

Panorama sobre o tema resolução de problemas e suas aplicações no ensino de química

Melquesedeque da Silva Freire
Geraldo Alexandre da Silva Júnior
Márcia Gorette Lima da Silva

RESUMO

O artigo apresenta um breve panorama do tema resolução de problemas no ensino de Ciências, particularmente em química. Para o resgate e levantamento do tema consideramos como apoio publicações acadêmicas e científicas desenvolvidas no campo de investigação em resolução de problemas dos últimos 30 anos, chegando a um total de 1265 artigos. Identificamos aspectos que orienta o início da abordagem didática do tema, o entendimento para o termo problema, a classificação dos problemas e alguns relatos de propostas de abordagem nas aulas de química.

Palavras-chave: Resolução de problemas. Ensino de química. Publicações acadêmicas e científicas.

Overview about theme problem solving and its applications in Chemistry teaching

ABSTRACT

The article presents a brief overview of the problem solving subject in science teaching, particularly in chemistry. To the rescue and survey of the theme we consider the support of academic and scientific works carried on research field about problem solving over the last 30 years, reaching a total of 1265 papers. We identified some aspects that guide the beginning of didactic approach of the subject, the understanding of the problem expression, classifications and some reports of proposed approaches in chemistry classes.

Keywords: Problem solving. Chemistry teaching. Academic and scientific publication.

Melquesedeque da Silva Freire é Mestre em Ensino de Ciências Naturais e Matemática. Professor Assistente I do Departamento de Química da UFRN. Endereço para correspondência: Rua das Oliveiras, 29, Bairro Lagoa Azul, Natal/RN – CEP 59.129-770. E-mail: melquimico@yahoo.com.br

Geraldo Alexandre da Silva Júnior é Mestrando em Ensino de Ciências Naturais e Matemática. Professor substituto do Departamento de Química da UFRN. Endereço para correspondência: Rua da Sorveira, 7846, Bairro Pitimbu. Natal/RN. CEP 59.067-590. E-mail: geraldoalexandrejr@yahoo.com.br

Márcia Gorette Lima da Silva é Doutora em Educação. Professora Adjunta II do Departamento de Química e do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática da UFRN. Endereço para correspondência: R. Emídio Cardoso, 2961, apto 104, Bloco B. Bairro Capim Macio. Natal/RN. CEP 59.078-420. E-mail: marciaglsilva@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

Nos últimos 30 anos, nós, professores de Ciências, temos presenciado mudanças no ensino de educação básica. Investigadores em didática das ciências vêm produzindo e difundindo ideias e propostas didático-pedagógicas gerais tendo como base os resultados das pesquisas sobre as concepções alternativas dos estudantes. Nesse sentido, as propostas de se trabalhar com atividades experimentais, a linguagem química, a investigação dirigida, os projetos escolares entre outras tendências, são discutidas à luz destas investigações em concepções alternativas. Dentro deste panorama existe uma linha de propostas que trabalha baseada na resolução de problemas (RP) que corresponde ao universo de interesse deste artigo.

A perspectiva da RP supõe uma maior aproximação do estudante a uma metodologia científica e investigativa com fins didático-pedagógicos, sem considerá-lo como um cientista-mirim (SILVA; SILVA; NUÑEZ, 2004). A investigação científica e sua projeção metodológica oferecem oportunidades educativas de inquestionáveis valores didáticos (LEYVA; ROQUE; MARTÍNEZ, 2005), e que contribui para o desenvolvimento do pensamento criativo dos estudantes (GARRET, 1988).

A velocidade com que cresce a informação no mundo cotidiano exige da escola e dos estudantes mais do que simplesmente assimilá-la, logo, um currículo baseado apenas na transmissão de informações pontuais já é visto como insuficiente para a necessidade do pensamento criativo. Como exemplo dessa necessidade emergente, vemos a tríade: “imaginar, criar e inovar” que estavam na base do desafio que a União Europeia lançou no ano de 2009 a todos os cidadãos do espaço europeu, chamando a atenção para a importância destes eixos como competências-chave do desenvolvimento pessoal, social e econômico.

Entendemos que no processo de ensino e aprendizagem o estudante deverá ser levado a mobilizar constantemente seu conhecimento realizando uma inter-relação contínua entre teoria e aplicação prática e, o ensino baseado na resolução de problemas, pode contribuir para a integração dos conhecimentos declarativos e procedimentais. Por outro lado, é importante destacar que, assim como qualquer estratégia de ensino, a aprendizagem baseada na resolução de problemas possui limitações.

Uma possível dificuldade para o uso da proposta na escola é que exige uma maior dedicação no planejamento, execução e avaliação das atividades por parte do professor. De fato, a tarefa do professor não se reduz a selecionar problemas que possam ser mais ou menos compatíveis com determinados conteúdos teóricos. Da seleção e sequência dos problemas depende, além disso, o interesse a ser despertado nos estudantes e o grau de coerência interna que adquirem os conteúdos que compõem a disciplina. Trata-se, além disso, de conseguir que o estudante converta em seus, os problemas que o professor elege como ponto de partida do processo de aprendizagem. É evidente que esta estratégia exige prestar atenção aos aspectos motivacionais e atitudinais do ensino das ciências. A aprendizagem a partir de problemas requer também maior dedicação por parte do aluno, ultrapassando a perspectiva da passividade desenvolvida em ambientes tradicionais.

