

Perspectivas sobre o Conhecimento e Métodos de Pesquisa¹

Perspectives on Scholarship and Research Methods

Thomas A. Romberg²

*Tradução:*³ Lourdes de la Rosa Onuchic⁴

*Maria Lúcia Boero*⁵

Resumo

O interesse de estudiosos na área de Educação Matemática em problemas relacionados ao ensino e à aprendizagem de matemática tem sido fortemente manifestado e discutido no último quarto do século XX, constituindo-se em um espaço de investigação. Romberg, nesse artigo, procura identificar nas ciências sociais as amplas tendências de pesquisa relacionadas ao estudo do ensino e da aprendizagem em ambientes escolares e determinar como estas tendências têm influenciado o estudo da matemática nas escolas. Na tentativa de entender a base destas tendências, o autor descreve, inicialmente, algumas características da educação matemática como um campo de estudo. A seguir, esboça as atividades dos pesquisadores e resume a variedade de métodos de pesquisa utilizados atualmente. Por fim, apresenta cinco tendências de pesquisa gerais e suas relações com estudos em educação matemática, identificando-as e descrevendo-as brevemente.

Palavras-chave: Educação Matemática; Métodos de Pesquisa, Atividades de Pesquisadores; Tendências de Pesquisa em Educação Matemática.

Abstract

Abstract: The interest of scholars in Mathematical Education about problems associated with the teaching and learning of mathematics has been strongly expressed and discussed, during the past quarter century, in carrying out their investigations. Romberg, in this article, intends to identify in the social sciences the broad research trends that are related to the study of teaching and learning in school settings and to determine how those trends have influenced the

¹ O autor agradecidamente reconhece o útil retorno sobre o projeto inicial deste capítulo fornecido por Richard Shumway, Ohio State University, e Richard Lesh, Educational Testing Service. A pesquisa relatada neste artigo foi apoiada pelo Office of Educational Research and Improvement of the US Department of Education e pelo Wisconsin Center for Education Research, School of Education, University of Wisconsin-Madison. As opiniões expressas nesta publicação são aquelas do autor e não refletem necessariamente a visão da OERI ou do Wisconsin Center for Education Research.

² Professor da Universidade de Wisconsin.

Endereço para correspondência: National Center for Research in Mathematical Sciences Education, University of Wisconsin, Madison. 716 Langdon St, Madison, WI 53706, USA. tromberg@wisc.edu

³ Traduzido e reimpresso com permissão do Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning, Capítulo 3, pp. 49-64, copyright 1992 pelo National Council of Teachers of Mathematics. Todos os direitos reservados. O NCTM não é responsável pela acurácia ou qualidade da tradução.

⁴ Professora aposentada do ICMSC-USP-São Carlos-SP. Professora Voluntária do Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática da UNESP-Rio Claro-SP.

Endereço para correspondência: Rua Machado de Assis, 302. Jardim Primavera, Santa Bárbara d'Oeste, SP, Brasil. CEP: 13451-000. lonuchic@vivax.com.br

⁵ Professora do Curso de Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie. Professora do Curso de Ciência da Computação da Faculdade de Tecnologia e Ciências Exatas da Universidade São Judas Tadeu.

Endereço para correspondência: Rua Taquari, 1105. Mooca, São Paulo, SP, Brasil. CEP: 03166-001. boero@mackenzie.com.br

study of mathematics in schools. As an aid for understanding the basis of these trends, the author begins by describing some features of mathematical education as a field of study. He then sketches the activities of researchers and outlines the variety of research methods now in use. Finally, he presents five general research trends and their relationship to studies in mathematical education, which are identified and briefly described.

Key words: Mathematical Education; Research Methods, Activities of Researchers; Research Trends in Mathematical Education.

A razão mais importante pela qual a metodologia de pesquisa em educação constitui-se numa área tão excitante é que a educação não é propriamente uma disciplina. De fato, a educação é um campo de estudo, um local que contém fenômenos, eventos, instituições, problemas, pessoas e processos que em si mesmos constituem a matéria-prima para investigações de muitos tipos (SHULMAN, 1988, p.5).

Durante o último quarto de século, estudiosos de muitas áreas, ao discutir os problemas relacionados ao ensino e à aprendizagem de matemática, seguiram uma variedade de perspectivas para conduzir suas investigações. Neste capítulo, pretendo identificar nas ciências sociais as amplas tendências de pesquisa que estão relacionadas ao estudo do ensino e da aprendizagem nos ambientes escolares e determinar como estas tendências têm influenciado o estudo de matemática nas escolas. Como uma ajuda para entender a base destas tendências, irei (1) descrever alguns aspectos da educação matemática como um campo de estudo, (2) esboçar as atividades dos pesquisadores e (3) resumir a variedade de métodos de pesquisa utilizados atualmente. Cinco tendências de pesquisa gerais e suas relações com estudos em educação matemática são, então, identificadas e brevemente descritas.

Educação matemática como um campo de estudo

É importante considerar a educação matemática como um campo de estudo porque, como Shulman (1988) afirmou, a escola é complexa; assim, as perspectivas e os procedimentos de investigação escolar de muitas disciplinas têm sido utilizados para investigar as questões que surgem e que são inerentes aos processos envolvidos no ensino e na aprendizagem de matemática nas escolas. O diagrama da matemática escolar de E. G. Begle (1961) ilustra a inter-relação dos componentes no processo da educação escolar e a necessidade de perspectivas e procedimentos múltiplos (veja Figura 3.1).

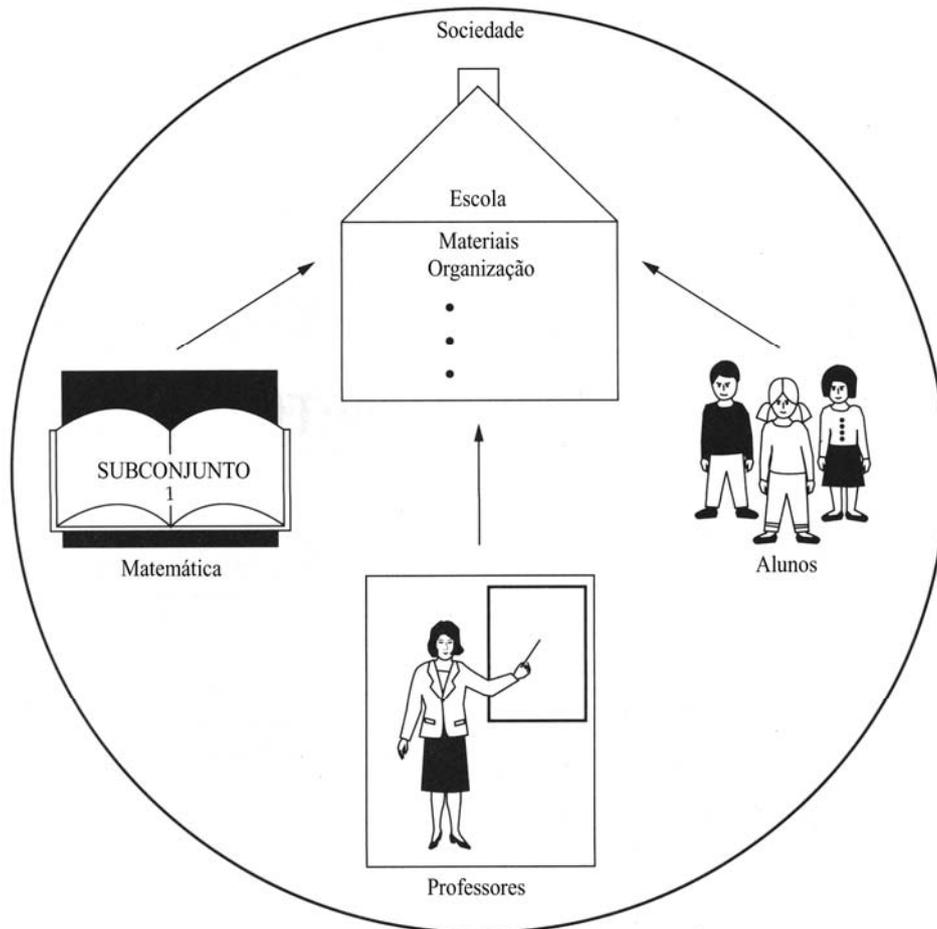


Figura 3.1 - A relação de sociedade, matemática, alunos, professores e escolarização. (Adaptado de E. G. Begle, notas de classe para um seminário em Educação Matemática, 1961).

Neste diagrama, o plano de ensino está situado dentro de um contexto social; o currículo das ciências matemáticas envolve um subconjunto da matemática, e a instrução é conduzida por um professor com um grupo de alunos dentro de uma sala de aula durante algum tempo. Esse diagrama foi desenhado para apresentar um ponto de vista a respeito do ensino de matemática através do desenvolvimento de cinco pontos básicos:

- 1) As escolas foram *criadas por grupos sociais* para preparar seus jovens para serem membros da sociedade.
- 2) Um *sólido* ensino de matemática é abordado a partir de uma preocupação sobre que idéias de matemática são ensinadas e que usos são indicados.
- 3) O ensino de matemática pode ser *eficaz* se o aprendiz for levado em consideração.
- 4) Um ensino de matemática *eficiente* pode ser realizado através da consideração de aspectos de educação.
- 5) Os professores são os *gerentes e os guias* que fazem o processo educacional funcionar.

A partir destes pontos, inúmeras questões podem ser levantadas, conjecturas podem ser propostas e investigações podem ser então conduzidas. Por exemplo, perguntas como as seguintes poderiam ser levantadas:

- Quem toma as decisões sobre qual matemática está incluída em um currículo matemático?
- Por que a geometria Euclidiana é ensinada por um ano inteiro em escolas americanas?
- Que concepções são retidas pelos professores a respeito de como os alunos aprendem a resolver problemas matemáticos?
- Como o ensino de números racionais pode ser ordenado e cadenciado?
- Quais são as concepções dos alunos sobre razões e proporções?
- Que impacto no ensino o isolamento de um professor tem em relação ao trabalho de outros professores de matemática?

Cada uma destas perguntas merece ser investigada. No entanto, cada um dos estudiosos poderia usar métodos diferentes para estudar cada questão. Além disso, estudiosos de diferentes disciplinas poderiam estudar as mesmas questões de maneiras bem diferentes. Perspectivas de matemática, a sociologia do conhecimento, a história, a psicologia da aprendizagem, a psicologia relativa ao desenvolvimento, a agricultura e a antropologia têm sido comumente usadas para estudar tais questões educacionais. Como cada uma destas perspectivas disciplinares é trazida para atuar no campo da educação matemática, ela produz seu próprio conjunto de conceitos, métodos e procedimentos. Para entender as tendências atuais em pesquisa em educação matemática, deve-se estar ciente destas muitas perspectivas e dos princípios sobre os quais elas estão baseadas. Isto é importante porque diferenças em métodos não abrangem simplesmente modos alternativos de investigar as mesmas questões. O que diferencia um método de outro não é só o modo pelo qual a informação é coletada, analisada e relatada mas, também, os próprios tipos de perguntas tipicamente feitas e os princípios ou paradigmas sobre os quais os métodos para investigar tais perguntas estão baseados.

Atividades dos pesquisadores

O termo *pesquisa* refere-se a processos – as coisas que se faz, não os objetos que alguém pode tocar e ver. Além disso, fazer pesquisa não pode ser visto como uma ação mecânica ou como um conjunto de atividades que indivíduos seguem de uma maneira prescrita ou predeterminada. As atividades envolvidas em fazer pesquisa incorporam mais características de uma arte do que de uma disciplina puramente técnica. Como em todas as artes, há um consenso em um sentido amplo sobre que procedimentos devem ser seguidos e o que é considerado como um trabalho aceitável. Estes consensos surgem dos relacionamentos do dia-a-dia dos pesquisadores. Dado que fazer pesquisa é uma arte, quais são suas atividades essenciais? Para os objetivos deste capítulo, 10 atividades são descritas (veja Figura 3.2).

