

A dimensão crítica da modelagem matemática: ensinando para a eficiência sociocrítica

Daniel Clark Orey*
Milton Rosa**

Resumo

As metodologias alternativas propostas para o ensino-aprendizagem em matemática estão em consonância com as tendências pedagógicas internacionais. Dentre as metodologias inovadoras de ensino, destacamos a utilização da abordagem sociocrítica da modelagem para a resolução de situações-problema que afligem a sociedade contemporânea. Entendemos que, nas duas últimas décadas, a modelagem e, mais particularmente, a pesquisa sobre a dimensão crítica dessa abordagem vem buscando a sua identidade, definindo os seus objetivos, estabelecendo a natureza e a potencialidade de seus métodos de investigação e, também, os limites de seu campo de atuação, com o objetivo de legitimar a sua ação pedagógica. De acordo com este contexto, discutimos a importância: do ensino voltado para a eficiência sociocrítica; da base filosófico-teórica da dimensão sociocrítica da modelagem e sua epistemologia; e do relacionamento entre o professor e o aluno nesta abordagem.

Palavras-chave: Modelagem; Dimensão crítica; Dimensão sociocrítica.

A critical dimension of mathematical modeling: teaching for social-critical efficiency

Abstract

Many proposed alternative methodologies for the teaching and learning mathematics are in accordance to international pedagogical trends. Among the innovative teaching methodologies we highlight the utilization of a social-critical approach of modeling to solve problem-situations effecting contemporary society. Over the past two decades, modeling, particularly research related to the critical dimensions of this approach, has been looking for an identity, defining its own objectives, and is establishing the nature and potentiality of its investigations, methods and limits of action with the objective of legitimate pedagogical action. Here, we discuss the theoretical-philosophical basis of the social-critical dimension of modeling and its epistemology and the relationship between teacher and students using this approach.

Keywords: Modeling; Critical dimension; Social-critical dimension.

Introdução

É necessário que a reflexão sobre a dimensão sociocrítica da prática pedagógica tenha lugar importante na reflexão sobre a dimensão crítica da modelagem matemática. Porém, para que essa discussão aconteça satisfatoriamente, duas inquirições são necessárias.

- Qual é o papel das escolas na promoção da *eficiência sociocrítica* no corpo discente?
- Como as práticas pedagógicas que são utilizadas atualmente no processo de ensino-aprendizagem impactam a *eficiência sociocrítica* dos alunos?

Partindo dos questionamentos anteriores, entendemos que os principais objetivos das escolas são:

- Estimular o conhecimento e a criatividade nos alunos, para que eles possam utilizar ferramentas diferenciadas na resolução de problemas;

- Desenvolver nos alunos as competências e as habilidades necessárias para que eles possam viver em sociedade; e
- Reconhecer e valorizar as experiências prévias e as raízes culturais dos alunos.

Infelizmente, na maioria das vezes, esses objetivos são estabelecidos nos currículos sem a participação das comunidades na elaboração dos planos escolares. Esse aspecto curricular contribui para uma educação autoritária que tem como principal objetivo promover a desmotivação e a passividade do corpo discente. Assim, é imperativo que o foco da educação seja o de preparar os alunos para uma participação ativa na sociedade, exercendo o papel de cidadãos globais. Porém, para que isso ocorra, é necessário que os professores proponham um ensino-aprendizagem responsável e que promovam a *eficiência sociocrítica* nos alunos. Assim sendo, devem-se adotar práticas pedagógicas que permitam aos alunos analisarem criticamente os problemas que os rodeiam e

Endereço para correspondência:

* E-mail: orey@csus.edu

** E-mail: milrosa@hotmail.com

que também os auxiliem a promover a justiça social na sociedade contemporânea.

Conceituando a eficiência sociocrítica do ensino

O ensino voltado para a eficiência sociocrítica tem como característica fundamental a ênfase na análise crítica dos alunos sobre as estruturas de poder da sociedade. Outra característica importante é a reflexão pessoal dos mesmos sobre os elementos sociais que alicerçam o mundo globalizado. Assim, a perspectiva crítica dos alunos em relação às condições sociais que afetam as próprias experiências pode auxiliá-los a identificar problemas comuns e, coletivamente, desenvolver estratégias para resolvê-los.

Este é um tipo de aprendizado transformatório que está baseado nas experiências prévias dos alunos e que tem como objetivo criar condições que os auxiliem a desafiar as visões de mundo e os valores que predominam na sociedade. Nessa perspectiva os alunos, através das suas experiências, da reflexão crítica sobre essas experiências e da elaboração do discurso racional,¹ criam os significados que são necessários para a transformação estrutural da sociedade (D'Ambrosio, 1993; Freire, 2000; Mezirow, 1997). Essa é uma transformação racional, pois envolve a análise crítica dos fenômenos sociais.

Nesse tipo de ensino, o discurso, o trabalho consciente, a intuição, a criatividade e a emoção são elementos importantes que auxiliam os alunos a desenvolverem a própria eficiência sociocrítica através do ensino voltado para a eficiência sociocrítica.

Ensinando para a eficiência sociocrítica

Entendemos que a educação direcionada para a *eficiência sociocrítica* adota práticas pedagógicas não-tradicionais, pois elas colocam os alunos no centro do processo de ensino-aprendizagem. Nesse caso, as salas de aula são ambientes que desenvolvem a capacidade criativa e produtora do corpo discente ao transmitirem e socializarem as técnicas pedagógicas necessárias para o desenvolvimento do pensamento crítico e para a resolução de situações-problema.

