

UMA REVISÃO DE PESQUISAS NAS CONCEPÇÕES DE PROFESSORES SOBRE A NATUREZA DA CIÊNCIA E SUAS IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO

(A review of research on teacher's conceptions about the nature of science and their implications for teaching)

João Batista Siqueira Harres [jbharres@fates.tche.br]
UNIVATES - Centro Universitário
Caixa Postal 155
95900-000 - Lajeado – RS

Resumo

Neste trabalho, como parte de uma pesquisa maior (Harres 1999a), situamos o estado atual da pesquisa, realizada fora do contexto brasileiro, nas Concepções sobre a Natureza da Ciência - CNC. Além de outras pesquisas, sintetizamos os resultados de três importantes revisões anteriores (Ledermann, 1992; Koulaidis e Ogborn, 1995; Porlán e Rivero, 1998) comparando-as com outros resultados mais recentes e destacando as implicações desses resultados para o ensino de ciências.

Palavras-chave: concepções dos professores; natureza da ciência; ensino de ciências.

Abstract

This paper, as part of a more comprehensive investigation (Harres, 1999a), shows the 'state of art' that has been developed out of the Brazilian context, in the conceptions of the nature of science – CNC. In addition to other studies we synthesize three important previous reviews (Ledermann, 1992; Koulaidis and Ogborn, 1989; Porlán and Rivero, 1998) comparing them to other more recent results and stressing out the implications of these results to science teaching.

Key-words: teacher's conceptions; nature of science; science education.

1. Uma breve história da pesquisa nas CNC

Segundo Ledermann (1992), embora o objetivo de promover um entendimento da natureza da ciência já tenha sido explicitada no ensino no início do século, a pesquisa nas Concepções sobre a Natureza da Ciência - CNC, do ponto de vista dos estudantes, dos currículos e dos professores de - ciências é bem mais recente. Este autor faz, provavelmente, a mais importante e abrangente revisão sobre a pesquisa nas CNC até aquela data. Historicamente, este autor identifica quatro focos que concentram estas pesquisas: concepções de estudantes; concepções de currículos; concepções de professores; e, implicações entre as concepções dos professores, sua *práxis* em sala de aula e as concepções dos estudantes.

Wilson (1954), elaborando um instrumento para identificar este tipo de concepções nos estudantes, parece ser o mais antigo trabalho referenciado nesta área de investigação. A partir deste trabalho sobre as CNC dos estudantes, muitos outros se seguiram. Diferente do que ocorre hoje, as primeiras investigações não diferenciavam claramente as pesquisas sobre a atitude dos alunos para com a ciência das pesquisas nas CNC. Ledermann (1992) revisa mais de vinte trabalhos relacionados apenas com as CNC de estudantes.

Inicialmente, a maioria das pesquisas adotavam metodologias quantitativas. Atualmente, a ênfase recai mais sobre abordagens qualitativas. Apesar da carência de validade e de fidedignidade de vários trabalhos, conduzidos com ambas metodologias e abordando diferentes aspectos da questão, é significativo que todas estas investigações são consensuais no fato de que estudantes apresentam CNC geralmente inadequadas. Na verdade, reconhecer que os estudantes detenham um *conhecimento sobre o conhecimento*, isto é, um meta-conhecimento razoavelmente estruturado,

significa um grande avanço e um avanço ainda maior representa poder situar este pensamento dentro das correntes filosóficas e epistemológicas de que dispomos hoje.

As CNC inadequadas dos estudantes mais comuns encontradas incluem, entre outros aspectos:

- a consideração do conhecimento científico como absoluto;
- a idéia de que o principal objetivo dos cientistas é descobrir leis naturais e verdades;
- lacunas para entender o papel da criatividade na produção do conhecimento;
- lacunas para entender o papel das teorias e sua relação com a pesquisa;
- incompreensão da relação entre experiências, modelos e teorias.

A segunda linha de pesquisa nas CNC decorre, segundo Ledermann (1992), da primeira. Tendo sido constatado que estudantes, mesmo após o ensino, ainda apresentam concepções inadequadas, considerou-se plausível atribuir a não modificação desta situação à ineficiência dos currículos de ciências.

Porém, o redirecionamento desta área de investigação não ajudou muito a esclarecer a questão. Algumas pesquisas mostram influência do tipo de currículo implementado nas CNC dos estudantes e outras não evidenciam ganhos significativos em CNC (Aikenhead, 1973). Além disso, conforme Ledermann (1992), algumas pesquisas cujos resultados mostram ganhos em CNC contém sérios vícios metodológicos como, por exemplo, aplicar instrumentos diretamente relacionados com as atividades propostas para grupos experimentais específicos. Outras pesquisas mostram-se problemáticas porque comparam, de forma inadequada, propostas centradas em atividades práticas - com propostas centradas em leituras e em demonstrações.

Enquanto isso, várias outras pesquisas não detectam ganhos em CNC quando são controladas variáveis relativas aos estudantes (CNC anteriores à instrução, história escolar e habilidade mental) ou variáveis relativas aos professores (experiência docente, capacidade de propor questões críticas e outros fatores idiossincráticos dos professores). E mais, algumas pesquisas especialmente desenvolvidas para avaliar supostos ganhos na adequação das CNC dos estudantes, devido a determinadas propostas curriculares, tais como PSSC ou BSCS, não demonstram sucesso na intenção inicial (Tamir, 1972 e Durkee, 1974).

Em virtude dos resultados acima, a consideração do professor como uma variável relevante constitui-se na terceira linha de pesquisa na área das CNC. Segundo Ledermann (1992), até aqui, as pesquisas parecem pressupor que um professor possa promover entendimentos válidos sobre a natureza da ciência tendo ele mesmo CNC inadequadas. Assim, um novo avanço ocorre quando os investigadores passaram a considerar que também os professores apresentam resistência à mudança da sua CNC ou que talvez possuam concepções (conscientes ou não) que vão de encontro com as CNC de um currículo que incorpore concepções mais avançadas sobre a ciência.

2. A pesquisa sobre CNC de professores

Atendendo a este novo foco, vários trabalhos passam a investigar CNC de professores de ciências. Destacamos alguns deles e três revisões importantes nesta área de investigação. Como já mencionado anteriormente, Ledermann (1992) faz uma revisão ampla que inclui muito da história desta área de pesquisa. Este autor analisa principalmente a possível influência das CNC dos professores no ensino, contrastando as pesquisas revisadas com a sua longa trajetória nesta questão (Ledermann e Zeidler, 1987; Ledermann, 1992; Abd-el-Khalick, Bell e Ledermann, 1998).