Assim, procuraremos neste artigo apresentar aos colegas (professores e futuros professores) um panorama do estado da arte sobre o tema resolução de problemas no ensino de Ciências analisando suas potencialidades e limitações, e apresentando aplicações no ensino de química.

NOSSO RESGATE COMEÇA...

Para o resgate e levantamento do tema consideramos como apoio artigos de periódicos nacionais e internacionais, livros, dissertações e teses desenvolvidas no campo de investigação em resolução de problemas dos últimos 30 anos.

Os periódicos impressos e eletrônicos visitados foram *Acta Scientiae*, *Boletín de las Ciencias*, *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, *Chemical Educator*, *Ciência e Educação*, *Current Psychology*, *Educación Matemática*, *Enseñanza de las Ciencias*, *Investigações em Ensino de Ciências*, *Perfiles Educativos*, *Psicologia Reflexão e Crítica*, *Psicologia Teoria e Pesquisa*, *Psychological Review*, *Química Nova*, *Química Nova na Escola*, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, *Revista Cubana de Enfermería*, *Revista do Departamento de Psicologia UFF*, *Revista Eletrónica de Enseñanza de las Ciencias*, *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, *Revista Eureka sobre Enseñanza e Divulgación de las Ciencias*, *Revista Iberoamericana de Educación*, *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa* e *Teacher and Teaching Education*. A escolha dos livros e dissertações foi baseada no número de citações dos autores nos artigos levantados nos últimos 30 anos.

A partir do levantamento, encontramos 1265 artigos que abordavam o tema em diferentes áreas e, destes, selecionamos 169 artigos de interesse para nosso estudo, sendo 49 na área de ensino de física, 39 em educação matemática, 30 em educação química, 14 sobre formação de professores, 13 em ensino de física e química, 9 em ensino de biologia, 9 referentes ao ensino fundamental, 5 em psicologia e um no ensino de história.

A partir destes artigos, identificamos aspectos que orientam o início da abordagem didática da resolução de problemas, as interpretações para o termo “problema”, diferentes propostas de classificação dos problemas, algumas orientações psicológicas que apoiam a aprendizagem por resolução de problemas e, por fim, relatos de investigações sobre a resolução de problemas no ensino de Ciências e, especificamente, no ensino de química.

ABORDAGEM DO ENSINO POR PROBLEMAS: COMO E ONDE SURTIU A PROPOSTA?

Há duas décadas autores já chamavam a atenção para o fato de introduzir a resolução de problemas no currículo escolar como atividade central na Europa e Inglaterra (GARRET, 1988). Desenvolver habilidades nos estudantes para “aprenderem a aprender”

novos conhecimentos e em contextos diferentes é algo que a proposta de ensino baseado na resolução de problemas pode servir como via da aprendizagem (POZO, 1998). Nesta direção encontramos o trabalho de Campanario e Moya (1999) que relatam o estudo desenvolvido por Brich (1986), citado por Campanario e Moya (1999), sobre as principais vantagens e limitações da Resolução de Problema como alternativa de ensino. Nesse artigo, os autores discutem que a proposta de RP é mais adequada do que os métodos tradicionais por transmissão para as necessidades dos estudantes, já que entre as situações mais frequentes a serem enfrentadas nas ciências encontra-se a busca de se resolver situações problemáticas.

Esse aspecto é essencialmente relevante no ensino universitário que forma um futuro profissional, seja formação técnica, científica ou docente. Defendemos a potencialidade da proposta em virtude do fato de poder explicitar e propiciar a integração dos conhecimentos a situações problemáticas, fomentar a percepção da utilidade dos mesmos e contribuir para o incremento de motivações intrínsecas.

Outros autores citam que a matemática talvez tenha sido a área onde tenha aparecido tradicionalmente a consideração da utilização dos problemas como atividades escolares (POZO, 1998). Nesta direção, destacam-se trabalhos pioneiros como o de Polya (1995). Estes autores afirmam que, a partir de trabalhos com a matemática, a proposta foi se estendendo para a abordagem no ensino de física, de química, de biologia e de geologia. Nestas últimas disciplinas, a investigação do tema apresenta um número bem menor de trabalhos publicados quando comparados com as outras áreas de ensino.

A aprendizagem baseada na resolução de problemas começou a ser introduzida nos currículos das ciências da saúde na faculdade de medicina da Universidade McMaster no Canadá em 1968, não só como modelo específico de ensino (BARROWS; TAMBLYN, 1980; CHIN, 2004, apud LEITE; ESTEVES, 2005), mas, também, como filosofia de ensino que requeria a reestruturação do currículo tradicional, pressupondo uma educação multidisciplinar (SAVIN-BADEN, 2004, apud LEITE; ESTEVES, 2005).

Este modelo é designado em língua inglesa como *Problem-Based Learning* (WOODS, 2000; BOUD, 1997 apud ESTEVES, 2006) e recebeu em Portugal a designação de “aprendizagem baseada na resolução de problemas” (GANDRA, 2001; LEITE; AFONSO, 2001 apud ESTEVES, 2006) fazendo-se uso da sigla ABRP.

