

Concepções de modelagem matemática: contribuições teóricas

TIAGO EMANUEL KLÜBER*
DIONÍSIO BURAK**

Resumo

Este artigo tem por objetivo apresentar parte do resultado final de uma investigação realizada em um curso de especialização durante o ano de 2005. Enfoca as concepções de quatro autores que desenvolvem trabalhos com modelagem matemática, sendo eles: Burak (1987, 1992, 1998 e 2004), Biembengut (1990 e 1999), Caldeira (2004 e 2005) e Barbosa (2001, 2003 e 2004). A partir disso, são apresentadas algumas interpretações e apontamentos para a educação matemática. O artigo trata, ainda, do desenvolvimento teórico da Modelagem no âmbito da educação matemática.

Palavras-chave: ensino-aprendizagem; educação matemática; modelagem matemática.

Abstract

This paper presents partial results of an investigation carried out in a specialization course during 2005. It focuses on the conceptions of four authors who develop studies about Mathematical Modeling: Burak (1987, 1992, 1998 and 2004), Biembengut (1990 and 1999), Caldeira (2004 and 2005) and Barbosa (2001, 2003 and 2004). Through them, some interpretations and notes are presented to Mathematics Education. This paper also approaches the theoretical development of Mathematical Modeling in the context of Mathematics Education.

Keywords: *Teaching-Learning; Mathematics Education; Mathematical Modeling.*

* Mestre em Educação – UEPG – PR. Professor do Departamento de Matemática – Unicentro – PR. Doutorando do Programa em Educação Científica e Tecnológica – UFSC – SC. E-mail: tiago_kluber@yahoo.com.br

** Doutor em Educação – Unicamp – SP. Professor do Departamento de Matemática – Unicentro – PR. Professor do Programa de Pós-graduação em Educação – Mestrado – UEPG – PR. E-mail: dioburak@yahoo.com.br

Introdução

Serão apresentadas quatro concepções de modelagem matemática, assumidas pelos seguintes autores: Burak, Biembengut, Caldeira e Barbosa. O objetivo é explicitar a concepção de cada pesquisador acerca da modelagem, bem como analisar cada uma das proposições dos autores, buscando elucidar a concepção de ensino e de matemática subjacentes a cada uma delas.

Esses pesquisadores foram escolhidos por fazerem sentido para nós, pois, nas leituras, nas investigações que desenvolvemos desde 2004, temos nos aprofundado em questões levantadas por eles. Outros poderiam ser escolhidos, porém, consideramos que esses autores representam significativamente a área, pelo fato de estarem participando ativamente de eventos importantes, como a Conferência Nacional sobre Modelagem e Educação Matemática, CNMEM, e por suas dissertações ou teses estarem ligadas ao tema em questão e voltadas para a educação matemática.

A análise procura considerar a relação estabelecida entre professor e aluno, para a construção do conhecimento matemático propiciada pelo trabalho com a modelagem, e busca indicativos que permitam essa construção em uma relação dialógica. Nessa perspectiva, concorda-se com Becker (1993, p. 10), que uma postura pedagógica centrada nas relações: “tende a desabsolutizar os pólos da relação pedagógica, dialetizando-os [...]. O professor traz sua bagagem, o aluno também”.

O trabalho intui clarear o conceito de ciência que cada concepção de modelagem possui e se elas vão ao encontro dos modelos epistemológicos das ciências humanas. Ou seja, se elas consideram o sujeito como “sujeito” e não como simples objeto, no sentido da passividade, da receptividade ou, ainda, se o mais importante é o método ou rigor a ser seguido durante o processo da modelagem.

Na medida do possível, dialoga-se com autores que falam sobre educação, epistemologia e outros temas, para que possamos fundamentar as nossas interpretações concernentes às concepções de modelagem matemática aqui estudadas.

Para a realização do trabalho monográfico que originou este artigo, optou-se pelo delineamento predominantemente qualitativo e bibliográfico, seguindo as etapas: 1) escolha do tema; 2) levantamento bibliográfico preliminar; 3) formulação do problema; 4) elaboração do plano provisório

de assunto; 5) busca de fontes; 6) leitura de material; 7) fichamento; 8) organização lógica do assunto; 9) redação do texto, conforme sugerido por Gil (2002).

Ressalta-se que as etapas da investigação não foram seguidas linearmente, uma vez que o próprio problema de pesquisa já havia sido formulado anteriormente, em decorrência de investigações preliminares (Klüber e Burak, 2005). Assim, foram consultados livros, dissertações, teses, artigos e outros materiais bibliográficos que forneceram o embasamento necessário para as descrições e depreensões evidenciadas.

Na seqüência, serão descritas e interpretadas as concepções de modelagem, subdividas pela autoria e, ao final, apresentadas as considerações gerais sobre o artigo.