Outra revisão que destacamos é a de Kouliadis e Ogborn (1995) que atenta para os pressupostos filosóficos das pesquisas exatamente porque estes autores tentam ser rigorosos neste aspecto na sua própria pesquisa (Kouliadis e Ogborn, 1989). Por fim, Porlán e Rivero (1998) fazem uma revisão de um número menor, porém mais recente, de trabalhos. Esta última revisão pretende ser abrangente quanto às metodologias de investigação e quanto ao nível de atuação dos sujeitos

investigados. Assim, cada uma destas revisões trazem importantes contribuições para três dimensões diferentes da questão: sobre os resultados (Ledermann, 1992), sobre os pressupostos epistemológicos (Koulaidis e Ogborn, 1995) e sobre os pressupostos metodológicos (Porlán e Rivero 1998).

Destas revisões é possível concluir que, entre os anos 60 e 80, a maioria das pesquisas eram desenvolvidas através de questionários, construídos inicialmente para serem aplicados em alunos, dos quais derivam escalas para medir o nível de adequação das CNC de professores. Independentemente do contexto cultural, da experiência docente e do nível de atuação e formação, os resultados mostram, de modo geral, uma aproximação das CNC dos professores a uma concepção empirico-indutivista, com escores nestas escalas não muito diferentes daqueles obtidos por estudantes e, em alguns casos, também por cientistas (Robinson, 1969; Carey e Stauss, 1970; Billeh e Malik, 1977; Ogunniyi e Pella, 1980).

Um primeiro resultado importante destas pesquisas foi que variáveis acadêmicas ou experiências anteriores no ensino não se correlacionam com o nível de adequação das CNC identificadas (Carey e Stauss, 1968 e Kimball, 1968). Segundo Kimball (1968), as CNC inadequadas se formariam fora dos programas de formação de professores e, para mudar esta situação, ele propõe a inclusão de filosofia da ciência como parte dos cursos de graduação uma vez que constata que filósofos tinham escores mais altos nesses testes do que os professores de ciências e os cientistas. Na época, outros trabalhos também constataram melhorias nas CNC dos professores quando estes participam de cursos especificamente preparados para tal fim (Ledermann 1992).

Koulaidis e Ogborn (1995), revisando 24 pesquisas, sendo a mais recente de 1991, e 16 delas anteriores a 1980, apontam um sério problema na grande maioria. Estes autores constataam que apenas uma delas, e ainda de modo parcial, explicita a concepção epistemológica assumida na condução da pesquisa, como já recomendavam Cooley e Klopfer (1961), enquanto todos os outros faziam uma colagem idiossincrática de diferentes perspectivas filosóficas, como já salientava Lucas (1975). Por não considerarem o caráter especulativo, hipotético e provisório das próprias concepções sobre a natureza da ciência, estas pesquisas parecem supor que entre os filósofos da ciência já não há debate e que o consenso entre eles está definitivamente estabelecido e generalizado.

A propósito da validade das pesquisas em CNC obtidas através do uso de questionários, Lucas (1975) chama a atenção para vários problemas relativos à construção dos questionários e à publicação dos resultados, como, por exemplo, o não reconhecimento da existência de modelos conflitantes sobre a ciência. Este autor recomenda que seja explicitada a concepção filosófica que dá embasamento à construção do instrumento de pesquisa; que as publicações contenham mais dados (inclusive os instrumentos e os escores) para poderem ser avaliadas; e, finalmente, que seja apresentada uma análise da confiabilidade dos dados.

A partir de 1980, houve um considerável aumento de pesquisas nesta área de investigação. Mas, infelizmente, até a revisão de Ledermann (1992) a situação, apesar dos esforços para mudá-la, continuava igual. Coerente com as tendências que se reforçam neste período, muitas pesquisas passam a utilizar metodologias qualitativas baseadas em observações e entrevistas. Entretanto, o movimento das pesquisas quantitativas, manifestado especialmente na renovada intenção de criar instrumentos (questionário e testes) que pudessem avaliar de forma mais adequada as CNC de professores (e também de estudantes) não sofre uma redução drástica.

Alguns resultados empíricos deste período são importantes e destacamos a seguir. Koulaidis e Ogborn (1995) constataam que a necessidade de explicitar a CNC subjacente passa a ser mais atendida. Dos oito trabalhos posteriores a 1980 revisados por estes autores, cinco apresentam a fundamentação epistemológica do instrumento utilizado.

Outro resultado importante adveio de trabalhos conduzidos em contextos distantes, como os de Ogunniyi (1982), no Japão, e de Rowell e Cawthron (1982), na Austrália. Ambos constataam a presença de CNC menos absolutistas. Embora com alguns problemas metodológicos, estas

pesquisas apontam a existência de alguns professores, apresentando CNC claramente mais próximas de uma visão contextualizada e, principalmente, não tão bem definida quanto àquelas detectadas em resultados anteriores (Ogborn e Koulaidis, 1989), embora a maioria dos professores ainda manifeste-se de forma concordante com uma concepção empírico-indutivista da ciência.

Cotham e Smtih (1981) construíram um questionário (*COST: Conceptions of Scientific Theories Test*) apoiado em uma perspectiva evolutiva da ciência, dividido em sub-escalas relativas a diferentes aspectos da ciência (implicações ontológicas, geração, escolha e comprovação das teorias científicas) situados entre extremos absolutistas e relativistas. As afirmações do questionário foram retiradas da literatura filosófica e de entrevistas. De um total inicial de 80 itens, a forma final restringe-se a 40 itens, cujas respostas envolviam uma escala tipo-Likert que demonstraram consistência interna com as sub-escalas. O questionário foi aplicado em mais de 100 professores norte-americanos do nível primário e os resultados revelam uma concepção das teorias científica como acabadas, verdadeiras e geradas de modo indutivo.

Em outra pesquisa, envolvendo professores de Física do contexto latino (Itália, Uruguai e Argentina), Ruggieri, Tarsitani e Vicentini (1993) utilizam um questionário de perguntas abertas e indiretas tentando não condicionar as respostas dos sujeitos e estimulá-los a explicitar suas idéias latentes. As respostas mostram uma concepção absolutista de ciência, baseada num realismo ingênuo e numa metodologia científica imutável. Estes professores não reconhecem, e isto de forma mais intensa no contexto italiano, a existência de influências históricas e contextuais no conhecimento científico.

Abell e Smith (1994), contrários à tendência de pesquisar junto a professores de nível médio, aplicaram um questionário a 140 futuros professores das séries iniciais com resultados muito semelhantes aos dois trabalhos anteriores. Porlán e Rivero (1998) resumem as conclusões deste trabalho afirmando que os professores apresentam uma visão de que a ciência busca a verdade (realismo ingênuo) através de uma metodologia indutiva e sem influências externas (da sociedade).

Outros trabalhos de cunho qualitativo, conduzidos através de entrevistas *semi-estruturadas e reflexivas*, também apontam concepções de professores semelhantes às anteriores. Porlán (1994), por exemplo, entrevistando futuros professores do nível fundamental de ensino, identifica concepções claramente absolutistas, expressas por princípios de objetividade e infalibilidade do método científico e de veracidade absoluta e superioridade do conhecimento científico, caracterizando aquilo que Toulmin (1977) denomina de *absolutismo epistemológico* (Porlán e Harres, 1999).

