

A EPISTEMOLOGIA/METODOLOGIA DO ALUNO PESQUISADOR NA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS

(Epistemology and methodology of the student researcher in science education)

Karen Cavalcanti Tauceda [ktauceda@terra.com.br]

Vladimir Magdaleno Nunes [vlatinunes@terra.com.br]

Colégio Estadual Júlio de Castilhos

Praça Piratini s/n, Santana, Porto Alegre, RS

José Cláudio Del Pino [delpinojc@yahoo.com.br]

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Avenida Bento Gonçalves, 9500

Agronomia, Porto Alegre / RS

Resumo

A metodologia do aluno pesquisador no ensino de ciências produz reflexões sobre o cotidiano escolar. A superação do paradigma epistemológico “empirista/racionalista” remete aos estudos da psicologia cognitiva na área de educação em ciências. Estes estudos mostram a importância das estruturas cognitivas prévias, na formulação e reformulação do conhecimento. Esta pesquisa indica que, tanto nas atividades de laboratório quanto nas atividades de campo, as concepções prévias dos estudantes são fundamentais para o desenvolvimento da aprendizagem significativa. O professor deverá desenvolver estratégias que valorizem o cotidiano do aluno e ao mesmo tempo a aprendizagem significativa dos conceitos científicos.

Palavras-chave: aluno pesquisador; aprendizagem significativa; educação em ciências

Abstract

The methodology of the student researcher in the teaching of sciences generates reflections on school daily routine. Overcoming the “empiricist/rationalist” epistemological paradigm alludes to studies of cognitive psychology in the field of education in sciences. These studies show the importance of previous cognitive structures in the formulation and reformulation of knowledge. This research indicates that, both in laboratory activities and in field activities, previous conceptions of the students are fundamental for the development of a meaningful learning. The teacher must develop strategies which increase the value of the daily routine of the student as well as the meaningful learning of scientific concepts.

Keywords: student researcher; meaningful learning, science education.

Introdução

Os processos mentais envolvidos na construção do conhecimento em sala de aula são foco de estudo pela psicologia cognitiva, e nos últimos anos esta área tem se mostrado promissora (Brown, 1995; Gardner, 1985; Vosniadou, 1994). Na Educação em Ciências há um consenso de que, a aprendizagem baseada na simples memorização, não leva a uma verdadeira aprendizagem (Ausubel, 1976, 1982), que transforme o indivíduo e potencialize sua criatividade.

A questão crucial a ser respondida é de que maneira o conhecimento é construído; parece ser consenso que a valorização da prática cotidiana é importante como lugar de construção de saberes (Lélis, 2001). Ocorre uma retomada da importância dos conhecimentos produzidos pelos alunos, e a superação do paradigma epistemológico empírico-indutivista (década de 60) com ênfase na vivência do método científico. A psicologia cognitiva, com importantes referenciais teóricos, redireciona a pesquisa na área da aprendizagem reforçando a importância das estruturas cognitivas

prévias, na formulação e reformulação do conhecimento. Segundo Lemgruber (2000) as concepções epistemológicas históricas e culturais também contribuem para esta retomada.

O tema da experimentação no Ensino de Ciências vem sendo discutido há muito tempo; diferentes posições têm sido assumidas na literatura, ora defendendo o papel crucial da experimentação na aprendizagem de ciências, ora criticando, a partir da perspectiva histórica, a ênfase empírica que dominou as concepções de ciência e do seu ensino (Marandino, 2003). Para Axt (1991), por trás de um amplo espectro de argumentos que costumam ser levantados em defesa do ensino experimental nas escolas, há o pressuposto de que a experimentação contribui para uma melhor qualidade de ensino, principalmente através de situações de confronto entre as hipóteses dos alunos e as evidências experimentais. A experimentação pode contribuir para aproximar o Ensino de Ciências das características do trabalho científico, a fim de melhorar a aquisição de conhecimentos e o desenvolvimento mental dos alunos, através da resolução de questões-problema que valorize seus conceitos prévios e suas racionalizações. Caso contrário, a utilização das aulas de laboratório como “receitas de bolo”, tem como resultados conclusões já definidas pelo professor (dogmas), e que não caberia ao aluno questioná-las.