Acreditamos que as escolas são espaços importantes para a formação do aluno-cidadão, pois oferecem uma grande oportunidade para o ensino da *eficiência sociocrítica*. Porém, para que a educação para a *eficiência sociocrítica* seja implementada nas salas de aula, é necessário descartar o modelo pedagógico tradicional *transmissivo* e favorecer o modelo pedagógico *transformatório* (Jennings, 1994). Todavia, o método tradicional de ensino ainda predomina no sistema educacional, pois os objetivos de ensino tendem a focalizar a transmissão do

conhecimento por meio de aulas expositivas e práticas repetitivas. Em nossa opinião, ensinar não significa, somente, a transferência ou a transmissão do conhecimento, pois ensinar é uma atividade cultural que deve induzir os alunos à criação do conhecimento (Freire, 1998). Entendemos que o modelo pedagógico *transformatório* é a antítese do modelo pedagógico *transmissivo*, que procura transformar os alunos em contêineres que serão preenchidos com informações acadêmicas (Freire, 2000).

Atualmente, o debate entre os dois modelos pedagógicos continua, porém as discussões estão centradas nos conteúdos que devem ser ensinados e limitadas no tempo necessário para o ensino desses conteúdos. Nesse sentido, compartilhamos com Westheimer e Kahne (1998) a idéia de que existe a necessidade da elaboração de um currículo que promova nos alunos a participação ativa, a análise crítica e a transformação social. Nessa perspectiva, concordamos com Miller (1991) sobre a necessidade de uma mudança curricular que procure preparar os alunos para o papel de cidadãos críticos e responsáveis. Essa missão tem como objetivo buscar soluções práticas para as situações-problema enfrentadas pela sociedade e que devem estar em concordância com os valores e as crenças praticadas pelas comunidades. De acordo com Fasheh (1997), não podemos ensinar matemática ou outro componente curricular de uma maneira neutra e que seja insensível à realidade vivenciada pelos alunos, pois, nesse caso, não será possível promover um ensino-aprendizagem relevante. Dessa forma, o papel principal das escolas, na sociedade democrática, é o de providenciar as informações necessárias para que os alunos disponham das ferramentas indispensáveis para dialogar e analisar criticamente os conteúdos curriculares, capacitando-os para a resolução dos problemas cotidianos mediante a utilização da análise dessas situações-problemas como ferramentas de liberação.

Em nosso ponto de vista, a modelagem é uma metodologia de ensino voltada para a *eficiência sociocrítica* dos alunos, pois os engaja num ensino-aprendizagem relevante e contextualizado, permitindo que os alunos se envolvam na construção do significado social do próprio mundo para que eles atinjam um grau de *eficiência sociocrítica* necessária para agir no meio social.

Bases teóricas para a dimensão sociocrítica da modelagem matemática

Em nosso ponto de vista, a dimensão sociocrítica da modelagem tem como *background* a teoria Sociocultural e a teoria do Conhecimento Social. Também entendemos que essa dimensão está relacionada com a perspectiva emancipatória e com o aprendizado transformativo que

utilizam os ideais filosóficos da teoria do Pensamento Crítico. Dessa forma, acreditamos que essas abordagens colaboram para o embasamento teórico-filosófico de uma dimensão sociocrítica para a modelagem. Delineamos, a seguir, os principais aspectos dessas abordagens e a conexão das mesmas com a modelagem.

Teoria Sociocultural

A ênfase da teoria Sociocultural é o aprendizado através da socialização, pois o conhecimento é mais bem construído quando os alunos trabalham em grupos socializando a aprendizagem. Assim, os alunos agem cooperativamente, apoiando e encorajando uns aos outros, para que possam refletir sobre a resolução dos problemas complexos que estão inseridos em situações autênticas. Dessa forma, colaboram para a construção do conhecimento conectando-o interdisciplinarmente com outras áreas do saber. Por exemplo, para Lave (1988), nas *comunidades de aprendizagem* ocorrem as interações sociais que utilizam o conhecimento anterior e as experiências vivenciadas pelos membros do grupo para a aquisição, a acumulação e a transmissão do conhecimento.

Em nosso ponto de vista, Vygotsky (1986) propõe uma teoria que acreditamos ser importante para a dimensão sociocrítica da modelagem. Ele afirma que o ambiente sociocultural dos indivíduos e o engajamento deles em atividades significativas, que estão relacionadas com aquele ambiente, é a base para o desenvolvimento da aprendizagem. Assim, é pela interação social com os diversos indivíduos de um determinado grupo cultural que o aprendizado é desencadeado e estabelecido. No entanto, o aprendizado desencadeia-se de acordo com o propósito de cada indivíduo, pois cada um tem uma capacidade diferenciada para agir, reagir, refletir e alterar o ambiente em que vive, transformando, estrategicamente, esse ambiente. Dessa forma, o ambiente social influencia a cognição dos indivíduos em modos diversos, que estão relacionados com o contexto cultural de cada um.

No ambiente de aprendizagem da teoria Sociocultural, no trabalho conjunto entre tutor e aprendiz, e entre professor e aluno, o aprendizado torna-se mais efetivo, pois as *ferramentas culturais* como os objetos culturais, a linguagem e as instituições sociais são compartilhadas e o significado é construído no contexto social, isto é, um aprende com o outro, por meio de experiências integradas. Esse ambiente gera altos níveis de conhecimento e entendimento pela utilização de *atividades sociais significativas*. Nesse contexto, utiliza-se um construtivismo dialético, pois a cognição modifica os resultados mediante a utilização das *ferramentas culturais* nas interações sociais. Assim, as *ferramentas culturais* atuam como veículos que auxiliam a internalização das mudanças,

permitindo que os alunos compreendam as dificuldades sociais que são enfrentadas pela comunidade.

