

Formação de Professores de Matemática para o Século XXI: o Grande Desafio

*Beatriz S. D'Ambrosio**

Características desejadas em um professor de Matemática no século XXI

1. Visão do que vem a ser a Matemática

Tradicionalmente a visão de Matemática predominante no currículo escolar está refletida na percepção da sociedade do que vem a ser a Matemática. De acordo com Thompson (1992:127), muitos indivíduos consideram a Matemática uma disciplina com resultados precisos e procedimentos infalíveis, cujos elementos fundamentais são as operações aritméticas, procedimentos algébricos e definições e teoremas geométricos. Dessa forma o conteúdo é fixo e seu estado pronto e acabado. É uma disciplina fria, sem espaço para a criatividade.

Há uma necessidade de os novos professores compreenderem a Matemática como uma disciplina de investigação. Uma disciplina em que o avanço se dá como consequência do processo de investigação e resolução de problemas. Além disso é importante que o professor entenda que a Matemática estudada deve, de alguma forma, ser útil aos

alunos, ajudando-os a compreender, explicar ou organizar sua realidade.

Vários filósofos da Matemática vêm desafiando a visão da Matemática que predomina no ensino dessa disciplina. A visão absolutista da Matemática em que a disciplina se caracteriza pela lógica formal e pelo domínio da razão absoluta, a noção da Matemática como uma coleção de verdades a serem absorvidas pelos alunos, uma disciplina cumulativa, predeterminada e incontestável têm encontrado resistência de modernas correntes filosóficas. Ernest (1991), seguindo a linha de Lakatos, resalta a importância da interação social na gênese do conhecimento matemático. Ele enfatiza o fato de que a Matemática evolui através de um processo humano e criativo de geração de idéias e subsequente processo social de negociação de significados, simbolização, refutação e formalização. Ele propõe que, na sua gênese, o conhecimento matemático evolui da resolução de problemas provenientes da realidade ou da própria construção matemática.

O grande desafio da Educação Matemática é determinar como traduzir essa visão da Matemática para o ensino. Nossa sociedade em geral, e nossos alunos em particular, não vêem a Matemática como a disciplina dinâmica que ela é, com espaço para a criatividade e muita emoção. Será dentro dessa

* University of Georgia, Estados Unidos.

visão de Matemática que a discussão que segue se enquadrará.

2. Visão do que constitui a atividade matemática

A visão absolutista da Matemática gera uma dinâmica de ensino em que os alunos devem acumular conhecimento. Esta é a força que vem dirigindo nosso ensino de Matemática há vários séculos. Com base na construção social do conhecimento matemático descrito anteriormente, a atividade do matemático deve ser descrita como menos acúmulo de informação e mais ação. Dentro dessa visão, o objetivo do ensino da Matemática é que os alunos tenham legítimas experiências matemáticas, ou seja, experiências semelhantes às dos matemáticos. Essas experiências devem se caracterizar pela identificação de problemas, solução desses problemas e negociação entre o grupo de alunos sobre a legitimidade das soluções propostas. Esse processo de negociação levará os alunos a discutirem a natureza de demonstrações, formalização e simbolização, e, com a habilidade do professor, levará os alunos a compreender a arbitrariedade de processos históricos-sociais, como esses simulados em sala de aula, na decisão do que venha a constituir conhecimento a ser institucionalizado e conhecimento a ser desprezado e descartado. Borasi (1992), por exemplo, discute a arbitrariedade das definições matemáticas e demonstra como levar os alunos a compreender o processo social de tomada de decisões da comunidade de matemáticos sobre o conhecimento a ser institucionalizado. Semelhantemente, Arcavi (1991) traça a evolução histórica da noção de rigor em demonstrações matemáticas e analisa

o contexto histórico-social que resultou nos atuais parâmetros de rigor.

Infelizmente, o processo de transmissão de conhecimento utilizado na experiência matemática da maioria dos nossos alunos, incluindo o ensino de Matemática de terceiro grau, não deixa que o aluno analise a Matemática como uma área de pesquisa e investigação. Assim como no processo de construção da Matemática como disciplina a essência do processo é a pesquisa, na construção do conhecimento para cada aluno, a essência do processo tem que ser a pesquisa. Dificilmente o aluno de Matemática testemunha a ação do verdadeiro matemático no processo de identificação e solução de problemas. O professor faz questão de preparar todos os problemas a serem apresentados com antecedência; conseqüentemente, o legítimo ato de pensar matematicamente é escondido do aluno, e o único a conhecer a dinâmica desse processo continua sendo o professor. O professor, com isso, guarda para si a emoção da descoberta de uma solução fascinante, da descoberta de um caminho produtivo, das frustrações inerentes ao problema considerado e de como um matemático toma decisões que facilitam a solução do problema proposto. O que o aluno testemunha é uma solução bonita, eficiente, sem obstáculos e sem dúvidas, dando-lhe a impressão de que ele também deverá conseguir resolver problemas matemáticos com tal elegância. Mas o que não lhe ocorre é que nenhum verdadeiro matemático sabe resolver um problema antes mesmo de tentar resolvê-lo, conforme implicam as ações dos professores de Matemática. Mais ainda, ao contrário do que vem parecer ao aluno de Matemática, problemas interessantes não se encontram nos livros, mas na própria atividade matemática de explorar e investigar o seu mundo real

ou o seu mundo lúdico (Carrasco, 1992).

