na solução de problemas de uma maneira geral, ou seja, independentemente dos conteúdos concretos aos quais se aplicam.

Em reconhecimento a este fato, a pesquisa e os programas de intervenção projetados atualmente a partir da psicologia instrucional partem do pressuposto de que o uso das habilidades cognitivas é, em grande parte, condicionado pelo conteúdo das tarefas às quais são aplicadas. Nos últimos anos, no caso específico da solução de problemas, os modelos gerais têm sido substituídos por outros mais específicos, baseados em grande parte na comparação entre pessoas com diferentes graus de especialização na solução de problemas concretos.

A SOLUÇÃO DE PROBLEMAS COMO UM PROCESSO ESPECÍFICO: DIFERENÇAS ENTRE ESPECIALISTAS E PRINCIPIANTES

Diante da idéia dominante na abordagem anterior, segundo a qual a solução de problemas se baseia num processo relativamente geral e independente do conteúdo, que pode ser ensinado de maneira mais ou menos formal e logo transferido a diversas áreas do conhecimento, a pesquisa mais recente sobre solução de problemas está enfatizando a especificidade das habilidades e estratégias. Dentro de uma linha relativamente geral, direcionada para a dependência do conteúdo e do contexto no

estudo dos processos cognitivos de aprendizagem e raciocínio, a pesquisa sobre solução de problemas tem sido orientada para a comparação entre sujeitos especialistas e principiantes em áreas de conhecimento específicas. Em vez de tentar identificar um processo geral útil para a solução de qual quer problema, tenta-se conhecer como a experiência e os conhecimentos específicos numa determinada área ou domínio de conhecimento afetam a solução de um problema próprio dessa área. Em outras palavras, segundo esse enfoque, a eficiência na solução de um problema não depende da disposição de estratégias ou habilidades gerais e transferíveis, válidas para qualquer caso, e sim dos conhecimentos específicos úteis para solucionar esse problema.

O rendimento do trabalho especializado seria o modelo para a solução eficiente de um problema. Os físicos resolvem os problemas de Física de maneira mais eficaz que o resto das pessoas porque dispõem de conhecimentos tanto dos conceitos como dos procedimentos específicos para a solução desses problemas não porque se diferenciam nas suas capacidades de processamento ou porque possuam estratégias gerais diferentes das demais pessoas. O mesmo acontecerá com os matemáticos, os cientistas sociais e os historiadores, os médicos ou os enxadristas.

Embora entre os trabalhos que acabamos de mencionar existam várias diferenças metodológicas ou, inclusive, conceituais, todos concordam que comparar o rendimento de pessoas com diferentes níveis de perícia numa área é um recurso útil para identificar os processos psicológicos envolvidos na solução de um problema determinado. Deixando de lado essas diferenças, já que ultrapassariam os interesses deste livro, podemos destacar alguns dos pressupostos básicos dos estudos sobre especialistas e principiantes que serão de grande utilidade para dar sentido aos dados obtidos nessas pesquisas (para uma análise mais detalhada dos pressupostos e envoltimentos dessa forma de entender a solução de problemas, ver, p. ex. Chi, Glaser e Farr, 1988; Pozo, 1989).

O primeiro e mais fundamental pressuposto dos estudos sobre a solução de problemas por especialistas e principiantes é que as *habilidades e estratégias de solução de problemas são específicas* a um determinado domínio e, por isso, dificilmente transferíveis de uma área a outra. Não haveria regras gerais úteis para a solução de qualquer problema, ou seriam insuficientes e meramente orientadoras; assim, quando diante de um problema, as quatro fases enunciadas por Polya, referidas anteriormente, somente proporcionariam um esquema geral que é necessário encher de "conteúdo", ou seja, é preciso desenvolver especificamente para cada área e tipo de problema. Em outras palavras, as regras formais do "bom pensar" não garantiriam uma solução eficaz de problemas se não estiverem acompanhadas de um conhecimento contextual específico. É por isso que os especialistas, cujos conhecimentos são específicos ou próprios de uma área determinada, são, como veremos, muito mais eficientes em certos parâmetros da solução de problemas.

Dada essa especificidade, *a maior eficiência na solução de problemas pelos especialistas não seria devido a uma maior capacidade cognitiva geral e sim aos seus conhecimentos específicos*. Sem negar a possível influência de certas predisposições ou diferenças individuais restritas a áreas específicas, a distinção especialistas/principiantes assume que uns e outros não diferem nas suas capacidades gerais de processamento nem na sua

"inteligência geral" e sim na sua formação específica. Assim, por exemplo, foi comprovado que os jogadores especialistas em xadrez não são diferentes das demais pessoas nem na sua inteligência geral nem na sua capacidade global de memória. Conseqüentemente, o treinamento para a solução de problemas não deve apoiar-se tanto no desenvolvimento de capacidades gerais como em proporcionar ao aluno conhecimento específico de seu domínio. A solução de problemas abstratos ou matemáticos não garantiria ao aluno dispor de meios eficazes para resolver problemas concretos em outras áreas do conhecimento.