A proposta de resolução de problemas também tinha como objetivo ser uma medida impulsionadora para introduzir um ensino mais dinâmico e centrado no estudante, visando contribuir para consolidar da melhor forma uma aprendizagem considerada útil, não só ao longo da vida profissional, mas também no dia a dia. O recurso a um ensino orientado para a ABRP modificava os processos de ensino e alterava a posição do professor na sala de aula, dando aos alunos uma maior liberdade e autonomia no seu aprendizado (ESTEVES, COIMBRA; MARTINS, 2006). Esta discussão vem crescendo nos últimos anos em vários países e em outros contextos educativos, tendo sido introduzida não só em disciplinas de caráter científico, mas também na formação de diversos profissionais.

O sentido para o termo “problema”

O uso da expressão “problema” é variado nos mais diferentes âmbitos da sociedade. Ao empregarmos a expressão podemos estar nos referindo a um problema de caráter econômico, da saúde, social, etc. Na maioria das vezes o problema a que queremos nos referir denota o aspecto de uma situação ou questão por resolver. A resolução de tal problema quase sempre implicará um processo de tomada de decisões, a seleção de procedimentos e a execução de um plano.

Um aspecto importante que aparece nesta discussão é o caráter idiossincrático, ou seja, o que é um problema para um indivíduo pode não representar um problema para outro. Quer dizer, o termo “problema” é muito utilizado por todos e, talvez, seja necessário entendê-lo como uma categoria didática. Diferentemente ao que se atribui por problema no senso comum e, até mesmo em alguns livros didáticos, o sentido dado ao termo na perspectiva da didática das ciências é fundamentado entre outros, na psicologia, epistemologia e filosofia da ciência.

No âmbito escolar, algumas investigações didáticas sinalizam que o entendimento dado ao termo pelos alunos não é muito diferente dos professores (CAMPANARIO; MOYA, 1999). Em geral, citam uma situação com dados numéricos que exige uma resposta e que, para obtê-la, é necessário usar fórmulas ou expressões matemáticas, ou ainda, com uma situação, quantitativa ou não, que pede uma solução para a qual os indivíduos implicados não conhecem meios ou caminhos diretos para obtê-la.

Entretanto, didaticamente, o termo problema assume outra perspectiva no ensino de Ciências. O entendimento para vários autores sobre a expressão é relacioná-lo a uma dificuldade, quer seja porque não se sabe a resposta ou não se possui meios ou caminhos diretos para a solução, a ser enfrentada pelo indivíduo ou grupo. Quer dizer, é entendido como algo para o qual não se conhece a resposta e nem se existe. A resolução do problema refere-se ao processo mediante o qual tal situação incerta é esclarecida implicando, em maior ou menor medida, a mobilização e aplicação de conhecimentos e procedimentos por parte daquele que a soluciona, (GAGNÉ, 1965 citado por PERALES, 1993; ASHMORE; FRAZER; CASEY, 1979) levando a uma reorganização da estrutura cognitiva (NOVAK, 1977 citado por PERALES PALACIOS, 1993), que pode ser considerada com o processo pelo qual o indivíduo redefine seus esquemas prévios após resolver conflitos cognitivos para construção de novos conhecimentos (FARIA; NUÑEZ, 2004).

A atividade de resolução necessita do estudante conhecimentos conceituais e procedimentais¹, no entanto, supõe-se que aquele que resolve o problema pode fomentar a aprendizagem de novos conhecimentos e habilidades (LOPES, 1994). Uma definição clássica encontrada para o termo problema é identificá-lo como uma situação que um indivíduo ou um grupo quer ou precisa resolver e para a qual não

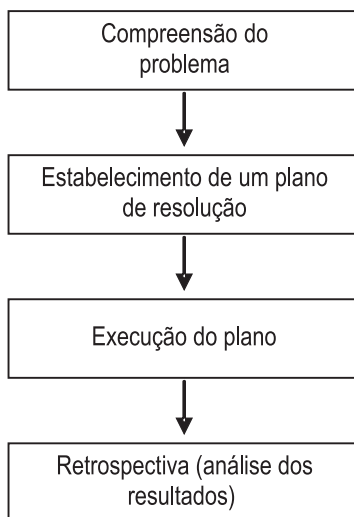
¹ Os conhecimentos procedimentais podem ser entendidos como um conjunto de ações ordenadas e orientadas a atingir um objetivo, dentre eles, por exemplo, a resolução de um problema. No contexto escolar, o procedimento seria uma destreza, habilidade ou capacidade que queremos desenvolver no aluno, a fim de que ele construa seu conhecimento.

dispõe de um caminho rápido e direto que o leve à solução (LESTER, 1983, apud POZO, 1998).

Resolução de problemas: as propostas pioneiras

Diferentes propostas são apresentadas na literatura para o ensino por meio de resolução de problemas (GONÇALVES, MOSQUERA; SEGURA, 2007). Como nosso objetivo é situar as primeiras discussões no campo, daremos destaque a uma das primeiras propostas utilizadas didaticamente, desenvolvida por Polya (1995), devido ao seu grau de simplicidade e clareza, no qual generaliza o método em quatro passos, como exemplifica a Figura 1 a seguir:

FIGURA 1 – Passos para resolução de um problema, segundo Polya (1995).



Apesar da aparente simplicidade apresentada na Figura 1, a utilização de cada um dos passos requer dos estudantes a mobilização de outras habilidades e conhecimentos significativos na estrutura cognitiva. Assim, o primeiro passo requer que o estudante entenda o problema para que possa formar suas próprias ideias, distinguindo os dados ou informações relevantes daqueles irrelevantes.