Apresentando e analisando a concepção de modelagem de Burak

Em se tratando das concepções, Burak¹ (1992, p. 62), em sua tese, entende a modelagem matemática como um “conjunto de procedimentos cujo objetivo é construir um paralelo para tentar explicar, matematicamente, os fenômenos presentes no cotidiano do ser humano, ajudando-o a fazer predições e a tomar decisões”.

Durante a fase do mestrado, Burak (1987, p. 37) propõe o trabalho em termos de construção de modelo, inferindo que as “variáveis devem ser relacionadas para melhor exprimir o problema a ser estudado, é a construção do modelo”. Considera-se que essa prioridade da construção de modelos deu-se em virtude dos referenciais teóricos utilizados na época para a modelagem. Esses referenciais eram quase em sua totalidade provenientes da matemática aplicada, que trabalhava com a construção de modelos. A constituição de uma modelagem para o ensino de matemática ainda estava incipiente e por fazer-se.

1 Prof. Dr. Dionísio Burak, professor titular na Universidade Estadual do Centro-Oeste, Unicentro, PR, realizou a primeira dissertação de mestrado na área de educação matemática sobre modelagem matemática na Universidade Estadual de São Paulo, Unesp, Rio Claro, 1987, e tese de doutorado na área de Educação, também sobre modelagem matemática, no ano de 1992, Universidade Estadual de Campinas, Unicamp, SP. Disponível em <http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/index.jsp>, consultado em 19/03/2007.

Decorrente da maneira pela qual Burak concebia a modelagem, compreende-se que, em sua dissertação de mestrado, primeiro trabalho com modelagem matemática no ano de 1987, ele conservava idéias fixas, como a obrigatoriedade da construção de modelos e as etapas propostas nos mesmos moldes da ciência moderna, de cunho positivista, que priorizava o método em relação aos objetos a serem estudados (Rius, 1989). Portanto, as atividades de modelagem eram pré-definidas pelo pesquisador.

Assim, a modelagem matemática era apenas uma transposição da modelagem utilizada por pesquisadores nas ciências naturais, a qual tinha poucos vínculos com as ciências humanas.

Um mérito do trabalho de Burak era a preocupação em considerar a Modelagem como um conjunto de procedimentos que não fosse apenas técnico, mas que ocorresse de uma forma mais aberta e contextualizada, dando significado aos conteúdos matemáticos.

Entendemos, pois, que essa construção teórica ainda não era a mais apropriada para a educação matemática, que já procurava romper com os moldes positivistas (Kilpatrick, 1996), pois as ciências humanas buscam construir seu método a partir do objeto focado, ou seja, diferentemente do caminho proposto pelas ciências naturais, na qual o método determina como trabalhar com os objetos.

Na tese, Burak (1992) acrescenta dois princípios básicos em sua concepção de modelagem matemática: 1) o interesse do grupo; e 2) a obtenção de informações e dados do ambiente, onde se encontra o interesse do grupo. Essa fase já possui maiores influências das ciências humanas e do próprio método etnográfico, que se distancia da epistemologia da matemática aplicada. Procura levar em conta os sujeitos, o ambiente social, cultural e outras variáveis.

Provavelmente, em decorrência da continuidade da pesquisa com modelagem matemática, em doutoramento na área de Educação na Universidade Estadual de Campinas, Unicamp, Burak desenvolveu uma outra perspectiva de seus encaminhamentos. Frisa sempre *o interesse dos participantes da atividade e o envolvimento dos grupos em busca de dados do ambiente* e argumenta que esses procedimentos são capazes de dar significado, bem como desenvolver a autonomia dos participantes, de forma a torná-los agentes do processo de construção do conhecimento matemático.

Em artigos distintos, Burak (1998 e 2004) descreve a modelagem em cinco etapas orientadas pelo interesse do aluno ou do grupo e pelas

necessidades do nível de ensino² trabalhado, sendo elas: 1) escolha do tema; 2) pesquisa exploratória; 3) levantamento dos problemas; 4) resolução dos problemas e o desenvolvimento do conteúdo matemático no contexto do tema; e 5) análise crítica das soluções.

Escolha do tema – é o momento em que o professor apresenta aos alunos alguns temas que possam gerar interesse ou os próprios alunos sugerem um tema. Esse tema pode ser dos mais variados, uma vez que não necessita ter nenhuma ligação imediata com a matemática ou com conteúdos matemáticos, e sim com o que os alunos querem pesquisar. Já nessa fase é fundamental que o professor assuma a postura de mediador, pois deverá dar o melhor encaminhamento para que a opção dos alunos seja respeitada.

Pesquisa exploratória – escolhido o tema a ser pesquisado, encaminham-se os alunos para a procura de materiais e subsídios teóricos dos mais diversos, os quais contenham informações e noções prévias sobre o que se quer desenvolver/pesquisar. A pesquisa pode ser bibliográfica ou contemplar um trabalho de campo, fonte rica de informações e estímulo para a execução da proposta.