Na mesma linha metodológica, Guilbert e Meloche (1993), entrevistaram, de modo grupal e não diretivo, 36 futuros professores. Defendendo que esta estratégia metodológica proporciona uma visão de ciência muito mais elaborada do que com questionários, estes autores identificam concepções contraditórias, entre positivismo e relativismo, apresentadas pelos mesmos indivíduos. Isto, segundo os autores, seria um indicativo da forte resistência à mudança da imagem tradicional da ciência. Segundo Porlán e Rivero (1998), esta contradição pode ser também um reflexo da oportunidade de refletir sobre suas concepções espontâneas.

No contexto inglês, Ogborn e Koulaidis (1989) também constatam uma visão mais flexível em relação às CNC dos professores. Esta pesquisa desdobrou a questão das CNC em quatro aspectos da ciência: método científico, critério de demarcação, padrões de evolução e status do conhecimento científico. O grande mérito deste trabalho parece ser o fato destes autores usarem um instrumento construído para dar uma representação esquemática ampla que inclui a posição das diferentes correntes sobre a natureza da ciência (indutivismo, dedutivismo hipotético, contextualismo racionalista, contextualismo relativo e relativismo) em relação aos aspectos acima mencionados (Koulaidis e Ogborn, 1988). Porém, em nossa opinião, as questões propostas nos parecem demasiadamente *discretas* e incoerentes com uma visão *contínua* das CNC.

Pelos resultados encontrados, estes autores defendem que, quando se inclui no instrumento de coleta de dados mais visões de ciência e se investiga as CNC como um todo, pode-se constatar

uma posição mais contextualizada e um papel menor da racionalidade na concepção dos professores. Somente 60% dos 23 professores e futuros professores puderam ser categorizados em uma das correntes filosóficas. Verificou-se, ao contrário dos trabalhos anteriores, que a maior categorização de sujeitos ocorreu na perspectiva contextualista. Os demais 40% foram classificados como ecléticos, demonstrando que não necessariamente os professores manifestam-se coerentemente sobre os aspectos diferentes da ciência.

Destas três revisões gerais pode-se destacar, portanto, as seguintes conclusões:

- professores de ciências (independente do nível de atuação e do tipo de instrumento utilizado para investigá-los) possuem, em geral, CNC inadequadas, próximas a uma visão empirico-indutivista;
- minoritariamente, especialmente quando a pesquisa propicia, pode-se encontrar concepções próximas a uma visão mais contextualizada e menos absolutista da ciência, embora distinta para diferentes aspectos;
- estratégias para mudança de CNC inadequadas podem ter sucesso se dedicarem atenção especial à história da ciência ou à sua natureza;
- tendências homogenizadoras de formação podem explicar que variáveis acadêmicas e de experiência não se relacionam com o nível das CNC dos professores.

Estas constatações não implicam que esta área de investigação tenha resolvido todos seus problemas. Pelo contrário, é necessário avançar na questão da relação entre as CNC dos professores e as suas posturas didáticas. Ledermann (1992) conclui sua revisão salientando que, até aquele momento, duas suposições subjacentes a todas as pesquisas continuavam sem ser adequadamente testadas. A primeira é que as CNC dos professores possam influir de fato nas CNC dos estudantes. A segunda suposição, decorrente da primeira, é que as CNC do professor exercem um papel importante no comportamento docente e no ambiente da sala de aula.

3. Pesquisas relacionando CNC de professores com o ensino/aprendizagem

Segundo Ledermann (1992), durante os anos 60 e 70, as pesquisas sobre as CNC de estudantes e professores assumiam que o comportamento do professor no desenvolvimento do processo de ensino seria influenciado diretamente pelas suas CNC. Até a sua revisão, pouco havia mudado nesta situação e, para este autor, os resultados são dúbios na correlação entre CNC e a prática de sala de aula. O próprio autor conduziu uma pesquisa em que isto não foi constatado (Ledermann e Zeidler, 1987).

Talvez esta questão seja mais complexa do que parece à primeira vista. Participando de um trabalho recente com futuros professores, Ledermann e seus colaboradores constatam que, além de um constrangimento das CNC pelas rotinas e práticas tradicionais do sistema educativo, parece haver também uma intrincada interação entre as CNC dos indivíduos e os aspectos pedagógicos de sua formação (Abd-el-Khalick, Bell e Ledermann, 1998). Possivelmente a conclusão mais apropriada é que as características individuais expliquem em grande parte as diferenças. E mais, embora importante, a simples aquisição de CNC adequadas por parte do professor, não implica, necessariamente, uma performance adequada para mudar CNC dos estudantes. Este ponto de vista é semelhante ao de Porlán e Rivero (1998). Para estes autores, *as relações entre concepções e conduta sempre são complexas e relativas* (p.114). Assim o conhecimento dos professores pode estar composto de múltiplas relações entre muitos elementos como personalidade, experiências prévias, condições contextuais, valores, etc. que influem na sua conduta.

Coerente com a tendência crescente de investigações nesta área (Hashweh, 1996), relatamos a seguir algumas pesquisas relevantes que pretendem contribuir para avançar no conhecimento sobre as relações entre epistemologia, no que diz respeito às CNC de professores, e o ensino de ciências.

Porlán (1989), por exemplo, adotando uma integração entre metodologias quantitativas e qualitativas e pesquisando em uma ampla amostra de professores espanhóis, constata uma concepção minoritária relativista da ciência e uma concepção majoritariamente positivista da ciência. A visão tradicional do ensino aparece associada à visão da aprendizagem em ciências como apropriação de significados acadêmicos acabados. Outros trabalhos, exclusivamente qualitativos, também identificam esta visão absolutista predominante sobre a ciência e o seu ensino (Brickhouse, 1990; Gallagher, 1991; Praia e Cachapuz, 1994; Lakin e Wellington, 1994; Ledermann e outros, 1994).

Pomeroy (1993) adaptou o questionário de Kimball (1968) para aplicá-lo junto a 71 cientistas e a 109 professores dos níveis fundamental e médio de ensino. Entendendo a oposição entre as concepções tradicionais e as não-tradicionais da ciência como extremos de um *continuum*, este autor identifica, ao lado de concepções tradicionais majoritárias, concepções não-tradicionais. Neste grupo, os professores primários são a maioria e apresentam um nível de concordância em termos estatísticos significativamente maior que professores de nível médio e cientistas. Talvez a formação inicial para a o ensino médio, submetendo quase todos os professores praticamente às mesmas estruturas curriculares que os cientistas, possa explicar estes resultados.