Teoria do Conhecimento Social

Os estudos de Jurgen Habermas sobre as teorias Crítica e do Conhecimento Social reforçam a importância do contexto social para o aprendizado, pois estas teorias promovem o desenvolvimento da consciência crítica nos alunos para que os mesmos possam analisar como as forças sociais moldam as vidas dos indivíduos. Essa análise ocorre mediante estratégias intelectuais de capacitação como, por exemplo, a comunicação interpessoal, o diálogo, o discurso, os questionamentos críticos e a proposição de problemas extraídos da comunidade. Habermas (1971) propôs a teoria do Conhecimento Social, que acreditamos ser uma das mais importantes contribuições para a base teórica do pensamento crítico. De acordo com essa teoria, os efeitos da estrutura social sobre o conhecimento influenciam os diferentes modos de saber que são adquiridos pelos indivíduos no ambiente social. Nesse caso, o conhecimento que os indivíduos produzem é parcialmente determinado pelos interesses que os estimulam e os motivam. Assim, Habermas sugere três áreas de conhecimento: o técnico, o prático e o emancipatório, que influenciam os três aspectos da existência social dos indivíduos: o trabalho, a interação e o poder. Delineamos, abaixo, as três áreas do conhecimento propostas por Habermas:

a) *Conhecimento técnico ou trabalho*: é definido pelo modo pelo qual os indivíduos controlam e manipulam o ambiente. É o conhecimento adquirido através das investigações empíricas, analíticas e também pelas regras técnicas. O foco deste conhecimento é a previsão e o controle. Neste modelo, procura-se:

- saber quais são os atributos observáveis de um fenômeno específico;
- saber se um resultado específico pode ser produzido e reproduzido;
- determinar as respostas corretas; e
- aplicar e utilizar regras eficientes para selecionar os diferentes modos para manipular o ambiente (Brown, 1984).

É neste tipo de conhecimento que os exercícios são prescritos aos alunos com o objetivo de direcioná-los para a resposta correta.

b) *Conhecimento prático ou interação*: é adquirido pela interação da comunicação social. Os indivíduos se comunicam uns com os outros numa forma de “interação simbólica”,

utilizando a hermenêutica e a disciplina interpretativa. Neste modelo, procura-se saber:

- se as ações sociais são modificadas através da comunicação; e
- qual é o verdadeiro significado da comunicação.

É neste tipo de conhecimento que os significados e a interpretação dos padrões comunicativos interagem para construir e elaborar o entendimento comunitário que serve para delinear o acordo normativo para a atuação social.

c) Conhecimento emancipatório ou poder: é definido pela aquisição de introspecções mediante a autocapacitação que procura emancipar os indivíduos das forças institucionais que limitam e controlam as vidas das pessoas. Neste modelo, procura-se saber:

- quais são as condições sociais que podem causar o mal-entendimento da comunicação;
- quais são as táticas que podem ser utilizadas para a liberação de uma particular força opressiva e repressiva; e
- quais são os riscos que estão envolvidos nessas táticas.

Entendemos que esse tipo de conhecimento tem como objetivo emancipar os indivíduos dos diversos modos de dominação social.

No entanto, acreditamos que o aprendizado começa a ser gerado no conhecimento técnico em conjunção com a existência social, através da prática e da moral, para que, com a atividade dialógica e interativa, os indivíduos possam se apropriar do conhecimento emancipatório. Nessa perspectiva, o conhecimento é traduzido interdisciplinarmente e dialogicamente para que os diferentes pontos de vista sejam analisados e atuem como instrumentos necessários para a transformação social. Dessa forma, as ações realizadas têm um embasamento político e são direcionadas para a liberdade e para a justiça social.

O discurso comunicativo de Habermas

Inerente à capacidade que os alunos possuem para se engajar no diálogo crítico e entender os significados que os mesmos produzem, acreditamos que os quatro níveis de diálogo definidos por Habermas (1981) podem ser utilizados como aspectos pedagógicos para a dimensão crítica da modelagem:

- Compreensibilidade: desenvolver nos alunos a capacidade de compreender o real significado do conjunto das características e dos atributos

(variáveis) que formam o objeto de investigação (sistema).

- Autenticidade: desenvolver nos alunos a capacidade de reconhecer se as variáveis utilizadas para a solução de um determinado sistema são autênticas. Isso demanda que os alunos desenvolvam as habilidades necessárias para dialogar sobre os diversos aspectos das variáveis, para que elas sejam expressas e representadas sem artifícios.
- Legitimidade: desenvolver nos alunos a capacidade de elaborar questionamentos e inquirições sobre as variáveis que compõem o sistema. Isso permite que as variáveis sejam criticamente elaboradas e analisadas.
- Veracidade: desenvolver nos alunos a capacidade de verificar se o sistema analisado está em conformidade com a realidade. Isso significa que os dados coletados e as variáveis escolhidas devem representar convenientemente o sistema estudado.