3. Visão do que constitui a aprendizagem da matemática

Correntes modernas de aprendizagem procuram explicar como o indivíduo constrói o seu conhecimento matemático. Essa linha baseia-se nas teorias de Piaget em que conflitos cognitivos ou dissonâncias cognitivas são a essência do processo de aprendizagem. Inúmeros pesquisadores vêm analisando o processo de construção do conhecimento matemático em crianças (ver, por exemplo, Steffe & Cobb, 1988; Yackel et alii, 1990; Kamii & DeClark, 1985; Kamii & Joseph, 1989). A semelhança do trabalho desses pesquisadores está no uso de situações-problemas para gerar a compreensão de como as crianças interpretam a situação, qual conhecimento elas usam na sua solução e quais os conflitos cognitivos cuja resolução leva à aprendizagem. A diferença no trabalho dos construtivistas está na importância que os diferentes pesquisadores dão à interação social no processo de construção. Não é objetivo deste trabalho discutir o processo de construção do conhecimento matemático, mas sim enfatizar a importância da compreensão deste processo por professores de Matemática, já que esta visão de aprendizagem vem substituir a noção do aluno como recipiente passivo de fatos e idéias.

4. Visão do que constitui um ambiente propício à aprendizagem da Matemática

O ambiente necessário para a construção de uma visão de Matemática

conforme proposta pelos construtivistas caracteriza-se por um ambiente em que os alunos propõem, exploram e investigam problemas matemáticos. Esses problemas provêm tanto de situações reais (modelagem) como de situações lúdicas (jogos e curiosidades matemáticas) e de investigações e refutações dentro da própria Matemática.

Para atingir um ambiente de pesquisa matemática onde a curiosidade e o desafio servem de motivação intrínseca aos alunos, é necessário modificar a dinâmica da sala de aula. Grupos de trabalho tornam-se necessários e simulam a comunidade de pesquisa matemática. O professor deixa de ser a autoridade do saber e passa a ser um membro integrante dos grupos de trabalho. Muito do que surge das investigações dos alunos será novidade para o professor. A contribuição do professor para o trabalho será a visão do que vem a ser a atividade matemática, em particular do que vem a ser a proposição e resolução dos problemas. Há vezes em que o professor, identificando uma área que necessita ser trabalhada, propõe os problemas a serem investigados. Outras vezes, o professor propõe o contexto real, lúdico ou matemático a partir do qual os problemas serão gerados e resolvidos.

O ambiente proposto é um ambiente positivo que encoraja os alunos a propor soluções, explorar possibilidades, levantar hipóteses, justificar seu raciocínio e validar suas próprias conclusões. Respostas "incorretas" constituem a riqueza do processo de aprendizagem e devem ser exploradas e utilizadas de maneira a gerar novo conhecimento, novas questões, novas investigações ou um refinamento das idéias existentes.

Um professor visando criar tal ambiente em sua sala de aula tem que reconsiderar vários parâmetros que vêm

guiando seu trabalho até este momento. Por exemplo, o conteúdo a ser discutido é um tanto imprevisível e dependerá da direção tomada pelos alunos na solução dos problemas propostos. O professor terá que ter uma flexibilidade ao determinar o conteúdo a ser tratado. Dificilmente o conteúdo seguirá a ordem arbitrária em que ele aparece nos livros-textos. Em vez de resolver muitos problemas, os alunos investigarão a fundo poucos problemas e passarão bastante tempo analisando um único problema. A quantidade de material tratado não poderá ser medida pelo número de problemas resolvidos pelos alunos. Outra noção a ser considerada pelo professor são os limites das diversas áreas da Matemática e das diversas disciplinas. Um problema real poderá envolver conceitos de Matemática e Ciências, Matemática e Sociologia, Matemática e Geologia, Matemática e Astronomia, de forma que o aluno terá dificuldade em distinguir a disciplina à qual pertence o problema.

O ambiente deve incentivar o uso de recursos como livros, material manipulativo, calculadoras, computadores e diversos recursos humanos. Esses recursos devem ser utilizados conforme forem necessários para enriquecer a exploração e investigação do problema. Também podem servir para dar origem a problemas interessantes.