Ainda sobre o trabalho de Pomeroy (1993), sua análise entre CNC e ensino evidenciam uma implicação significativa entre a concepção empirista sobre a ciência, enfatizando as *descobertas* dos cientistas, e a concepção racionalista do ensino, priorizando, em aula, a explicação em detrimento do descobrimento dos conhecimentos científicos. Esta aparente contradição, como já destacamos, revela, no fundo, uma concepção absolutista do conhecimento (Toulmin, 1977).

Outra pesquisa importante na área (Hashweh, 1996) mostra que professores que apresentam concepções epistemológicas construtivistas a respeito do ensino, da aprendizagem e do conhecimento (científico), se comparados com professores com concepções epistemológicas empiristas, são mais sensíveis à existência das concepções alternativas dos estudantes. E mais, estes professores possuem um repertório maior de estratégias de ensino, são mais eficientes em promover mudança conceitual e valoram mais estas estratégias.

Nesta pesquisa, os professores construtivistas são aqueles que, ao responderem um questionário sobre ensino, aprendizagem e natureza da ciência, enfatizam o papel do aluno na construção de conhecimento para entender o mundo e concebem que a função da ciência é desenvolver teorias para o melhor entendimento deste mundo. Por outro lado, os professores empiristas são aqueles que não acreditam que o aprendiz constrói idéias próprias sobre o mundo, ou, quando acreditam que existem, as vêem como erros a eliminar. Com relação ao conhecimento, os professores empiristas vêem a ciência como uma coleção de fatos sobre o mundo. O conhecimento científico é objetivo, permanente, produzido através do método científico sendo central o papel da observação.

Finalmente, conforme o próprio autor, o fato de professores construtivistas adotarem mais freqüentemente estratégias que visam à mudança conceitual não deve surpreender. Estes professores vêem o desenvolvimento do conhecimento no nível individual e na ciência como um processo dinâmico de mudança conceitual. Deve ser destacado neste trabalho, ainda, o fato do autor afirmar a estabilidade (resistência à mudança) e independência (do nível de estudo do professor e do contexto cultural) das CNC dos professores. Estas características coincidem com aquelas que muitas pesquisas na área das concepções alternativas constataram (Harres, 1993 e Mortimer, 1996).

De qualquer forma, a pesquisa de Hashweh (1996) evidencia a dificuldade de encontrar-se professores que, do ponto de vista do conhecimento, possuam uma visão mais flexível. O total de questionários respondidos mostrando uma visão empirista do conhecimento era, sob este mesmo aspecto, três vezes maior do que o número de respostas construtivistas (embora alguns professores tenham sido enquadrados nestas duas categorias, simultaneamente).

Nem sempre esta coerência entre CNC e ensino é detectada. Mellado (1997), por exemplo, utilizando *estudo de caso* com quatro professores em formação conclui que *não é possível*

estabelecer uma correspondência entre as concepções dos professores sobre a natureza da ciência e a conduta em aula (...). (p.346). Nesta pesquisa, o professor mais positivista na opinião sobre a ciência é também o mais *construtivista* em sala de aula. Reconhecendo a dificuldade de generalização de seus resultados para outros coletivos de professores, os autores apontam que é necessário identificar a etapa de evolução em que se encontram os professores e quais características dos cursos de formação podem reforçar ou fazer evoluir esta contradição no início da profissão.

Entretanto, concordamos com Porlán e Rivero (1998) em que

(...) existe um conjunto de concepções metadisciplinares que constituem autênticas cosmovisões ou epistemologias pessoais e que afetam parcelas importantes das nossas crenças pessoais e profissionais. (...) Estas cosmovisões influem, portanto, no conhecimento dos professores e podem explicar (...) contradições aparentes em âmbitos mais específicos de seu modo de significados (p.135).

Para estes autores, para além de uma concepção sobre a ciência, o absolutismo seria uma teoria implícita poderosa (uma cosmovisão) capaz de influenciar nossas opiniões e decisões sobre muitas coisas, atuando também como obstáculo para outras maneiras de interpretar e ver o mundo.

Esta CNC parece ter se manifestado claramente no estudo de caso desenvolvido por Tobin e McRobbie (1997). Esses autores, observando durante 4 semanas um professor de química constata que as CNC expressas nas entrevistas não se relacionam diretamente com a metodologia de ensino. A auto-imagem deste professor é a de um *guardião da disciplina e de controle* associada a de um *transferidor de conhecimento* (p.368). Evidencia-se, neste caso, um absolutismo epistemológico manifestado de forma coerente tanto na concepção didática quanto na concepção epistemológica.

Segundo ainda Porlán e Rivero (1998), *a análise destas concepções/obstáculos é de crucial importância para formular uma teoria do conhecimento profissional que não se limite a caracterizar o conhecimento predominante na atualidade, mas que o conceba como um sistema de idéias em evolução e que, portanto, contenha hipóteses sobre seu possível e desejável desenvolvimento futuro* (p.136).

Para concluir esta seção, apresentamos a seguir uma síntese dos estudos neste campo da investigação educativa realizados por Porlán e seus colaboradores (Porlán, 1989 e 1993; Martín del Pozo, 1994 e 1995; Porlán, Rivero e Martín del Pozo, 1997 e 1998). Estes estudos foram desenvolvidos com o questionário denominado *Inventário de Crenças Pedagógicas e Científicas*, criado por Porlán (1989). Este instrumento foi aplicado a um total de 158 professores em exercício e 131 futuros professores de ciências que atuavam em séries correspondentes ao que no contexto brasileiro seria o ensino fundamental. As respostas foram submetidas a diversas análises fatoriais baseadas nas categorias que organizavam o questionário: *imagem da ciência, modelo didático pessoal* (entendida aqui, no sentido que vimos analisando, como concepção didática), *teoria subjetiva de aprendizagem e enfoque curricular*.

Posteriormente, foi realizada uma análise fatorial geral para tentar identificar as teorias sobre o conhecimento escolar dos sujeitos. A amostra total foi subdividida em sub-amostras específicas quanto a estar em exercício ou em formação, quanto a estar participando ou não da reforma educativa espanhola, quanto ser da área de ciências ou não e quanto ao tempo de experiência.

Sobre a *imagem da ciência* aparecem três maneiras de conceber o conhecimento científico: racionalismo, empirismo e relativismo. A concepção predominante é o empirismo, especialmente entre os professores com mais anos de experiência. Entre os futuros professores do Ensino Fundamental, os que tem menos anos de experiência e os que não são da área de ciência apresentam concepções com maior diversidade de pontos de vista.

Quanto ao *modelo didático pessoal* destacam-se três tendências predominantes identificadas com um modelo didático tradicional, um modelo didático tecnológico e um modelo didático alternativo. Neste último, minoritário na amostra e sem a mesma coerência interna, percebe-se uma certa relativização do papel dos conteúdos como fonte do conhecimento escolar, uma concepção mais aberta e flexível do planejamento das atividades associada à consideração de um papel mais relevante das idéias dos alunos. O modelo tecnológico predomina entre os estudantes de magistério e entre os professores não incluídos na reforma da educação espanhola de então.