Entendemos que, quando os quatro níveis dialógicos são conduzidos satisfatoriamente pelo professor, o resultado do discurso comunicativo é otimizado e a interação entre professor e alunos é livre, não-coercitiva e facilita a ocorrência do aprendizado. Kaiser e Sriraman (2006) afirmam que a utilização do discurso comunicativo é um importante aspecto da modelagem, pois permite que os alunos participem de discussões reflexivas sobre os conceitos matemáticos estudados durante o processo de modelagem. Essas discussões são indispensáveis para o ensino-aprendizagem, pois direcionam os alunos para o desenvolvimento do pensamento analítico-crítico. Compartilhando essa perspectiva, concordamos com Barbosa (2006), que afirma que o discurso proposto aos alunos não pode ser visto somente como a análise dos dados coletados no processo da modelagem, pois neste contexto, o discurso comunicativo deve ser considerado como “o objeto da pesquisa” (p. 297). Isso significa que, mediante discussões reflexivas, o professor atua como mediador do processo e orienta os alunos a perceberem que as instituições e as organizações que tendem a reprimir as práticas culturais não-normatizadas e os valores humanos diferenciados, presentes em outras culturas, estão em oposição e são contrárias à valorização de outras formas de comunicação desenvolvidas por distintos grupos sociais.

A abordagem emancipatória e a teoria Crítica

A perspectiva sociocrítica pode ser considerada como uma continuação da abordagem emancipatória

(Kaiser; Sriraman, 2006). A abordagem emancipatória dirige os objetivos educacionais abordando temas de natureza sociopolítica e as suas conseqüências nas práticas pedagógicas utilizadas nos sistemas educacionais. De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais – Matemática (Brasil, 1998), os alunos devem desenvolver a capacidade de resolver problemas, tomar decisões, trabalhar em equipe e comunicar-se efetivamente. Em nosso ponto de vista, esta é uma abordagem baseada na *competência emancipatória*, que procura formar alunos capazes de enfrentar os desafios impostos pela sociedade globalizada. Assim, a formação do aluno deve ser direcionada para transformá-los em indivíduos flexíveis, adaptáveis, reflexivos, críticos e criativos.

Esta perspectiva também se refere às dimensões socioculturais da matemática e está intimamente associada ao programa etnomatemática. Nessa abordagem, a modelagem é uma metodologia de ensino útil e que se enquadra no programa etnomatemático (Rosa; Orey, 2006). Concordamos com D’Ambrosio (1993) que a modelagem é uma metodologia que inclui a análise crítica e o estudo da natureza histórica sobre as representações dos sistemas que podem ser, muitas vezes, de natureza etnomatemática. Este aspecto enfatiza o papel da matemática na sociedade e reivindica a necessidade de analisar qual é o papel do pensamento crítico sobre a natureza dos modelos e sobre a função da modelagem na resolução dos desafios cotidianos.

Alguns posicionamentos desenvolvidos nesta perspectiva discutem a discriminação entre a modelagem desenvolvida por profissionais e as atividades de modelagem desenvolvidas nas escolas (Barbosa, 2006). Acreditamos que, na didática da matemática, a promoção do desenvolvimento crítico dos alunos é enfatizada como o objetivo central do ensino-aprendizagem. Dessa forma, as discussões reflexivas entre os alunos durante o processo de modelagem são parte indispensável dessa metodologia.

Nesse contexto, Skovsmose (2001) afirma que a educação crítica foi inspirada na teoria Crítica. De acordo com os teóricos críticos, a teoria Crítica é emancipatória, pois tem como objetivo a eliminação dos fatores que causam a alienação e a dominação humana. Esta teoria tem como objetivo “liberar os seres humanos das circunstâncias que os escravizam” (Horkheimer, 1982, p. 244). A teoria Crítica emerge, na educação, em conexão com os movimentos sociais que procuram identificar a dimensão e as diferentes formas de dominação às quais os indivíduos são submetidos na sociedade moderna.

Para os teóricos críticos, a realidade social é historicamente constituída, produzida, reproduzida e transmitida por todos os indivíduos que a compõem. Todavia, eles também acreditam que a habilidade e a capacidade que os indivíduos têm para agir e reagir,

conscientemente, para modificar e transformar a realidade ficam restritas e limitadas por diversas formas de dominação social, como por exemplo: econômica, ambiental, cultural e política. Contudo, o aspecto mais importante da teoria Crítica é trazer à tona as condições que restringem, dominam e alienam o *status quo* para que elas sejam criticamente discutidas, analisadas e modificadas. Assim, o principal foco dessa teoria é estudar a oposição, o conflito e a contradição que existem na sociedade globalizada, pois essa teoria providencia uma base descritiva e normativa para os questionamentos sociais sobre os desafios apresentados no cotidiano. Nesse contexto, Skovsmose (2001) afirma que:

Para que a educação, tanto como prática quanto como pesquisa, seja crítica, ela deve discutir as condições básicas para a obtenção do conhecimento, deve estar a par dos problemas sociais, das desigualdades, da supressão, etc., e deve tentar fazer da educação uma força social progressivamente ativa. (p. 101)

De acordo com Skovsmose (2001), os principais aspectos que caracterizam a educação crítica são:

- *Competência crítica*: este aspecto está baseado no relacionamento professor e aluno. No entanto, não pode ser autoritário, pois os alunos devem estar envolvidos no controle do processo educacional. Dessa forma, o envolvimento entre o professor e o aluno deve ser dialógico e democrático. Este aspecto pedagógico está baseado nas experiências prévias dos alunos, pois permite que o professor, em diálogo com os alunos, identifique os assuntos que atendam às necessidades e aos interesses imediatos dos mesmos, motivando-os para o ensino-aprendizagem. Este processo contribui para o desenvolvimento da *competência crítica* nos professores e alunos, mediante a análise crítica das situações-problema que afligem a comunidade e que são relevantes para o desenvolvimento do processo educacional.
- *Distância crítica*: a aplicabilidade do conteúdo a ser estudado deve ser avaliada de acordo com a função sociocrítica do mesmo. Por exemplo, os alunos devem analisar os pressupostos que estão implícitos no conteúdo abordado e a implicação do mesmo para o bem-estar social. Isso significa que os alunos devem entender a “função social” dos conteúdos e a limitação dos mesmos para a transformação social. Este aspecto requer uma reestruturação do currículo, para que os conteúdos possam ser investigados, analisados, refletidos, avaliados e modificados.