No segundo passo, ao traçar o plano para resolução, o estudante deverá planejar uma proposta, decompondo o problema inicial em outros mais simples e avaliando se alguma vez já resolveu um problema semelhante. Para executar o plano traçado (terceiro passo), o estudante segue de acordo com as estratégias que ele escolheu e delimitou. Por fim, no quarto passo, na análise dos resultados o estudante irá verificar a compatibilidade do resultado com o problema e o planejado, avaliando a possibilidade de planos alternativos de execução, caso não tenha sido alcançado o êxito da resolução.

É importante destacarmos que esta disposição de passos não tem a intenção de converter os problemas em algoritmos ou problemas-padrão como apontam algumas linhas de investigação.

É possível termos diferentes tipos de problemas?

Considerando à luz dos autores citados, que problema refere-se a uma situação desconhecida, então o “problema” pode ter diferentes níveis de complexidade e formatos diversos. Assim, na escola, um ponto importante é saber o que caracteriza ou o que diferencia um problema de um exercício.

Uma das propostas observadas nos artigos analisados foi a de classificar os problemas ou situações-problema de acordo com alguns critérios que se incorporam em duas linhas: primeiro, a classificação baseada no sujeito que resolve, segundo, no tipo de pensamento que esse sujeito irá desenvolver para tal ou de acordo com as características da tarefa. Neste artigo, assumimos situação-problema como sendo um estado psíquico de dificuldade intelectual, em que o estudante, diante de uma tarefa, não pode explicá-la nem resolvê-la com os meios que dispõem, embora estes meios sejam suficientes para compreender a situação (NUÑEZ, et al, 2004).

A psicologia da Gestalt classifica as situações-problemas de acordo com o tipo de atividade que a pessoa que irá resolver precisará mobilizar. Assim, os psicólogos desta escola e, mais precisamente, Wertheimer (1945) citado por Lopes (1994), distinguia entre o pensamento produtivo e reprodutivo, sendo o primeiro associado à produção de novas soluções pela organização ou reorganização dos elementos do problema, enquanto o segundo estaria relacionado à aplicação de métodos já conhecidos. Esta classificação se mostra bem próxima do que seria a diferença entre problema (pensamento produtivo) e exercício (pensamento reprodutivo).

Os investigadores que levam em consideração o tipo de atividade desenvolvida pelo “resolvente” classificam os problemas em ‘bem’ ou ‘mal’ definidos (LOPES, 1994). Um problema ‘bem definido’ seria aquele em que é possível identificar a solução encontrada e o caminho desenvolvido no processo de resolução. Por outro lado, um problema ‘mal definido’ tanto do ponto de partida como das normas que estipulam os passos a serem seguidos na resolução, estão pouco claros, podendo chegar a distintas soluções, sendo todas válidas como solução do problema.

É importante destacar que, quando se fala de problemas ‘bem’ ou ‘mal’ definidos não é estabelecida uma dicotomia clara e evidente (LOPES, 1994). Este autor se apoia neste argumento para propor outra classificação dos problemas baseado em dicotomias: aberto-fechado, formal-informal, curricular-não curricular, livre-orientado, dado-apropriado, reais-artificiais. Vamos tentar esclarecer as dicotomias na perspectiva do autor.

Na dicotomia aberto-fechado, o critério estabelecido é a quantidade soluções possíveis: o problema “aberto” permitiria chegar a várias soluções, enquanto que o problema “fechado” só permite uma solução. Na dicotomia formal-informal, o problema

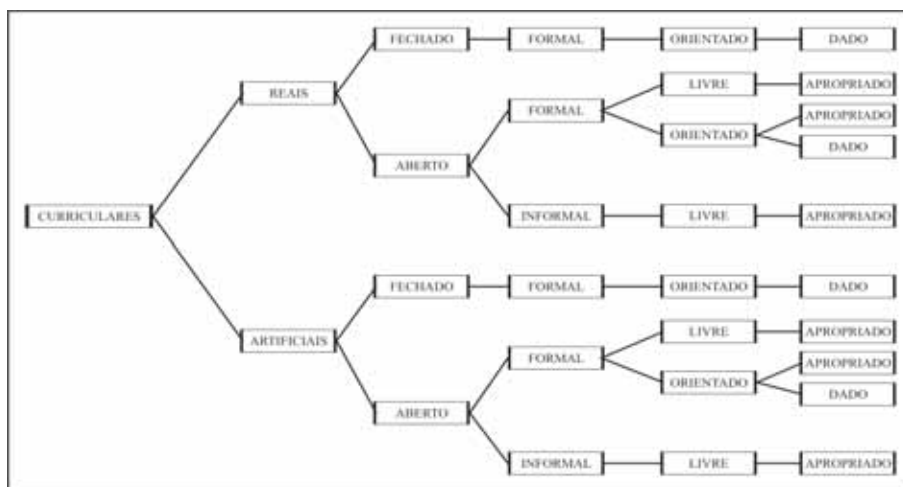
“formal” teria sido previamente pensado e apresentado com uma formulação desejada, já no problema “informal” não teria uma formulação escrita, seria pouco claro sugerindo contextos e discussões. Em relação à dicotomia curricular-não/curricular, a distinção do autor propõe que o problema “curricular” seria aquele oriundo especificamente dos conteúdos da escola ou de tarefas escolares, já o problema “não-curricular”, não necessita de conteúdos preestabelecidos, ou tradicionalmente presentes no currículo escolar para ser solucionado.