O enfoque da valorização dos conhecimentos prévios no ensino de ciências é a “ciência do cidadão”, que segundo Jenkins (1999), é uma forma de direcionar o ensino experimental de ciências para a experiência cotidiana do aluno. Segundo o autor, o trabalho científico é percebido de forma mais eficaz (no laboratório ou na pesquisa de campo) na medida em que estes trabalhos envolvam a realidade do aluno, impulsionando a resolução de desafios concretos. Jenkins (1999) concluiu que esta abordagem leva à motivação, a alguns “insights” sobre a natureza da ciência, aos benefícios do trabalho coletivo, à aquisição de habilidades comunicativas entre outros aspectos.

O desenvolvimento da capacidade de aprender parece uma síntese dos objetivos psicopedagógicos de qualquer sistema educacional, de sociedades que querem preparar pessoas que tenham condições de adaptar-se a mudanças tanto culturais, tecnológicas ou sociais (Costa & Moreira, 1996). As aulas experimentais (tanto no laboratório como na pesquisas em campo) apresentam um potencial importante para desenvolver nos alunos esta capacidade, pois na medida em que os conhecimentos prévios e novos são mobilizados na resolução de problemas, o aluno faz uma reflexão sobre os caminhos de sua aprendizagem.

Conforme Pozo & Pérez (1994), o ensino baseado na resolução de problemas estimula nos alunos o conhecimento de procedimentos para dar respostas a situações distintas e mutáveis, isto é, desenvolve a verdadeira compreensão dos fatos. Ensinar o aluno a resolver problemas, consiste em não apenas ensinar estratégias eficazes, mas em criar o hábito e a atitude de encarar a aprendizagem como um problema para o qual se tem que encontrar respostas.

A maioria dos autores parece concordar que a diferença entre um problema e um exercício, é que este último requer mecanismos que nos conduzam de forma imediata à solução. Por outro lado, uma mesma situação pode ser um problema para algumas pessoas, e um exercício para outras. De qualquer forma, tanto exercícios como problemas requerem dos alunos a ativação de diversos tipos de conhecimento, de procedimentos, de atitudes e motivações (Costa & Moreira, 1997).

A Ciência Cognitiva tem contribuído para esclarecer o papel do conhecimento prévio específico na tarefa de Resolução de Problemas (RP), além do papel da prática, da disponibilidade e ativação de conhecimentos conceituais adequados (Costa & Moreira, 1997). Os processos cognitivos envolvidos na Resolução de Problemas, já estudados há algum tempo no campo da Psicologia, têm despertado interesse entre os pesquisadores das áreas de Ciências e Matemática, já que o fracasso generalizado nesta tarefa, dentro do contexto educacional, reforça a necessidade de entendê-la melhor, com o objetivo de reverter esta situação (Costa & Moreira, 1997). Na RP,

raciocínio e pensamento são atividades que se sobrepõem e fazem parte destas disciplinas (ciências e matemática). A RP pode ser considerada como uma atividade de aprendizagem complexa que envolve pensamento (Garrett, 1987)

Definir o que se entende por problema pode dar margem a várias interpretações: um problema é um estado subjetivo da mente, pessoal para cada indivíduo, um desafio, uma situação não resolvida, cuja resposta não é imediata, que resulta em reflexão e uso de estratégias conceituais e procedimentais, provocando uma mudança nas estruturas mentais (Costa & Moreira, 1997). Hayes (1980) definiu problema como a fenda que separa um estado presente de um estado almejado; Gil Pérez et al. (1988) consideram problema como uma situação para a qual não há soluções evidentes; já Perales (1993) considera-o uma situação qualquer que produz, de um lado, um certo grau de incerteza e, de outro, uma conduta em busca de uma solução.