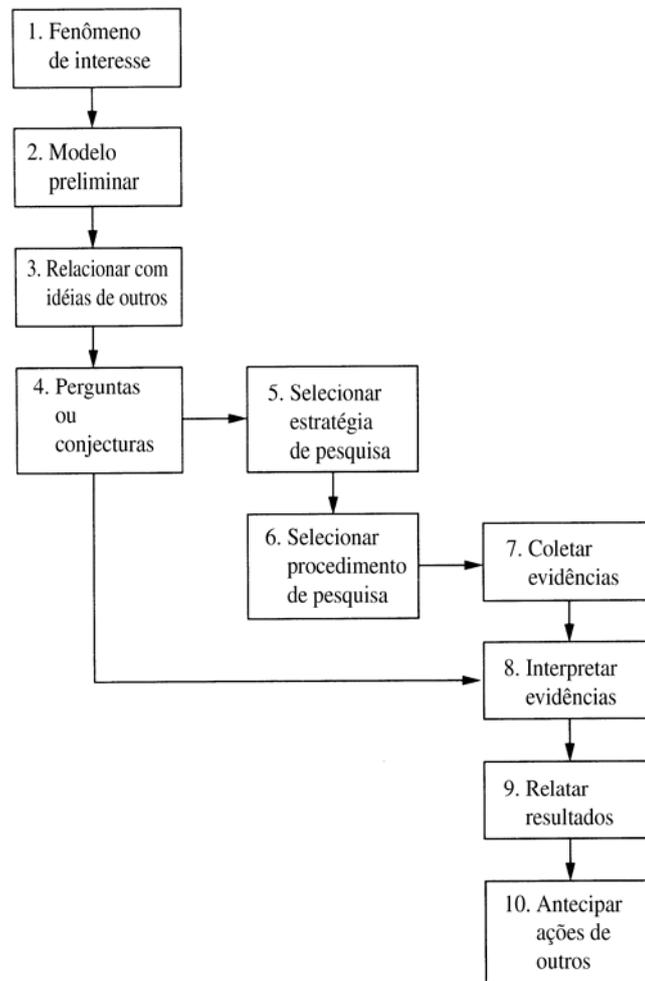


Figura 3.2 - Atividades de pesquisa e como elas estão relacionadas.

Não há nada exclusivo nesta lista; de fato, quase todo texto de métodos de pesquisa resume um conjunto semelhante de atividades. Entretanto ela está colocada aqui (1) para ressaltar alguns dos problemas comuns que pessoas não familiarizadas com pesquisa enfrentam na compreensão do processo de pesquisa e (2) para dar suporte à discussão de tendências de pesquisa. Além disso, embora as atividades estejam apresentadas em uma ordem seqüencial, elas não precisam ser seguidas necessariamente nessa ordem. A interação entre fatores tais como a intenção do pesquisador, as suposições, as conjecturas, a disponibilidade de informações, os métodos e, assim por diante, não podem ser separados na prática tão nitidamente. As quatro primeiras atividades são as mais importantes, pois elas são envolvidas com situar as idéias de alguém sobre um particular problema no trabalho de outros estudiosos e decidir o que investigar. As duas atividades seguintes envolvem a tomada de decisões sobre que tipo de evidência coletar e como aquilo deve ser feito. O próximo passo é coletar dados, e os últimos três têm a ver com dar sentido às informações coletadas e relatar os resultados para outros.

1. *Identificar um fenômeno de interesse.* Toda pesquisa começa com uma curiosidade sobre um fenômeno particular do mundo real. Na educação matemática, como sugerido na Figura 3.1, o

fenômeno envolve professores e alunos, como os alunos aprendem, como os alunos interagem com a matemática, como os alunos respondem aos professores, como os professores planejam ensinar, e muitas outras questões. Os educadores matemáticos enfocam uma variedade de áreas, como pode ser visto ao se examinar qualquer texto do *Journal for Research in Mathematics Education*.

2. *Construir um modelo preliminar.* Um pesquisador faz suposições sobre certos aspectos importantes como variáveis do fenômeno de interesse e de como estes aspectos estão relacionados, depois os ilustra em um modelo. Por exemplo, Thomas Carpenter e Elizabeth Fennema (1988) propuseram o modelo da Figura 3.3 para integrar ciência cognitiva e ciência instrucional para guiar sua pesquisa atual.

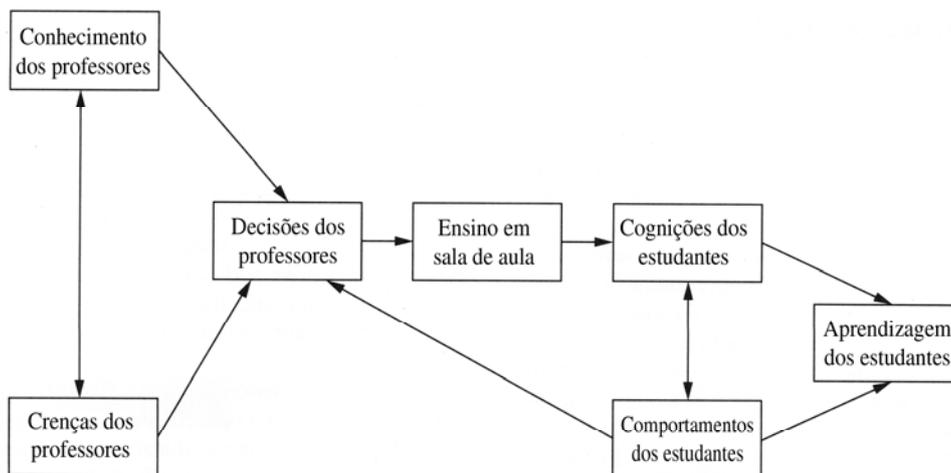


Figura 3.3 - Modelo para pesquisa e desenvolvimento curricular.

Neste sentido, um modelo é simplesmente um conjunto de descrições de variáveis-chave e as relações implícitas entre elas. Para a maioria dos estudiosos, um modelo é simplesmente um dispositivo heurístico para ajudar a esclarecer um fenômeno complexo. Situações reais são raramente bem definidas e freqüentemente estão fixadas em um meio que torna difícil obter uma afirmação clara da situação. Formular um modelo preliminar usualmente ajuda porque fazer assim envolve especificar as variáveis que se acredita estarem operando na situação real. De fato, o modelo é uma simplificação, desde que alguns aspectos da realidade serão significativos e outros irrelevantes. Apesar disso, o modelo serve como um ponto de partida ou de orientação para a situação de interesse. Bons pesquisadores, como bons artistas em qualquer campo, como sugeriu Jeremy Kilpatrick (1981), são mais criativos ao identificar variáveis e relações que capacitam a pessoa a olhar novamente para fenômenos familiares do que pessoas que são menos imaginativas.

3. *Relacionar o fenômeno e o modelo às idéias de outros.* Uma atividade importante é examinar o que outras pessoas pensam sobre o fenômeno e determinar se suas idéias podem ser usadas para esclarecer, ampliar ou modificar o modelo proposto. Um pesquisador, interessado em saber como as crianças desenvolvem habilidades de contagem, tenta relacionar suas idéias às idéias de outros pesquisadores sobre o fenômeno. Para fazer isso, o pesquisador deve reconhecer que cada

investigador é um membro de um particular grupo de pesquisa que tem defendido uma determinada “visão de mundo”. Se alguém busca examinar a contribuição potencial das idéias de outros, deve relacionar aquelas idéias a uma particular visão de mundo. Por exemplo, um estudioso, que vê a variedade de compreensões das crianças sobre conceitos de fração a partir de um ponto de vista construtivista, pode argumentar que as experiências típicas que as crianças têm com frações são pobres. Para construir esse argumento, o pesquisador teria que ler e refletir sobre as escritas e os estudos de outros estudiosos construtivistas. Por outro lado, se aquele pesquisador tiver uma visão “behaviorista”, suas idéias teriam que ser avaliadas em relação aos trabalhos de outros “behavioristas”.

4. *Levantar questões específicas ou fazer uma conjectura baseada na razão.* Este é um passo-chave no processo de pesquisa porque, conforme se examina um particular fenômeno, uma quantidade de perguntas potenciais inevitavelmente aparece. Decidir quais perguntas examinar não é fácil. John Platt (1964) argumentou que a escolha de qual questão deve ser examinada é crucial. Se questões “críticas” são feitas, então, “fortes” inferências podem ser feitas; caso contrário, um estudo particular pode contribuir pouco para uma cadeia de indagações. A noção de fortes inferências leva à importante característica da maioria dos programas de pesquisa – isto é, a natureza cumulativa de uma série de estudos dentro de uma determinada estrutura (Lakatos, 1976). Neste caso, o investigador construtivista mencionado acima poderia argumentar que um melhor entendimento ocorreria se ricas atividades instrucionais fossem desenvolvidas, o que permitiria à criança construir significados sobre as relações parte-todo, enquanto o behaviorista poderia argumentar por um melhor esquema de *feedback* corretivo (reforço) para uma série de atividades.

As perguntas usualmente tomam uma das seguintes formas: Como as coisas chegaram a ser desta maneira? (orientadas no passado), Qual é a condição das coisas? (orientadas no presente), ou O que acontecerá se eu fizer o seguinte? (orientadas no futuro). Por exemplo, outro pesquisador estudando conceitos fracionários pode estar interessado em como os conceitos evoluíram em matemática ou, possivelmente, em como as frações foram definidas e ilustradas em livros-texto neste século. Qualquer interesse poderia levar a questões específicas orientadas no passado. Alternativamente, poder-se-ia estar interessado nos atuais níveis de conhecimento dos professores no domínio dos números racionais, o que levaria a questões específicas orientadas no presente. Ou poder-se-ia argumentar que ensinar algoritmos na calculadora poderia contribuir para a compreensão de frações nos alunos e, assim, aumentar questões específicas orientadas no futuro.

De particular nota é o fato de que a maioria dos estudos orientados no passado e no presente é de caráter descritivo, enquanto que os orientados no futuro são preditivos. Esta distinção leva a uma discussão em relação à possibilidade de se formular argumentos causais a partir de dados descritivos. Os experimentalistas afirmam que somente pela manipulação de variáveis sob situações

controladas é possível construir, com confiança, argumentos causais. Outros estudiosos dizem que é possível construir tais argumentos a partir de dados descritivos baseados em campos teóricos.

Melhor do que simplesmente levantar questões interessantes, os pesquisadores usualmente fazem uma ou mais conjecturas (suposições ou predições fundamentadas) sobre o que seria necessário para responder as questões. As conjecturas estão baseadas em algumas relações entre as variáveis que caracterizam o fenômeno e nas idéias sobre aquelas variáveis-chave e suas relações com o esboçado no modelo.

5. *Selecionar uma estratégia de pesquisa geral para coletar evidência.* A decisão sobre que métodos utilizar segue diretamente das questões que se seleciona, da visão de mundo na qual as questões estão situadas, do modelo preliminar que foi construído a fim de explicar o “fenômeno de interesse” e da conjectura que se faz sobre a evidência necessária. Por exemplo, se as perguntas a serem respondidas são sobre o passado, a historiografia seria apropriada. Por outro lado, se as perguntas são orientadas no presente, pode-se escolher entre fazer uma pesquisa ou um estudo de caso, ou usar uma das muitas outras estratégias de coleta de dados.

6. *Selecionar procedimentos específicos.* Para responder as questões específicas que foram levantadas, evidência deve ser coletada. É nesse passo que as técnicas usualmente ensinadas em cursos de métodos de pesquisa são importantes: como selecionar uma amostra, como coletar uma informação (entrevista, pergunta, observação, teste), como organizar a informação uma vez que ela tenha sido coletada, e assim por diante. Há um grande número de procedimentos específicos que se poderia seguir para diferentes tipos de questões. Deve-se tomar cuidado ao selecionar procedimentos que irão esclarecer as questões.

7. *Coletar informação.* Este passo pode ser feito sem rodeios, uma vez que se tenha decidido coletar certa informação para construir um argumento, considerando as perguntas que foram feitas. Por exemplo, se conduzir uma pesquisa é apropriado, os procedimentos para coletar dados, embora freqüentemente complexos, podem ser planejados. Por outro lado, se se está examinando a cultura de uma sala de aula, os procedimentos para coletar informação podem se expandir ou tornarem-se mais focados na medida em que se coletam os dados.

8. *Interpretar a informação coletada.* Neste estágio, analisa-se e interpreta-se a informação que foi coletada. Em muitos estudos, o pesquisador reduz a informação, a agrupa e realiza testes estatísticos apropriados de significância sobre as propriedades dos dados. Estes usualmente são chamados métodos *quantitativos*, desde que é usual atribuir-se números às informações (escala) e os procedimentos matemáticos são seguidos para agregar e resumir a evidência. Em outras áreas, tais como um estudo histórico, o pesquisador também categoriza, organiza e interpreta a informação relevante que foi coletada. Mas se os números não forem utilizados, os métodos de análise são chamados *qualitativos*. É importante perceber entretanto que, em cada investigação, é coletada mais

informação do que a necessária para responder a questão. Parte disso é relevante, parte é irrelevante e parte não é compreensível. Tentar encontrar informação importante dentre todas que estejam disponíveis é uma arte na qual certas pessoas são melhores do que outras.