Continuando a explicação das dicotomias, para estabelecer-se a diferença na dicotomia livre-orientado, o autor distingue o “problema livre”, como sendo aquele que não permite nenhum tipo de ajuda durante a resolução, do problema “orientado”, que teria uma assessoria de alguém mais experiente (o professor ou um colega). Por fim, a dicotomia dado-apropriado, considera que no problema “dado” o estudante não participa da escolha e da formulação do problema, já o problema “apropriado” supõe que o estudante participe da sua gênese, ou seja, ele define e se apropria do problema juntamente com o professor.

Cabe destacar que Lopes (1994) sinaliza que um problema “dado” pode se transformar em um problema “apropriado”, desde que haja discussão e negociação de forma que este problema vá de encontro às necessidades dos estudantes. Na dicotomia real-artificial, o problema “real” é aquele relacionado com as necessidades da sociedade e do contexto social, já o problema “artificial” responde a interesses acadêmicos, escolares, científicos ou uma curiosidade especulativa.

O autor ainda sinaliza que a classificação proposta apresenta uma relação entre as diferentes dicotomias tendo como ponto inicial os problemas curriculares. A figura seguir ilustra tal relação:

FIGURA 2 – Relações entre as dicotomias de problemas segundo Lopes (1994, p.34).



Além destas classificações, os problemas podem ainda ter um caráter experimental ou teórico. Neste caso, uma denominação encontrada na literatura é a de “problemas de lápis e papel”, para aqueles em que não haveria a necessidade de se realizarem atividades experimentais para a sua resolução.

Algumas orientações psicológicas da resolução de problemas

Na Didática das Ciências, as investigações envolvendo a resolução de problemas são abordadas a partir de perspectivas diversas: psicologia cognitiva, epistemologia, processamento da informação, lógica de cada disciplina, filosofia da ciência, etc. (MARTIN, 1991; PERALES PALACIOS, 1993).

Segundo Kempa (1986), em um sentido amplo, a resolução de problemas pode ser concebida desde três panorâmicas diferentes. A primeira, como uma sequência de atividades heurísticas associadas no processo. Esta concepção deriva da proposta de Dewey (1910) citado por Kempa (1986) em que o processo de resolução do problema acontece em cinco etapas diferentes que são: a identificação do problema, a definição, a elaboração de hipóteses sobre possíveis soluções, o desenvolvimento dessas hipóteses e a dedução de suas propriedades, e por último a comprovação das hipóteses. O modelo de Dewey considera principalmente as condições “externas” relativas à resolução do problema.

A segunda panorâmica da resolução de problemas apoia-se nas interpretações dos psicólogos da Gestalt e o processo supõe um período de “incubação” seguido por uma repentina “intuição”, na qual a estrutura do problema é mentalmente reorganizada. Dentro dessa perspectiva, a resolução de problemas é vista como um processo produtivo excluindo seus aspectos reprodutivos.

Por fim, Kempa (1986) discute a terceira panorâmica na qual a resolução de problemas apoia-se em um modelo de processamento da informação “entrada-saída” (input/output). A entrada representaria a percepção do problema por parte do sujeito e, a saída, sua resposta (solução). A informação é processada pelo cérebro do sujeito, no sentido mais amplo, implicando e requerendo várias funções de memória a curto prazo, de trabalho e a longo prazo (substrato básico de conhecimentos).

Com relação à resolução de “problemas de lápis e papel” são consideradas duas orientações teóricas, sendo uma associada à observação de especialistas e a segunda que pode ser rotulada de “orientação algorítmica”. A primeira orientação se apoia na psicologia do processamento da informação dos estudantes novos (ou iniciantes) ao observar como os especialistas (ou expertos) resolvem um dado problema (PERALES PALACIOS; CAÑAL, 2000). A segunda orientação teórica se apoia na formação de ações mentais “etapa por etapa” pretendendo transformar os problemas em situações-padrão, quer dizer, que podem ser resolvidas por meio de operações rotineiras e mecânicas (METTES et al., 1980).

As críticas às investigações baseadas nos especialistas e principiantes apontam para a perspectiva de transmissão verbal de conhecimentos já elaborados, a qual é reconhecidamente ultrapassada mostrando-se, nas últimas décadas, um modelo insuficiente (RAMÍREZ CASTRO, GIL-PÉREZ; MARTINEZ TORREGROSA, 1994). Além disso, Lopes (1994) afirma que já não é possível propor um método heurístico global de resolução de problemas nem extrair conclusões sobre o modo como os expertos resolvem os problemas para depois ensinar aos novatos. Tem-se assim, o pressuposto de que a responsabilidade do aprendizado é exclusivamente do aluno.

Segundo Pozo (1998), a maior eficiência na resolução de problemas pelos expertos não seria devido a uma maior capacidade cognitiva geral, e sim aos seus conhecimentos específicos que foram bem treinados com a prática. Logo, sua eficiência depende muito da disponibilidade e da ativação de conhecimentos conceituais adequados. Outras críticas que surgiram a essa perspectiva metodológica de investigação em resolução de problemas, se baseiam, ainda, em estudos que mostraram que a suposta superioridade dos expertos em relação aos novatos na solução de problemas está relacionada com as diferentes maneiras com que cada um enfrenta os problemas. Esses estudos comprovaram que especialistas não somente são mais rápidos e cometem menos erros na solução dos problemas, mas que, principalmente, adotam estratégias diferentes das empregadas pelos principiantes (POZO, 1998).