Dois estudos de caso: 1. Aluno pesquisador na pesquisa de campo (interagindo com a comunidade) 2. Aluno pesquisador na aula de laboratório

Ambos os trabalhos foram realizados em uma escola pública estadual, no ano letivo de 2010, com alunos de 1º ano do ensino médio, na disciplina de biologia. O grupo pesquisado (25 alunos) tinha em média 14 a 17 anos. Os estudos foram conduzidos de acordo com a metodologia de Vosniadou (1994), isto é, os conceitos científicos foram problematizados através de debates (Ausubel, 1982; Freire, 2000) e orientados por questões-problema que consistiram em perguntas “generativas” (produtiva, não factual), isto é, que não podem ser respondidas através de simples repetição de informação não assimilada e compreendida (Vosniadou, 1994). Estas questões-problema sugerem uma metodologia de RP, onde os alunos são conduzidos a refletir sobre o seu próprio raciocínio desenvolvido na resolução de uma determinada questão (Pozo & Pérez, 1994); assim, os conhecimentos prévios são extremamente importantes, pois estes são mobilizados em um primeiro momento para dar respostas às questões propostas. As estruturas cognitivas dos conhecimentos prévios interagem com os as estruturas cognitivas dos novos conhecimentos (conceitos científicos), produzindo a aprendizagem significativa, baseada não na memorização de conceitos, mas na sua compreensão (Ausubel, 1976, 1982). A interação dos conhecimentos prévios com os novos conhecimentos (através da RP) torna a aprendizagem significativa. Sobre o que o aluno já compreende são alicerçados os conhecimentos que se quer ensinar, proporcionando a compreensão das informações, ou seja, proporcionando novos significados.

Esta re-significação dos novos conhecimentos, por parte do aluno, é a essência da metacognição: o aluno passa a ter total domínio do seu processo de aprendizagem e criatividade, pois ele compreende “de onde saiu” os novos conhecimentos por ele produzidos (Flavell, 1976).

1.O aluno pesquisador interagindo com a comunidade (pesquisa de campo)

A função da questão-problema é provocar a mobilização das estruturas cognitivas prévias; elas vão interagir com os novos conhecimentos que estarão sendo desenvolvidos em aula e junto à comunidade. Nesta etapa, os alunos já foram questionados (questões-problema 1) sobre a origem do universo, da vida e a possibilidade de vida extraterrestre, sendo a primeira mobilização dos conhecimentos prévios sobre o tema.

A questão-problema a seguir (segunda mobilização dos conhecimentos prévios) propõe uma reflexão sobre os conhecimentos prévios dos alunos em relação aos conhecimentos da comunidade, sobre o universo e a vida. Concomitante à elaboração do relatório da pesquisa de campo, foi debatido em sala de aula, a evolução das idéias (científicas ou não) ao longo da história, sobre a origem do universo e da vida.

Exemplo de relatório: pesquisa de campo

Questão-problema: Como o ser humano procurou explicar o meio ambiente ao seu redor (universo) e a origem da vida ao longo de sua história.

Objetivo: Identificar as diferentes teorias sobre a origem do universo e da vida, existentes em nossa comunidade, e relacioná-las com nossa própria teoria e com as teorias científicas.

Metodologia: Entrevistar três professores (exceto de biologia), três estudantes (no mínimo com ensino médio) e três familiares. Colocar nome e idade dos entrevistados. Realizar a pesquisa em grupos de dois ou três alunos.

1. Como você explica a origem do universo?
2. Como você explica a origem da vida em nosso planeta?
3. Você acha possível a existência de vida extraterrestre? Por quê?

Resultados:

1. Inserir os resultados de sua enquete em uma tabela e após fazer gráficos, indicando:
Gráfico 1: Número de indivíduos X Teoria sobre a origem do universo.
Gráfico 2: Número de indivíduos X Teoria sobre a origem da vida.
Gráfico 3: Número de indivíduos X Crença em vida extraterrestre

Conclusões:

1. O grupo se identificou com alguma resposta dos entrevistados? Qual? Por quê?
2. Como você explicaria os motivos que levaram as respostas que apareceram com mais e menos frequência nos três gráficos?