Levantamento dos problemas – de posse dos materiais e da pesquisa desenvolvida, incentiva-se os alunos a conjecturarem sobre tudo que pode ter relação com a matemática, elaborando problemas simples ou complexos que permitam vislumbrar a possibilidade de aplicar ou aprender conteúdos matemáticos, isso com a ajuda do professor, que não se isenta do processo, mas se torna o “mediador” das atividades.

Resolução dos problemas e o desenvolvimento do conteúdo matemático no contexto do tema – nessa etapa, busca-se responder os problemas levantados com o auxílio do conteúdo matemático, que pode ser abordado de uma maneira extremamente acessível, para, posteriormente, ser sistematizado, fazendo um caminho inverso do usual, pois se ensina o conteúdo para responder às necessidades surgidas na pesquisa e no levantamento dos problemas concomitantemente.

Análise crítica das soluções – etapa marcada pela criticidade, não apenas em relação à matemática, mas também a outros aspectos, como a viabilidade e a adequabilidade das soluções apresentadas, que, muitas vezes, são lógica e matematicamente coerentes, porém inviáveis para a

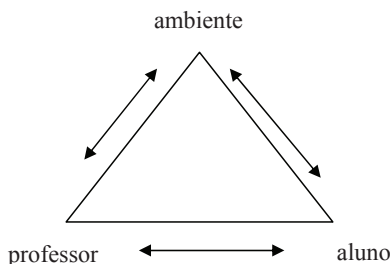
2 Educação Básica.

situação em estudo. É a etapa em que se reflete acerca dos resultados obtidos no processo e como esses podem ensejar a melhoria das decisões e ações, contribuindo, dessa maneira, para a formação de cidadãos participativos, que auxiliem na transformação da comunidade em que participam.

Dessa nova forma de encaminhamentos, dada por Burak, interpretamos que ocorreu um avanço teórico no âmbito epistemológico da concepção desse autor, que se direciona dos moldes usuais para um ensino por construção e, por conseguinte, persegue mais de perto um ensino contextualizado, fruto de influências recebidas das ciências humanas, como ele mesmo afirma, valendo-se das teorias de Piaget, Vygotsky e David Ausubel.

No artigo denominado “Formação dos pensamentos algébricos e geométricos: uma experiência com modelagem matemática”, Burak se desvincula da necessidade da formulação do modelo matemático exigida no momento inicial da sua concepção. Entretanto, não exclui a possibilidade dessa construção de modelos, que pode aparecer com o desenvolvimento do trabalho ou ainda para propósitos definidos na resolução ou explicação de uma dada situação, conduzindo sua concepção por pressupostos construtivistas, sociointeracionistas e de aprendizagem significativa (Burak, 1998, p. 32).

E, nas etapas propostas, o trabalho sempre se desenvolve em plena interação entre professor-aluno-ambiente, sem a predominância de um ou de outro, valendo-se, porém, da interação entre as três dimensões, porque o aluno deve buscar, o professor deve mediar e o ambiente é a fonte de toda a pesquisa. Isso reafirma as influências dos pressupostos da etnografia, a qual procura compreender o ambiente e os sujeitos para interpretar o material de investigação coletado e, posteriormente, trabalhar com as variáveis que surgiram no processo.



Também desse artigo podemos concluir que os problemas/situações levantados como conseqüência da coleta de dados é que orientam quais são e como serão tratados os conteúdos ministrados, sem a necessidade prévia de se ensinar conteúdos matemáticos.

Subentende-se, portanto, que é fundamental, a partir dos problemas/situações levantados, que se ministrem alguns conteúdos matemáticos com vistas à resolução ou resoluções daqueles. Esses conteúdos devem ser ministrados sob a forma de *unidades de conteúdo*, não simplesmente o conteúdo necessário à resolução, principalmente no nível da educação básica, para o qual o autor parece se voltar predominantemente, mas ensinar todo um conteúdo, tais como os de função, matrizes, logaritmos, entre outros, para que não se torne pontual o que se está ensinando.

Por exemplo, se uma situação exige um conteúdo de funções, o professor ensina uma única função ou ainda um único tipo de matriz, e assim por diante.

Apresentando e analisando a concepção de modelagem de Biembengut

Biembengut³ (1999, p. 20), em seu livro *Modelagem Matemática & Implicações no Ensino-Aprendizagem de Matemática*, diz que a modelagem é “o processo que envolve a obtenção de um modelo”. E nesse processo a modelagem é uma forma de interligar matemática e realidade, que, na visão da autora, são disjuntas.

Consideramos que, se a modelagem na educação matemática possuir a obrigatoriedade da obtenção de um modelo, perde-se muito, principalmente em relação ao desenvolvimento do conteúdo matemático. Isso porque os alunos vão precisar dominar de antemão um ferramental matemático e, acreditamos que a modelagem deve favorecer a aquisição desse ferramental e não apenas a sua aplicação. Por isso, a modelagem, como aqui apresentada, é um método externo que adentra no ensino e na aprendizagem.