No entanto, sabe-se que os jogadores de xadrez lembram mais e melhor das posições de xadrez sempre que estas correspondam a configurações reais ou prováveis na sua experiência cotidiana jogando xadrez; o mesmo aconteceria com os médicos que recordam melhor os sintomas das doenças ou com os garçons lembrando das consumações de cada cliente. Isso é devido, segundo este enfoque, à que *a perícia implica uma utilização ideal dos recursos cognitivos disponíveis na própria área de especialidade*. Em outras palavras, os especialistas, embora não se diferenciem em suas capacidades gerais de solução de problemas, destacam-se pela sua capacidade de prestar atenção, lembrar, reconhecer, manipular informação e raciocinar sobre ela na própria área de sua especialidade. A mudança cognitiva envolvida na formação de um especialista ou no aumento da perícia de alguém (por exemplo, um aluno) numa área determinada (como a solução de problemas geométricos) reside, em parte, na superação das próprias limitações ou desvios de processamento para aceder a um melhor uso dos próprios recursos cognitivos nesse domínio.

Além disso, considera-se *que as habilidades de resolução de problemas e, em geral, a perícia, são um efeito da prática*. Por conseguinte, a solução de problemas não só pode ser treinada mas deve sê-lo através de muita prática. De fato, afirma-se que são necessárias milhares de horas de prática ou exercício concentradas em pelo menos dez anos de experiência intensiva para se chegar a ser especialista em alguma coisa, seja escrever a máquina, pilotar um avião ou ensinar Matemática. Embora os alunos não precisem ser especialistas, precisam desenvolver uma perícia suficiente, que somente poderá ser adquirida através do exercício.

Talvez mais do que outros enfoques, os estudos sobre especialistas e principiantes insistem na idéia de que para saber resolver problemas numa área é imprescindível ter tentado e, se possível, conseguido resolver muitos problemas nessa área. No entanto, nem todos os tipos de prática são igualmente eficazes; o que costuma caracterizar a experiência de um bom especialista não é tanto a quantidade, necessária mas não suficiente, mas o fato de sua prática ser orientada por princípios conceituais que lhe dão sentido (Glaser, 1992). O enxadrista especialista não somente praticou muitas vezes a defesa siciliana mas também sabe quando, como e porque deve escolher esse tipo de defesa diante de outras alternativas. Como veremos mais detalhadamente no capítulo 5, a solução de problemas requer que o treinamento técnico seja complementado por um conhecimento estratégico que permita utilizar essas técnicas de modo deliberado no contexto de tarefas ou situações abertas, que admitem soluções diversas, às quais chamamos de *problemas*.

Somente quando o aluno tiver praticado com situações desse tipo/ e não somente com tarefas rotineiras fechadas, estará em condições de transferir estrategicamente seu conhecimento para outros problemas.

Finalmente, esse enfoque considera que *a eficiência na solução de problemas depende muito da disponibilidade e da ativação de conhecimentos conceituais adequados*. Ou seja, existirá uma íntima relação entre o domínio de habilidades procedimentais e a aquisição de conhecimento conceitual. A importância que esse enfoque concede ao conhecimento de fatos e conceitos na solução de problemas provoca uma insistência nas diferenças em conhecimentos específicos de especialistas e principiantes/ devido não somente a um aumento quantitativo da informação específica disponível na memória mas também a uma reestruturação dessa informação que dá origem a estruturas conceituais novas e mais eficazes (Carey, 1985; Pozo/ 1989). Na verdade, essas diferenças nos conhecimentos específicos podem chegar a compensar outras limitações no processamento de informação. Assim, por exemplo, observou-se que crianças "especialistas" - ou seja, com um alto nível de conhecimentos específicos - em determinada área (por exemplo, em futebol) podem superar/ em rendimento, crianças de mais idade ou/ inclusive, adultos "principiantes" nessa área, que evidentemente as superam nas capacidades gerais de processamento.

Vemos, então, que a maneira como esse enfoque concebe a solução de problemas tem implicações bem diferentes das do enfoque "geral" anterior para o treinamento na solução de problemas e, é claro, para a inclusão das habilidades e estratégias de solução de problemas no currículo. Obviamente, não faz parte do currículo da Educação Básica, nem sequer do currículo do Ensino Médio, transformar seus alunos em especialistas. No entanto, segundo os defensores desse enfoque, os alunos deveriam adquirir uma perícia específica em diversas áreas do currículo para que pudessem resolver com eficiência os problemas surgidos nas mesmas. Sem pretender fazer uma análise sequer sucinta dos resultados obtidos nos estudos sobre solução de problemas por especialistas e principiantes, tentaremos destacar aqueles que no nosso ponto de vista são as principais implicações desse enfoque para o tratamento curricular da solução de problemas. Para tanto, recuperaremos os quatro pontos fundamentais do objetivo enunciado no *DCB* da Educação Secundária, ao qual fizemos referência anteriormente, e os analisaremos à luz das diferenças existentes entre especialistas e principiantes na solução de problemas.

As estratégias pessoais de especialistas e principiantes

Muitos estudos têm demonstrado que a suposta superioridade dos especialistas em relação aos principiantes na solução de problemas está relacionada com as diferentes maneiras com que uns e outros enfrentam os problemas. Assim, comprovou-se que os especialistas não somente são mais rápidos e cometem menos erros na solução de problemas mas que, principalmente, adotam estratégias diferentes das empregadas pelos principiantes.