9. *Transmitir resultados para outros.* Ser membro de uma comunidade de pesquisa implica numa responsabilidade de informar aos outros membros sobre a investigação terminada e buscar seus comentários e críticas. Com frequência, os pesquisadores relatam somente os procedimentos e as descobertas, não o modelo ou a visão de mundo. As descobertas de qualquer estudo específico são interpretáveis somente em termos da visão de mundo. Se ela não estiver declarada, os leitores usarão, sem dúvida, suas próprias noções para interpretar o estudo. Diferenças significativas entre características de distribuições – tal como o significado do grupo de algoritmo com calculadora para entender frações e o significado de outro grupo – não são importantes em si mesmas. Não só resultados, mas também respostas às questões que deveriam estar inseridas em uma “ciência normal” devem ser transmitidas a outros.

10. *Antecipar a ação de outros.* Dados os resultados de uma particular investigação, cada investigador está interessado no que acontecerá depois e deveria antecipar ações posteriores. Membros de uma comunidade de estudo discutem idéias entre si, reagem às idéias uns dos outros e sugerem novos passos, modificações de estudos anteriores, elaborações de procedimentos e assim por diante. Os pesquisadores tentam situar cada estudo em uma cadeia de investigações. Coisas que vieram antes e coisas que vêm após qualquer particular estudo são importantes.

Esse esboço sugere que três aspectos do processo de pesquisa devem ser particularmente enfocados:

1. Pesquisadores como membros de uma comunidade escolar.
2. A ideologia e os paradigmas de diferentes comunidades de pesquisa.
3. O fracasso de muitos pesquisadores principiantes em se identificar com uma comunidade de pesquisa.

Comunidades de pesquisa

Um estudioso conduz a pesquisa dentro de uma comunidade. As comunidades escolares envolvem compromissos com determinadas linhas de raciocínio e premissas para certificar o conhecimento. Cada campo de estudo é caracterizado por particulares plêiades de perguntas, métodos e procedimentos. Estas constelações fornecem modos compartilhados de “ver” o mundo, de trabalhar, de testar os estudos uns dos outros. Aprender os modelos de um campo de investigação envolve mais do que aprender o conteúdo do campo; é também aprender como ver, pensar e agir em direção ao mundo.

Thomas Kuhn (1970) argumenta que dentro de uma disciplina há, em qualquer momento, uma abordagem dominante, com perguntas inter-relacionadas, procedimentos e perspectivas conceituais. Esta abordagem dominante, ou “ciência normal”, tem problemas de pesquisa bem estabelecidos, e a tarefa de cada investigador é preencher os quebra-cabeças contidos no paradigma. “Ciência normal” é um produto de uma rede de contatos pessoais que foi considerado como uma “academia invisível” (CRANE, 1976). Em cada campo de estudo há freqüentemente um pequeno grupo de estudiosos altamente produtivos e influentes que se comunicam entre si, informalmente, sobre seu trabalho. Estes pequenos grupos estabelecem prioridades para a pesquisa e para o recrutamento e treinamento de novos alunos; eles também monitoram a estrutura em mudança de seu campo de estudo. Até mesmo dentro dos constrangimentos de uma particular comunidade, pesquisadores ficam raramente livres para investigar qualquer fenômeno que poderia golpear sua fantasia. Eles são forçados, por pressão social que dita duas coisas: que tipo de problemas é importante estudar e como os recursos são alocados, como também pelas expectativas de outros estudiosos sobre como os problemas são vistos, como as investigações são realizadas e como os relatórios são escritos.

Neste sentido, todas as comunidades de pesquisa operam dentro de um contexto cultural. As condições sociais ditam, em parte, o que está na moda estudar e como escassos recursos devem ser alocados. Nos anos sessenta, por exemplo, o movimento de Direitos Civis, protestos contra a Guerra do Vietnã e mudanças nos papéis sociais de mulheres e homens colocaram temas novos para estudo. Nos anos setenta, a questão de diferenças de gênero no aprendizado de matemática e, então, no ensino tornou-se uma questão importante. Hoje, a ordem é produzir uma força de trabalho matematicamente alfabetizada, composta por pessoas que podem reverter a produtividade industrial em queda. Neste contexto, dois aspectos interativos entre pesquisadores e problemas sociais deveriam ser mencionados. Em primeiro lugar, o modo no qual as questões sociais são concebidas e examinadas está freqüentemente baseado na

[...] habilidade de particulares teóricos em criar temas novos, levando em conta o mundo, e assim criando questões novas e levando [alguém] a procurar diferentes dados para prover percepções de como nosso mundo é construído e modificado. Contrária à crença dominante, a potência da ciência social não está na utilidade do seu conhecimento, mas em sua habilidade de expandir e liberar a consciência das pessoas ao considerar as possibilidades de suas condições humanas (POPKEWITZ, 1984, p.8).

Assim, os estudiosos não só reagem às pressões sociais e políticas, eles ajudam a definir os problemas e criar a pressão política aos recursos necessários para investigar aqueles problemas. Em segundo lugar, embora as raízes do que é estudado se encontrem em uma necessidade social, a própria pesquisa nunca satisfará aquela necessidade. Como foi discutido antes, toda pesquisa é

realizada para que se entenda algum fenômeno. A hipótese é que uma compreensão crescente ajudará a solucionar o problema ou a melhorar a prática, mas deve ser reconhecido que um dado estudo ou combinação de estudos pode não fazer assim. Por exemplo, preocupar-se com alunos aparentemente capazes mas “em risco” tem gerado inúmeros estudos sobre a alienação da escola, sobre as características sociológicas e psicológicas destes alunos, e sobre outras questões relevantes. A informação coletada é útil e interessante, mas não irá aliviar por si mesma aquelas preocupações.

Finalmente, as comunidades escolares podem restringir a pesquisa. Em certos momentos, anomalias que surgem parecem insolúveis, e novos conceitos e ferramentas devem ser criados. Estes desafios à comunidade resultam em ansiedade e debate que nem sempre são decididos. O desafio às crenças disciplinares existentes torna-se não só um desafio às questões objetivas defendidas pela comunidade, mas às premissas básicas sobre a organização da realidade. Por exemplo, quando rivalizando noções de psicologia (comportamental e “gestalt”) disputadas por aceitação nos anos 30, a questão do debate não era a evidência, mas o que deveria ser considerado como pesquisa psicológica legítima. Um conflito semelhante existe na tendência para a capacitação de professor em educação matemática, a ser discutida mais tarde neste capítulo. Por um lado, estudiosos como Jere Brophy (1986) citam a importância da pesquisa de ensino “processo-produto”, enquanto outros, como Jere Confrey (1986), vêem aquela linha de pesquisa empobrecida. Novamente a questão não é evidência, mas o que é importante estudar no ensino de matemática e como se vê o trabalho de ensinar.

Ideologia e Paradigmas

Para relacionar as idéias de alguém ao trabalho de outros estudiosos, deve-se entender as perspectivas filosóficas que formam a base do trabalho desse alguém. Historicamente, o trabalho de todos os cientistas sociais foi fundamentado na ideologia e nos métodos usados para desenvolver teorias científicas nas ciências naturais como a física ou a química. No decorrer dos últimos séculos, a criação de tais teorias levou ao que John Dewey chamou de “convicção autorizada” (1966, p.189). Estas convicções sobre fenômenos naturais são proposições consideradas verdadeiras como uma consequência de observações sistemáticas. Assim, as proposições são reivindicações do conhecimento sobre o mundo que foi descoberto pelos estudiosos. Durante o século passado, esta ideologia com relação à natureza da ciência, conhecida como *positivismo*, foi adotada pelos cientistas sociais em uma tentativa de construir teorias sobre comportamentos sociais. Em 1913, por exemplo, J. B. Watson (1948, p.457), o pai do behaviorismo, argumentou que “[...] a psicologia, como o behaviorista a vê, é um ramo experimental puramente objetivo da ciência natural. Seu

objetivo teórico é a predição e o controle do comportamento”. Esta visão sobre o empreendimento científico dominou a pesquisa educacional até muito recentemente.

Dentro da filosofia da ciência durante a última metade do século passado, houve um rápido fim da crença no positivismo porque, como W. B. Weimer (1979, p.ix) argumentou: “Nosso conhecimento da natureza da ciência e seu crescimento tem aumentado em anos recentes, e concepções tradicionais de ciência e sua metodologia, que têm sido examinadas, não estavam à altura da situação, e estão sendo em grande parte abandonadas”. Três aspectos desta investigação precisam ser mencionados. Em primeiro lugar, em grande parte devido ao desenvolvimento de geometrias não-euclidianas no século XIX, foi demonstrado que se podia desenvolver teorias igualmente consistentes se escolhessem hipóteses diferentes. Dessa maneira, as teorias não refletem a verdade sobre o mundo natural; elas somente refletem as suposições da humanidade sobre o mundo. Em segundo lugar, a posição do filósofo Karl Popper (1968) sobre a testagem de proposições teóricas – sua verdade nunca pode ser verificada, somente refutada – sugere a falibilidade de tais proposições. A visão atual é que aquela ciência está preocupada com o conhecimento confiável, não com a verdade. Uma proposição pode ser útil para algumas predições hoje porque ninguém ainda as considerou falsas. Entretanto, ela possivelmente mostrar-se-á falsa no futuro. Finalmente, durante este século, muitos cientistas sociais e educadores rejeitaram o modelo das ciências físicas como apropriado para suas disciplinas. Seus argumentos ideológicos não-naturalistas (referidos como hermenêutico, interpretativo, fenomenológico, ou crítico) tentam interpretar as interações sociais de humanos dentro de uma cultura, as regras que governam aquelas interações, e assim por diante.

Assim, embora no início deste século se pudesse ter assumido que a maioria dos pesquisadores tinha visões ideológicas semelhantes, não se pode mais fazer isso. Dado este fato, não deveria ser surpreendente que, durante a década passada, a investigação sobre aprendizagem e sobre ensino de uma variedade de assuntos (incluindo matemática) na escola tivesse sido de muitos tipos por muitas razões. Primeiro, os estudiosos de vários campos escolheram examinar diferentes aspectos do campo geral de estudo. No entanto, como ilustrado antes, a variedade de perspectivas levou a muitos desacordos entre grupos de estudiosos sobre os tipos de estudos que estavam sendo conduzidos. Os debates, expressos em revistas educacionais e convenções, levaram a uma grande quantidade de novas publicações e organizações. (Para uma análise das questões que formam a base de vários programas de pesquisa, o leitor interessado deveria ver *Paradigm and Ideology in Educational Research* [POPKEWITZ, 1984]. As noções apresentadas neste capítulo aproximam-se muito desse trabalho).

Tem se tornado claro que as diferenças nas lentes conceituais pelas quais os pesquisadores vêem freqüentemente os fenômenos representam diferenças profundas em suposições sobre a

natureza do mundo a ser investigado. Para o estudo da educação escolar, as perspectivas ideológicas diferentes são refletidas nas hipóteses de um grupo sobre o conhecimento que deve ser ensinado, o trabalho dos alunos e como o aprendizado ocorre, o trabalho dos professores e o profissionalismo, e a organização social e a tecnologia da sala de aula e das escolas (ROMBERG, 1988). As implicações destas abordagens diferentes podem ser esclarecidas ao examinar as particulares visões de mundo associadas aos três paradigmas que emergiram para dar definição e estrutura à prática da pesquisa educacional: empírico-analítico, simbólico e crítico (POPKEWITZ, 1984).

O Paradigma Empírico-Analítico. A abordagem empírico-analítica para pesquisa, que tem sua origem no positivismo lógico, começa com a premissa de que os objetivos de uma pessoa envolvem explicar o relacionamento dos humanos com o mundo natural, e ela usa aquelas explicações para ganhar controle intelectual ou técnico do mundo. (Discussões da ciência empírico-analítica podem ser encontradas em Easton (1971) e Homans (1967)). Assume-se também que o que se sabe pode somente estar baseado no que pode ser observado ou feito observável (o empírico) e que as observações são feitas para separar os comportamentos humanos em seus elementos constituintes (o analítico). O produto de tais análises são, como lei, teorias de comportamento social.

Popkewitz (1984) argumentou que há pelo menos cinco outras hipóteses inter-relacionadas que dão forma à pesquisa empírico-analítica:

1. Teoria é ser universal, não um salto a um contexto específico ou às circunstâncias reais nas quais as generalizações são formuladas (POPKEWITZ, 1984, p.36).
2. Há um compromisso a uma ciência desinteressada. Acredita-se que as declarações da ciência são independentes dos objetivos e dos valores que as pessoas podem expressar dentro de uma situação. Eliminando-se os aspectos contextuais, a teoria deve somente descrever a relação dos “fatos” (POPKEWITZ, 1984, p.37).
3. Há uma convicção de que o mundo social existe como um sistema de variáveis. Estas variáveis são partes distintas e analiticamente separáveis de um sistema de interação. A noção de um sistema de variáveis provê um significado específico de causação dentro das ciências empírico-analíticas. Uma causa é uma relação entre as variáveis empíricas que podem ser explicadas ou manipuladas para produzir resultados condicionalmente previsíveis (POPKEWITZ, 1984, p.37).
4. Há uma convicção no conhecimento formalizado. Isto envolve tornar claras e precisas as variáveis de investigação anteriores à pesquisa (POPKEWITZ, 1984, p.38).
5. A busca por conhecimento formal e desinteressado cria uma confiança na construção da teoria matemática. A quantificação de variáveis capacita os

pesquisadores a reduzir ou eliminar ambigüidades e contradições. Também é elaborar a estrutura lógico-dedutiva do conhecimento pela qual as hipóteses podem ser testadas e progressos podem ser feitos na teoria (POPKEWITZ, 1984, p.38).