2.O aluno pesquisador na aula de laboratório

As questões-problema mobilizarão as estruturas cognitivas prévias e dos novos conhecimentos, interagindo-as. A produção dos novos conceitos ocorre durante a aula de laboratório, onde são debatidos os conhecimentos científicos relacionados à dinâmica da membrana plasmática.

Exemplo de relatório: pesquisa em laboratório

Questão-problema:

1. A célula (representada no experimento pela célula da batata) interage com o meio?
2. Se afirmativo, quais as consequências desta interação?

Metodologia: Em grupos de dois ou três alunos, coloque uma fatia de batata em um copo de Becker contendo uma solução concentrada de água e sal. Esperar 15 minutos. Enquanto isto faça uma cavidade em uma metade da batata e preencha com açúcar; espere alguns minutos.

Resultados:

1. O que você observou nos dois pedaços de batata?
2. Houve alguma interação do meio (açúcar/água com sal) com a célula da batata?
3. Como ocorreu esta interação? Como você a identifica?

Conclusões:

1. Como você explica o fenômeno observado aplicando o conceito de osmose?
2. Qual a importância dos fenômenos físicos da difusão e osmose para a célula?

3. Qual a estrutura celular que atua no controle da interação célula/meio ambiente?

O aluno pesquisador e a metodologia/epistemologia baseada na resolução de problema (RP) e aprendizagem significativa, no ensino de ciências

Segundo Ausubel (1976) os conhecimentos prévios parecem ser mais importantes que os próprios conhecimentos científicos que se quer ensinar, pois é a partir destes conhecimentos anteriores é que estará fundamentada toda a estrutura cognitiva dos novos conhecimentos. Assim, tanto no trabalho do aluno pesquisador em laboratório, como na pesquisa em campo, percebeu-se a importância de questionar os alunos sobre suas hipóteses prévias relacionando-as com os novos conceitos. No trabalho do aluno pesquisador em campo, as hipóteses místicas sobre a origem do universo e da vida serviram de base; ou para fundamentar novas hipóteses (mesmo que as antigas reapareçam), ou para servir de elementos questionadores que irão fundamentar as novas hipóteses. Estas não necessariamente correspondem aos conceitos científicos sobre a origem do universo e da vida. No trabalho do aluno pesquisador em laboratório, os conhecimentos prévios serviram para “tencionar” as limitações das hipóteses prévias formuladas pelos alunos. Estas hipóteses, caso não respondam a alguns problemas propostos pela experimentação, servem de fundamento cognitivo para o aluno compreender os novos conceitos científicos. Na experimentação sobre o processo osmótico da membrana celular, as observações dos alunos serviram de ligação entre os conhecimentos prévios (negação da idéia “aluno como depósito de conceitos”) e os novos conhecimentos, pois os conhecimentos anteriores foram problematizados, o que produziu no aluno uma resposta, que na maioria das vezes, indicava compreensão dos conceitos científicos estudados.

Conclusão

Educar pela pesquisa exige que o professor atue em sua prática educativa com reflexão crítica. Exige uma mudança de atitude e concepções epistemológicas do professor. Uma aula que ensina a copiar não desenvolve a capacidade de aprender (Demo, 2007).

Os novos conhecimentos produzidos pelos alunos nem sempre são corretos do ponto de vista científico (Moreira et al., 2002), mas o que interessa é a compreensão dos fatos, sendo que a construção cognitiva dos conceitos científicos não ocorre rapidamente (Vergnaud, 1990).