Conforme ficou demonstrado em diversas pesquisas, realizadas comumente com problemas bem definidos nos quais as condições iniciais do problema, os operadores úteis e o tipo de solução requerida são conhecidos, os especialistas costumam investir menos tempo do que os principiantes na sua solução, já que os conhecimentos prévios disponíveis lhes permitem reconhecer com facilidade as características ou atributos essenciais do problema e aplicar, de forma normalmente rotineira ou automatizada, procedimentos de solução adequados. Ou seja, os especialistas *reconhecem* com maior facilidade o problema como uma situação conhecida, de modo a estabelecer de maneira mais ou menos automática, usando a terminologia de Polya, o plano de ação adequado que executam com rapidez e eficiência. Observou-se que diante desse tipo de problemas os especialistas tendem a usar o que é conhecido como uma "estratégia para a frente", ou seja, partem das condições enunciadas no problema e se dirigem para a meta ou solução; no entanto, os principiantes, sem suficientes conhecimentos prévios e habilidades automatizadas para transformar o problema num simples exercício, sentem-se obrigados a recorrer a uma "estratégia para trás", muito semelhante aos procedimentos meios-fins identificados na solução de problemas tradicional. Esta estratégia consiste em partir da definição dos objetivos ou metas do problema (solução) para ir operando sobre os dados ou condições iniciais à procura de uma redução na diferença entre esse estado inicial e a solução.

Poderíamos dizer que a perícia normalmente permite reduzir aquilo que para um principiante constitui um problema a um simples exercício de aplicação de rotinas automatizadas. Uma das teorias mais disseminadas sobre a explicação do comportamento especializado faz referência ao processo de automatização de habilidades que permite ao especialista realizar de maneira rápida, eficaz e com um mínimo de atenção tarefas que para as pessoas não especializadas nesse tipo de problemas seriam difíceis e trabalhosas. Tomando como modelo, por exemplo, a teoria da aquisição de habilidades de Anderson (1983)/ a solução especializada de um problema envolveria a conversão de um conhecimento verbal ou declarativo/ formado por instruções e regras, em uma seqüência de procedimentos executados de forma rápida e automatizada que, exigindo pouca atenção, permitiria que o especialista executasse outras tarefas paralelas e, conseqüentemente, processasse a informação que geralmente passa despercebida para o principiante (para relacionar essa concepção do conhecimento procedimental com a inclusão de outros procedimentos como conteúdos do currículo, ver Pozo e Postigo, 1993).

Por conseguinte, vemos que a forma especializada de resolver um problema costuma consistir, paradoxalmente, em evitar situações novas ou desconhecidas, como ocorre com muita freqüência nas pessoas com menos experiência. Os conhecimentos acumulados através da prática permitem que o especialista "reconheça" o problema, incluindo-o numa categoria de situações-problema conhecida e aplicando, através de uma busca "para a frente", o procedimento habitual da solução, de tal maneira que, para o especialista, o reconhecimento do problema (fase 1 de Polya) costuma trazer consigo, de forma imediata ou semifechada, os passos a serem dados nas fases 2 e 3 (seleção de um plano estratégico e execução do mesmo). O diagnóstico de um médico especialista costuma envolver um rápido reconhecimento dos sintomas ou traços descritos pelo paciente como **ca**

racterísticos de uma doença conhecida, implicando a imediata prescrição de um tratamento específico.

Poderíamos dizer que a solução especializada de problemas baseia-se em grande parte na aplicação de procedimentos técnicos mais do que no uso deliberado e intencional de estratégias (Pozo e Postigo, 1993). No entanto, esta automatização de técnicas, produto da prática, permite liberar recursos cognitivos que fazem com que a conduta especializada seja também mais eficiente quando enfrenta "verdadeiros problemas", ou seja, situações que não podem ser facilmente reduzidas às categorias já conhecidas. Nesse caso, comprovou-se que os especialistas também recorrem a uma estratégia "para trás", procurando, através de uma seqüência de meios-fins, aproximar os dados iniciais à solução que procuram. A vantagem dos especialistas nesse processo estratégico (ou seja, não automatizado) parece residir no maior controle que exercem sobre seus processos de solução, devido, em grande parte, ao seu conhecimento explícito dos princípios conceituais que regem o problema. Os especialistas planejam melhor, descobrem mais facilmente os seus erros e a informação ausente no problema e conhecem melhor as regras que devem aplicar. Dessa forma, usam os seus conhecimentos conceituais específicos e o seu metac conhecimento para buscar soluções novas que são inacessíveis aos principiantes. Diante de um problema realmente novo, os especialistas podem recorrer a seus conhecimentos conceituais, bem estruturados, para gerar modelos ou analogias dos quais possam ser derivados procedimentos ou estratégias de resolução eficientes. Supostamente, o médico especialista deveria reconhecer com mais facilidade do que um médico principiante a falta de exatidão de um diagnóstico (ou seja, uma falsa definição do problema) ao avaliar as conseqüências da execução ou o plano do tratamento recomendado. A automatização das soluções para problemas habituais, transformados em exercícios "sobreaprendidos", permitiria detectar ou reconhecer com maior facilidade os problemas realmente novos que requerem tratamentos ou estratégias específicas.

Concluindo, dependendo da natureza dos problemas e do conhecimento prévio que tenham a respeito deles, os especialistas baseiam o seu maior rendimento numa acumulação de informação específica na memória e num domínio especializado de procedimentos específicos, no caso de problemas simples, ou então num maior conhecimento conceitual e num maior controle estratégico que lhes permite enfrentar situações parcialmente novas ou desconhecidas. De qualquer forma, a maior eficiência dos procedimentos técnicos e estratégicos empregados pelos especialistas baseia-se no seu maior domínio da base de conhecimentos específicos. Por isso, a habilidade para solucionar problemas é, segundo esse enfoque, específica para cada campo ou domínio de conhecimento.