Com relação à *teoria subjetiva de aprendizagem*, novamente, aparecem três enfoques: (a) aprendizagem por apropriação de significados acabados, associada à concepção implícita da mente do aluno como uma *tabula rasa*; (b) aprendizagem por assimilação de significados por um processo ativo do estudante de assimilar os significados acadêmicos; (c) aprendizagem por construção de significados que desenvolve por caminhos diferentes e específicos a estrutura de significados. Os resultados indicam a predominância da concepção de aprendizagem por apropriação de significados acabados. A aprendizagem por assimilação de significados acabados predomina entre professores com experiência média entre 7 e 12 anos.

Na última categoria do questionário, *o enfoque curricular*, verifica-se a presença de um modelo didático minoritário cuja metodologia está apoiada na transmissão verbal de conteúdos e um modelo didático majoritário apoiado em uma metodologia baseada na atividade indutiva dos alunos. A seqüência de tarefas, partindo da observação de experiências sobre o real, garantiria a aprendizagem. Claramente associada à concepção indutivista da ciência, este último modelo didático é majoritário em toda a amostra e em cada uma das sub-amostras.

Por último, os autores realizaram uma análise fatorial geral integrando as quatro categorias, detectando as seguintes teorias gerais:

- conhecimento escolar como um produto acabado e formal;
- o conhecimento escolar como um produto acabado, gerado através de um processo técnico;
- o conhecimento escolar como um produto aberto, gerado através de um processo espontâneo;
- o conhecimento escolar gerado através de um processo complexo de construção e evolução orientada de significados.

Os resultados mostram uma predominância da concepção do conhecimento escolar como um produto acabado e formal. Mesmo quando modelos didáticos mais relativos (espontâneo e complexo) têm uma presença maior do que a esperada, os modelos didáticos absolutistas (produto formal e processo técnico) são claramente majoritários. Entre os estudantes de magistério e os professores com muita experiência predominam as concepções absolutistas (modelos didáticos tradicional e tecnológico). Enquanto isso, professores que não são da área de ciências apresentam concepções mais próximas do pólo relativista.

Porlán e Rivero (1998) sintetizam os resultados assinalando que a imagem do conhecimento escolar predominante entre os professores reflete:

- uma concepção empirista da ciência;
- uma concepção tradicional do ensino;
- uma teoria de aprendizagem por apropriação formal de significados;
- e, quanto ao currículo, uma concepção academicista dos conteúdos, uma visão indutiva e/ou transmissiva da metodologia e um entendimento da avaliação como uma medida de aprendizagens mecânicas

Em termos de direcionamento das pesquisas, estes autores sugerem, por um lado, mais estudos que analisem como evoluem as concepções dos professores envolvidos em processos de inovação e experimentação curricular e, por outro lado, que os resultados sejam organizados em

diferentes tendências com um grau de complexidade crescente, superando assim a mera descrição aditiva, de modo a permitir o estabelecimento de hipóteses sobre a progressão do conhecimento profissional.

4. Conclusões gerais das pesquisas revisadas

Na busca da construção de um conhecimento escolar adequado às necessidades educativas de hoje, consideramos imprescindível levar em consideração as concepções científicas e pedagógicas dos professores uma vez que estas constituem uma autêntica epistemologia sobre o conhecimento escolar que influi em suas intervenções práticas. É necessário caracterizá-las, conhecê-las melhor, identificar os seus padrões de evolução para que os processos formativos permitam o seu desenvolvimento crítico e autônomo (Porlán, 1989).

Por isso, é muito importante explorar como os professores vêem a ciência desde uma perspectiva filosófica e epistemológica, sem defender uma concepção de ciência como sendo a *Averdadeira@*, a *Adefinitiva@* ou a *Aacabada@*, uma vez que isto recairia na posição que criticamos, isto é, no absolutismo epistemológico (Toulmin, 1977). Porém, mesmo sem argumentar em profundidade a favor de uma posição sobre a natureza da ciência e do conhecimento de modo geral, defendemos que a concepção evolutiva de Toulmin (1977) pode fornecer subsídios interessantes tanto para uma compreensão dos debates atuais entre racionalidade e historicidade no âmbito epistemológico (Bombassaro, 1992), como para compreender melhor os processos de evolução conceitual tão importantes no âmbito educativo do ensino de ciências (Porlán e Harres, 1999).

Os trabalhos revisados, realizados em contextos e com metodologias diferentes, identificam, de modo geral, uma aproximação das CNC dos professores a uma imagem empirista da ciência, apoiada fortemente no papel da observação e na produção do conhecimento através de um método único: o método científico. Assim, hoje, não se pode afirmar que os professores, de modo geral, tenham já superado as concepções tradicionais da ciência.

Porém, com o intuito de avançar na compreensão destas CNC, podem ainda serem feitas, com base nesta revisão, importantes considerações adicionais. Pomeroy (1993), por exemplo, afirma que talvez a evolução das concepções sobre a natureza da ciência de professores possa refletir a mesma evolução da construção do conhecimento do ponto de vista piagetiano. Desta forma, estudos que explorem as relações entre as concepções dos professores segundo um espectro filosófico amplo, podem ser muito úteis para favorecer a compreensão da dinâmica desta evolução.

Outro fato que chama a atenção refere-se a não ser constatado coerência dos professores com relação a perspectivas evolutivo-construtivistas do conhecimento científico. Vários trabalhos, independentemente da metodologia adotada, não conseguem associar uma concepção epistemológica mais avançada quando as opiniões dos professores são tomadas em conjunto (Meichtry, 1992; Pomeroy, 1993; Porlán e Rivero, 1998). E mesmo trabalhos que afirmam ser possível identificar concepções epistemológicas mais adequadas, apresentam problemas metodológicos que reduzem a confiança em suas asserções. Por exemplo, na investigação de Koulaidis e Ogborn (1989), junto à quase metade dos sujeitos com uma posição empirista, encontra-se uma parte relevante, 40% dos professores, classificada como eclética. E, na investigação de Rowell e Cawthron (1982), o uso inadequado da análise fatorial também compromete a conclusão de que os sujeitos investigados apresentem CNC mais relativas, complexas e adequadas.

Em geral, a falta de coerência nas respostas dos professores em relação às CNC evolutivo-construtivistas poderia ser atribuída ao fato de os professores possuírem critérios fracamente definidos e pontos de vista relativamente pouco estáveis a respeito. Pode ocorrer também que o grau de desenvolvimento e de complexidade das suas concepções, devido à quantidade de matices e elementos diferenciadores da CNC empirico-indutivistas, não permitam uma classificação e uma categorização mais definida.