Ainda sobre a segunda orientação teórica, é importante discutir-se que, como afirma Ramírez Castro, Gil-Pérez e Martínez Torregrosa (1994), essa orientação está mais ligada a algoritmos de resolução e teve um importante marco quando Kramers-Pals et al. (1983) citado pelos primeiros, propõem uma estratégia de resolver problemas que consiste basicamente em transformar problemas quantitativos em problemas padrão (chamados de *standard*). A proposição dos autores teve como base o modelo desenvolvido por Mettes et al. (1980, 1981) denominado de “aproximação sistemática a resolução de problemas” (S.A.P., em iniciais do inglês, *Systematic Approach to Solving Problems*).

Assim, a orientação do modelo “etapa por etapa” teve como base um Programa de Ações e Métodos (P.A.M.) possuindo quatro fases principais, a saber: a leitura e raciocínio ante o problema, o estabelecimento se o problema é ou não padrão e se pode ser resolvido mediante operações de rotina e a análise da resposta interpretando os dados.

Entre as críticas aos modelos algorítmicos destacam-se, principalmente, o fato de que eliminariam a possibilidade dos problemas para favorecer ao estudante o pensamento divergente e a criatividade com um tratamento operativista (GARRET, 1988). Outra crítica é que, a partir de uma orientação algorítmica, leva-se a um “treinamento” dos estudantes, conduzindo o enfrentamento dos próximos problemas como sendo um ‘exercício’.

Exemplos de estudos com resolução de problemas no ensino de ciências

Trabalhos nessa direção começam no ensino de física (e são mais numerosos nesta área do conhecimento) e seguido da educação em química. Atribui-se este fato a que algumas disciplinas, tais como as citadas acima, contêm uma grande quantidade de conhecimentos procedimentais especialmente referentes a cálculo (OÑORBE, 2007), e, nesse sentido, a resolução de problemas desempenha um papel importante na aprendizagem desse tipo de conteúdo (POZO, 1998). Assim, um maior número de questões de pesquisas nestas áreas refletiria uma maior quantidade publicações.

Sobre os exemplos de estudos, Gisbert Brianso (1985) propõe um método para resolver problemas habituais de química e física baseado em operações algorítmicas. Tal método consistia no estudante, basicamente, ler atentamente o problema estabelecendo os dados e as incógnitas; planejar a forma como deveria ser resolvido; especificar claramente o que representa cada número; por fim, se o estudante não sabe como proceder, deve pedir que o explique o quanto antes possível.

Como exemplos de pesquisas, tendo como base o modelo de investigação em resolução de problemas, podemos citar as elaboradas por Gil-Pérez (1993) e José Vicente Reyes Martín (1991). Este último desenvolveu sua tese de doutorado intitulada “La resolución de problemas de química como investigación: una propuesta didáctica basada en el cambio metodológico”. Nesse trabalho, o autor aplicou o modelo de resolução de problemas de física na área de química, trabalhando com conteúdos de estequiometria e equilíbrio químico e depois contrastou a aplicabilidade do modelo propondo também mudanças pertinentes. O trabalho de Martín (1991) também defende que a ideia de que a mudança conceitual, base dos modelos construtivistas que emergiam como paradigma vigente, deve ser acompanhada e complementada por uma profunda mudança metodológica, que familiarize mais o aluno com as características essenciais da metodologia científica e possa superar a chamada epistemologia de “senso comum” ou metodologia da superficialidade (CARRASCOSA, 2005) que está na base de suas pré-concepções (MARTÍN, 1991).

Com relação ao ensino de química, analisamos nos artigos levantados trabalhos que seguem diferentes vertentes: propõem fazer uma análise das dificuldades apontadas por professores e alunos/alunas e as estratégias dos estudantes para resolver problemas (KEMPA, 1986, ESCUDERO 1996, OÑORBE 1996a; 1996b, PERREN, BOTTAN; ODETTI, 2004, GÓMEZ-MOLINÉ, 2007, SOLÁZ-PORTOLÉS; SANJOSÉ-LOPÉZ, 2007, CORONEL; CUROTTO, 2008); sugerem propostas de trabalho para resolução de problemas experimentais (MARTÍNEZ AZNAR; OVEJERO MORCILLO, 1997, DE JONG, 1998, MERINO; HERRERO, 2007, CARMO; MARCONDES, 2008, FRANCISCO JÚNIOR, 2008) e aqueles que não fazem uso das atividades experimentais (GISBERT BRIANSO, 1985, GÁRCIA; JOAQUÍN, 2000, ELCHLER; DEL PINO, 2000); os que analisam concepções acerca da resolução de problemas como estratégia didática (LEITE; ESTEVES, 2005, ESTEVES, 2006); e artigos que exploram o uso da história da ciência como ferramenta no ensino por problemas (GONZÁLEZ; GÁTICA, 2008).

CONCLUSÃO

A resolução de problemas possui mais de 45 anos desde o seu surgimento e, embora tenha ocorrido um número considerável de trabalhos nos últimos 30 anos, como foi possível observar no levantamento, é um trabalho inovador ainda para os dias de hoje sendo não só útil, mas até necessário desde a educação infantil até o ensino universitário.