A especificidade das áreas de conhecimento

Como as estratégias de solução são específicas e adaptadas às características de cada domínio e a cada tipo de problemas, ensinar a solucionar problemas requer, nessa abordagem, treinar a sua resolução especificamente em cada uma das

áreas. Assim, poderíamos diferenciar a solução de problemas nas diferentes áreas do currículo. Talvez as três áreas nas quais, pelos seus conteúdos e tradição educacional, a solução de problemas seria mais relevante, seriam a Matemática, as Ciências da Natureza e as Estudos Sociais, as quais abordaremos detalhadamente nos próximos capítulos. A especificidade dos problemas em cada uma das áreas justifica a sua abordagem separada (ver capítulos 2, 3 e 4), apesar da necessidade de se manter um importante nível de coesão no tratamento da solução de problemas em cada uma delas, para inclusão no currículo das diferentes etapas da educação básica (ver capítulo 5).

A *Matemática* constitui o âmbito mais tradicional do estudo da solução de problemas. Para todos nós, ainda hoje, "resolver um problema" continua evocando cenas semelhantes às sofridas por Bart Simpson durante um de seus "pesadelos escolares", no qual, tentando resolver um problema aritmético, "representava" dois trens lançados em alta velocidade um contra o outro, enquanto o pobre Bart tentava passar mentalmente de um trem para o outro, procurando descobrir quando se cruzavam, até que aos poucos os trens vão se transformando em longas cadeias de números, incógnitas e equações que Bart resolve finalmente multiplicar por zero. Também, em nossos piores sonhos, um "problema" continua evocando intermináveis e confusas séries de números dançando em nossa cabeça.

Uma prova dessa identificação existente entre "problema" e "matemática" nos é dada pelo fato de que a Matemática tem sido uma das áreas nas quais se realiza o maior número de pesquisas e trabalhos sob o rótulo da "solução de problemas". Como víamos nas páginas iniciais deste capítulo, os primeiros trabalhos sobre solução de problemas, partindo de diversos enfoques, basearam seus resultados nas análises e observações do processo de resolução de tarefas matemáticas. Além disso, muitos dos procedimentos heurísticos descritos a partir desse ponto de vista podem ser aplicados, fundamentalmente, ao domínio da Matemática.

Esta posição privilegiada ocupada pela Matemática dentro da área de pesquisa sobre solução de problemas foi determinada, fundamentalmente, pelo fato de que a matemática constitui uma disciplina eminentemente formal ou abstrata, na qual a influência do conteúdo temático se vê minimizada, o que permite propor problemas muito bem definidos e dentro de âmbitos muito fechados, nos quais a execução de uma seqüência correta de procedimentos é a chave do sucesso. Quem não lembra aqueles "estranhos" cenários nos quais tínhamos que decidir quantas balas inexistentes correspondiam a cada criança desconhecida ou qual era o valor exato de uma entidade vaga, chamada x , que estava oculta dentro de um emaranhado de letras e números?

Esse caráter formal da Matemática parece ser reconhecido nos *Diseños Curriculares de Matemáticas* (Projetos Curriculares de Matemática), nos quais são propostos três grandes eixos de procedimentos para o ensino desta matéria: a utilização de diferentes linguagens, algo ritmos e habilidades, e estratégias gerais, que corresponderiam aos requisitos necessários para resolver qualquer problema, segundo Mayer (1983; ver em detalhe o capítulo 2).

Durante os últimos anos, a pesquisa sobre solução de problemas matemáticos tem se concentrado mais nos processos usados por especialistas e principiantes para resolver problemas de tipo não quantitativo, como, por exemplo, os geométricos (ver Schoenfeld, 1987).

Esses trabalhos estão mostrando não somente a influência do conteúdo na solução das tarefas, relacionada com a dificuldade de gerar uma representação adequada especificamente para este problema, mas também estão destacando a importância das habilidades de auto-regulamentação e metacognição no controle do conhecimento heurístico e estratégico.

Em um sentido mais geral, esses desenvolvimentos recentes no campo da resolução de problemas matemáticos estão mostrando como, do ponto de vista cognitivo, a Matemática não pode funcionar como uma linguagem sem conteúdo, como um conjunto de regras sintáticas no qual o conteúdo semântico seria secundário ou irrelevante. De fato, a natureza algébrica e quantitativa não é própria somente dos problemas matemáticos mas, geralmente, é também um traço característico de muitos dos problemas que são propostos pelas *Ciências Naturais*, particularmente na Física e na Química. O discurso científico destas disciplinas requer a quantificação precisa de determinadas variáveis, pelo que a solução de muitos problemas científicos relevantes nessas áreas requer o uso de estratégias de cálculo similares, na maior parte dos casos, às desenvolvidas na Matemática.

Na verdade, um problema de Física ou de Química muitas vezes representa para os alunos mais um problema matemático ou de cálculo do que um problema estritamente físico ou conceitual. Calcular o retrocesso de uma arma de ar comprimido após disparar numa determinada "massa" de perdizes a uma velocidade dada requer do aluno a aplicação de um teorema físico-matemático, de tal forma que, se forem aplicadas corretamente as operações algébricas adequadas, será alcançada uma solução correta, mesmo quando o aluno *não compreende* realmente o funcionamento físico de uma arma de ar comprimido.