Para a educação, estas suposições se traduzem na crença de que o conhecimento a ser aprendido em qualquer área dada, assim como a matemática, pode ser especificado em termos de fatos, conceitos, procedimentos, e assim por diante; que o trabalho dos alunos é dominar aquele conhecimento; que o trabalho do professor é apresentar aquele conhecimento aos alunos de uma maneira organizada e monitorar seu progresso em direção ao domínio; e que a organização e a tecnologia da sala de aula e da escola estejam organizadas para tornar o ensino e o domínio daquele conhecimento tão eficientes quanto possível. A influência destas crenças é aparente em muitos trabalhos em educação, tais como *Taxonomy of Educational Objectives* (BLOOM, 1956), *The Scientific Basis of the Art of Teaching* (GAGE, 1978), e, em educação matemática, o trabalho sobre o “ensino dirigido” (como aquele de GOOD; GROUWS, 1981).

O Paradigma Simbólico. O objetivo desta abordagem de pesquisa é compreender como os humanos se relacionam com o mundo social que eles criaram. É baseado sobre uma crença de que a vida social é criada e sustentada pelas interações simbólicas e por padrões de conduta. Outros usaram os termos hermenêutico, interpretativo ou fenomenológico para descrever este paradigma. (Ciências simbólicas são discutidas em Winch (1971), Schultz (1973), Luckmann (1977), e Cicourel (1969)). É através das interações entre as pessoas que regras para governar a vida social são feitas e sustentadas. Como Popkewitz (1984, p.40) argumentou,

As idéias de ‘regras criadas’ e ‘regras dirigidas’ podem ser contrastadas à, como lei, generalização das ciências empírico-analíticas. Nesta última, é metodologicamente assumido que há uma natureza invariante ao comportamento humano que pode ser descoberta. A idéia de ‘regras’ muda a atenção da natureza invariante do comportamento para o campo de ação, intenção e comunicação humanas.

O objetivo é desenvolver teorias sobre as regras sociais que formam a base e governam as ações sociais. Tais teorias referem-se à natureza do discurso mais do que ao comportamento.

Deste modo, ele assumiu que a única qualidade do ser humano é encontrada nos símbolos que as pessoas inventam para dar significado ou interpretar os eventos da vida cotidiana. A linguagem e seu uso dentro de uma cultura – as interações e as negociações em situações sociais – são assumidos para definir as possibilidades da existência humana. Entretanto, como ciência empírico-analítica, o paradigma simbólico é descritivo e neutro acerca das obrigações sociais. Então, perguntas sobre as ações para mudar as condições sociais, embora informadas por padrões de comunicação, estão sujeitas a considerações políticas ou filosóficas.

Este paradigma é comum dentro de disciplinas como: sociologia, ciência política, e antropologia. Na educação, esta perspectiva se traduz na crença de que o conhecimento é situacional e pessoal, de que os alunos aprendem por construção como uma conseqüência de experiências, de que o trabalho de ensinar é criar experiências educacionais para os alunos e negociar, com eles, compreensões intersubjetivas obtidas daquelas experiências, e de que a organização e a tecnologia da sala de aula e da escola estão organizadas de modo que todas as experiências possam ser ricas e significativas. Exemplos de estudos desta perspectiva incluem trabalhos como *Inside a High School Student's World* (CUSICK, 1973), *From Communication to Curriculum* (BARNES, 1975), e, da educação matemática, a variedade de estudos recentes em “etnomatemática” (como aquela de D’AMBROSIO, 1985).

O Paradigma Crítico. O objetivo do paradigma crítico é desmistificar os padrões de conhecimento e as condições sociais que restringem nossas atividades práticas. A hipótese básica daqueles que defendem esta visão é que os humanos, através do pensamento e da ação, podem melhorar o mundo social no qual vivem. Esta crença está arraigada nas rápidas mudanças sociais do século passado e em certos problemas provocados por aquelas mudanças. (Posturas críticas são discutidas em Bernstein (1976) e Lukacs (1971)). Por exemplo, o conhecimento, para alguns, se tornou “profissionalizado”. A conseqüência é que muitos indivíduos tornam-se dependentes de certos especialistas na sociedade. A tarefa de investigação é esclarecer as hipóteses e as premissas da vida social para que os indivíduos venham a conhecer a si mesmos e à sua situação, entender a extensão e as fronteiras colocadas em seus afazeres, e oferecer argumentos que estão em oposição à cultura e às instituições dominantes. Desta maneira, como Popkewitz (1984, p.45) argumentou, “A função da teoria crítica é compreender as relações entre valor, interesse e ação e, parafraseando Marx, mudar o mundo, não descrevê-lo”.

O impacto deste paradigma no pensamento educacional envolve as crenças de que o conhecimento é obtido através de reflexão sobre como os humanos podem melhorar as condições sociais, de que os alunos aprendem através de reflexão e ação, e de que a tarefa de ensinar é ter alunos que refletem sobre o mundo social no qual vivem e iniciam ações para desafiar as práticas atuais. A pesquisa educacional desta perspectiva pode ser encontrada em trabalhos como *Education and Power* (APPLE, 1982), *Learning to Labour* (WILLIS, 1977), e, em educação matemática, nos trabalhos de estudiosos como Jean Anyon (1981).

Cada um dos três paradigmas dá uma visão diferente da natureza e das causas de nossa situação social. Cada tradição intelectual dá um particular ponto de vantagem ao considerar as ações sociais envolvidas na aprendizagem e no ensino de matemática em ambientes escolares. É importante perceber que vivemos em um mundo de visões sociais distintas. Tal pluralismo é uma característica da comunidade intelectual em nossa sociedade.

O fracasso dos principiantes

Este é simplesmente um resumo crítico à parte. Muitos principiantes (geralmente alunos graduados) não vêem a importância de situar seu estudo com o trabalho de outros. Eles, freqüentemente, saltam de um problema de interesse para projetar um estudo e coletar dados. O fracasso em fixar as idéias de alguém dentro de uma comunidade de pesquisadores, na melhor das hipóteses faz os resultados se abrirem a uma variedade de interpretações e, na maioria das vezes, leva a um estudo de pequeno valor real. Mesmo se eles revissem a literatura relacionada a seu campo de interesse, eles falhariam em apreciar as diferenças nas perspectivas de autores divergentes (por exemplo, apoiar uma posição com citações tanto de Skinner quanto de Piaget, como se os dois vissem o mundo através de lentes semelhantes). As conseqüências de tais fracassos foram bem documentadas por Jeremy Kilpatrick em seu encantador artigo intitulado *The Reasonable Ineffectiveness of Research in Mathematics Education* (1981).

Métodos usados por pesquisadores

Na Figura 3.2, as atividades 5 a 10 são aquelas onde um pesquisador decide (1) que evidência é necessária para dirigir as perguntas ou conjecturas levantadas; (2) como coletar, analisar e interpretar aquela evidência; e (3) como relatar as descobertas para outros. Deveria ser observado que os pesquisadores raramente começam uma investigação com uma estratégia fixada para coletar dados ou com um método específico de análise em mente. Somente um principiante diria “Acabei de aprender análise fatorial, o que eu posso estudar?” ou “Acabei de ler uma etnografia interessante, gostaria de fazer uma pesquisa etnográfica”. As decisões sobre os métodos são tomadas como uma conseqüência das atividades 1 a 4. Dado este aviso, há dois aspectos para o uso do termo *métodos de pesquisa* que precisam ser entendidos. Primeiro, os métodos específicos discutidos na literatura de pesquisa podem incluir a maneira na qual a informação é coletada, o modo como ela é agregada e analisada, ou, às vezes, como ela é relatada. Segundo, os métodos vigentes que um pesquisador usa para coletar evidências dependem de pelo menos cinco fatores: a visão de mundo; a orientação do tempo das perguntas a serem feitas; se a situação atualmente existe ou não; a fonte de informação prevista; e o julgamento do produto.

Visão de mundo, como discutida na última seção, situa os métodos usados dentro das crenças de uma particular comunidade de estudo. *Orientação do tempo* considera se as perguntas que estão sendo levantadas estão dirigidas ao passado, ao presente ou ao futuro. *Situações*, se geralmente existem ou precisam ser criadas. As *fontes* de evidências devem ser tanto artefatos (livros, falas e

coisas semelhantes), respostas às perguntas, ou observações de ações. *Julgamento* se refere a avaliar estudos como uma categoria distinta de métodos de pesquisa. Um número considerável de métodos específicos que existem na literatura estão baseados sobre estes cinco fatores ou fazem uso deles.

Métodos usados com uma evidência existente

Há três métodos nos quais os pesquisadores não têm parâmetro para gerar novos dados; isto é, eles devem encontrar o que já existe e não podem alterar a forma na qual os dados aparecem. Estes métodos são

- *Historiografia.* Nesta abordagem, um esforço é feito para lançar luz sobre condições e problemas atuais por meio de um entendimento mais profundo e mais completo do que o que foi feito ou do que ocorreu no passado.
- *Análise de conteúdo.* Este método é usado para investigar questões orientadas no presente quando artefatos atuais podem ser examinados.
- *Análises de tendência.* Este método é usado para ir além da informação sobre o passado ou o presente a fim de fazer previsões sobre o futuro.

Métodos usados quando uma situação existe e a evidência deve ser desenvolvida

Há muitos métodos diferentes de investigação nos quais uma situação existe e dados específicos devem ser coletados. Em cada método, o pesquisador tem controle sobre a forma pela qual a informação é coletada e agregada:

- *Pesquisa retrospectiva.* Este método é usado para estudar questões que são orientadas no passado – a situação existiu uma vez e os indivíduos que foram participantes dessa situação passada podem ser entrevistados usando-se este método.
- *Pesquisa de massa descritiva.* Este método muito comum é usado para estudar questões orientadas no presente. O procedimento consiste em pedir a uma amostra de participantes cuidadosamente retirados da situação para responder a um conjunto de questões pré-determinadas e estruturadas.
- *Entrevistas estruturadas.* Este método é semelhante ao da pesquisa de massa descritiva exceto que é assumido que ao ouvir (e codificar) respostas, os pesquisadores podem encontrar informação mais esclarecedora do que ao usar pesquisas de massa.
- *Entrevistas clínicas.* Este método de investigação começa de uma maneira semelhante à das entrevistas estruturadas, mas a seqüência de questões varia com cada pessoa que responde, dependendo das respostas anteriores.

- *Pesquisas projetivas.* Este método é usado para fazer previsões sobre acontecimentos futuros pedindo a uma amostra de pessoas para fazer julgamentos sobre tendências.
- *Observações estruturadas.* Este método é usado para estudar grupos nos quais as ações de diferentes membros possam ser vistas. Por exemplo, documentar os tipos de interações de professor e aluno que acontecem durante uma aula de matemática e determinar até que ponto os alunos se comprometem com a aprendizagem. Charles Fischer e seus colegas (1978) desenvolveram um procedimento de observação “tempo em tarefa”.
- *Observações clínicas.* Este método é usado para estudar o comportamento do grupo. A distinção entre observações estruturadas e clínicas é semelhante àquela feita entre entrevistas estruturadas e clínicas. Os detalhes do que se observa mudam de categorias pré-determinadas para novas categorias, dependendo das observações iniciais. Também, o observador é frequentemente um participante na situação.
- *Estudo longitudinal.* Para estudar a mudança ao longo do tempo, a abordagem longitudinal é a mais “natural”. De fato, com muita frequência seu uso é tomado como certo. Estudos de aprendizagem e memória, adaptação e habituação, fadiga, mudança de atitude, e mudança de população têm inevitavelmente recorrido a uma abordagem de medidas repetidas como a mais lógica para se obter a informação desejada.
- *Projetos de corte transversal.* Por causa do estudo de mudança real ao longo do tempo não ser praticável em muitos casos, os investigadores recorreram a comparar “equivalentes” amostras de alunos em diferentes idades, fazendo inferências sobre crescimento ou mudança.
- *Modelagem causal.* Este método é frequentemente usado para investigar situações educacionais complexas. O pesquisador começa por construir um modelo matemático que especifica as variáveis de interesse e como elas estão relacionadas. Então uma população é definida, uma amostra é retirada, informação é coletada para cada variável no modelo e tabelada, e relações entre as variáveis são estudadas. A informação coletada usualmente envolve uma combinação de dados de levantamentos, entrevistas e observações. Este é um método comumente usado por sociólogos para construir argumentos causais sem manipular as variáveis. A causalidade é reivindicada da base teórica para o modelo.
- *Estudos de caso.* Este método é usado para organizar e relatar informação sobre as ações, percepções e crenças de um indivíduo ou de um grupo sob condições ou circunstâncias específicas. O pesquisador está interessado em contar uma história detalhada sobre um caso particular. O que distingue um estudo de caso de outros campos de métodos de estudo (etnografia, pesquisa ação e avaliação instrutiva) é que os pesquisadores estão escrevendo uma história natural de uma situação particular. Eles não estão interessados em fazer julgamentos sobre um programa ou em testar uma hipótese teórica.