Como alinhar a formação de professores à visão proposta

Para que a instrução matemática nas atuais escolas seja compatível com

a visão descrita anteriormente há uma grande necessidade de modificarmos nossos programas de formação de professores. Dificilmente um professor de Matemática formado em um programa tradicional estará preparado para enfrentar os desafios das modernas propostas curriculares. As pesquisas sobre a ação de professores mostram que em geral o professor ensina da maneira como lhe foi ensinado. Predomina, portanto, um ensino em que o professor expõe o conteúdo, mostra como resolver alguns exemplos e pede que os alunos resolvam inúmeros problemas semelhantes. Nessa visão de ensino o aluno recebe instrução passivamente e imita os passos do professor na resolução de problemas ligeiramente diferentes dos exemplos. Predomina o sucesso por memória e repetição. Raramente esses alunos geram problemas, resolvem aqueles que exijam criatividade ou que não sejam simplesmente a aplicação de passos predeterminados. Raramente também vemos alunos desenvolvendo modelos matemáticos para interpretar situações reais. Ainda mais difícil é encontrarmos professores dispostos a criar um ambiente de pesquisa em sala de aula, onde o trabalho se baseia nas conjecturas dos alunos e subsequente tentativa de verificá-las e demonstrá-las.

Para trabalhar a Matemática de maneira alternativa é necessário acreditar que de fato o processo de aprendizagem da Matemática se baseia na ação do aluno em resolução de problemas, em investigações e explorações dinâmicas de situações que o intrigam. Como acreditar que a Matemática possa ser aprendida desta forma se o professor nunca teve semelhante experiência em sala de aula enquanto aluno? Discutiremos a seguir os tipos de experiências necessárias na formação

do professor para que ele possa reconceituar sua visão do que vem a ser a Matemática e do que constitui a legítima atividade matemática.

Experiências matemáticas

O futuro professor de Matemática deve aprender novas idéias matemáticas de forma alternativa. O seu aprendizado de matérias como Cálculo, Álgebra, Probabilidade, Estatística e Geometria, no ensino superior, dever visar à investigação, à resolução de problemas, às aplicações, assim como uma análise histórica, sociológica e política do desenvolvimento da disciplina. Isso exige uma nova percepção por parte dos matemáticos de como se aprende Matemática, o que para muitos está além de suas preocupações. Portanto, a mudança de cursos formais de Matemática é tamanha utopia que exige da comunidade de educadores matemáticos a procura de alternativas criativas para que o futuro professor tenha legítimas experiências matemáticas simulando as atividades de uma comunidade de pesquisa matemática.

Uma sugestão é que o conteúdo do ensino superior seja revisitado em outras disciplinas. Disciplinas que tenham como objetivo a identificação e resolução de problemas e a reflexão pessoal de cada aluno sobre o seu próprio processo de aprendizagem. Tais objetivos, principalmente a identificação de problemas e a reflexão sobre a aprendizagem, não fazem parte dos cursos existentes em muitos programas de formação.

São essenciais, também, disciplinas que questionam o conhecimento matemático como algo pronto e acabado,

analisando as decisões arbitrárias que levam à legitimação de certas formas matemáticas e ao descarte de outras. A análise histórico-social e política da gênese do conhecimento matemático é um campo fértil para se explorar a Matemática como uma criação humana e, como tal, entender suas riquezas e suas fraquezas.

Experiências com alunos

Da mesma forma que os alunos constroem seu conhecimento matemático através de suas experiências com a Matemática, futuros professores constroem seu conhecimento sobre o ensino da Matemática através de suas experiências com o ensino. Neste processo de construção a identificação e a resolução de problemas são essenciais. Porém, se o futuro professor não tiver contato com alunos em idade escolar dificilmente poderá identificar e resolver problemas sobre ensino e aprendizagem. Daí a necessidade de incorporarmos um componente de experiência com alunos desde o início dos programas de formação de professores. A experiência na PUC de São Paulo, com a formação do professor-pesquisador, demonstra muitas vantagens conseqüentes de se envolver futuros professores na problematização de situações de ensino, seguido de uma resolução de problemas através da elaboração de propostas de ação, implementação dessas propostas e análise do resultado dessa ação (D'Ambrosio & Campos, 1992). Os alunos envolvidos na experiência desenvolveram uma atitude de reflexão sobre sua prática educacional, característica essencial de um bom professor.