O pressuposto da aprendizagem como memorização, remete a concepção epistemológica do conhecimento pronto, acabado, transmitido aos alunos como verdades inquestionáveis (dogmas) e sem relação com a sua realidade (produtora de conhecimento). Esta é uma visão, ora racionalista, ora idealista da produção do conhecimento, e que não se relaciona com a realidade do aluno. Esta visão bancária da aprendizagem (Freire, 2000), pressupõe que o aluno seja uma “cabeça vazia”, sem conhecimentos prévios, sem história. A valorização das idéias dos alunos (as reflexões sobre sua prática) ocorre através de questões-problema, sugeridas nas aulas de laboratório e na pesquisa de campo; e a interação com os novos conhecimentos deve levar em conta a re-elaboração destes e não a simples memorização de conceitos prontos.

A explicação do aluno para a dinâmica da membrana (osmose), através de relações e contextualizações, re-significa este conceito quando este é relacionado à experiência desenvolvida no laboratório e está aliado aos conhecimentos prévios. Desta maneira evidencia-se a compreensão; mas o aluno que não produz seu conhecimento, não o elabora, não racionaliza, ele simplesmente recebe de maneira passiva os conhecimentos alheios as suas experiências.

Na epistemologia do conhecimento esta “visão bancária” remete a uma idéia racionalista e também empirista. Quando o aluno recebe um “roteiro” de aula de laboratório (ou pesquisa de campo), onde as experiências, resultados e conclusões são como “receita de bolo” cujo objetivo é

responder aquilo que o professor espera, não há espaço para um “novo olhar” ou a respostas diferenciadas; nesta situação o conhecimento prévio é desconsiderado. Esta epistemologia/metodologia é empirista, pois remonta à época da história da ciência que se acreditava que o conhecimento era adquirido apenas através da experimentação. A metodologia descrita acima pretende que o aluno consiga “descobrir”, através da simples observação de fenômenos nas aulas de laboratório, os conceitos científicos que foram desenvolvidos pelos cientistas ao longo de muito tempo e de intenso debate entre eles. Esta metodologia reflete a visão simplória da possibilidade do “fazer ciência” através da aula de laboratório na escola. Ao mesmo tempo, o aluno não é valorizado em suas racionalizações (concepções prévias) que se originam do questionamento da sua realidade.

O estudante também é subjugado por idéias (conceitos) que não foram por ele construídas, idéias estas estranhas a ele, e não fazem parte de seus conhecimentos prévios e nem tampouco serão compreendidos atingindo o “status” de novos conhecimentos. É quando o professor não reconhece a construção do pensamento do aluno e para ele, a resposta correta é aquela que coincide exatamente com o conceito científico que se está estudando. Esta é uma epistemologia/metodologia racionalista. Nesta versão, o professor valoriza os conceitos que ele, professor, tem que transmitir. Os conceitos estão prontos e não cabe aos alunos questioná-los. Esta epistemologia, desenvolvida em sala de aula, transmite ao aluno a idéia errada do desenvolvimento da ciência. Esta é uma ciência dogmática, encerrada em uma verdade única e que a própria ciência demonstra que é ilusória e transitória.

Os conhecimentos prévios do aluno (conceitos que foram realmente compreendidos por ele) identificados neste estudo são fundamentais para a elaboração dos novos conhecimentos, por exemplo, algumas idéias místicas sobre a origem do universo (pesquisa de campo) e a concepção errônea da célula como unidade isolada do meio ambiente (pesquisa no laboratório); o professor deverá identificar as situações (problemas) para que o aluno avance em suas concepções prévias e promova a interação com os novos conceitos (científicos).

Apesar dos professores, muitas vezes, não identificarem estes problemas epistemológicos (visão empirista/racionalista) na condução de suas aulas de laboratório/campo, é fundamental tornar a pesquisa como metodologia epistemológica do ensino em ambiente didático cotidiano, no professor e no aluno, desfazendo a expectativa arcaica de que pesquisa é coisa especial. Trata-se de ler a realidade de modo questionador e de reconstruí-la como sujeito crítico (Demo, 2007).