Em outras palavras, ao reduzir os problemas científicos a tarefas matemáticas, o aluno estará resolvendo tarefas sem significado para ele. No exemplo anterior, o aluno pode fazer um cálculo correto do retrocesso pela simples aplicação mecânica de um algoritmo "sobrepensado", sem compreender que está estudando a conservação da quantidade de movimento. Este seria um exemplo de prática não guiada por princípios conceituais, que costuma ser pouco eficiente para proporcionar estratégias autônomas de solução de problemas.

Na verdade, a pesquisa recente em Psicologia e Didática das Ciências está destacando a limitada compreensão que os alunos têm de grande parte dos conceitos científicos relevantes do currículo (Driver, Guesne e Tiberghien, 1985; Gómez Crespo, Limón e Sanz, 1991). Assim, por exemplo, para compreender o conceito de "quantidade de movimento" os alunos deveriam modificar as suas crenças solidamente firmadas, a partir da sua experiência cotidiana, numa física pré-newtoniana. Calcular a quantidade de movimento quando estamos presos a concepções que equiparam movimento a força é, no mínimo, paradoxal. Partindo deste enfoque, exigiríamos uma maior dedicação à solução de problemas conceituais ou qualitativos, ou seja, a compreender e explicar situações científicas e cotidianas a partir dos conceitos da ciência. Em outras palavras, o aluno deveria compreender por que a arma retrocede, *antes de* calcular quanto. Deveria, na medida do possível, praticar procedimentos cujos princípios ou regras conceituais subjacentes ele consegue entender.

Esses problemas conceituais requerem, para a sua solução, o uso de estratégias claramente diferentes das empregadas em problemas matemáticos ou quantitativos. Ao invés de tomar como ponto de partida um teorema ou axioma e aplicar uma série de regras "sobrepensadas", isto é, automatizadas por repetição, o aluno deve recorrer a um raciocínio hipotético-dedutivo que lhe permita formular e comprovar hipóteses explicativas sobre o retrocesso da arma. Pesquisas tanto psicológicas como didáticas relacionadas com o uso do pensamento hipotético-dedutivo pelos alunos têm proporcionado muita informação sobre as dificuldades apresentadas pelo uso do "método científico" na resolução de problemas (ver capítulo 3), onde o "método científico" deve ser desmembrado num conjunto de habilidades e estratégias, algumas específicas das Ciências Naturais e outras relativamente gerais ou comuns a outras áreas.

Concluindo, essas e outras habilidades deveriam ser treinadas pelos alunos como parte dos procedimentos necessários para "fazer ciência" e resolver problemas científicos. O domínio desses procedimentos está, no entanto, fortemente condicionado pelo conteúdo conceitual das tarefas às quais se aplicam, pelo que, do ponto de vista do currículo, deveria assumir-se uma íntima conexão entre a aquisição, a reestruturação de conceitos e a solução de problemas científicos. Esta conclusão coincide com a íntima vinculação existente entre conhecimentos procedimentais e declarativos no desempenho dos especialistas quando comparados aos principiantes, cujo "saber dizer" e "saber fazer" costumam diferir muito mais.

Se é possível que existam diferenças entre as diversas Ciências Naturais quanto aos procedimentos necessários para resolver problemas, com mais motivos deve ser reivindicada a especificidade das estratégias adotadas na solução de problemas sociais. Os primeiros estudos e pesquisas sobre a solução de problemas na área de Estudos Sociais partiam da suposição de que as estratégias já identificadas, a partir da obra de Piaget, no pensamento formal aplicado às Ciências da Natureza eram válidas também para a solução de problemas sociais. Assim, estudava-se o uso do pensamento hipotético-dedutivo, o raciocínio lógico e, inclusive, o controle de variáveis. No entanto, logo comprovou-se o que qualquer cientista social poderia ter justificado: que o discurso das Ciências Sociais possui parâmetros próprios, que não podem ser reduzidos ao das Ciências Físico-naturais.

No âmbito da solução de problemas, isso significa que os problemas abordados em Estudos Sociais (História, Geografia, Economia, Antropologia, etc.) possuem características próprias que tornam necessário o uso de estratégias específicas. No contexto dos estudos sobre solução de problemas, costuma-se considerar que os problemas sociais são, por definição, problemas *mal definidos* ou pouco estruturados, que se caracterizam não somente pela falta de definição das condições iniciais do problema mas também pela ausência de uma solução "correta", comumente aceita.

Poderíamos dizer que a relação entre o modelo ou teoria explicativa e os dados ou âmbito de referência do modelo está definida de forma muito imprecisa, o que faz com que parte do processo de solução de problemas consista, justamente, em selecionar o âmbito de referência relevante para o problema, requerendo usualmente decisões heurísticas nas quais costumam ocorrer inúmeros desvios (Carretero, Pozo e Asensio, 1989; Nisbett e Ross, 1980).

Outra característica específica da resolução de problemas sociais, em consequência dessa falta de restrições na definição do problema e da sua solução, é a necessidade de lidar com soluções alternativas para o mesmo problema. A integração de diferentes perspectivas, a compreensão do ponto de vista dos outros, a empatia ou o chamado pensamento "relativista" são habilidades mais exigidas na resolução de problemas sociais do que em outras áreas (ver, por exemplo, Carretero, Pozo e Asensio, 1989; Domínguez, 1986).