- *Pesquisa ação*. Este termo se refere a uma estratégia de pesquisa usada para investigar situações de escolaridade onde o pesquisador assume “prática inteligente”, que precisa ser documentada e entendida, derivada de experiências nas escolas ou nas salas de aula. Também, a documentação é geralmente feita pelo praticante.
- *Etnografia*. O termo etnografia vem da antropologia e significa “[...] um retrato do ‘modo de vida’ de algum grupo identificável de pessoas” (WOLCOTT, 1987, p.188). O rótulo é usado para referir-se tanto à combinação de processos usados quando os antropólogos fazem um trabalho de campo quanto ao produto daquele esforço – o relato etnográfico escrito. É um método usado para estudar a complexa cultura das escolas. Esta abordagem usualmente requer um observador participante altamente treinado para examinar artefatos, conduzir entrevistas clínicas, e fazer observações clínicas. Ela difere de outros métodos em que o pesquisador tenta interpretar as ações das pessoas de acordo com a cultura na qual elas vivem.

Experimentos

Se a conjectura de alguém envolve prever o que acontecerá sob condições que não existem agora – isto é, se ela envolve ganhar evidência sobre os efeitos de um novo e diferente produto ou programa – usa-se uma *abordagem experimental*. Em tais estudos, criar a nova situação é uma parte crítica do esforço. Através do estudo da nova situação e seus efeitos, o pesquisador tenta construir um argumento “causal”. Nesta categoria há muitas distinções possíveis entre a variedade de métodos usados pelos pesquisadores. Entretanto, há três abordagens gerais usadas em educação:

- *Experimentos de ensino*. Este método de investigação está baseado numa prática comum de bons professores. Periodicamente, a maioria dos professores tenta alguma coisa nova em sua sala de aula e, depois, julga as conseqüências daquela ação sobre a aprendizagem do aluno. Contudo, a abordagem usada pelos pesquisadores é muito mais sistemática nessas hipóteses que são inicialmente formadas com relação ao processo de aprendizagem, uma estratégia de ensino que envolve intervenção sistemática e estimulação da aprendizagem do aluno é desenvolvida e tanto a eficácia da estratégia de ensino quanto as razões para sua eficácia são determinadas.
- *Experimentos comparativos*. Este método de investigação é usado para determinar se ou não um conjunto específico de ações “causa” um resultado desejado. A determinação é feita ao comparar os resultados de um grupo tratado pelo conjunto de ações com um grupo semelhante (o grupo de controle) que não foi assim tratado, para ver se há diferenças prognosticadas nos resultados. O projeto de um experimento específico envolve tentativas de isolar os efeitos do tratamento de outros efeitos possíveis. Por exemplo, Campbell & Stanley (1963), em sua clássica exposição sobre projetos experimentais, organizaram a variedade de projetos em três categorias:

pré-experimental, quase-experimental, e verdadeiramente-experimental. Os projetos diferem em termos de como as fontes potenciais de invalidade são controladas. Os experimentos verdadeiros, por exemplo, controlam a invalidade interna comparando o tratamento e os grupos de controle, quando unidades (alunos, salas de aula) tenham sido aleatoriamente designadas para os grupos de tratamento.

- *Experimentos interrompidos numa seqüência de tempo.* Muito freqüentemente em educação não é prático ou é impossível haver um grupo de controle. Por exemplo, se um distrito escolar tivesse que aumentar o número de computadores em seu laboratório de informática, seria impossível determinar as conseqüências deste aumento (como o número de alunos que usam o laboratório ou o tempo médio gasto em um computador) se o aumento no acesso disponível fosse aplicado a alguns alunos (o grupo de tratamento) e não a outros (o grupo de controle). Nestas circunstâncias, é razoável que os alunos sejam seu próprio controle. É possível comparar os resultados antes e depois do tratamento. A chave para usar esta estratégia se encontra em coletar suficientes observações antes do tratamento, de modo que uma tendência possa ser determinada e, depois, se possa comparar aquela tendência com os resultados depois do tratamento.

Avaliações

Finalmente, é comum, especialmente em educação matemática, que indivíduos ou grupos criem novos produtos com a intenção de melhorar o ensino e a aprendizagem. Os produtos podem ser novos materiais educativos, técnicas educativas ou programas educativos. O desenvolvimento de um produto envolve um processo de engenharia de inventar partes e colocá-las juntas para formar algo novo. Há quatro estágios para o processo de desenvolvimento: o projeto do produto, a criação do produto, a implementação do produto e o uso do produto. Ao complementar a produção de novos materiais, temos quatro metodologias gerais que os avaliadores têm desenvolvido para determinar a qualidade do produto em cada estágio.

- *Avaliação de necessidades.* Para decidir se o projeto de um novo produto é “bom”, o pesquisador deve responder a três questões: (a) Há uma necessidade do produto? (b) Há uma razoável probabilidade de que o produto que está sendo considerado preencherá aquela necessidade? E (c) entre outros produtos, que prioridade este produto tem? Para responder a estas questões, outra evidência existente ou nova é coletada e examinada.
- *Avaliação formativa.* No estágio criativo do desenvolvimento do produto, um avaliador está interessado em saber ou não se o produto vai ao encontro às especificações do projeto. A fim de determinar se o produto é “bom”, uma evidência é coletada para responder a quatro questões: (a) o conteúdo do produto é de alta qualidade? (b) O desempenho dos resultados pretendidos é

alcançado? (c) O desempenho dos resultados não desejados é identificado? E (d) são fornecidos os serviços de apoio necessários para a instalação?

- *Avaliação somativa.* Para determinar se um produto criado recentemente está pronto ou não para o uso, o pesquisador coleta evidência para responder a quatro questões: (a) quão diferente é o conteúdo do produto de seus concorrentes? (b) Quais diferenças de desempenho existem entre o produto e seus concorrentes? (c) Que diferenças de custo existem entre ele e seus concorrentes? E (d) foram feitas provisões para manter o uso do produto?
- *Avaliação esclarecedora.* Este termo foi criado por Malcolm Parlett e David Hamilton (1976) para caracterizar o estudo de programas “inovadores” em uso efetivo. O procedimento envolve a aplicação de métodos de pesquisa de campo (estudo de caso, etnografia ou pesquisa ação) para a avaliação de novos produtos educacionais. Observe, entretanto, que neste caso, o foco está em contar a história sobre o uso do produto e fazer julgamentos a respeito dele.

Esta lista de métodos para obter evidências é arbitrária. Muitos envolvem procedimentos comuns para coletar dados ou organizá-los. Apesar disso, há três aspectos importantes associados a cada método que precisam ser tratados: objetividade, qualidade da evidência e generalizabilidade⁶.

Objetividade. A objetividade e sua contraparte, tendência, são de interesse para todos os pesquisadores enquanto eles consideram problemas, levantam questões, ganham evidência, organizam evidência e constroem argumentos. Por um lado, um pesquisador deve estar tanto pessoalmente interessado no fenômeno quanto comprometido com o investigar questões sobre ele. Neste sentido, todos os estudiosos são tendenciosos; de fato, um investigador desinteressado não deveria ser confiável. Por outro lado, é esperada objetividade na maneira na qual um estudioso coleta evidência, a examina e relata as descobertas. Toda pessoa que já pesquisou um problema admite que ser objetivo nem sempre é fácil, por várias razões. Por exemplo, é provável que o tipo de evidência que se busca e se examina seja, em parte, ditada pela comunidade de estudiosos da qual se faça parte e por sua visão de mundo. Por causa da preocupação em ser objetivo, uma característica da investigação erudita envolve a apresentação da evidência ganha e a maneira na qual ela foi examinada, de modo que outros possam julgá-la ou reexaminá-la.

Qualidade da Evidência. Normalmente são considerados dois aspectos da evidência e o modo como ela foi coletada quando se constrói um argumento sobre as descobertas de uma investigação: validade e credibilidade. Em educação, a *validade* da evidência é geralmente difícil de ser demonstrada, porque ela recorre ao grau para o qual a evidência que está sendo coletada está diretamente relacionada ao fenômeno de interesse. Com muita frequência, investigadores da educação coletam evidência sobre representantes (ou indicadores) que só estão marginalmente relacionados ao fenômeno real. Por exemplo, porque é difícil conhecer a atitude de um aluno sobre

⁶ generalizabilidade - qualidade de ser generalizável - grifo nosso ([dicionário???](#) [Qual fonte??](#)).

matemática, um índice derivado das respostas do aluno para diversas questões é frequentemente usado como um indicador de atitudes. A validade de tais representantes é geralmente questionável.

A *credibilidade* da evidência preocupa-se com a acurácia da evidência à luz do modo pela qual ela foi coletada. Por exemplo, notas de teste são julgadas confiáveis se um índice de consistência é alto, e as observações são consideradas confiáveis se se puder demonstrar alta concordância entre os julgadores. Um problema neste sentido envolve o fato de que ninguém quer incluir em sua análise evidência que seja errada ou idiossincrática. Por esta razão, os pesquisadores se depararam com o problema dos dados “sujos”, ou dados não confiáveis, na tentativa de “limpar” os dados antes da análise.

A importância de haver uma evidência de qualidade não deve ser superenfaticada. Isto é verdade porque, como Harold Larabee (1945, p.82) colocou, “ninguém que tenha pesquisado a longa história das reivindicações do homem sobre o conhecimento fica chocado pela discrepância entre o caráter pretensioso da maioria das reivindicações de conhecimento e a pequena quantidade de evidência realmente disponível para apoiá-las”. O principal papel dos pesquisadores é fornecer evidência confiável para apoiar as reivindicações. Muitas pessoas são inclinadas a aceitar qualquer evidência ou afirmações que primeiro lhes sejam apresentadas urgente, clara e repetidamente. Tais afirmações são frequentemente dogmáticas e assertivas – isto é, são afirmações feitas sobre o que é conhecido com certeza (mesmo se elas estão fugindo continuamente da evidência oferecida). Algumas pessoas têm a intensa convicção de que estão absolutamente certas em suas crenças; isto as capacita a adotar e perseguir políticas ousadas com vigor e persistência. Saber pouco ou nada nem sempre é um obstáculo para se ser confiante; a maioria das pessoas é lenta em reconhecer que a verdadeira dimensão de seu conhecimento é sua consciência do quanto ainda resta a ser conhecido. Um pesquisador tenta ser aquele cujas reivindicações de conhecimento vão além de uma mera opinião, palpite ou obra de imaginação, para reivindicações prudentes, com fundamentos suficientes para afirmação. De fato, Lee Cronbach e Pat Suppes (1969, p.15) reivindicam que:

A investigação disciplinada tem uma qualidade que a distingue de outras fontes de opinião e crença. A investigação disciplinada é conduzida e relatada de tal modo que o argumento possa ser meticulosamente examinado. O relato não depende de seu apelo à eloquência do escritor ou sobre qualquer plausibilidade superficial.

Infelizmente, como qualquer editor de revista pode testemunhar, há muitos estudos de pesquisa em educação nos quais ou a validade ou a confiabilidade da evidência é questionável. Exemplos típicos incluem as notas atribuídas a testes padronizados como uma variável dependente no estudo de resolução de problemas, baixos índices de retorno nas avaliações, a falha em controlar adequadamente as fontes de invalidade em um experimento, e a falha em triangular evidência quando se constrói um argumento num estudo de caso. A coleta de evidência e a construção de um argumento são os meios pelos quais os pesquisadores substanciam as conjecturas. Este é um árduo

processo. Nem o faz, uma vez realizado, permanecer acabado e completo; ele tem que ser continuamente refeito, desde que tanto o que constitui um argumento razoável quanto os propósitos atribuídos a ele estejam mudando constantemente.