- *Engajamento crítico*: no contexto acadêmico, é importante relacionar as atividades curriculares do processo educacional com os problemas existentes na comunidade escolar, isto é, conectar as atividades escolares com as situações que estão divorciadas do universo acadêmico, pela abordagem de questionamentos relevantes para os alunos e que estão ligados aos problemas sociais existentes na comunidade.

Em nosso ponto de vista, esses aspectos devem estar presentes no currículo matemático, pois contribuem para a formação crítica dos alunos. Porém, este currículo deve ser composto por atividades que sejam desenvolvidas mediante práticas pedagógicas diferenciadas como, por exemplo, aulas de simulação e laboratoriais e projetos ou atividades extraclasse. Essas práticas estimulam o diálogo entre professores e alunos, pois propiciam a aceitação de opiniões diferentes e de críticas fundamentadas nos estudos de problemas retirados do meio social por meio de atividades contextualizadas.

Dessa forma, se as salas de aula forem consideradas somente como um espaço para a discussão de conteúdos padronizados (*standardizados*), perde-se a oportunidade de desenvolver o raciocínio lógico, de formular hipóteses, de analisar e criticar as soluções alternativas que devem estar relacionadas com a resolução de problemas reais. Nesse contexto, os alunos desenvolvem a habilidade de relacionar os conhecimentos de uma maneira criativa através da formulação e resolução de problemas, bem como da sua interação com a realidade social, política, cultural, ambiental e econômica da comunidade. Nesse contexto, se os alunos assumirem uma postura crítica, a capacidade crítica deles será desenvolvida permitindo-lhes tomar posições sobre assuntos de qualquer natureza e avaliar, no meio social, as conseqüências das ações por eles tomadas.

A epistemologia da modelagem sociocrítica

Atualmente, não existe um consenso geral sobre uma epistemologia para a modelagem sociocrítica, pois a definição da abordagem, a forma de utilização, as concepções de ensino-aprendizagem e o relacionamento professor-aluno dependem da formação acadêmico-pedagógica do professor que utilizará essa metodologia de ensino.

Acreditamos que a modelagem pode ser descrita como um processo que envolve a obtenção, a análise crítica e a validação de um modelo que representa um sistema retirado da realidade. Nesse ponto de vista, Biembengut e Hein (2000) afirmam que a modelagem,

sob certa ótica, pode ser considerada um processo artístico, visto que para se elaborar um modelo, além do conhecimento matemático o modelador precisa ter uma dose significativa de intuição e criatividade para interpretar o contexto. (2000, p. 12)

Assim, para que os alunos sejam criativos, precisam utilizar ambientes de aprendizagem que proporcionem a motivação necessária para que eles possam desenvolver e exercer a capacidade criativa que possuem, através da análise crítica da geração e produção do conhecimento (Rosa, 2005). Concordamos com Barbosa (2001), que afirma que a “Modelagem é um ambiente de aprendizagem no qual os alunos são convidados a indagar e/ou investigar, por meio da matemática, situações oriundas de outras áreas da realidade” (p. 6). Por exemplo, Bassanezi (2002) afirma que o processo da modelagem está relacionado com o estudo de problemas reais que utilizam a matemática como linguagem para a compreensão, simplificação e resolução dessas situações e que tem como objetivo uma possível simplificação do objeto a ser estudado. Sob esse ponto de vista, existe a possibilidade do aprendizado dos conteúdos matemáticos mediante uma ação pedagógica interdisciplinar. Partindo desse princípio, Barbosa (1999) afirma que a modelagem é um método da matemática aplicada que “foi apreendido e transposto para o terreno do ensino-aprendizagem como uma das formas de utilizar a realidade nas aulas de matemática” (p. 69). Nessa perspectiva educacional, Barbosa (2001) destaca que existem três práticas pedagógicas diferenciadas de utilização da modelagem no currículo escolar:

- O professor escolhe uma situação-problema e descreve-a para os alunos. De acordo com o conteúdo curricular a ser desenvolvido, o professor oferece aos alunos as ferramentas necessárias e que são adequadas para a elaboração do modelo matemático que solucione o problema proposto. Acreditamos que esse seja o primeiro passo para a integração da modelagem no ensino-aprendizagem. Porém, para que o desenvolvimento da eficiência e competência sociocrítica seja uma realidade, existe a necessidade de um envolvimento ativo dos alunos no processo de ensino-aprendizagem (Brooks; Brooks, 1994).
- O professor sugere uma situação-problema aos alunos. Neste caso, para solucionar o problema sugerido, os alunos necessitam coletar dados, levantar hipóteses e fazer as modificações necessárias para poder elaborar o modelo matemático. Em nosso ponto de vista, este

processo possibilita aos alunos perceberem o distanciamento crítico do conteúdo abordado.