Marandino (2003) propõe que o professor deve pensar sempre sobre o conhecimento ensinado, evitando que o aluno consolide a imagem do “fazer ciência” como processo de descoberta (ou redescoberta) de verdades estabelecidas, redefinindo o status da ciência empírica, ultrapassada historicamente, e que não se sustentou como a única forma de produção de conhecimento. Oliveira (1992) enfatiza a pluralidade dos métodos de investigação, essência da atividade científica, possibilitando a reflexão crítica da própria ciência (com seus erros e acertos).

As relações e contextos que estão inseridos nos conceitos científicos e nas concepções prévias, evidenciam-se por questões-problema (por exemplo, as propostas neste trabalho) que emergem da realidade do aluno e da análise criteriosa feita pelo professor dos conceitos científicos que serão estudados e que não serão respondidas simplesmente através da memorização (Vosniadou, 1994). As questões-problema propostas nesta pesquisa se mostraram eficazes para mobilizar as estruturas cognitivas dos conhecimentos prévios e dos novos conhecimentos, interagindo-os. Na pesquisa de laboratório, alguns alunos afirmam não saber se a célula interage com o meio, mas através das observações do experimento (que indica alteração do meio representado pelo açúcar), o aluno é tencionado a refletir sobre suas concepções prévias, ao mesmo tempo em que os novos conhecimentos (científicos) são debatidos em sala de aula. As

questões-problema nesta fase são direcionadas para uma reflexão que direcione a interação dos conhecimentos prévios, das observações no laboratório e dos conceitos científicos, como por exemplo, quando se pede para o aluno explicar o fenômeno observado (interação célula/meio provocando liberação de água da célula para a cavidade da batata preenchida com açúcar) aplicando o conceito de osmose. A maioria das respostas dos relatórios indica compreensão acerca do tema estudado. Por exemplo, "... o açúcar na cavidade da batata ficou úmido porque a água saiu da batata... a concentração do açúcar "atraiu" a água, e a osmose é esse movimento". Na compreensão da importância dos processos osmóticos e de difusão: "... são importantes para entrar e sair substâncias..." e "... esse movimento através da membrana deve trazer substâncias importantes..."

O questionamento produtivo, não factual (Vosniadou, 1994), gera interações cognitivas entre os conhecimentos prévios dos alunos (sua realidade cognitiva) e os novos conhecimentos (Ausubel, 1976, 1982). Nesta interação ocorre a reconstrução dos conhecimentos, o que significa dizer que ela inclui interpretação própria, formulação pessoal, elaboração, saber pensar, aprender a aprender (metagonição) (Flavell, 1976). Neste estudo se identificou respostas que não correspondem totalmente aos conceitos científicos, porém, são respostas que são construídas corretamente a partir da reflexão das experiências anteriores do aluno, sobre os resultados da pesquisa (laboratório/campo) e sobre os novos conhecimentos. Por exemplo, na pesquisa de campo, muitos alunos tinham concepções prévias místicas a respeito da origem do universo que foram reforçadas por muitas respostas da comunidade. Apesar do debate acerca dos conceitos científicos, muitos alunos permaneceram com as concepções místicas (prévias) tornando-as mais elaboradas acrescentando algumas "reflexões científicas": Por exemplo: "A origem do universo é divina, mas no início ocorreu o Big-Bang que formou tudo o que existe, átomos, moléculas, a matéria..."; "... a matéria se espalhou, perdeu calor e foi se combinando de acordo com a vontade divina." Na pesquisa em laboratório: "A osmose faz sempre passar tudo pela membrana...". Estas afirmações apresentam alguma similaridade com os conceitos científicos, são funcionais e indicam compreensão, isto é, demonstram uma aprendizagem significativa. De acordo com Moreira et al. (2002), os novos conhecimentos produzidos pelos alunos nem sempre são corretos do ponto de vista científico, mas o que interessa é a compreensão dos fatos, sendo que a construção cognitiva dos conceitos científicos não ocorre rapidamente (Vergnaud, 1990).