Generalizabilidade. A tradicional visão de generalizabilidade (baseada em hipóteses empírico-analíticas) emprega uma definição processual. De acordo com esta definição, os resultados de um estudo podem ser ditos generalizáveis porque procedimentos de amostragem foram empregados. Esta percepção de generalizabilidade foi chamada de *generalizabilidade horizontal* (STEPHENS, 1982). Ela permite que se junte uma estimativa quantificada de probabilidade à repetibilidade das descobertas de alguém. Sua característica essencial é que ela se apóia sobre noções de probabilidade que capacitam a pessoa a predizer como os elementos de uma amostra e as características que eles carregam se relacionam com uma população geral que tem essas mesmas características.

O argumento sobre generalizabilidade poderia, sem dúvida, apoiar-se sobre a generalizabilidade horizontal assim definida se os pesquisadores se limitassem somente a fazer reivindicações sobre outras amostras da mesma população ou sobre amostras de outras populações que carregam as mesmas características daquela que se estudou. Contudo, muitos estudiosos olham além de uma situação específica e ligam características daquela situação a considerações mais abstratas e gerais. Esta outra percepção de generalizabilidade pode ser chamada de *vertical* (STEPHENS, 1982). Em outras palavras, sobre a base de sua evidência eles fazem reivindicações sobre proposições teóricas. Eles não estão reivindicando replicabilidade.

O contraste entre a generalizabilidade vertical e a horizontal pode ser ilustrado ao se fazer uma distinção entre construir uma teoria interpretativa e mostrar que estas interpretações são provavelmente úteis em outras situações semelhantes. Para construir uma teoria interpretativa, deve-se dar valor à seleção de um exemplo que ofereça claramente características delineadas e contrastes reveladores (generalizabilidade vertical). Entretanto, uma vez desenvolvida, esta teoria precisa de uma aplicação mais geral (generalizabilidade horizontal), e um investigador precisará convencer uma audiência cética de que há razões para confiar que as características que deram origem à teoria interpretativa devem ser provavelmente confirmadas através de uma variação de grupos ou exemplos.

Tendências de pesquisa

Dada essa fundamentação sobre comunidades de pesquisa, suas suposições sobre o mundo e suas perspectivas a respeito de pesquisa, não deveria ser surpreendente que a pesquisa, no quarto de século passado, sobre ensino e aprendizagem nas escolas fosse difícil de ser resumida e suas tendências difíceis de identificar. Todavia, acredito que pelo menos cinco amplas tendências nas

ciências sociais podem ser descritas. Ao enfatizar amplas tendências, estou escolhendo não discutir mudanças específicas que tenham ocorrido nos tipos de pesquisa conduzidas em áreas particulares da educação de ciências matemáticas. Estas são discutidas em outros capítulos deste livro (*inserir nota de rodapé, pois não é livro agora*). Também, quero apontar que embora cada uma das amplas tendências seja discutida separadamente, elas são inter-relacionadas e não verdadeiramente independentes.

Tendência 1: Crescimento de Pesquisa

Embora pesquisa sobre ensino e aprendizagem no ambiente escolar tenha uma longa história nos Estados Unidos, houve um crescimento dramático nos últimos trinta anos. Esta tendência tem sido óbvia em todas as partes das ciências sociais em que ela dificilmente precisa ser mencionada. Desde então, este crescimento promete continuar num passo mais rápido na próxima década, entretanto, quatro fatores que têm contribuído com ele precisam ser mencionados.

Primeiro, uma das razões do crescimento foi a disponibilidade de fundos de pesquisa. Fundos federais para a pesquisa educacional tornaram-se pela primeira vez disponíveis nos anos sessenta, a partir da recém criada *National Science Foundation* e do *Office of Education*. Em particular, a passagem do *Elementary and Secondary Education Act* (ESEA) em 1963 supriu vastos fundos para assentar centros de pesquisa, avaliar produtos e assim por diante. Pesquisa sobre ensino e aprendizagem de matemática, embora nem sempre central para tais interesses, cresceu adequadamente. (Para um exame mais abrangente desta tendência em educação nas ciências matemáticas, ver capítulo 1 neste volume).(*nota de rodapé*)

Segundo, em parte por causa da disponibilidade dos fundos de pesquisa e em parte por causa das crescentes demandas sociais para a reforma da escolarização, houve um dramático crescimento no envolvimento de estudiosos de outros campos, que não a educação e a matemática, no estudo do ensino e da aprendizagem de matemática. Psicólogos, sociólogos, antropólogos, economistas, cientistas políticos, matemáticos, e outros, assim como educadores matemáticos, têm contribuído para o crescimento da pesquisa.

Terceiro, desde os anos sessenta tem havido uma proliferação de revistas, organizações de pesquisa e encontros dedicados à pesquisa educacional. Estes são necessários tanto para a criação de comunidades de pesquisa quanto como um meio de compartilhar o trabalho com colegas. Antes de 1960, havia somente três revistas de pesquisa nos Estados Unidos que regularmente publicavam estudos educacionais: *Psychometrica* (sobre questões de testagem, publicada pela Psychometric Society), o *Journal of Educational Psychology* (sobre aprendizagem humana, publicada pela American Psychological Association), e a *Review of Educational Research* (que solicitava revisões

sumárias em tópicos específicos, publicada pela American Educational Research Association (esta revista mudou sua prática em 1970, da publicação de revisões convidadas para aceitação de manuscritos não solicitados)). A *American Educational Research Journal* foi publicada pela primeira vez em 1963, e as duas primeiras revistas de pesquisa em educação matemática, a *Journal for Research in Mathematics Education* e a *Educational Studies in Mathematics*, foram ambas iniciadas em 1969. Hoje, há mais de cinquenta revistas de pesquisa educacional publicadas nos Estados Unidos e um número similar no resto do mundo. Houve um crescimento concomitante em organizações dedicadas à pesquisa. Em educação matemática, a *AERA's Special Interest Group in Mathematics Education* e o *International Group for the Psychology of Mathematics Education* foram organizados desde 1963 e têm se tornado particularmente importantes grupos nacional e internacionalmente.

Finalmente, centros de pesquisa dedicados à educação matemática têm sido criados junto a universidades em vários países. Eles são providos por professores em educação matemática cujo principal trabalho está associado a programas de pesquisa, não só à educação do professor. O desenvolvimento de tais centros é crítico se comunidades e programas de pesquisa em longo prazo forem se desenvolver. De particular nota são os seguintes centros: o *Freudenthal Institute at the University of Utrecht in the Netherlands*; o *Shell Centre for Mathematical Education at the University of Nottingham in Great Britain*; o *Institute für Didaktik der Mathematik (IDM) at the University of Bielefeldt in West Germany*, e o *National Center for Research in Mathematical Sciences Education (NCRMSE) at the University of Wisconsin in the United States*.

Nada surpreendente, é claro que recursos, veículos para compartilhar informações, e centros comprometidos com investigações a longo prazo são fatores importantes que contribuem para o crescimento dinâmico de pesquisa em ensino e aprendizagem.

Tendência 2: Crescente diversidade em métodos de pesquisa

Não seria surpreendente que enquanto um campo de pesquisa cresce, a variedade de métodos usados por pesquisadores também cresça. Em 1963 Donald Campbell e Julian Stanley argumentaram que conduzir experimentos era

[...] o único meio de apaziguar disputas com relação à prática educacional, o único meio de verificar progressos educacionais, e o único modo de estabelecer uma tradição cumulativa na qual as melhorias pudessem ser introduzidas sem o perigo de um modismo passageiro de descartar a velha sabedoria em favor de novidades inferiores (CAMPBELL; STANLEY, 1963, p.173).

Eles continuaram a punir estudos em uma categoria (experimentos de ensino ou estudos de caso) como “quase antiéticos” (CAMPBELL; STANLEY, 1963, p.177).

Em 1973, quando a experimentação era ainda vista como o método insuperável a ser usado em estudos educacionais, outros métodos foram, todavia, julgados apropriados como uma parte de uma “volta experimental-correlacional-descritiva” (ROSENSHINE; FURST, 1973). O argumento era que, em primeiro lugar, as características de uma situação problema são decididas e tentativas são feitas para descrever a variabilidade destas características. Isto usualmente envolve a escalada de respostas a questões ou observações de comportamentos. Segundo, as relações entre as variáveis são examinadas através de correlações ou equações regressivas. Finalmente, uma ou mais variáveis são manipuladas e os efeitos de tal manipulação são examinados por meio de algum projeto experimental.

As raízes do uso destes métodos em educação estão nas tradições “empírico-analíticas” encontradas na psicologia comportamental que, por sua vez, as emprestou da agricultura. Entretanto, poder-se-ia notar que Campbell e Stanley (1963, p.171) admitiram que “[...] por causa da intransigência do ambiente”, os experimentadores perderam o tipo de controle que se poderia ter em experimentos com animais ou agrários. Crianças não podem ser controladas como pombos, ratos ou macacos; métodos alternativos de ensino não são como marcas diferentes de fertilizantes; e salas de aula não são lotes independentes de um campo.

Hoje, embora estudos correlacionais e experimentos sejam comumente conduzidos, muitos estudiosos estão usando estratégias e métodos diferentes. Os métodos (alguns foram descritos numa seção anterior deste capítulo) têm sido adaptados para o estudo de educação escolar a partir de tradições escolares em psicologia desenvolvimentista, sociologia, antropologia, ciência política e outras ciências sociais. Estas tradições estão baseadas sobre diferentes ideologias e refletem histórias intelectuais diferentes. Além disso, os americanos têm, gradualmente, se tornado conscientes dos trabalhos de pesquisadores internacionais. Como estes estudiosos vêem os problemas educacionais através de suas próprias lentes culturais, é freqüentemente difícil acomodar tais trabalhos às propostas americanas. Em 1966, em sua revisão de teorias de comportamento conceitual, por exemplo, Lyle Bourne dispensou o trabalho de Piaget porque “[...] ele diverge amplamente da teoria convencional americana” (BOURNE, 1966, p.44). Hoje, entretanto, os investigadores têm se tornado mais tolerantes com perspectivas estrangeiras.

Finalmente, como a pesquisa educacional cresceu, o mesmo aconteceu com o número de membros na comunidade de pesquisa. Muita pesquisa é feita agora por equipes de pesquisa cujos membros trazem conhecimento intelectual e prático diferentes para usar sobre um conjunto comum de problemas. Tais equipes freqüentemente incluem professores praticantes. Uma conseqüência desta diversidade de perspectivas é o conflito entre aqueles que acreditam que o papel da pesquisa é

construir uma instituição estável (a escola ou a sala de aula) mais efetiva e eficiente e aqueles que vêem a pesquisa como uma força que pode tanto sacudir as instituições ou reformá-las radicalmente.

Tendência 3: Uma mudança na epistemologia

A questão “O que significa saber?” está correntemente sendo levantada em todas as disciplinas. No passado assumia-se que o conhecimento em qualquer disciplina era simplesmente uma acumulação de pedaços de informação (conceitos e habilidades) dispostos em alguma ordem seqüencial. Hoje, esta suposição está sendo desafiada. A perspectiva alternativa envolve uma noção de conhecimento *autêntico*. Pesquisadores em muitas áreas estão agora engajados em tentativas para articular esta noção da mesma forma que ela se aplica em sua disciplina. Três aspectos de tais tentativas precisam ser mencionados.

Primeiro, deve-se distinguir entre *conhecimento* e *registro de conhecimento*. Por exemplo, quando muitos não matemáticos olham para a matemática, eles vêem um conjunto estático e limitado de conceitos e habilidades a serem dominados. Isto é, talvez, um reflexo da matemática que eles estudaram na escola ou na faculdade, mais do que uma percepção na própria disciplina. Para muitos, *saber* significa identificar os artefatos da disciplina – seus conceitos e procedimentos básicos. Para outros, mais familiarizados com a disciplina, *saber* matemática é *fazer* matemática. Uma pessoa reúne, descobre ou cria conhecimento no curso de alguma atividade que tem um propósito. Somente se a ênfase for colocada no processo de *fazer* é provável que a matemática faça sentido para os alunos.

A distinção entre conhecimento e o registro de conhecimento pode, talvez, se tornar clara através de uma analogia com a disciplina música. Como a matemática, a música tem muitos ramos categorizados em uma variedade de formas (clássica, jazz, rock, instrumental, vocal); ela tem um esparsa sistema notacional para preservar informação (notas, indicação de compasso, claves) e teorias que descrevem a estrutura das composições (escalas, modelos). Entretanto, não importam quantos dos artefatos musicais se tenha aprendido, isso não é a mesma coisa que *fazer* música. É somente quando se executa que se sabe música. Analogamente, em matemática, pode-se aprender os conceitos sobre números, como resolver equações, e assim por diante, mas isso não é *fazer* matemática. Fazer matemática envolve resolver problemas, abstrair, inventar, provar e assim por diante.