No levantamento, também notamos que ocorre um destaque no número de trabalhos em física frente à química. Talvez isso se deva ainda a alguma concepção da associação direta do termo “problema” nas ciências exatas com matemática, ficando assim o trabalho em resolução de problema mais próximo, segundo esta concepção, de temas mais ligados a equações e teoremas.

À luz desta análise, em termos de divulgação, os temas abordados na resolução de problemas em química são os mesmos em muitos trabalhos. No Brasil esse número é relativamente pequeno se comparado a outros temas de pesquisa, sendo assim uma temática nova para a educação em química neste país.

REFERÊNCIAS

- ASHMORE, A. D.; FRAZER, M. J.; CASEY, R. J. Problem solving and problem solving networks in chemistry. *Journal of Chemical Education*, v.56, p. 377-379, 1979.
- CAMPANARIO, J. M.; MOYA, A. Como enseñar ciencias? Principales tendencias e propuestas. *Enseñanza de las ciencias*, v.17, n.2, p.179-192, 1999.
- CARMO, M. P.; MARCONDES, M. E. R. Abordando soluções em sala de aula: uma experiência de ensino a partir das ideias dos alunos. *Revista Química Nova na Escola*, n.28, p.37-41, 2008.
- CARRASCOSA, J. El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte II). El cambio de concepciones alternativas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, v.2, n.3, p.388-402, 2005.
- CORONEL, M. V.; CUROTTO, M. M. La resolución de problemas como estrategia de enseñanza y aprendizaje. *Revista Electrónica de Enseñanza de las ciencias*, v.7, n.2, p.463-479, 2008.
- DE JONG, O. Los experimentos que plantean problemas en las aulas de química: dilemas e soluciones. *Enseñanza de las ciencias*, v.16, n.2, p.305-314, 1998.
- EICHLER, M.; DEL PINO J. C. Carbópolis, um software para educação química. *Revista Química Nova na Escola*, v.11, p.10-12, 2000.
- ESCUADERO, C. Los procedimientos en resolución de problemas de alumnos de 3º año: caracterización através de entrevistas. *Investigações em Ensino de Ciências*, v.1, n.3, p.241-256, 1996.
- ESCUADERO, C.; FLORES, S. G. Resolución de problemas en nivel medio: un cambio cognitivo y social, *Investigações em ensino de ciências*, v.1, n.2, p.155-175, 1996.
- ESTEVES, E.; COIMBRA, M.; MARTINS, P. A Aprendizagem da Física e Química Baseada na Resolução de Problemas: um estudo centrado na subunidade temática “Ozono

na estratosfera”, 10º ano. *Boletín das Ciencias*, v.61. 2006. Disponível em: <http://www.encyga.org/boletin/61/resumo_a_aprendizagem_da_fq.pdf>. Acesso em: 29/04/2009.

ESTEVES, E. O ensino da física e da química através da aprendizagem baseada na resolução de problemas: um estudo com futuros professores sobre concepções e viabilidade. In: *Congreso Internacional Aprendizaje basado en problemas*, Peru, 2006. Disponível em: <<https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/5539>>. Acesso em: 09/04/2011.

FARIA, T. C. L.; NUÑEZ, I. B. A aprendizagem na perspectiva de Jean Piaget. In: NUÑEZ; RAMALHO (Org.). *Fundamentos do ensino-aprendizagem das ciências naturais e da matemática: o novo ensino médio*, p. 43-50, 2004. Porto Alegre: Sulina.

FRANCISCO JÚNIOR, W. E. Uma abordagem problematizadora para o ensino de interações intermoleculares e conceitos afins. *Revista Química Nova na Escola*, v.29, p.20-23, 2008.

GARCÍA, G.; JOAQUÍN, J. La solución de situaciones problemáticas: una estrategia didáctica para la enseñanza de la química. *Enseñanza de las ciencias*, v.18, n.1, p.113-129, 2000.

GARRET, R. M. Resolución de problemas y creatividad: implicaciones para el currículo de ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, v.6, n.3, p.224-230, 1988.

GIL PÉREZ, D. Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las ciencias*, v.11, n.2, p.197-212, 1993.

GISBERT BRIANSO, M. Método de resolución de problemas de física e química. *Enseñanza de las ciencias*, v.3, n.3, p.213-215, 1985.

GÓMEZ MOLINÉ, M. R. Factores que influyen en el éxito de los estudiantes al resolver problemas de química. *Enseñanza de las ciencias*, v.25, n.1, p.59-72, 2007.

GONÇALVES, S. M.; MOSQUERA, M. S.; SEGURA, A. F. *La resolución de problemas en ciencias naturales: un modelo de enseñanza alternativa y superador*. Buenos Aires: Editorial SB, 2007.

GONZÁLEZ, J. P. C.; GÁTICA, M. Q. Resolución de problemas científicos desde la historia de la ciencia: retos e desafíos para promover competencias cognitivo-lingüísticas en la química escolar. *Ciência e Educação*, v.14, n.2, p.197-212, 2008.

JESSUP, M. N.; OVIEDO, P. E.; CASTELLANOS, R. P. La resolución de problemas y la educación en ciencias naturales. *Pedagogia e saberes*, v.15, 2000.

KEMPA, R. F. Resolución de problemas de química y estructura cognoscitiva. *Enseñanza de las ciencias*, v.4, n.2, p.99-110, 1986.