A relação pedagógica verdadeiramente criativa não se estabelece em um ambiente de repasse e cópia, entre um sujeito capacitado (professor) diante de um objeto apenas receptivo (aluno), condenado a escutar aulas, tomar notas, decorar e fazer prova. É preciso promover o processo da pesquisa no aluno, que deixa de ser objeto de ensino para tornar-se parceiro de trabalho. A relação precisa ser de sujeitos participativos, tornando o questionamento re-constutivo (interações cognitivas) um desafio comum. Sem a intenção de distribuir receitas prontas, busca-se orientar estratégias que facilitem a capacidade de educar pela pesquisa (Demo, 2007).

Referências

Ausubel, D. P. (1976). *Psicologia Educativa: um Ponto de Vista Cognoscitivo*. Tradução de Roberto Helier Dominguez, México: Editorial Trillas.

Ausubel, D. P. (1982). *A Aprendizagem Significativa: a Teoria de David Ausubel*. São Paulo: Moraes.

Axt, R. (1991). O Papel da Experimentação no Ensino de Ciências. In: MOREIRA, M. A. & Axt, R. *Tópicos em Ensino de Ciências* (pp.79-90). Porto Alegre: Sagra

Brown, A. (1995). Advances in learning and instruction. *Educational Researcher*, 23(8), 4-12.

- Costa, S. S. C. & Moreira, M. A. (1996). Resolução de problemas I: diferenças entre novatos e especialistas. *Investigações em Ensino de Ciências*, 1(2), 176-192.
- Costa, S. S. C. & Moreira, M. A. (1997). Resolução de problemas II: propostas de metodologias didáticas. *Investigações em Ensino de Ciências*, 2(1), 5-26.
- Demo, P. (2007). *Educar pela Pesquisa*. SP: Ed. Autores Associados.
- Flavell, J. H. (1976). Metacognitive aspects of problem solving. In: L. B. RESNICK (Org), *The nature of intelligence* (pp. 231-235). Hillsdale, N.Y.: Erlbaum.
- Freire, P. (2000). *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. São Paulo: Paz & Terra.
- Gardner, H. (1985). *The Mind's New Science*. New York: Basic Books.
- Garrett, R. M. (1987). Issues in science education: problem solving, creativity and originality. *International Journal of Science Education*, 9(2), 125-137.
- Gil Perez, D.; Martinez Torregrosa, J. & Senent Perez, F. (1988). El fracaso en la resolución de problemas de Física: una investigación orientada por nuevos supuestos. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 131-146.
- Hayes, J.R. (1980). *The Complete Problem Solving*. Philadelphia: Franklin Institute.
- Jenkins, E. W. Practical work in School Science. (1999). In: LEACH, J. & PAULSEN, A. C. (Ed.), *Practical Work in Science Education Recent Studies*. (pp. 19-32). Dinamarca: Roskilde University Press.
- Lélis, I. C. (2001). Do ensino de conteúdos aos saberes do professor: mudança de idioma pedagógico? *Educação & Sociedade*, 22(74), 47-58.
- Lemgruber, M. S. (2000). Um Panorama da educação em ciências. *Educação em Foco Revista de Educação*, 5(1), 11-28.
- Marandino, M. (2003). A prática de ensino nas licenciaturas e pesquisa em ensino de ciências. *Cad. Bras. Ens. Fís.*, 20(2), 168-193.
- Moreira, M. A.; Greca, I. M.; Palmero, M. L. R. (2002). Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza & aprendizaje de las ciencias. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2(3), 36-56.
- Oliveira, R. J. (1992). A Crítica ao verbalismo e ao experimentalismo no ensino de Química e Física. *Química Nova*, 15(1), 86-89.
- Perales, F.J. (1993). La resolución de problemas: una revisión estructurada. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), 170-178.
- Pozo Municio, J. I. & Pérez Echeverría, M. P. (1994). *La Solución de Problemas* Madrid: Santillana, S.A.

Vergnaud. G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 10(23), 133-170.

Vosniadou, S. (1994). Towards a revised cognitive psychology for new advances in learning and instruction. *Learning and Instruction*, 6(2), 95-109.

Recebido em: 05.05.11

Aceito em: 08.12.11