- O professor facilita o processo da modelagem permitindo que os alunos escolham um tema que seja de interesse do grupo. Assim, os alunos são estimulados a elaborar um projeto, no qual eles se responsabilizam por todas as etapas do processo, ou seja, desde a formulação do problema até a validação da solução encontrada. A supervisão do professor é constante na mediação do processo de ensino-aprendizagem. Acreditamos que este processo possibilita o engajamento crítico dos alunos nas atividades propostas.

Todavia, mesmo havendo algumas divergências quanto à utilização de uma prática pedagógica específica para a modelagem, acreditamos na possibilidade de realização de atividades, experiências, investigações, simulações e projetos de pesquisas interessantes e estimulantes para os alunos em todos os níveis de ensino. Assim, a escolha do tipo de abordagem a ser utilizado pelo professor dependerá dos conteúdos envolvidos, do nível de maturidade dos alunos e também da experiência do professor com a utilização do processo de modelagem em sala de aula. Contudo, salientamos que a análise crítica dos resultados obtidos, em qualquer uma das abordagens selecionadas, deve ser altamente desenvolvida e estimulada.

Entendemos que, quando a modelagem é trabalhada na perspectiva da educação matemática crítica, os problemas escolhidos e sugeridos pelo professor ou que sejam selecionados pelos alunos devem ser aproveitados para levá-los a refletir criticamente sobre todos os aspectos envolvidos na situação a ser modelada, como, por exemplo, os aspectos matemáticos, interdisciplinares, tecnológicos, ambientais, econômicos, políticos e sociais. Rosa e Orey (2003) concordam com essa perspectiva, pois “a matemática, através da modelagem, é uma ferramenta importante, que auxilia os indivíduos de diferentes grupos culturais no entendimento, análise e reflexão sobre a própria realidade” (p. 11). Nessa linha de pensamento, Barbosa (2001) afirma que a “corrente sociocrítica de modelagem sublinha que as atividades devem potencializar a reflexão sobre a matemática, a própria modelagem e seu significado social” (p. 5).

Assim, a aprendizagem e a utilização dos conteúdos matemáticos no contexto sociocrítico estão voltados para a análise crítica dos problemas enfrentados pela comunidade. O aspecto reflexivo da dimensão sociocrítica da modelagem direciona o currículo matemático para uma abordagem pedagógica emancipatória, pois as práticas pedagógicas que estão apoiadas nesta perspectiva oferecem aos alunos o contato com atividades escolares chamadas “abertas”, que utilizam múltiplas perspectivas para a solução dos problemas

apresentados. Essas atividades demandam, durante todo o processo, uma constante reflexão crítica sobre as diversas soluções encontradas para as situações-problema estudadas. Porém, para Barbosa (2001), a natureza “aberta” das atividades em modelagem pode dificultar que os alunos elaborem e desenvolvam um modelo que represente satisfatoriamente a situação analisada. Dessa forma, neste processo, o papel dialógico e mediador do professor é de suma importância.

O processo da modelagem sociocrítica

Em concordância com Kaiser e Sriraman (2006) e Barbosa (2003; 2006), acreditamos que a modelagem fornece oportunidades concretas para que os alunos discutam sobre o papel da matemática e a natureza dos modelos matemáticos para o estudo de sistemas retirados do meio social. De acordo com este ponto de vista, utilizamos a modelagem como uma linguagem para estudar, entender e compreender as situações-problema presentes na comunidade. Por exemplo, Bassanezi (2002) afirma que a modelagem é utilizada para analisar, simplificar e resolver fenômenos cotidianos com o objetivo de prever resultados ou modificar as características desses fenômenos. Assim, acreditamos na eficácia da modelagem como uma estratégia de ensino-aprendizagem em matemática, pois esta valoriza o conhecimento e incentiva a atuação sociocrítica dos alunos. Nesta abordagem, a matemática passa a ser uma disciplina instrumental que deve ser adequadamente utilizada e desenvolvida utilizando-se questionamentos e inquietações que fazem parte do ambiente natural no qual os alunos estão inseridos. Nesse processo, a finalidade da modelagem é desenvolver a capacidade crítica de análise e a interpretação de dados, de formular e testar hipóteses e de elaborar e verificar a eficácia dos modelos.

Assim, refletir sobre a realidade passa a ser uma ação transformadora que procura reduzir o grau de complexidade da realidade através da escolha de um sistema que possa representá-la. Esse sistema isolado permite que os alunos cheguem a representações dessa realidade, mediante a elaboração de estratégias que lhes possibilitem explicar, entender, manejar, refletir e analisar sobre esse sistema. Este processo objetiva otimizar as condições pedagógicas para que os alunos entendam um determinado fenômeno e tenham condições de atuar eficazmente sobre esse fenômeno para transformá-lo de acordo com as necessidades da comunidade.

Partindo desse princípio, com a utilização da dimensão sociocrítica da modelagem a matemática passa ser vista como uma disciplina humana e dinâmica. Nesse sentido, o estudo da matemática tem uma importância fundamental, pois quando analisamos uma situação do ponto de vista matemático, o processo de ensino-aprendizagem é desencadeado. Esse processo estimula a

abstração, a criação de novos instrumentos matemáticos e a formulação de novos conceitos e teorias. Assim, um modo eficaz de introduzir a modelagem para os alunos e conduzi-los ao entendimento da dimensão crítica desse processo é expô-los a uma ampla variedade de situações-problemas ou temas. Como parte desse processo, os questionamentos sobre os temas são utilizados para explicar ou fazer previsões sobre os fenômenos pela utilização de formulação de modelos que representem essas situações. Porém, em nosso ponto de vista, construir um modelo não significa elaborar um conjunto de variáveis que fazem representações qualitativas ou quantitativas sobre o sistema analisado, pois os modelos são entendidos como aproximações da realidade (D'Ambrosio, 1993). Acreditamos que modelar é um processo que verifica criticamente se os parâmetros selecionados para a solução dos modelos estão de acordo com o inter-relacionamento das variáveis selecionadas no contexto holístico da realidade. Concordamos com D'Ambrosio (1993), que afirma que não é possível explicar, conhecer, entender, manejar e lidar com a realidade fora do contexto holístico.