De fato, pesquisadores das ciências naturais e exatas e das ciências da educação também apresentam pequeno grau de coerência nas suas manifestações anti-empiristas. Medrano (1997), ressalta o fato de que, embora 45% dos investigadores em ciências da educação entrevistados demonstrem concordar com uma CNC evolutivo-construtivista, a consistência interna dos dados colhidos é maior com relação à CNC empírico-indutivista.

Enfim, parece que a avaliação geral é negativa. A não rejeição das CNC empírico-indutivistas e a incoerência sobre a CNC evolutivo-construtivista vão de encontro a uma perspectiva didática inovadora, de cunho construtivista e investigativa tanto na postura reflexiva sobre a prática docente dos professores como no desenvolvimento dos conteúdos escolares (Porlán, 1993).

Entretanto, em uma perspectiva evolutiva do conhecimento profissional do professor e, também, do conhecimento sobre o conhecimento, este resultado pode refletir um estágio de evolução intermediário, que embora dependa de alguma forma de ruptura com concepções de nível de complexidade mais baixo, constitui, ao mesmo tempo, um caminho favorável para o desenvolvimento em direção a uma CNC mais adequada.

Além disso, esta Adequação@ também pode ser discutida. Ledermann (1992) salienta que a caracterização de uma certa CNC atual e adequada não pode também, por sua vez, ser absolutista, pretendendo ser a última, a definitiva e a Acorreta@. Medrano (1997) também destaca que, se considerarmos que não há uma concepção Acorreta@ de ciência, é perfeitamente possível um investigador (ou professor, complementamos nós) estar de acordo com um aspecto de uma CNC evolutivo-construtivista e, ao mesmo tempo, discordar de outro aspecto desta CNC.

De qualquer forma, a questão deve merecer maior atenção. Esta revisão mostra que é prematuro afirmar que a CNC evolutivo-construtivista já possa ser identificada em uma parte considerável dos professores de ciências. É difícil dar uma resposta mais conclusiva a respeito, uma vez que não há coerência nas considerações dos aspectos desta CNC.

A segunda parte das considerações finais desta revisão diz respeito às concepções sobre ensino de ciências, a sua coerência e em que medida relacionam-se e com as CNC. Neste particular, o trabalho mais completo que analisamos parece ser o de Porlán (1989). O conjunto de afirmativas elaboradas nesta pesquisa permitiu uma abrangência suficiente para caracterizar, nos professores, uma epistemologia pessoal, ampla e integrada por diferentes perspectivas epistemológicas e didático-metodológicas.

Verifica-se que uma concepção absolutista do ensino é majoritária nas pesquisas. Esta Concepção Didática - CD estaria integrada por três dimensões: uma dimensão racionalista, que enfatiza o raciocínio lógico e as explicações corretas sobre um conhecimento anteriormente confirmado como definitivo e verdadeiro; uma dimensão empírica, que enfatiza a observação e a aplicação do método científico em sala de aula; e, ainda, uma dimensão psico-pedagógica coerente com as dimensões anteriores e que desconsidera o conhecimento prévio dos estudantes.

Esta coerência reforça a suposição da existência de um modelo didático absolutista que integra racionalismo e empirismo (Toulmin 1977). Os professores parecem apresentar, independente da metodologia utilizada (Porlán, 1989 e Mellado, 1997), uma concepção empírica sobre a natureza da ciência e uma concepção racionalista sobre a forma de ter acesso a ela, isto é o seu ensino.

Esta correlação entre as CNC e as CD, representa um resultado atual importante pois, quando da ampla revisão desta área de investigação realizada por Ledermann e publicada em 1992, até aquele momento, a influência das CNC dos professores na sua prática docente estava ainda sem ser adequadamente mostrada. Porém, trabalhos recentes mostram que esta influência têm sido identificada (Pomeroy, 1993; Martín del Pozo, 1994; Tobin e McRobbie, 1997; Harres, 1999a). Isto tudo constitui-se em evidência da possibilidade de construção, como modelo teórico, de uma epistemologia do professor que integraria a sua concepção sobre o conhecimento científico com a sua concepção sobre o conhecimento profissional. Assim, poder-se-ia afirmar a presença de um

metachecimento, isto é, um conhecimento sobre o conhecimento, que organiza o pensamento do professor e que, portanto, deve influir em sua prática docente (García, 1998).

Uma clareza maior sobre esta questão somente poderá ser obtida com trabalhos que acompanhem a prática do professor em seu dia-a-dia, enriquecendo com detalhes este processo e complementando estas investigações com procedimentos que descrevam, com maior profundidade e de maneira contextualizada, as concepções epistemológicas dos professores (Tobin e McRobbie, 1997).

Nesse sentido, pode-se afirmar que os resultados até aqui são pouco conclusivos. Enquanto alguns trabalhos identificaram esta epistemologia pessoal permeando a ação docente (Porlán 1989, 1994 e Hashweh, 1996), outros trabalhos não encontraram evidências significativas desta influência (Ledermann e Zeidler, 1987; Laplante, 1997; Mellado, 1997; Tobin e McRobbie, 1997).

Conforme Porlán e Rivero (1998), as concepções dos professores devem ser vistas de forma complexa. Vários fatores, de ordem organizacional, motivacional, institucional e experiencial, podem, ao mesmo tempo, de forma interdependente e através de uma intrincada interação entre CNC individuais e aspectos pedagógicos da formação, caracterizar a epistemologia dos professores (Abd-el-Khalick e outros, 1998).

Por exemplo, verifica-se que professores de Física do Ensino Médio mostram-se menos absolutistas, quanto as suas CNC, que os de outras áreas. Enquanto isso, professores de biologia apresentam o maior nível de concordância, entre os diferentes grupos, com os traços absolutistas do conhecimento científico (Koulaidis e Ogborn, 1989; Porlán, 1989 e Pomeroy, 1993).

Quanto às CD, professores das séries iniciais do Ensino Fundamental são os que apresentam uma posição menos absolutista. Aqui, uma maior flexibilidade quanto aos conteúdos, uma consideração maior dos interesses dos alunos e o menor rigor metodológico podem ser a diferença.

5. Implicações para a formação de professores

Na última parte das conclusões desta revisão, analisamos as implicações para os processos de formação inicial ou formação permanente de professores. Os resultados das pesquisas sobre CNC indicam que os processos formativos em geral não têm propiciado uma reflexão crítica sobre as concepções epistemológicas e as suas implicações didáticas. Há um certo fracasso da formação inicial em promover melhorias na compreensão da CNC e das CD decorrentes. A inclusão de disciplinas sobre história e epistemologia nos currículos é importante. Outros autores também a defendem (Kimball, 1968 e Pomeroy, 1993). Mas, concordamos com Borges (1996) de que *essas disciplinas não devem ser desvinculadas da prática do ensino e da pesquisa e precisam ser trabalhadas dialogicamente, considerando as idéias prévias dos alunos como ponto de partida* (p.68).