3 Prof^ª. Dr^ª. Maria Salett Biembengut, da Universidade Regional de Blumenau, FURB, e do Centro Universitário Diocesano do Sul do Paraná, UNICS. Possui mestrado em Educação Matemática pela Unesp de Rio Claro, SP, em 1990. Doutorado em Engenharia de Produção e Sistemas pela Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, SC, em 1997, e pós-doutorado em Metodologia de Ensino e Pesquisa pela Universidade de São Paulo, USP, em 2003. Disponível em <http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/index.jsp>. Consultado em 19/03/2007.

Assim, essa concepção se aproximaria muito daquela proposta de início por Burak, muito provavelmente pelas influências recebidas no que concerne à orientação do professor Rodney Carlos Bassanezi.

Para Biembengut, a modelagem segue alguns procedimentos (etapas), subdivididas em seis subetapas, sendo elas: 1) *interação* – reconhecimento da situação-problema e familiarização com o assunto a ser modelado (pesquisa); 2) *matematização* – formulação (hipótese) e resolução do problema em termos matemáticos; 3) *Modelo matemático* – interpretação da solução e validação do modelo (uso).

Interação – quando a situação a ser estudada já está delineada, desenvolve-se uma pesquisa, de modo indireto (livros, revistas, entre outros) e/ou de modo direto (campo, dados empíricos, etc.); vale frisar que o *reconhecimento da situação-problema* e a *familiarização com o assunto* são subetapas que não obedecem a uma ordem, antes, se inter-relacionam.

Matematização – etapa complexa e “desafiante”, pois é nessa fase que se faz a “tradução” da situação-problema para a linguagem matemática (*formulação do problema*), a partir da hipótese de que é fundamental no processo, pois permite identificar constantes envolvidas, generalizar e selecionar variáveis para descrever as relações em termos matemáticos. Elaborado o problema matemático, passa-se à sua análise com o “ferramental” matemático disponível, sempre buscando aproximações, que seria a resolução do problema em termos matemáticos.

Modelo matemático – para que se possa ter o modelo concluído, faz-se pertinente verificar o nível de aproximação que este tem da situação-problema representada, com os dados obtidos da realidade através da *interpretação da solução e validação do modelo*.

Vemos nessa proposição que a autora está vinculada aos pressupostos de matematização da matemática aplicada. Para nós, isso tem implicações contrárias às tendências em educação matemática, as quais procuram se livrar das influências positivistas da matemática aplicada e configurar a educação matemática a partir das ciências sociais (Kilpatrick, 1996).

Para o ensino da matemática, Biembengut (1999, p. 36) explicita que a modelagem pode ser “um caminho para despertar no aluno o interesse por tópicos matemáticos que ainda desconhece, ao mesmo tempo que aprende a arte de modelar, matematicamente”.

Essa autora também se utiliza do termo “modelação matemática” para falar do processo de modelagem em cursos regulares de qualquer nível (desde os níveis iniciais até a pós-graduação). Porém, acrescenta que são necessárias algumas mudanças, sem perder a essência da modelagem, ficando da seguinte maneira: justificação do processo, escolha do tema, desenvolvimento do processo e avaliação.

Essa essência da modelagem, como já esclarecido anteriormente, é advinda das ciências naturais (matemática aplicada), nas quais os pesquisadores têm o objetivo de modelar situações empíricas que são sempre aproximativas para explicar fenômenos mensuráveis. Não que isso seja ruim, entretanto, as finalidades da modelagem na educação matemática e da modelagem na matemática aplicada devem ser esclarecidas.

A modelagem na escola não deve ter os mesmos parâmetros da modelagem experimental; nesta, os pesquisadores possuem um grande ferramental matemático para a resolução dos mais diferentes problemas. Os problemas que surgem na escola nem sempre ensejam problemas que possam ser modelados com a mesma intensidade das ciências naturais ou modelados matematicamente no sentido literal, muitas vezes, os primeiros problemas requerem interpretações bem mais simples, contudo, não menos significativas, pois essas podem conferir um outro significado e ordem aos conteúdos programáticos do currículo.

Há que se ressaltar, que Biembengut afirma que o processo não deve ser rígido e com certeza sua postura já constitui uma mudança em relação ao ensino tradicional, no qual o professor é o centro do processo e o aluno é apenas passivo ou reativo. Mas, no viés assumido pela autora, no qual o professor já “sabe” onde tem de chegar, não se geram muitos desafios, nem para ele, nem para os alunos, já que o docente sabe de antemão quais serão os conteúdos matemáticos a serem ministrados.

Também os níveis de ensino devem ser levados em conta, olhando para o alcance que a proposta pode ter, uma vez que ela parece se voltar predominantemente para o ensino superior, no qual o grau de desenvolvimento dos alunos é diferente dos alunos da educação básica. No ensino superior, em tese, eles teriam maior facilidade de desenvolver modelos matemáticos na linha proposta por Biembengut.