Entendemos que, na dimensão sociocrítica da modelagem, não podemos trabalhar somente com teorias ou técnicas que facilitam a resolução dos modelos matemáticos, pois estas podem ser memorizadas, aprendidas e posteriormente esquecidas. Este aspecto tradicional de ensino impede que os alunos tenham acesso à criatividade, à elaboração conceitual e ao desenvolvimento do raciocínio lógico-crítico.

No entanto, o aspecto sociocrítico da modelagem fundamenta-se na ampliação da autonomia dos alunos, que tem como objetivo propiciar a leitura e a ampliação da visão de mundo, o desenvolvimento do pensamento autônomo e contribuir para o exercício pleno da cidadania. De acordo com essa perspectiva, Barbosa (2006) afirma que a dimensão sociocrítica da modelagem facilita o desenvolvimento de competências e habilidades que são necessárias para que os alunos desempenhem um papel transformativo na sociedade. Compartilhamos com Borba e Skovsmose (1997) e Barbosa (2006) a idéia de que os modelos matemáticos são utilizados nos meios sociais como instrumentos eficazes cujos resultados devem estar relacionados com o ambiente sociocultural-ambiental-econômico-político onde eles foram produzidos e serão utilizados.

O papel do professor e do aluno na dimensão sociocrítica da modelagem

A concepção do papel do professor na modelagem é a de mediador da aprendizagem, sendo, portanto, uma tarefa muito mais ampla do que a de um

simples “doador” do saber. A concepção do papel do aluno nessa abordagem é a de colaborador ativo do processo de aprendizagem, tarefa muito mais estimulante do que a de um simples “receptor” do saber. Porém, há necessidade de o professor organizar situações de aprendizagem que levem os alunos à formação de conceitos matemáticos que os desafiem a procurar respostas, dando-lhes condições para que se envolvam com a matemática, para que possam desafiá-la, compreendê-la e interpretá-la, tornando-a dessa forma um produto da criação humana. Nesse processo, os alunos podem ser considerados como *criadores de conhecimento*.

O envolvimento dos alunos com a modelagem requer uma ação transformadora que se manifesta quando eles formulam hipóteses, apresentam questionamentos e estimulam as respostas. Este aspecto de aprendizagem estimula a motivação para a investigação e, conseqüentemente, para o surgimento da modelagem. Contudo, é essencial que os alunos sejam auxiliados para que eles possam desenvolver determinadas atitudes e habilidades para poder inquirir analiticamente. Dessa forma, o professor deve trabalhar com condições que facilitem o envolvimento dos alunos, tornando-as acessíveis a todos. Nesse caso, o ambiente de aprendizagem deve ser propício ao diálogo e tem como objetivo reduzir as pressões sobre os alunos para que as argumentações ocorram num clima em que os erros surgidos façam parte do processo de ensino-aprendizagem.

Considerações finais

A dimensão sociocrítica da modelagem fundamenta-se na compreensão e no entendimento da realidade na qual os alunos estão inseridos pela reflexão, análise e ação crítica sobre essa realidade. Ao emprestar-se da realidade os sistemas nela existentes, os alunos passam a estudá-los simbólica, sistemática, analítica e criticamente. Nesse caso, partindo de uma situação-problema, os alunos podem levantar hipóteses, testá-las, corrigi-las, fazer transferências, generalizar, analisar, concluir e tomar decisões sobre o objeto estudado. Dessa maneira, a dimensão sociocrítica da modelagem busca a explicação sobre os modos distintos de se trabalhar com a realidade. Assim, refletir sobre a realidade torna-se uma ação transformadora que procura reduzir seu grau de complexidade permitindo aos alunos explicá-la, entendê-la, manejá-la e encontrar soluções para os problemas que nela se apresentam. Dessa forma, o ciclo de aquisição do conhecimento é deflagrado a partir da realidade, por meio do estudo dos fatos, para que os alunos possam processar as

informações e definir as estratégias indispensáveis para a realização dessas ações, que têm como objetivo a

modificação crítica da realidade e estabelecem um importante ciclo:



Figura 1 – O ciclo dambrosiano

No ciclo dambrosiano, as ações são o resultado das estratégias motivadas pela necessidade ou pelo desejo que os indivíduos têm para conviver com a realidade que os cerca. O estudo de um acontecimento a partir de modelos matemáticos é o resultado da informação, análise, reflexão e previsão que os alunos fazem do próprio objeto de estudo, por meio da utilização da dimensão sociocrítica da modelagem e da eficácia sociocrítica como mediadoras entre o mundo abstrato e o mundo real.

No entanto, é importante que tenhamos bom senso na utilização do conhecimento adquirido por meio do estudo de um determinado fenômeno, pela dimensão crítica da modelagem, para que possamos tirar dele conclusões necessárias para fazer previsões e atuar sobre a realidade que nos cerca, com o objetivo maior de modificá-la na busca do bem-estar de todos os indivíduos que nela estão inseridos.