Num modo semelhante, James Greeno (1990) argumenta que o fato de tornar-se competente em qualquer campo envolve compreender que o campo (por exemplo, números racionais ou funções) deveria ser visto como um ambiente no qual uma coleção de recursos para saber, entender

e raciocinar naquele domínio está localizada. Aprender a operar naquele domínio envolve saber que recursos estão disponíveis e como acessá-los quando necessário. Obviamente, é importante aprender conceitos matemáticos e praticar procedimentos matemáticos (como aprender a ler notação musical e praticar escalas), mas é importante também ter uma oportunidade para resolver problemas (executar) no nível de capacidade dos aprendizes. Com muita frequência, os alunos acham aritmética, álgebra e cálculo sem sentido, maçante e até intimidante. Apesar de tudo, quem pode gostar de rotineiramente multiplicar um número de quatro dígitos por outro (análogo a tocar escalas em um piano) ou resolver um sistema de equações lineares simultâneas? Como um resultado de tais experiências limitadas, muitos alunos são preconceituosos contra aspectos mais amplos e mais interessantes da matemática. Em resumo, a noção de conhecimento autêntico envolve saber como fazer matemática, sociologia, música ou ciência.

Segundo, e contrário à opinião popular, a matemática não é uma disciplina estável. Lynn Steen (1990) argumentou que o computador, a calculadora e outros novos inventos tecnológicos estão mudando o que significa fazer matemática. Ele infere que “[...] a matemática é uma ciência de padrões” e que a tecnologia mune os matemáticos com poderosas ferramentas para examinar padrões elaborados e complexos de uma forma nunca antes possível. Estas ferramentas tornam isso possível ao desacoplar cálculos das investigações matemáticas, numa maneira semelhante à forma como a máquina de escrever desacoplou a caligrafia da escrita. Habilidades computacionais eficientes, quer em aritmética, álgebra, ou mesmo em cálculo, não são mais pré-requisitos para se ser capaz de fazer matemática. A tecnologia permite a cada um efetuar cálculos comuns mais eficientemente, fazer novos cálculos que não poderiam ser feitos à mão, ilustrar graficamente informação numa grande quantidade de formas, e simultaneamente ver as relações entre representações.

Terceiro é a questão do que é único no ensino e na aprendizagem de qualquer matéria, como a matemática. Da perspectiva de Begle (veja Figura 3.1) somente o termo *matemática* distinguiria as relações e as possíveis questões a serem estudadas a partir daquelas questões levantadas sobre o ensino e a aprendizagem de ciência, ou estudos sociais, ou outras disciplinas. Os conceitos da matemática são semelhantes àqueles de outras matérias; seus processos, embora com frequência algorítmicos, são pouco diferentes daqueles empregados na aprendizagem de conjugar verbos regulares ou resolver equações químicas; nem se pode argumentar que resolução de problemas seja exclusiva para a matemática. Assim, não seria surpreendente que, quando abordando pesquisa sobre ensino e aprendizagem nas escolas, muitos estudiosos das ciências sociais tenham falhado em ver qualquer coisa única sobre a aprendizagem de matemática. De fato, muitos pesquisadores escolheram estudar a aprendizagem de matemática somente porque eles sentiram que ela era a mais bem organizada, a mais seqüencial, a matéria escolar mais intacta.

Durante a década passada alguns pesquisadores reconheceram a dinâmica, a natureza variável da disciplina. Esta compreensão tem levado a pelo menos duas atividades. A primeira é uma resposta à dificuldade que, de acordo com Edward Barbeau (1989, p.2), “[...] a maioria da população concebe a matemática como um corpo fixo de um conjunto extenso de conhecimento em sua forma final. Seu tema é a manipulação de números e a demonstração de deduções geométricas. Ela é uma disciplina fria e austera que não dá alcance para julgamento ou criatividade”. Estas visões são, sem dúvida, um reflexo da matemática estudada na escola em vez de um critério acerca da própria disciplina. Houve, pelos matemáticos, uma consciência crescente da necessidade de representar melhor do que a matemática se aproxima, de ilustrar o que os matemáticos fazem, e de popularizar a disciplina. Isto não significa que bons livros sobre a disciplina não existiam antes dos anos oitenta. Clássicos como *The World of Mathematics* (NEWMAN, 1956); *Mathematics: Its Content, Methods, and Meaning* (ALEKSANDROV et al., 1956) e *Mathematical Thought From Ancient to Modern Times* (KLINE, 1972) estão disponíveis. Infelizmente, estes livros foram escritos para leitores bem treinados em matemática e ciência. Entretanto, um grande número de livros sobre matemática foram publicados durante os anos oitenta para um público não educado tecnicamente. Estes incluem *The Mathematical Experience* (DAVIS; HERSH, 1981); *Descartes’ Dream* (DAVIS; HERSH, 1986); *Mathematics and the Unexpected* (EKELAND, 1988); *Speaking Mathematically* (PIMM, 1987); *Innumeracy: Mathematical Illiteracy and Its Consequences* (PAULOS, 1988); *Capitalism and Arithmetic: The New Math of the 15th Century* (SWETZ, 1987); *Mathematics Counts* (COMMITTEE OF INQUIRY INTO THE TEACHING OF MATHEMATICS IN SCHOOLS, 1982); *Renewing United States Mathematics: Critical Resource for the Future* (COMMISSION ON PHYSICAL SCIENCES, MATHEMATICS, AND RESOURCES, 1984); *Perspectives on Mathematics Education* (CHRISTIANSEN et al., 1986); *Mathematics, Insight, and Meaning* (DE LANGE, 1987); *Cognitive Science and Mathematics Education* (SCHOENFELD, 1985); *Mathematics Tomorrow* (STEEN, 1981); *Everybody Counts* (MATHEMATICAL SCIENCES EDUCATION BOARD, 1989); *Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics* (NATIONAL COUNCIL OF TEACHERS OF MATHEMATICS, 1989); *Reshaping School Mathematics* (MATHEMATICAL SCIENCES EDUCATION BOARD, 1990) e *On the Shoulders of Giants* (STEEN, 1990). Estes trabalhos apresentam a matemática como uma disciplina com muitas facetas. Pode-se definir a matemática “[...] como uma linguagem, como um tipo particular de estrutura lógica, como um corpo de conhecimento sobre números e espaço, como uma série de métodos para conclusões derivadas, como a essência de nosso conhecimento do mundo físico, ou como uma alegre atividade intelectual” (KLINE, 1962, p.2). Entender estas variações e a natureza dinâmica da matemática é importante porque diferentes características foram enfatizadas

nos programas de matemática escolar em tempos diferentes por autores diferentes, e porque os argumentos da reforma atualmente conduzidos dependem da visão de matemática dos participantes.

Segundo, houve um interesse crescente na compreensão dos professores sobre o que significa fazer matemática. Muitas questões estão sendo tratadas pelos pesquisadores: os professores estão conscientes de que matemática é mais do que a compilação de pedaços discretos de conhecimento proposicional? (BALL; MCDIARMID, 1989); o conhecimento dos professores que são expostos durante o processo de treinamento é útil ao ensinar os alunos a fazer matemática? (LAPPAN; EVEN, 1989; MCDIARMID et al., 1988). E uma nova pedagogia pode ser criada para preparar professores para um ensino autêntico? (LAMPERT, 1988; LAMPERT; BALL, 1990). O argumento é que a matemática é um domínio único – um conjunto disperso de signos e símbolos que pode ser usado para modelar uma ampla variedade de situações, uma quantidade de estratégias (heurísticas) usadas para examinar características daquele domínio e métodos específicos de raciocínio. Os professores devem estar intimamente conscientes disso se quiserem representar a matemática adequadamente para seus alunos.

Tendência 4: Uma mudança na psicologia da aprendizagem

Uma nova visão de aprendizagem – ciência cognitiva – é uma consequência da revolução em psicologia que se tornou dominante durante a década passada. As sete seguintes noções de como a mente funciona caracterizam esta visão de aprendizagem.

Primeiro, o processamento começa com uma experiência. A informação da experiência é filtrada, organizada e armazenada na memória. Este aspecto crítico da teoria cognitiva distingue-se entre três tipos de memória: memória útil, memória de curto prazo e memória de longo prazo. A *memória útil* envolve a quantidade limitada de informação que se pode processar em um particular ponto no tempo. As unidades de informação podem ser pedaços individuais ou podem ser pedaços relacionados (nacos de informação). A informação é armazenada na *memória de curto prazo* para ser usada em um período de tempo relativamente curto. Depois, ou ela é esvaziada (esquecida) ou armazenada na *memória de longo prazo*. Segundo, embora os humanos sejam capazes de lembrar bastante, eles têm uma capacidade extremamente limitada para pensar sobre uma quantidade de coisas diferentes ao mesmo tempo. Como uma consequência desta capacidade limitada, a informação armazenada na memória de longo prazo precisa ser bem organizada. A mente naturalmente organiza repetidas experiências semelhantes na memória de longo prazo, naquilo que os psicólogos chamam de *esquemata*. Estas são redes complexas de conceitos, regras e estratégias, não fatos isolados ou algoritmos. Ter informação armazenada deste modo ajuda um indivíduo a poder enfrentar novas experiências. Tais *esquematas* desenvolvem-se sobre longos períodos de

tempo e por continuada exposição a eventos contextuais relacionados. Terceiro, novas experiências ou usam a *esquemata* existente de alguém (chamada assimilação) ou forçam uma mudança em um esquema particular (chamado acomodação). Quarto, ocorrendo naturalmente as *esquematas* são idiossincráticas para o indivíduo, que geralmente não é consciente da organização. Quinto, embora a maior parte da aprendizagem ocorra através de assimilação e acomodação naturais de experiências, ela também pode ocorrer via experiências preorganizadas e estruturadas. Por exemplo, aprender os nomes comuns e as características das figuras geométricas (por exemplo, isósceles, paralelo, perpendicular) na base de experiência natural é improvável. Aprender a linguagem formal, signos e símbolos, propriedades, e princípios associados a qualquer domínio matemático não é matéria fácil. Atividades instrucionais deveriam servir como o meio de conectar as experiências informais, naturais de um estudante com os aspectos formais da matemática. A hipótese é que os alunos reorganizarão sua *esquemata* informal, quantitativa e espacial como uma consequência da interação em tais atividades. Sexto, *esquematas* nunca são fixadas. Elas mudam continuamente enquanto o indivíduo cresce e tem experiências adicionais. De fato, há uma concordância geral de que a evolução do pensamento de alguém segue através de vários estágios cíclicos. As crianças em idade escolar não pensam como adultos. Elas estão, mais provavelmente, prontas para responder de uma maneira concreto-simbólica à informação nova. Somente em séries mais avançadas elas começam a construir relações formais entre experiências discrepantes e, mesmo assim, elas ainda não pensam em termos de conceitos compostos e abstratos. Finalmente, alunos que tenham desenvolvido uma atividade esquematizada inicial mas não bem organizada buscam experiências que lhes proporcionem estrutura.

Em resumo, psicólogos cognitivos têm dado o conceito de “*esquemata* bem organizada” para explicar como as pessoas impõem ordem sobre uma informação experimental. Assimilação, acomodação e modo de funcionamento em resposta à nova informação são importantes no empreendimento da escolaridade. Sem *esquemata* na qual a nova informação possa ser assimilada, a experiência fica incompreensível, e pouco pode assim ser aprendido a partir dela. Mas o esquema pelo qual um aluno assimila uma lição pode não ser aquele assumido por professores ou matemáticos. Esta desigualdade pode facilmente escapar de ser descoberta porque o aluno frequentemente será capaz de repetir segmentos do texto e da preleção ainda que ele ou ela os entenda em termos de uma estrutura incorreta, incompleta ou inconsistente. Sem dúvida, os alunos podem desenvolver estruturas especializadas para manter a identidade particular do material da aula a fim de enfrentar com sucesso a procura por reprodução verídica. O uso do esquema deve ser um processo dinâmico e construtivo, para pessoas que não tenham um esquema armazenado para ajustar cada situação concebível. Nesta visão, a aquisição de conhecimento implica mudanças na *esquemata*, não só a agregação de informação.

Tendência 5: O crescimento da consciência política

Já há muito tempo foi assumido que a pesquisa científica oferece um conhecimento testado e confiável que os indivíduos podem usar para informar seu pensar e sua prática, e que a busca por tal conhecimento é independente de decisões e debates políticos sobre educação. Hoje, muitos pesquisadores estão se conscientizando de que a pesquisa educacional é tanto científica quanto política. Como Kilpatrick (1987, p.1) observa, entretanto, “[...] um cético poderia dizer que pesquisa educacional, como conhecemos, não é nem científica nem política. Ela aspira a um nível de percepção, precisão e clareza que ainda não se começou a atingir, e é rotineiramente menosprezada e ignorada por quem toma decisões na educação”.