Apresentando e analisando a concepção de modelagem de Caldeira

Caldeira⁴ compreende a modelagem pensando-a como advinda de projetos, sem a preocupação de reproduzir os conteúdos colocados no currículo, mas sem perder os conceitos universais da matemática. Ele acredita na eficácia da modelagem enquanto uma concepção de educação matemática que pode “oferecer aos professores e alunos um *sistema de aprendizagem* como uma nova forma de entendimento das questões educacionais da Matemática” (Caldeira, 2005, p. 3, grifos do autor).

Para o âmbito educacional, a visão da modelagem que o autor discute é a de que ela pode ser um forte instrumento de crítica que oportuniza a clareza da importância da matemática na vida das pessoas, porque as aplicações, por meio da modelagem, “dão luz” aos conteúdos matemáticos, conferem-lhes sentido.

A modelagem matemática, concebida como um *sistema de aprendizagem*, questiona a forma linear da maioria dos currículos, no que concerne à apresentação dos conteúdos. Possibilita condições para que professores e alunos questionem e entendam a educação, reconhecendo a realidade como um processo dinâmico, oportunizando, assim, a ruptura com essa forma de conceber o currículo escolar.

Essas afirmações de Caldeira evidenciam o avanço nas discussões no que concerne à modelagem. Destaca pontos novos, que ainda precisavam ser mais estudados e, quem sabe, expostos para o debate em uma comunidade científica que se preocupe com as questões mais teóricas da modelagem. Um exemplo é considerar a modelagem como um sistema de ensino e de aprendizagem que gera uma metodologia.

Para Caldeira (ibid., p. 4), “trata-se de fazer da modelagem matemática um instrumento capaz de educar alguém que não se deixe enganar”. É entendida como uma concepção de ensino e aprendizagem e não como um método, na perspectiva da ciência moderna. Pois, segundo ele, a modelagem rompe com o paradigma científico, que tem como represen-

4 Prof. Dr. Ademir Donizeti Caldeira, colaborador da Universidade de Uberaba, professor adjunto da Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, e colaborador da Universidade Federal do Paraná, UFPR. Possui mestrado em Educação Matemática pela Universidade Estadual Paulista, Unesp, em 1992. Doutor em Educação pela Unicamp, no ano de 1998. Disponível em <http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/index.jsp>, consultado em 19/03/2007.

tantes diretos Bacon, Newton e Descartes. Isso em âmbito epistemológico, haja vista que, na concepção pedagógica embasada na epistemologia de Bacon, Newton e Descartes, o conceito de conhecimento é reducionista. Esse conhecimento só pode ser construído se dividido em partes para, ao final, recompor o todo (Santos, 2004). Tal afirmação é relevante, pois se a modelagem matemática tem o seu início justamente nesse âmbito epistemológico e agora procura se distanciar, o que está ocorrendo? Talvez seja o que Barbosa (2004) reivindica, que chegou a hora de encontrarmos um espaço próprio da modelagem para a educação matemática.

Isso porque a concepção da ciência moderna, transposta para a escola, fragmenta o currículo. Os alunos aprendem em partes e, depois, têm a difícil tarefa de recompor o todo, o que nem sempre conseguem. Segundo Caldeira (2005), isso não ocorre com a modelagem matemática, justamente porque os conhecimentos não se apresentam fragmentados, mas sim interconectados e contínuos e também porque a modelagem, no contexto educacional, é sempre um “vir-a-ser” e contextualizada.

Pelo exposto, Caldeira enfatiza que a modelagem é mais que um método ou metodologia que serviria apenas para a reprodução do *status quo*. Ela geraria uma metodologia dinâmica e investigativa que é dirigida pela criticidade, pela dúvida, fundamentando, dessa forma, a concepção de modelagem matemática. E mais, diz que, partindo de um problema da realidade, os alunos chegam a *respostas* e não a uma *única resposta*, rompendo de maneira suave com o currículo tradicional.

Depreende-se, pelo escrito, que o autor apresenta restrições à conceitualização de modelagem como um método de ensino e de aprendizagem entendido em sentido cartesiano, afirmando que ela é muito mais, se constituindo, na verdade, em um *sistema de aprendizagem*. Essa postura traz grandes implicações para esta prática⁵ que tem uma história científica relativamente curta, mas que já se encaminha para grandes debates em seus pressupostos teóricos, o que se percebe em seus eventos e por tantos pesquisadores na área.

A partir dessas descrições, pode-se concluir a não aceitabilidade dos atuais moldes de reprodução do currículo escolar, como o próprio autor

5 Prática científica no sentido educacional, ou seja, desenvolvida no âmbito da escola com vistas ao processo de ensino e de aprendizagem e com teorização para esse campo.

expõe em seu artigo. Portanto, essa concepção de modelagem pode ser considerada adequada para a busca de um ensino de matemática com significado para quem ensina e para quem aprende.