A essas dificuldades devido à indefinição dos problemas (ou a suas múltiplas definições alternativas) associa-se a própria complexidade estrutural de grande parte dos problemas sociais estudados pelos alunos. Um traço característico dos problemas sociais é que a sua compreensão costuma requerer a utilização de esquemas de causalidade múltipla ao invés de modelos simplificados de causalidade linear. Esta íntima interdependência entre os diversos âmbitos da realidade social é difícil de ser compreendida pelos principiantes ou pelos alunos em geral, que tendem, como nas outras áreas, a procurar explicações lineares ao invés de complexas interações de fatores. Diante de um raciocínio formal, guiado por uma racionalidade lógica predominante nas Ciências Físico-matemáticas, defende-se como traço cognitivo característico dos especialistas em Ciências Sociais a existência de um raciocínio baseado na capacidade de argumentação, no manejo de fontes e dados, e na elaboração de um discurso organizado e coerente (ver o capítulo 5). Dessa forma, vemos como o treinamento nas estratégias de solução de problemas específicas para cada uma das áreas do currículo pode estar vinculado ao seguinte aspecto, destacado nos objetivos do OCR: a promoção, nos alunos, de novas formas de raciocínio e de tratamento da informação.

A aquisição de hábitos do raciocínio objetivo

A importância dada pelo enfoque instrucional dos especialistas e principiantes às estruturas conceituais e às estratégias próprias de cada domínio representou, também, uma rejeição dos modelos formais de raciocínio, baseados nas formas lógicas do pensamento (para uma revisão desta evolução, ver Carretero e Carcía Madruga, 1984). Se o conteúdo das tarefas é tão determinante para a sua solução, a forma das mesmas deve passar para um segundo plano. Ou, em outras palavras, se para resolver corretamente um problema é necessário ter estruturas semânticas organizadas, a estrutura lógica do raciocínio não é condição suficiente e, às vezes, sequer necessária para um bom raciocínio. Os modelos de *racionalidade lógica* consideravam que o bom pensar estava determinado, antes de mais nada, pela forma lógica do raciocínio, sendo o conteúdo ou a conclusão do mesmo uma questão secundária, razão pela qual a educação deveria concentrar-se na promoção do uso da lógica formal como substrato universal do bom pensar. O âmbito ideal para a proposição e solução de problemas eram a Matemática, a Lógica ou aquelas disciplinas formais - em muitos casos a Física ou a Química - que permitiam propor tarefas fechadas, nas quais o conteúdo ou as crenças pessoais tinham uma mínima "interferência" ou relevância para se chegar a uma solução "correta".

Contudo, tendências recentes na psicologia do raciocínio e na solução de problemas apontam cada vez mais para uma *racionalidade pragmática*, na qual o bom pensar está determinado mais pelo contexto e as metas da tarefa (por exemplo, Holland *et ai*, 1986; Pérez Echeverría, 1990; Pozo, 1987). Não haveria uma forma universal para o bom pensar, mas este dependeria não somente do conteúdo da tarefa (como a área de conhecimento ou a tarefa à qual fora aplicada) mas também das metas ou fins da tarefa (trata-se de descobrir como funciona o fomo de microondas ou simplesmente de conseguir fazer com que funcione corretamente?) e do contexto social no qual ela ocorre (por exemplo, a sala de aula diante da vida cotidiana). Todos estes fatores condicionam o que se considera - social ou contextualmente - uma solução correta em um momento dado. O aluno sabe que o seu professor espera que diante do problema do retrocesso da arma realize um cálculo preciso, mas diante de um alvo real o problema é outro, e a solução correta é acertar esse alvo.

Essa natureza pragmática da solução de problemas continua exigindo a necessidade de treinar formas específicas de raciocínio que se tomam especialmente eficazes para a solução de problemas científicos complexos (ou, na verdade, para a solução científica de problemas cotidianos). A psicologia do raciocínio tem mostrado a existência de algumas formas de raciocínio intuitivo que todos usamos habitualmente na vida cotidiana e que, por sua natureza, diferem bastante dos tipos de raciocínio que costumam ser exigidos na sala de aula para a solução de problemas científicos.

Essas formas de raciocínio intuitivo, que não podemos aqui analisar em detalhe (ver, por exemplo, Carretero e Carcía Madruga, 1984; Pérez Echeverría, 1990; Pozo, 1987), consistiriam basicamente em regras intuitivas, facilmente acessíveis e muito econômicas cognitivamente, que permitiriam reduzir situações novas e/ ou complexas a exercícios e tarefas conhecidos, de tal forma que se alcançasse com o menor custo possível uma solução coerente com os conhecimentos disponíveis, o contexto e as metas da tarefa.

Na verdade, essas regras de raciocínio intuitivo, conhecidas também como procedimentos *heurísticos* de julgamento, estariam na base de grande parte dos conhecimentos intuitivos ou das teorias implícitas com as quais os alunos chegam à sala de aula (por exemplo, Pozo *et ai.*, 1991). Costumam caracterizar-se por serem implícitas (ou seja, inconscientes), rápidas e automáticas na sua execução, e por serem guiadas mais pelo conteúdo da tarefa - e pela facilidade com que este evoca conteúdos na memória - do que por sua estrutura lógica. Nesta medida, embora muito úteis na vida cotidiana, essas regras "de senso comum" costumam ser superficiais ou insuficientes para abordar problemas científicos mais complexos, levando a "erros" conceituais e procedimentais característicos (por exemplo, Driver, Cuesne y Tiberghien, 1985; Pérez Echeverría, 1990).