Não há dúvida de que a educação é política nos Estados Unidos. Nossas escolas são governadas por cerca de 16.000 distritos escolares locais, assim como por regulamentos estaduais e mandatos federais. A política pública debate a respeito de como o ensino e a aprendizagem devem ser organizados, licenciados, monitorados, e assim por diante estão progredindo em nossa sociedade. Além disso, com a publicação de documentos como *A Nation at Risk* (NATIONAL COMMISSION ON EXCELLENCE IN EDUCATION, 1983) e *Educating Americans for the Twenty-First Century* (NATIONAL SCIENCE BOARD COMMISSION ON PRECOLLEGE EDUCATION IN MATHEMATICS, SCIENCE, AND TECHNOLOGY, 1983), ambas críticas das práticas atuais, particularmente em matemática e educação da ciência, muitos educadores sentiram-se forçados a entrar nos debates sobre a reforma educacional.

Esta consciência crescente da importância política da pesquisa é refletida na ênfase sobre pesquisa política e disseminação das descobertas de pesquisa nas especificações para novas pesquisas e o desenvolvimento de centros em educação a serem mantidos pelo *U.S. Department of Education*. Também, a crescente consciência política da comunidade de educação de ciências matemáticas é refletida na formação da *Mathematical Sciences Education Board* (MSEB) do *National Research Council of the National Academy of Sciences*. Esta junta foi criada para dar uma voz nacional à educação matemática em Washington, DC. Finalmente, o MSEB está em um processo de encorajar a criação de coalizões semelhantes em cada um dos 50 estados.

Na atmosfera de hoje para a reforma educacional, os pesquisadores não podem ser observadores desapaixonados em ocupações secundárias. Eles devem perceber que decisões políticas estão sendo e serão feitas, e que eles devem contribuir para os debates.

Referências

ALEKSANDROV, A. D., KOLMOGOROV, A. N., LAVRENT'EV, M. A. *Mathematics: Its content, methods, and meaning*. Cambridge, MA: MIT Press, 1956.

ANYON, J. Elementary schooling and distinctions of social class. *Interchange*, 12, 118-132, 1981.

APPLE, M. *Education and power*. Boston: Routledge and Kegan Paul. 1982.

BALL, D. L., MCDIARMID, G. W. *The subject matter preparation of teachers* (Issue Paper 89-4). East Lansing, MI: Michigan State University, National Center for Research on Teacher Education, 1989.

BARBEAU, E. J. *Mathematics for the public*. Paper presented at the meeting of the International Commission on Mathematical Instruction, Leeds University, England, 1989.

BARNES, D. *From communication to curriculum*. Harmondsworth, Middlesex: Penguin Books, 1975..

BEGLE, E. G. *Seminar in mathematics education: Class notes*. Unpublished, 1961.

BERNSTEIN, R. *The restructuring of social and political theory*. New York: Harcourt Brace Jovanovich, 1976.

BLOOM, B. S. (Ed.) *Taxonomy of educational objectives: the classification of educational goals*. Handbook I: Cognitive domain. New York David McKay Co, 1956.

BOURNE, L. E., Jr. *Human conceptual behavior*. Boston: Allyn and Bacon, 1966.

BROPHY, J. Teaching and learning mathematics: Where research should be going. *Journal for Research in Mathematics Education*, 17(5), 323-346, 1986.

CAMPBELL, D., STANLEY, J. Experimental and quasi-experimental designs for research on teaching. In N. L. Gage (Ed.), *Handbook of research on teaching* (pp.171-246). Chicago: Rand McNally, 1963.

CARPENTER, T., FENNEMA, E. Research and cognitively guided instruction. In: FENNEMA, E., CARPENTER, T. P.; LAMON, S. J. (Eds.), *Integrating research on teaching and learning mathematics*. Madison: National Center for Research in Mathematical Sciences Education, University of Wisconsin, 1988, pp. 2-19.

CHRISTIANSEN, B., HOWSON, A. G. OTTE, M. *Perspectives on mathematics education*. Holland: D. Reidel Publishing Co, 1986.

CICOUREL, A. *Method and measurement in sociology*. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1969.

COMMISSION ON PHYSICAL SCIENCES, MATHEMATICS, AND RESOURCES. *Renewing United States mathematics: critical resource for the future*. Report of the Ad Hoc Committee on Resources for the Mathematical Sciences. Washington, DC: National Academy Press 1984.

COMMITTEE OF INQUIRY INTO THE TEACHING OF MATHEMATICS IN SCHOOLS (CITMS). *Mathematics counts*. London: Her Majesty's Stationery Office, 1982.

CONFREY, J. A critique of teacher effectiveness research in mathematics education. *Journal for Research in Mathematics Education*, 17(5), 347-360, 1986.

CRANE, D. *Invisible colleges: Diffusion of knowledge in scientific communities*. Chicago: University of Chicago Press, 1976.

CRONBACH, L. J., SUPPES, P. (Eds.) *Research for tomorrow's schools: disciplined inquiry for education*. New York: Macmillan, 1969.

CUSICK, P. *Inside a high school student's world*. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1973.

D'AMBROSIO, U. *Socio-cultural bases for mathematics education*. Campinas, Brazil: UNICAMP Centro de Produções, 1985.

DAVIS, P. J., HERSH, R. *The mathematical experience*. Boston: Birkhäuser, 1981.

DAVIS, P. J., HERSH, R. *Descartes' dream*. New York: Harcourt Brace Jovanovich, 1986.

DE LANGE, J. *Mathematics, insight, and meaning*. The Netherlands: University of Utrecht, 1987.

DEWEY, J. *Democracy and education*. New York: The Free Press, 1966.

EASTON, D. *The political system: an inquiry into the state of political science*. New York: Alfred A. Knopf, 1971.

EKELAND, I. *Mathematics and the unexpected*. Chicago: University of Chicago Press, 1988.

FISCHER, C., BERLINER, D., FILBY, N., MARLIAVE, R., COHEN, L., DESHAW, M., MOORE, J. *Teaching and learning in elementary schools: a summary of the beginning teacher evaluation study*. San Francisco: Far West Laboratory for Educational Research and Development, 1978.

GAGE, N. L. *The scientific basis of the art of teaching*. New York: Teachers College Press, 1978.

GOOD, T. L., GROUWS, D. A. *Experimental research in secondary mathematics classrooms: working with teachers* (Contract N° 79-0103). Washington, DC: National Institute of Education, 1981.

GREENO, J. *Number sense as situated knowing in a conceptual domain* (IRL Report N° IRL90-0014). Palo Alto, CA: Stanford University, Institute for Research on Learning, 1990.

HOMANS, G. C. *The nature of social science*. New York: Harcourt, Brace and World, 1967.

KILPATRICK, J. The reasonable ineffectiveness of research in mathematics education. *For the Learning of Mathematics*, 2(2), 22-28, 1981.

KILPATRICK, J. *Educational research: Scientific or political?* Paper presented at the First Joint AARE/NZARE Conference, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand, 1987.

KLINE, M. *Mathematics: A cultural approach*. Reading, MA: Addison-Wesley, 1962.

KLINE, M. *Mathematical thought from ancient to modern times*. New York: Oxford University Press, 1972.

KUHN, T. *The structure of scientific revolutions*. Chicago: University of Chicago Press, 1970.

LAKATOS, I. Falsification and the methodology of scientific research programs. In: LAKATOS, I.; MUSGRAVE, A. (Eds.), *Criticism and the growth of knowledge* (pp. 91-196). Cambridge, England: Cambridge University Press, 1976.

LAMPERT, M. The teacher's role in reinventing the meaning of mathematical knowing in the classroom. *Proceedings of the Tenth Annual Meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (pp. 433-480). DeKalb, IL: Northern Illinois University, 1988.

LAMPERT, M., BALL, D. L. *Using hypermedia technology to support a new pedagogy of teacher education*. (Issue Paper 90-5). East Lansing, MI: Michigan State University, National Center for Research on Teacher Education, 1990.

LAPPAN, G., EVEN, R. *Learning to teach: Constructing meaningful understanding of mathematical content* (Craft Paper 89-3). East Lansing, MI: Michigan State University, National Center for Research on Teacher Education, 1989.

LARABEE, H. *Reliable knowledge*. Cambridge, MA: Houghton Mifflin, 1945.

LUCKMANN, T. (Ed.) *Phenomenology and sociology*. Harmondsworth, Middlesex: Penguin Books, 1977.

LUKACS, G. *History and class consciousness: Studies in Marxist dialectics*, R. Livingstone (Trans). Cambridge, MA: MIT Press, 1971.

MATHEMATICAL SCIENCES EDUCATION BOARD (MSEB). *Everybody counts: A report to the nation on the future of mathematics education*. Washington, DC: National Academy Press, 1989.

MATHEMATICAL SCIENCES EDUCATION BOARD *Reshaping school mathematics*. Washington, DC: National Academy Press, 1990.

MCDIARMID, G. W., BALL, D. L., ANDERSON, C. W. *Why staying one chapter ahead doesn't really work: subject-specific pedagogy* (Issue Paper 88-6). East Lansing, MI: Michigan State University, National Center for Research on Teacher Education, 1988.

NATIONAL COMMISSION ON EXCELLENCE IN EDUCATION. *A nation at risk: the imperative for educational reform*. Washington, DC: US Government Printing Office, 1983.

NATIONAL COUNCIL OF TEACHERS OF MATHEMATICS *Curriculum and evaluation standards for school mathematics*. Reston, VA: Author, 1989.

NATIONAL SCIENCE BOARD COMMISSION ON PRECOLLEGE EDUCATION IN MATHEMATICS, SCIENCE, AND TECHNOLOGY. *Educating Americans for the twenty-first century: a plan of action for improving the mathematics, science, and technology education for all American elementary and secondary students so that their achievement is the best in the world by 1995*. Washington, DC: National Science Foundation, 1983.

NEWMAN, J. R. *The world of mathematics*. New York: Simon & Schuster, 1956.

PARLETT, M., HAMILTON, D. Evaluation as illumination: A new approach to the study of innovatory programs. In: GLASS, G. V. (Ed.), *Evaluation Studies: Review Annual*, Vol.1. Beverly Hills, CA: SAGE Publications, 1976, pp. 140-157.

PAULOS, J. A. *Innumeracy: Mathematical illiteracy and its consequences*. New York: Hill and Wang, 1988.

PIMM, D. *Speaking mathematically: communication in mathematics classrooms*. London: Routledge and Kegan Paul, 1987.

PLATT, J. Strong inference. *Science*, 146(3642), pp. 347-352, 1964.

POPKEWITZ, T. *Paradigm and ideology in educational research: the social functions of the intellectual*. London: The Falmer Press, 1984.

POPPER, K. *Conjectures and refutations*. New York: Harper Torchbooks, 1968.

ROMBERG, T. A. Can teachers be professionals? In: GROUWS, D. A.; COONEY, T. J.; JONES, D. (Eds.), *Perspectives on research on effective mathematics teaching*. Reston, VA: The National Council of Teachers of Mathematics, 1988, pp. 224-244.

ROSENSHINE, B., FURST, N. The use of direct observation to study teaching. In: TRAVERS, R. M. (Ed.), *Second handbook of research on teaching*. Chicago: Rand McNally, 1973, pp.122-183.

SCHOENFELD, A. H. *Cognitive science and mathematics education*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 1985.

SCHULTZ, A. The problem of social reality. In: NATHANSON, M. (Ed.), *Collected Papers I*. The Hague: Martinus Nijhoff, 1973.

SHULMAN, L. S. Disciplines of inquiry in education: An overview. In: JAEGER, R. M. (Ed.), *Complementary methods for research in education*. Washington, DC: American Educational Research Association, 1988, pp. 3-20.

STEEN, L. A. *Mathematics tomorrow*. New York: Springer-Verlag, 1981.

STEEN, L. A. *On the shoulders of giants: New approaches to numeracy*. Washington, DC: National Academy Press, 1990.

STEPHENS, M. A question of generalizability. *Theory and Research in Social Education*, 9(4), 75-89, 1982.

SWETZ, F. J. *Capitalism and arithmetic: The new math of the 15th century*. La Salle, IL: Open Court, 1987.

WATSON, J. B. Psychology as the behaviorist views it. In: DENNIS, W. (Ed.), *Readings in the history of psychology*. New York: Appleton-Century-Crofts, 1948, pp. 457-471.

WEIMER, W. B. *Notes on the methodology of scientific research*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 1979.

WILLIS, P. *Learning to labour*. Farnborough, UK: Saxon House, 1977.

WINCH, P. *The idea of a social science and its relation to philosophy*. New York: Humanities Press, 1971.

WOLCOTT, H. Ethnographic research in education. In: JAEGER, R. M. (Ed.), *Complementary methods for research in education*. Washington, DC: American Educational Research Association, 1987, pp. 187-206.