Consideramos que essa forma de conceber a modelagem mantém estreita relação com o que Freire (2004) diz: não há um educador do educando ou um educando do educador, e sim há o educador-educando e o educando-educador. Ambos são sujeitos do processo de ensino-aprendizagem. Ressaltamos, porém, que se a modelagem for encarada como uma *concepção de ensino*, ter-se-á que aprofundar tais discussões, como, por exemplo, no que refere às bases epistemológicas para cada forma de conceber a modelagem. Entretanto, destacamos que tal discussão foge ao escopo deste trabalho.

Cria-se, com a proposta de Caldeira, uma abrangência maior do que o simples ensino de conteúdos de matemática. Incitam-se decisões concernentes à participação dos alunos e professores como cidadãos e agentes de mudança da comunidade em que estão inseridos. E ainda, contribuições teóricas para a própria educação matemática.

Essa forma de conceber a modelagem é coerente com os pressupostos teóricos da construção do conhecimento em bases epistemológicas das ciências humanas, conforme clarificado acima. Uma vez que oportuniza diálogo entre os sujeitos e o ambiente que os circunda, marcado pela criticidade. A visão de Caldeira, em linhas gerais, vai ao encontro da visão de Barbosa, que será discutida a seguir, e a de Burak, já abordada anteriormente.

Apresentando e analisando a concepção de modelagem de Barbosa

Barbosa⁶ (2001) concebe a modelagem matemática em termos mais específicos, entendendo-a como uma oportunidade para os alunos indagarem diferentes situações por intermédio da matemática, sem procedimentos fixados previamente.

6 Prof. Dr. Jonei Cerqueira Barbosa, do Departamento de Ciências Exatas da Universidade Estadual de Feira de Santana, UEFS, coordenador o Núcleo de Pesquisas em modelagem matemática, Nupemm, e atuante no Programa de Pós-Graduação em Ensino. Possui doutorado em Educação Matemática pela Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Unesp, Rio Claro, SP no ano de 2001. Disponível em <http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/index.jsp>, consultado em 19/03/2007.

Portanto, os conceitos e idéias matemáticas se encaminham de acordo com o desenvolvimento das atividades, dando um caráter aberto para essa prática. Por conseguinte, não exige a criação de um modelo matemático, principalmente para os alunos de nível fundamental e médio, que nem sempre têm conhecimento matemático suficiente para tal atividade.

Consideramos essa concepção de modelagem apropriada para a educação matemática, pois, da forma como é apresentada, não se fecha nem em conteúdos programáticos, nem no objetivo específico da construção de modelos. Permite, pois, romper com a linearidade do currículo que, segundo Machado (1995), é um dos maiores problemas no que diz respeito ao ensino e à aprendizagem da matemática.

Nesse sentido, interpretamos que, quando os conteúdos a serem ensinados são definidos de antemão, o professor acaba por impedir a participação efetiva do aluno, que, nesse caso, apenas irá se condicionar com a proposta do professor. E, caso o objetivo do professor seja a construção de um modelo, pode ser que esse objetivo não atenda aos interesses e aos caminhos escolhidos pelo aluno.

O autor assume 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” (Barbosa, 2001, p. 6). O *ambiente* é concebido como um “convite” feito aos alunos, o que pode ocasionar que eles não se envolvam nas atividades. Sendo assim, os interesses dos educandos devem ir ao encontro da proposta colocada pelo professor.

Consideramos que, nessa concepção, se reforça a idéia de Freire (2004) acerca da autonomia que os educandos têm ante determinadas situações, como as propiciadas pela modelagem matemática.

Esse entendimento sobre modelagem é pautado na indagação, que não é uma simples explicitação do problema, mas uma atitude que acompanha todo o processo de resolução. A indagação conduz à investigação, sendo essa “a busca, seleção, organização e manipulação de informações” (ibid., p. 7). Representa, nessa perspectiva, a dinamicidade do processo, podendo valer-se de procedimentos informais e da própria intuição dos envolvidos. Então, a “indagação e investigação são tidas como indissociáveis, pois uma só ocorre na mesma medida que a outra” (ibid.).

Neste ponto, existe uma abertura epistemológica em relação à modelagem. Uma epistemologia própria das ciências humanas que leva em consideração valores, subjetividade, intersubjetividade, comunicação, enfim, outros fatores para além de conteúdos e métodos fechados.

Oportuniza que professor, aluno e ambiente interajam, construindo conhecimentos em conjunto, não havendo imposição da mera transmissão, mas sim diálogo e convite. É claro que isso ocorre quando há convergência dos interesses dos alunos ante a proposta do professor.

Segundo Barbosa (2001, 2003 e 2004), essa maneira de conceber a modelagem se orienta prioritariamente por situações da realidade e não por situações fictícias (semi-realidades). Porque estas servem quase sempre para atender aos propósitos/proposições do ensino da matemática pela matemática, porém, não são descartadas, uma vez que podem, até certo ponto, envolver os alunos em ricas discussões, inclusive não matemáticas, como questões de ordem econômica e política.