O uso de estratégias mais sofisticadas para a solução de problemas exigiria, então, em determinados contextos escolares e não escolares, a superação ou o abandono dessas formas simples ou intuitivas de raciocínio. Afinal, o discurso científico e a racionalidade na qual ele se sustenta costumam ser contrários à intuição Imediata e à racionalidade do "senso comum". Em muitos aspectos, resolver um problema como o faria um cientista requer a adoção de estratégias e procedimentos opostos à intuição ou às regras heurísticas habitualmente empregadas em contextos informais

Por isso, o ensino da solução de problemas deve promover e consolidar o uso de novas formas de raciocínio nas diferentes áreas do currículo.

Entre essas novas formas de raciocinar e pensar que podem ser objeto do ensino podemos destacar, para os atuais propósitos, três formas de raciocínio habituais na ciência que contrastam com o que costumamos fazer na vida cotidiana de uma maneira intuitiva.

Em primeiro lugar, a ciência precisa de um *raciocínio quantitativo* que costuma estar ausente no discurso cotidiano. Grande parte dos conceitos e modelos científicos, claramente na Matemática, mas também nas Ciências Naturais e, inclusive, em alguns casos, nas Ciências Sociais, baseiam-se numa análise quantitativa de dados que requer o uso de certas estratégias de raciocínio quantitativo que estão longe de ser intuitivas. Um exemplo claro disso são todas as formas de raciocínio proporcional, probabilístico e correlacional, necessárias para resolver não somente problemas matemáticos e estatísticos mas também para fazê-lo em Física, Química, Biologia, Economia, Psicologia ou Geografia. Diante das estratégias de cálculo baseadas no cálculo de raízes e proporções, os alunos tendem a usar procedimentos heurísticos aproximativos, de tipo qualitativo ou parcialmente quantitativo (por exemplo, Pérez Echeverría, 1990; Pérez Echeverría, Carretero y Pozo, 1986). Uma abordagem mais profunda dessas idéias será encontrada no capítulo 2.

Além disso, o raciocínio científico costuma requerer um contraste entre teorias ou modelos de um lado, e dados ou fatos de outro, de forma a produzir um ajuste progressivo do conhecimento teórico aos dados disponíveis. O contraste entre teorias e dados requer não somente quantificações (por exemplo, raciocínio probabilístico) mas também formas de *raciocínio lógico*, que tampouco são intuitivas. Embora seja um assunto hoje debatido não só na pesquisa psicológica mas também na didática e até na epistemológica, parece claro que na aprendizagem da ciência os alunos precisam descobrir a necessidade de procurar dados favoráveis e contrários aos modelos que lhes são apresentados, sabendo extrair conclusões lógicas da ocorrência de contra-exemplos (por exemplo, Carretero, 1984). Obviamente, o contraste entre teorias e dados requer procedimentos diferentes nas Ciências Naturais (ver capítulo 3) e nas Ciências Sociais (ver capítulo 4), baseados provavelmente na diferença entre a lógica de cada uma das disciplinas.

Embora pareça difícil conceber um pensamento científico em qualquer área que não seja dependente de um tratamento adequado dos dados empíricos, os modelos de aprendizagem das ciências, seguindo a rota traçada pelas próprias reflexões dos historiadores e teóricos da ciência, cada vez mais colocam em dúvida a afirmativa de que a comparação com os dados dê origem a mudanças substanciais nas teorias.

Tomando como base a insuficiência dos modelos de racionalidade lógica e, em parte, as contribuições dos estudos sobre especialistas e principiantes, esses modelos começam a insistir em que a solução de problemas está, em grande parte, vinculada à utilização de certas formas de *raciocínio causal* ou, inclusive, como coloca Chi (1992), de raciocínio "acausal". Diante da inferência causal cotidiana, linear e, frequentemente, unidirecional, as estruturas conceituais da ciência requerem, para serem aplicadas à solução de problemas, esquemas de interação causal ou acausal que implicam uma compreensão da íntima interconexão existente entre diversos fatores, assim como a entidade não-material ou conceitual desses mesmos fatores (por exemplo, Chi, 1992; Pozo, 1987; Pozo *et al.*, 1992). Já mencionamos que um dos traços característicos das Ciências Sociais, destacado no próprio DCB, é a natureza multicausal de seus esquemas explicativos, associada à coexistência de duas formas complementares de explicação, causal e intencional, que compõem, além do conhecimento, uma parte muito importante das habilidades e estratégias necessárias para resolver problemas sociais (ver o capítulo 4). Embora geralmente os modelos sejam mais fechados nas Ciências Naturais, definindo melhor as variáveis interverentes assim como a interação entre as mesmas, também costumam exigir interações complexas entre entidades conceituais abstratas, com o que se afastam consideravelmente dos procedimentos heurísticos empregados no raciocínio causal cotidiano, como a semelhança, a contigüidade espacial e temporal ou a covariação (para uma explicação do uso cotidiano destas regras de pensamento na compreensão intuitiva da ciência, ver o capítulo 3).