Nota

¹ O discurso racional é uma forma especial de diálogo no qual todas as partes envolvidas têm os mesmos direitos e deveres para reivindicar e testar a validade dos seus argumentos, num ambiente isento da dominação social e política. No contexto de uma comunicação de risco, o discurso racional providencia um plano de ação para que os participantes do diálogo resolvam conflitos ou se empenhem colaborativamente na resolução de uma situação-problema através de um conjunto específico de regras. Nesse tipo de discurso, a honestidade intelectual, a supressão dos preconceitos e a análise crítica dos fatos são aspectos fundamentais para que o diálogo aconteça racionalmente.

Referências

- BARBOSA, J. C. O que pensam os professores sobre a modelagem matemática? *Zetetiké*, Campinas, v. 7, n. 11, p. 67-85, 1999.
- _____. *Modelagem matemática: concepções e experiências de futuros professores*. 253 f. Tese (Doutorado em Educação Matemática)– UNESP, Rio Claro, 2001.
- _____. What is a mathematical modelling? In: LAMON, S. J.; PARKER, W. A.; HOUSTON, E. S. K. (Ed.). *Mathematical modelling: a way of life*. ICTMAll. Chichester: Horwood Publishing, 2003. p. 227-234.
- BARBOSA, J. C. Mathematical modelling in classroom: a socio-critical and discursive perspective. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, v. 38, n. 3, p. 293-301, 2006.
- BASSANEZI, R. C. *Ensino-aprendizagem com modelagem matemática*. São Paulo: Contexto, 2002.
- BIEMBENGUT, M. S.; HEIN, N. *Modelagem matemática no ensino*. São Paulo: Contexto, 2000.
- BORBA, M. C.; SKOVSMOSE, O. The ideology of certainty in mathematics education. *For the Learning of Mathematics*, v. 17, n. 3, p. 17–23, 1997.
- BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. *Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN): matemática*. Brasília: MEC-SEF, 1998.
- BROOKS, J.; BROOKS, M. *The case for constructivist classrooms*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development, 1994.
- BROWN, M. M. *Needed: a critical science perspective in home economics*. Meeting of the American Home Economics Association, Anaheim, CA, 1984.
- D'AMBROSIO, U. Etnomatemática: um programa. *A educação matemática em revista*, Blumenau, v. 1, n. 1, p. 5-11, 1993.
- FASHEH, M. Is Math in classroom neutral or dead? A view from Palestine. *For the Learning of Mathematics*, v. 17, n. 20, p. 24-27, 1997.
- FREIRE, P. *Pedagogy of freedom: ethics, democracy, and civic courage*. Nova Iorque: Rowman & Littlefield, 1998.
- _____. *Pedagogy of the oppressed*. 20th ed. Nova Iorque: Continuum, 2000.
- HABERMAS, J. *Knowledge and human interests*. Boston: Beacon Press, 1971.

- HABERMAS, J. *The theory of communicative action: lifeworld and system: a critique of functionalist reason*. Londres: Beacon Press, 1981.
- HORKHEIMER, M. *Critical theory*. Nova Iorque: Seabury Press, 1982.
- JENNINGS, T. Social justice in the elementary classroom. *Social Studies and the Young Learner*, v. 7, n. 1, p. 4-6, 1994.
- KAISER, G.; SRIRAMAN, B. A global survey of international perspectives on modelling in mathematics education. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, v. 38, n. 3, p. 302-310, 2006.
- LAVE, J. *Cognition in practice: mind, mathematics, and culture in everyday life*. Cambridge: Cambridge University Press, 1988.
- MEZIROW, J. Transformative learning: theory to practice. In: CRANTON, P. (Ed.). *Transformative learning in action: insights from practice – new directions for adult and continuing education*. São Francisco, CA: Jossey-Bass, 1997, p. 5-12.
- MILLER, T. P. Teaching professional writing as social praxis. *Journal of Advanced Composition*, v. 11, n. 1, p. 57-72, 1991.
- ROSA, M. Currículo e matemática: algumas considerações na perspectiva etnomatemática. *Plures Humanidades*, v. 6, n. 6, p. 81-96, 2005.
- _____; OREY, D. C. Vinho e queijo: etnomatemática e modelagem! *Bolema*, Rio Claro, v. 16, n. 20, p. 1-16, 2003.
- _____. Abordagens atuais do programa etnomatemática: delineado-se um caminho para a ação pedagógica. *Bolema*, Rio Claro, v. 19, n. 26, p. 19-48, 2006.
- SKOVSMOSE, O. *Educação matemática crítica: a questão da democracia*. Campinas: Papirus, 2001.
- VYGOTSKY, L. *Thought and language*. Cambridge, MA: The MIT Press, 1986.
- WESTHEIMER, J.; KAHNE, J. Education for action: preparing youth for participatory democracy. In: AYERS, William; HUNT, Jean Ann; QUINN, Therese (Ed.). *Teaching for social justice*. Nova Iorque: The New Press, 1998. p. 1-20.

Recebido em janeiro de 2008
Aprovado em março de 2008

Sobre os autores:

Daniel Clark Orey é professor de Educação Multicultural e Matemática, na California State University, Sacramento. Foi bolsista pela Fulbright na PUCR em 1998, professor visitante pelo CNPQ em 2005/2006 na UFOP e pesquisador visitante pela Fulbright na universidade de Kathmandu, no Nepal, em 2007.

Milton Rosa é mestre em Educação Matemática, Currículo e Instrução, pela California State University, Sacramento (CSUS) e leciona matemática para alunos imigrantes na Encina Preparatory High School. Atualmente, é doutorando em Educational Leadership, na CSUS.