Essa concepção de convite aos alunos, em nosso entender, mostra respeito aos seus interesses e, caso eles aceitem, proporcionar-lhes-á a oportunidade, em conjunto com o professor, de aprenderem a matemática escolar de acordo com as suas possibilidades cognitivas, biológicas, culturais, sociais e outras. Essa visão do autor parece ser consoante com a última visão proposta por Burak, quando o interesse dos alunos é que orienta o trabalho.

Considerações finais

Apresentamos neste artigo quatro concepções de modelagem matemática voltadas para o âmbito educacional e, com base nelas, foram elaboradas interpretações, com vistas à elucidação das concepções de ensino e de matemática subjacentes a cada uma das propostas. O quadro⁷ a seguir sintetiza as interpretações.

Este artigo possibilitou uma visão geral sobre as concepções de modelagem que fazem parte de nossa trajetória de pesquisa. Permitiu uma maior abertura para discussões teóricas em relação a essa tendência em educação matemática.

7 O material escolhido para a análise dos autores estudados é aquele comumente citado em diferentes produções acadêmicas: artigos, dissertações e teses. Assim, as interpretações aqui apresentadas são decorrentes do conteúdo desse material.

Autores	Concepção de Modelagem (1)
Barbosa	“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.”
Biembengut	“processo que envolve a obtenção de um modelo.”
Burak	“conjunto de procedimentos cujo objetivo é construir um paralelo para tentar explicar, matematicamente, os fenômenos presentes no cotidiano do ser humano, ajudando-o a fazer previsões e a tomar decisões.”
Caldeira	Concepção de Educação Matemática, constituindo-se em “um <i>sistema de aprendizagem</i> ”.
Autores	Embasamento teórico em relação ao ensino e à aprendizagem da Matemática (2)
Barbosa	Educação Matemática Crítica.
Biembengut	Não explicita a sua compreensão em relação às teorias de ensino e de aprendizagem.
Burak	Orientação cognitivista: construtivista, aprendizagem significativa e sociointeracionista.
Caldeira	Educação Matemática Crítica.
Autores	Relação entre (1) e (2)
Barbosa	A adoção da teoria possibilita deslocar o foco de permanência da visão matemática para uma visão dialógica em relação ao ensino e à aprendizagem.
Biembengut	A não adoção de uma teoria tende a permanecer como foco principal da matemática e suas estruturas.
Burak	A adoção da teoria possibilita deslocar o foco de permanência da visão matemática para uma visão dialógica em relação ao ensino e à aprendizagem.
Caldeira	A adoção da teoria possibilita deslocar o foco de permanência da visão matemática para uma visão dialógica em relação ao ensino e à aprendizagem.
Autores	Encaminhamentos do trabalho prático com a modelagem
Barbosa	Não sugere etapas – o convite é feito pelo professor aos alunos, para que estes aceitem ou não participar das atividades. O encaminhamento inicial é feito pelo professor e o desenvolvimento parece ocorrer em uma perspectiva antropológica. Isto é, em virtude das necessidades oriundas das próprias atividades.
Biembengut	Sugere etapas de acordo com o processo da modelagem, que possui como objetivo a obtenção de modelo. As etapas seguem os modelos usuais da modelagem, utilizados na matemática aplicada.
Burak	Sugere etapas que inicialmente estavam fundamentadas na orientação da matemática aplicada. Posteriormente, as etapas foram reformuladas em decorrência de dois princípios: 1) o interesse do grupo; e 2) a obtenção de dados do ambiente em que se localiza o interesse do grupo (influências antropológicas). Essa mudança se fez no âmbito da concepção de ensino, de aprendizagem, de educação e da própria matemática.
Caldeira	Não sugere etapas – como a modelagem é considerada um sistema, ela pode assumir diferentes encaminhamentos de acordo com as necessidades para o desenvolvimento do trabalho. A posição do autor também parece desenvolver-se em uma perspectiva antropológica.

Autores	Abordagem dos conteúdos matemáticos
Barbosa	Os problemas é que determinam os conteúdos a serem estudados.
Biembengut	Os problemas são abordados de acordo com os conteúdos programáticos.
Burak	Os problemas é que determinam os conteúdos a serem estudados.
Caldeira	Os problemas é que determinam os conteúdos a serem estudados.
Autores	Opção por níveis de ensino
Barbosa	Não faz explicitamente. A leitura dos trabalhos enseja o trabalho no ensino fundamental e médio e a formação de professores.
Biembengut	Faz explicitamente. A leitura das produções enseja, inicialmente, o trabalho no ensino fundamental e médio e a formação de professores. Porém, como permanece a característica da construção de modelos, essa concepção de modelagem é, em nosso entendimento, mais apropriada ao ensino superior.
Burak	Faz explicitamente. A leitura permite afirmar que o trabalho é prioritariamente direcionado à educação básica e à formação de professores.
Caldeira	Não faz explicitamente. Entretanto, as leituras permitem afirmar que o trabalho se desenvolve no âmbito da educação básica: educação infantil, ensino fundamental e médio; e da formação de professores.