Logicamente, essas diversas formas de raciocínio científico não se aplicam igualmente a todas as áreas nem a todos os problemas. Na verdade, a contraposição entre raciocínio cotidiano e científico deveria ser concebida mais como um *continuum*, que poderia ser definido, em parte, através das três polaridades que acabamos de delimitar. Isso significa que o uso de umas ou outras formas de raciocínio para a solução de um problema concreto constitui uma questão *estratégica*, dependente do contexto e das metas da tarefa. Ou, em outras palavras, a melhor solução para um problema estará definida por critérios pragmáticos, e não por critérios lógicos. Por isso, muitas vezes a melhor solução para um problema escolar acaba mostrando-se pouco eficiente diante de um problema cotidiano aparentemente similar, tomando muito difícil a transferência do conhecimento de um âmbito para o outro.

A transferência para a solução de problemas cotidianos

A transferência ou generalização dos conhecimentos adquiridos para um novo contexto ou domínio constitui o problema de aprendizagem mais difícil de superar, tanto para as teorias da aprendizagem como para a própria prática didática e educacional.

Muitas vezes não é difícil fazer com que os alunos aprendam a aplicar um determinado procedimento ou conceito no contexto de um problema determinado; o que é realmente difícil é que aprendam a usá-lo de forma relativamente autônoma, transferindo-o espontaneamente para novos problemas nos quais poderia ser potencialmente útil. Esta transferência toma-se difícil de um assunto ou unidade didática para outra, e de uma área para outra, mas é especialmente complicada quando se trata de transferir uma habilidade ou conhecimento adquirido em aula para um contexto mais cotidiano ou informal.

O principal motivo desta dificuldade de transferência é a diferença existente entre os contextos nos quais o aluno aprende, inicialmente, a resolver um problema e os novos contextos para os quais deve fazer a transferência. Parece estar provado que quanto maior for a semelhança entre o contexto de aprendizagem e o contexto de recuperação mais fácil será a transferência. Entretanto, os contextos escolares costumam ser muito diferentes, quase opostos em muitos aspectos aos contextos sociais nos quais se pretende que, mais tarde, os alunos apliquem os conhecimentos aprendidos (como exemplo, ver no capítulo 3 as diferenças entre problemas científicos, escolares e pessoais). Embora não se trate de reduzir os problemas escolares ao formato das tarefas e situações cotidianas (ver capítulo 5), parece que para que os alunos enfrentem as tarefas escolares como verdadeiros problemas é necessário que elas tenham relação com os contextos de interesse dos alunos *ou*, pelo menos, adotem um formato interessante, no sentido literal do termo.

Parece, então, imprescindível ampliar o âmbito dos problemas escolares, tanto na sua natureza, incluindo também problemas abertos ou mal definidos, como no seu conteúdo, abrangendo também alguns dos problemas e situações que causam inquietação nos alunos. Contudo, é provável que nem isso seja suficiente para garantir uma transferência mínima. As diferenças entre as tarefas escolares e as situações escolares não residem somente no tipo de problemas propostos mas, principalmente, na definição de metas e no contexto no qual se inserem. Em última análise, não serão as tarefas em si, mas a forma de propô-las aos alunos e as metas fixadas que definirão uma situação como um problema ou apenas como mais um simples e insignificante exercício.

A passagem do exercício para o problema, ou do uso técnico do conhecimento para o seu uso estratégico (Pozo e Postigo, 1993; ver também O capítulo 5) constitui, muitas vezes, o longo caminho que é preciso percorrer da sala de aula até a vida cotidiana. Como colocávamos no início, grande parte dos problemas que o aluno deve resolver em sala de aula, devido ao seu contexto de definição e de execução, fica reduzida a uma simples exercitação na qual o aluno vai se tomando mais ou menos especializado. A vida cotidiana está cheia de pequenos exercícios diários de habilidade que costumamos solucionar com uma boa dose de experiência e de conhecimento cotidiano, embora, como mostrou Norman (1988) no seu divertido livro sobre *A psicologia dos objetos cotidianos*, nem sempre alcancemos o sucesso que merecemos. Mas quando surge um problema, uma dessas situações que reconhecemos como um verdadeiro problema que é preciso resolver, o que aprendemos na escola costuma ser de pouca utilidade e não nos vem à lembrança, porque nesse caso a primeira coisa a fazer é definir o problema, tomar decisões, escolher um caminho e decidir em que momento consideraremos ter atingido nossa meta.

Estamos resolvendo *nosso* problema, não um problema alheio que alguém que já tem a solução nos pediu para resolver, apenas para comprovar se sabemos fazê-lo. O que deveria ser uma lenta transição ou evolução, um ato do aluno assumindo responsabilidades e tomando decisões sobre a sua própria aprendizagem, uma transferência da sala de aula para a vida cotidiana, traduz-se numa brusca ruptura, numa mudança no papel e na função do nosso conhecimento para a qual não fomos treinados.

Solução do problema DONALD + GERALD = ROBERT

A solução está descrita na ordem de descobrimento dos números. Esta ordem é necessária para resolver a tarefa, exceto no caso das letras L e G, cuja ordem é intercambiável.

D = 5; T = 0; E = 9; R = 7; G = 1; L = 8; A = 4; N = 6; B = 3; O = 2.