LEITE, L.; ESTEVES, E. Ensino orientado para a aprendizagem baseada na resolução de problemas na licenciatura em ensino de física e química. In: SILVA, Bento D.; ALMEIDA, Leandro S. (Coord.). *Actas do Congresso Galaico-Português de Psicopedagogia*, v.8, Braga, Portugal, 2005. Braga: Centro de Investigação em Educação do Instituto de Educação e Psicologia da Universidade do Minho. Disponível em: <<http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/5537>> Acesso em: 09/04/2011.

LEYVA, A. L.; ROQUE, D. F.; MARTÍNEZ, C. C. La enseñanza problémica y sus potencialidades didácticas. *Revista Cubana de Educación Superior*, v.25, n.3, p.17-22, 2005.

LOPES, J. B.; COSTA, N. Modelo de enseñanza-aprendizaje centrado en la resolución de problemas: fundamentación, presentación e implicaciones educativas. *Enseñanza de las ciencias*, v.14, n.1, p.45-61, 1996.

- LOPES, J. B. *Resolução de problemas em física e química: modelo para estratégia de ensino-aprendizagem*. Lisboa: Texto, 1994.
- MARTIN, J. V. R. *La resolución de problemas de química como investigación: una propuesta didáctica basada en el cambio metodológico*. 1991, 411 f. Tese (Doutorado em ciencias químicas) – Facultad de Ciencias, Departamento de Química Física, Universidad del país Vasco.
- MARTÍNEZ AZNAR, M. M.; OVEJERO MORCILLO, P. Resolver el problema abierto: teñirlas a partir de productos colorantes naturales. Una actividad investigativa para la enseñanza secundaria obligatoria. *Enseñanza de las Ciencias*, v.15, n.3, p.401-422, 1997.
- MERINO, J. M.; HERRERO, F. Resolución de problemas experimentales de química: una alternativa a las prácticas tradicionales. *Revista Electrónica de Enseñanza de las ciencias*, v.6, n.3, p.630-648, 2007.
- METTES, C. T. C. W. et al. Teaching and learning problem solving in science Part I: A general strategy. *Journal of Chemical Education*, v.57, n.12, p.882- 885, 1980.
- _____. Teaching and learning problem solving in science Part II: Learning Problem Solving in a Thermodynamics Course. *Journal of Chemical Education*, v.58, p.51-55, 1981.
- NUÑEZ, I. B. et al. O uso de situações-problema no ensino de ciências. In: NUÑEZ, I.; RAMALHO, B. (Org.). *Fundamentos do ensino-aprendizagem das ciências naturais e da matemática: um novo ensino médio*. Porto Alegre: Sulina, 2004, p.145-171.
- OÑORBE, A. Resolución de problemas. In: M. Jiménez Aleixandre (Coord.) et al. *Enseñar ciencias*. 2.ed. Barcelona: GRAÓ, 2007. p.73-93.
- OÑORBE DE TORRE, A.; SÁNCHEZ JIMÉNEZ, J. M. Dificultades en la enseñanza-aprendizaje de los problemas de física y química I. Opiniones del alumno. *Enseñanza de las ciencias*, v.14, n.2, p.165-170, 1996a.
- _____. Dificultades en la enseñanza-aprendizaje de los problemas de física y química II. Opiniones del profesor. *Enseñanza de las ciencias*, v.14, n.3, p.251-260. 1996b.
- PERALES PALACIOS, F. J. La resolución de problemas: una revisión estructurada. *Enseñanza de las ciencias*, v.11, n.2, p.170-178, 1993.
- PERALES PALACIOS, F. J.; CAÑAL, P. (Org.). *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Barcelona: Marfil, 2000.
- PERREN, M. A.; BOTTANI, E. J.; ODETTI, M. S. Problemas quantitativos y comprensión de conceptos. *Enseñanza de las ciencias*, v.22, n. 1, p. 105-114. 2004.
- POLYA, G. *A arte de resolver problemas: um novo aspecto do método matemático*. Rio de Janeiro: Interciência, 1995.
- POZO, J. I. *A solução de problemas: aprender a resolver, resolver para aprender*. Porto Alegre: Artmed, 1998.
- RAMÍREZ CASTRO, J. L.; GIL-PÉREZ, D.; MARTÍNEZ TORREGROSA, J. *La resolución de problemas de física y de química como investigación*. Madrid: CIDE/ MEC, 1994.
- ROSA, M. S.; ROSA, M. A percepção e a utilização da linguagem matemática na formação inicial do pedagogo: uma abordagem no contexto de Resolução de Problemas *Acta Scientiae*, v.12, n.2, jul./dez. p.55-71, 2010.

SILVA, M. G. L.; SILVA, A. F.; NÚÑEZ, I. B. Dos modelos de mudança conceitual à aprendizagem como pesquisa orientada. In: NÚÑEZ, I.; RAMALHO, B. (Org.). *Fundamentos do ensino-aprendizagem das ciências naturais e da matemática: o novo ensino médio*, Porto Alegre: Sulina, 2004, p. 226-244.

SOLAZ-PORTOLÉS, J. J.; SANJOSÉ LÓPEZ, V. Resolución de problemas, modelos mentales e instrucción. *Revista Electrónica de Enseñanza de las ciencias*, v.6, n.1, p.70-89, 2007.

Recebido em: dez. 2010

Aceito em: maio 2011