Temos a clareza de que as interpretações explicitadas neste trabalho devem ser aprofundadas, entendendo-se que podem contribuir para a formação de uma massa crítica acerca de questões teóricas e metodológicas envolvidas na modelagem, com vistas a superar as formas usuais de ensino de matemática.

Outro aspecto ressaltado neste artigo refere-se à aplicação da modelagem nos níveis de ensino: fundamental, médio e superior, âmbitos em que foram propostas as concepções apresentadas, objetivando a inibição de comparações equivocadas em relação às concepções dos autores, acerca da visão de matemática, de ensino e de ciência, justamente por se tratarem de alunos diferentes em diferentes condições.

Como conclusão, afirmamos que existem diferentes formas de conceber a modelagem pelos autores destacados, aspectos que podem e devem ser aprofundados por pesquisadores e educadores em modelagem. O fato de as concepções de Burak, Barbosa e Caldeira estarem embasadas explicitamente em teorias de ensino e aprendizagem, em visões antropológicas e sociais, resulta em implicações para a modelagem matemática no âmbito do ensino e da aprendizagem da matemática. Por essas razões, enfatizamos a importância e a necessidade de aprofundar investigações que tratem dos fundamentos e teorias que dêem um *locus* próprio à modelagem no âmbito da educação matemática na perspectiva das ciências humanas e sociais.

Referências

- BARBOSA, J. C. (2001). Modelagem na Educação Matemática: contribuições para o debate teórico. In: 24ª RA da ANPED, *Anais...* Caxambu.
- (2003). Modelagem matemática na sala de aula. *Perspectiva*, v. 27, pp. 65-74.
- (2004). modelagem matemática: O que é? Por quê? Como? *Veritati*, n. 4, pp. 73-80.
- BECKER, F. (1993). *A epistemologia do professor: o cotidiano da escola*. Petrópolis, RJ, Vozes.
- BIEMBENGUT, M. S. (1990). *Modelagem matemática como método de ensino aprendizagem de matemática em cursos de 1º e 2º graus*. Dissertação de Mestrado. Rio Claro, Unesp.
- (1999). *Modelagem matemática & implicações no ensino-aprendizagem de matemática*. Blumenau, Furb.
- BURAK, D. (1987). *Modelagem matemática: uma alternativa para o ensino de matemática na 5ª série*. Dissertação de Mestrado. Rio Claro, Unesp.
- (1992). *Modelagem matemática: ações e interações no processo de ensino-aprendizagem*. Tese de Doutorado. Campinas, Unicamp.
- (1998). Formação dos pensamentos algébricos e geométricos: uma experiência com modelagem matemática. *Pró-Mat*, v. 1, n. 1, pp. 32-41.
- (2004). A modelagem matemática e a sala de aula. In: I ENCONTRO PARANAENSE DE MODELAGEM EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA – I EPMEM. *Anais ...* Londrina.
- CALDEIRA, A. D. (2004). Modelagem matemática na formação do professor de matemática: desafios e possibilidades. In: ANPED SUL. *Anais...* Curitiba: UFPR. 1CD-ROM.
- (2005). A modelagem matemática e suas relações com o currículo. In: IV CONFERÊNCIA NACIONAL SOBRE MODELAGEM E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA – CNMEM. *Anais...* Feira de Santana: UEFS – 1CD-ROM.
- FREIRE, P. (2004). *Pedagogia do oprimido*. 17 ed. Rio de Janeiro, Paz e Terra.

- GIL, A. C. (2002). *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo, Atlas.
- KILPATRICK, J. (1996). Ficando estacas: uma tentativa de demarcar a educação matemática como campo profissional e científico. *Zetetiké*, v. 4 (jan./jun.), n. 5, pp. 99-120.
- KLÜBER, T. E. e BURAK, D. (2005). Modelagem matemática: uma experiência concreta. In: IV CONFERÊNCIA NACIONAL SOBRE MODELAGEM E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA – IV CNMEM. *Anais...* Feira de Santana.
- MACHADO, N. J. (1995). *Epistemologia e didática: as concepções de conhecimento e inteligência e a prática docente*. São Paulo, Cortez.
- RIUS, E. B. (1989). La educación matemática: una reflexión sobre su naturaleza y sobre su metodología (primera de dos partes). *Iberoamérica*, v. 1 (ago.), n. 2, pp. 28-42.
- SANTOS, A. (2004). *Didática sob a ótica do Pensamento Complexo*. Porto Alegre, Sulina.

Recebido em out./2007; aprovado em mar./2008