Contudo, deve-se reconhecer que os obstáculos para uma melhoria nesta situação são grandes. Por exemplo, Medrano (1997), investigando uma grande parcela dos investigadores espanhóis em educação, entre eles muitos formadores de professores, constata que estes manifestam uma CNC bastante avançada mas com baixa coerência interna. Assim é que afirmam, no caso de serem solicitados a valorar um projeto de pesquisa, que dariam grande importância ao marco teórico, embora tenham afirmado anteriormente, no mesmo questionário, que suas investigações não têm um marco teórico definido.

Da mesma forma, os currículos formativos deveriam ser coerentes com CNC mais adequadas e superar as estruturas curriculares comuns, segundo a qual as disciplinas seguem uma ordem sucessiva de momentos de saberes disciplinares, modelo majoritário na formação de professores do Ensino Médio e das séries finais do Ensino Fundamental, e de momentos de saberes

pedagógicos, modelo majoritário na formação de professores para as séries iniciais do Ensino Fundamental (Krasilchik, 1987)

Hoje, exige-se uma formação na área de ciências adequada e coerente com a situação atual da didática da ciências, tomada como núcleo articulador (Carvalho e Gil-Pérez, 1993). A mera justaposição entre saberes disciplinares e psico-pedagógicos deve ser superada. É necessário uma integração genuína, permeada por uma reflexão epistemológica profunda que leve o futuro professor a questionar o seu modelo didático pessoal e a sua concepção da natureza da ciência, isto é, da sua epistemologia pessoal, contrastando-a com as hipóteses evolutivas estabelecidas na programação curricular (Porlán e Rivero, 1998).

E isto deve ocorrer já no início de sua formação, sendo reforçado pela formação permanente, de modo a permitir um autêntico desenvolvimento profissional. Kimball (1968) já chamava a atenção de que as CNC absolutistas talvez sejam geradas fora do contexto escolar, manifestando-se como uma característica da nossa sociedade. A organização autoritária e propedêutica do sistema escolar, forjado dentro de uma sociedade também absolutista, dificilmente pode auto-questionar-se, reforçando esta CNC. Ao professor, na maioria das vezes, não lhe cabe outro papel, se não o de adaptar-se ao meio, favorecendo atitudes de resistência a mudanças.

6. Considerações finais

Como considerações finais, reforçamos algumas posições que merecem ser retomadas. Esta revisão parece apresentar suficiente suporte à idéia de que uma epistemologia escolar pode guiar, de forma bastante útil, a investigação educativa, especialmente na área de ciências. Parece haver considerável evidência de que esta epistemologia, mesmo permanecendo implícita tenha muito poder organizador sobre a prática profissional.

Além disso, esta epistemologia parece ser bastante estável pois, apesar de algumas pesquisas terem encontrado pequenas diferenças neste aspecto entre futuros professores e professores já em exercício, as CNC e as CD, de modo geral, não se afastam muito da concepção majoritária absolutista (Porlán, 1989).

Assim, tomando como relevante a consideração do *conhecimento sobre o conhecimento* (Porlán e Rivero, 1998) na formação de professores, defendemos que as investigações futuras devem promover a testagem de hipóteses curriculares formativas nas quais o conhecimento seja concebido de forma evolutiva, incluindo-se aí as dimensões complexa e crítica do conhecimento escolar. Desta forma, poderemos favorecer a construção de uma ação educativa em que os estudantes envolvam-se em problemas relevantes para o seu contexto social, já que, conforme García (1998), o desenvolvimento de uma sociedade menos pragmática e autoritária e mais inclusiva da diversidade depende da superação das visões tradicionais sobre o conhecimento escolar.

De nossa parte, estamos tentando implementar estratégias formativas na área de ciências coerentes com estas implicações. Os resultados até aqui são positivos tanto ao nível da formação inicial (Harres, 1999b) quanto ao nível da formação continuada (Krüger e Harres, 1999) confirmando a importância em considerar seriamente o conhecimento sobre o conhecimento na formação de professores.

Referências

- ABD-EL-KHALICK, F.; BELL, R.L.; LERDERMANN, N.G. (1998). The nature of science and instructional practice: making the unnatural natural. *Science Education*, 82(4):417-436.
- ABELL, S.K. & SMITH, D.C. (1994). What is science? Preservice elementary teacher's conceptions of nature of science. *International Journal of Science Education*, 16(4): 475-487.

- AIKENHEAD, G. (1973). The measurement of high school student's knowledge about science and scientists. *Science Education*, 57(4):539-549.
- BILLEH, V.Y. & MALIK, M.H. (1977). Development and application of a test on understanding the nature of science. *Science Education*, 61: 559-571.
- BRICKHOUSE, W. (1990). Teacher's beliefs about the nature of science and their relationship to classroom practice. *Journal of Teacher Education*, 41(3):53-62.
- BOMBASSARO, L.C. (1992). *As fronteiras da epistemologia: como se produz o conhecimento*. Petrópolis: Vozes.
- BORGES, R.M.R. (1996). *Em debate: cientificidade e educação em ciências*. Porto Alegre: SE/CECIRS.
- CAREY, R.L. & STAUSS, N.G. (1970). An analysis of experienced science teachers' understanding of the nature of science. *School, Science and Mathematics*, 70: 366-376.
- CARVALHO, A.M.P. & GIL, D. (1993). *Formação de professores de ciências*. São Paulo: Cortez.
- CAWTHON, E.R. & ROWELL, J.A. (1978). Epistemology and science education. *Studies in Science Education*, 5: 31-59.
- CAWTHON, E.R. & ROWELL, J.A. (1982). Images of science: an empirical study. *European Journal of Science Education*, 4(1):79-94.
- COOLEY, W.W. & KLOPFER, L. (1961). *Test on understanding science: form w*. Princeton: Educational Testing Services.
- COTHAM, J. & SMITH, E. (1981). Development and validation of the conceptions of scientific theories test. *Journal Research in Science Teaching*, 18(5):387-396.
- DURKEE, P. (1974). An analysis of the appropriateness and utilization of TOUS with special reference to high-ability students studying physics. *Science Education*, 58(3): 343-356.
- GALLAGHER, J.J. (1991). Prospective and practice in secondary science teaching knowledge and beliefs about philosophy of science. *Science Education*, 75(1):121-133.
- GARCÍA, J.E. (1998). *Una teoría alternativa de los contenidos escolares*. Sevilla: Díada.
- GUILBERT, L. & MELOCHE, D. (1993). L'idée de science chez des enseignants en formation: un lien entre l'histoire des sciences et l'hétérogénéité des visions? *Didaskalia*, 2:7-30.
- HARRES, J.B.S. (1993). Um teste para detectar concepções espontâneas em tópicos introdutórios de ótica geométrica. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 10(3):220-234.
- HARRES, J.B.S. (1999a). *Concepções sobre a natureza da ciência*. Porto Alegre: PUCRS. (Tese de doutorado não publicada).
- HARRES, J.B.S. (1999b). *Evolução do conhecimento profissional de professores de ciências: estudo de um caso*. I Seminário de Educação Superior. Canoas: ULBRA.
- HASHWEH, M.Z. (1996). Effects of science teacher's epistemological beliefs in teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(1):47-63.
- KIMBALL, M.E. (1968). Understanding the nature of science: a comparison of scientists and science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 2:110-120.
- KOULAUDIS, V. & OGBORN, J. (1988). Use of systemic networks in the development of a questionnaire. *International Journal of Science Education*, 10(5):497-509.
- KOULAUDIS, V. & OGBORN, J. (1989). Philosophy of science: an empirical study of teacher's views. *International Journal of Science Education*, 11(2):173-184.
- KOULAUDIS, V. & OGBORN, J. (1995). Science teachers philosophical assumptions: how we do we understand them? *International Journal of Science Education*, 17(3):273-283.