Compreender como pensam as crianças, como analisar o pensamento delas, como gerar seu entusiasmo e curiosidade é essencial ao sucesso do futuro professor de Matemática. Essa compreensão provém da experiência dos futuros professores com alunos. Infelizmente nossos programas de formação incorporam o trabalho com crianças apenas no final do programa. Torna-se difícil ao futuro professor relacionar o que está aprendendo teoricamente com a prática educacional. O conteúdo passa a ser apenas acadêmico, tendo pouca relação com a prática. Professores formados são os primeiros a criticar sua formação como excessivamente teórica. Portanto, nossos programas de formação devem incorporar situações práticas desde o início dos programas. Cada curso pedagógico do programa deve visar a ligar a parte teórica com a prática e isso pode ser atingido com o uso de projetos de pesquisa em todo o processo educacional do futuro professor. Esses projetos de pesquisa viabilizam o estudo teórico e, como a parte teórica está ligada à resolução de problemas identificados pelos próprios alunos, sua aprendizagem se torna muito mais significativa.

Ao considerarmos a aprendizagem como o processo de construção do conhecimento, os paralelos existentes

entre o ato de aprender e o ato de pesquisar são marcantes. O ciclo realidade-indivíduo-ação-realidade proposto por D'Ambrosio (1988) como um modelo do comportamento humano pode ser utilizado para explicar tanto a aprendizagem quanto a pesquisa. Em ambos os casos o indivíduo — aprendiz ou pesquisador — reflete sobre a realidade, problematiza a realidade, planeja e implementa uma ação e reflete sobre a consequência de sua ação sobre a realidade, inevitavelmente modificada pela sua ação. Portanto, a ação de pesquisa pelo futuro professor deve resultar na sua aprendizagem sobre como as crianças aprendem Matemática, sobre sua ação como professor e sobre a própria Matemática enquanto disciplina.

Esses dois componentes da experiência dos futuros professores: experiências matemáticas e com alunos, devem ser cuidadosamente planejados para que se complementem. A reflexão sobre sua própria aprendizagem de Matemática deve ser traduzida para a ação como professor de Matemática. É essencial que o programa de formação de professores facilite esse processo, criando indivíduos críticos de sua própria ação e conscientes de suas futuras responsabilidades na formação matemática de nossas crianças.

Referências bibliográficas

- ARCAVI, A. The benefits of using history. *For the Learning of Mathematics*, 11(2): 11, 1991.
- BORASI, R. *Learning Mathematics through Inquiry*. Portsmouth, Heinemann Press, 1992.

- CARRASCO, L. H. M. *Jogo versus Realidade: Implicações na Educação Matemática*. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1992.
- D'AMBROSIO, B. S. & CAMPOS, T. M. M. Pre-service teachers' representations of children's understanding of mathematical concepts: conflicts and conflict resolution. *Educational Studies in Mathematics*, 23: 213-30, 1992.
- D'AMBROSIO, U. *Da Realidade à Ação: Reflexões sobre Educação (e) Matemática*. 2 ed. São Paulo, Summus Editorial, 1988.
- KAMII, C. & DECLARK, G. *Young Children Reinvent Arithmetic: Implications of Piaget's Theory*. New York, Teachers College Press, 1985.
- KAMII, C. & JOSEPH, L. L. *Young Children Continue to Reinvent Arithmetic - 2nd Grade: Implications of Piaget's Theory*. New York, Teachers College Press, 1989.
- STEFFE, L. & COBB, P. *Construction of Arithmetical Meanings and Strategies*. New York, Springer-Verlag, 1988.
- THOMPSON, A. G. Teacher's beliefs and conceptions: a synthesis of research. In: GROUWS, D. A. *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning*, New York, Macmillan, 1992.
- YACHEL, E. et alii. The importance of social interaction in children's construction of mathematical knowledge. In: COONEY, T. J. & HIRSCH, C. R., *Teaching and Learning Mathematics in the 1990s*. Reston, National Council of Teachers of Mathematics, 1990.

Resumo Atuais propostas para o ensino da Matemática exigem uma nova visão do que vem a ser o ensino dessa disciplina. A formação do professor de Matemática com essa nova visão é o objetivo a ser atingido pelos modernos programas de formação de professores. Para entender as novas direções necessárias para a formação de um profissional com uma postura diferente da tradicional, é importante caracterizar a postura desejada. Neste trabalho descrevemos a nova postura do professor de Matemática e as reformas necessárias dos programas de formação de professores para atingir mudanças na prática educacional.

Palavras-chaves: Ensino de Matemática, formação de professores, programas de formação de professores.

Abstract The presente proposals for the teaching of Mathematics demand a new vision about the teaching of this discipline. Mathematics teacher training with this new vision is the goal to be achieved by the modern programs of teacher training. In order to understand the new trends required for the training of this professional, it is important to characterize the desired posture he should acquire. In this paper we will describe this new posture of the mathematics teacher and also the needed reforms in the programs of teacher training for achieving innovations in educational practice.

Descriptors: Mathematics teaching, teacher training, programs of teacher training.