- KRASILCHIK, M. (1987). *O professor e o currículo das ciências*. São Paulo: E.P.U.
- KRÜGER, V. & HARRES, J.B.S. (1999). *Concepções prévias de professores de ciências sobre ensino: referente para a evolução de seus conhecimentos profissionais*. II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Valinhos (SP): Unicamp.
- LAKIN, S. & WELLINGTON, J. (1994). Who will teach the 'nature of science'? teacher's views of science and their implications for science education. *International Journal of Science Education*, 16(2):175-190.
- LAPLANTE, B. (1997). Teacher's beliefs and instructional strategies in science: pushing analysis further. *Science Education*, 81:277-294.
- LEDERMANN, N.G. (1992). Student's and teacher's conceptions of the nature of science: a review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4):331-359.
- LEDERMANN, N.G. & ZEIDLER, D.L. (1987). Science teacher's conceptions of the nature of science: do they really influence teaching behavior? *Science Education*, 71(5):721-734.
- LEDERMANN, N.G.; GESS-NEWSOME, J.; LATZ, M.S. (1994). The nature of development of preservice science teacher's conceptions of subject matter and pedagogy. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(2):129-146.
- LUCAS, A.M. (1975). Hidden assumptions in measures of 'knowledge about science and scientists'. *Science Education*, 59(4):481-485.
- MARTÍN DEL POZO, R. (1994). *El conocimiento del cambio químico en la formación inicial del profesorado. Estudio de las concepciones disciplinares y didácticas de los estudiantes de magisterio*. Universidade de Sevilha. Tese de Doutorado.
- MARTÍN DEL POZO, R. (1995). El conocimiento escolar e profesional sobre el cambio químico en el diseño curricular Investigando Nuestro Mundo. *Investigación en la Escuela*, 27:39-48.
- MEDRANO, M.C.V. (1997). Imagen de la ciencia, prácticas y hábitos científicos de los investigadores en ciencias de la educación. *Revista de Educación*, 312: 193-226.
- MEICHTRY, Y.J. (1992). Influencing student understanding of the Nature of Science: data from a case of curriculum development. *Journal Research in Science Teaching*, 29(4):389-408.
- MELLADO, V. (1997). Preservice teacher's classroom practice and their conceptions of the nature of science. *Science & Education*, 6:331-354.
- MORTIMER, E.F. (1996) Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? *Investigações em Ensino de Ciências*, 1(1):20-39.
- OGUNNIYI, M.B. (1982). An analysis of prospective science teacher's understanding of the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 19(1):22-32.
- OGUNNIYI, M.B. & PELLA, M.O. (1980). Conceptualizations of scientific concepts, laws and theories held by Kwara State, Nigeria secondary school science teachers. *Science Education*, 64(5):591-599.
- POMEROY, D. (1993). Implications of teacher's beliefs about the nature of science: comparison of the beliefs of scientists, secondary science teachers, and elementary teachers. *Science Education*, 77(3):261-278.
- PORLÁN, R. (1989). *Teoría del conocimiento, teoría de la enseñanza y desarrollo profesional: las concepciones epistemológicas de los profesores*. Sevilha: Universidade de Sevilha. Tese de Doutorado não publicada.
- PORLÁN, R. (1993). *Constructivismo y escuela. Hacia un modelo de enseñanza-aprendizaje basado en la investigación*. Sevilha: Díada.

- PORLÁN, R. (1994). Las concepciones epistemológicas de los profesores: el caso de los estudiantes de magistério. *Investigaciones en la Escuela*, 22:67-84.
- PORLÁN, R. & HARRES, J.B.S. (1999). A epistemologia evolucionista de Stephen Toulmin e o ensino de ciências. *Investigación en la Escuela*, 39 (no prelo).
- PORLÁN, R. & RIVERO, A. (1998). *El conocimiento de los profesores: una propuesta en el área de ciencias*. Sevilla: Díada.
- PORLÁN, R.; RIVERO, A.; MARTÍN DEL POZO, R. (1997). *Conocimiento profesional y epistemología de los profesores I: teoría, métodos e instrumentos*. Enseñanza de las Ciencias, 15(2):155-173.
- PORLÁN, R.; RIVERO, A.; MARTÍN DEL POZO, R. (1998). *Conocimiento profesional y epistemología de los profesores II: estudios empíricos e conclusiones*. Enseñanza de las Ciencias, 16(2):271-289.
- PRAIA, J. & CAPACHUZ, F. (1994). Un análisis de las concepciones acerca de la naturaleza del conocimiento científico de los profesores portugueses de la enseñanza secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3):350-354.
- ROBINSON, J.T. (1969). Philosophy of science: implications for teacher education. *Journal of Research in Science Teaching*, 6:99-104.
- ROWELL, J.A. & CAWTHRON, E.R. (1982). Images of science: an empirical study. *European Journal of Science Education*, 4(1):79-94.
- RUGGIERI, R.; TARSITANI, C.; VICENTINI, M. (1993). The images of science of teachers in latin countries. *International Journal of Science Education*, 15(4): 383-393.
- TAMIR, P. (1972). Understanding the process of science by students exposed to different science curricula in Israel. *Journal of Research in Science Teaching*, 9(3):239-245.
- TOBIN, K. & McROBBIE, C.J. (1997). Beliefs about the nature of science and the enacted science curriculum. *Science & Education*, 6:355-371.
- TOULMIN, S. (1977). *La comprensión humana I. El uso colectivo y la evolución de los conceptos*. Madrid: Alianza.
- WILSON, L. (1954). A study of opinions related to the nature of science and its purpose in society. *Science Education*, 38(2):159-164.

Recebido em: 04.11.99

Aceito em: 05.01.00