

30 Anos de Modelagem Matemática na Educação Brasileira: das propostas primeiras às propostas atuais¹

MARIA SALETT BIEMBENGUT

Departamento de Matemática - Universidade Regional de Blumenau, salett@furb.br

Resumo: Neste artigo apresentamos parte do mapeamento de ações pedagógicas com modelagem matemática na educação brasileira. O mapeamento permitiu-nos descrever, organizar documentos e informações para efetuar análise dos dados: da história das atividades de modelagem dos precursores, das produções acadêmicas e dos cursos de licenciatura de matemática que possuem em suas grades curriculares a disciplina de modelagem e, na seqüência, reconhecer evidências comuns e relevantes. Foram identificados 288 trabalhos acadêmicos (teses, dissertações, monografias), 836 artigos e 112 cursos de licenciatura que têm a disciplina de modelagem ou que abordam o tema. O mapeamento ofereceu um mapa da modelagem na educação, uma vez que esse movimento, iniciado há três décadas, inaugurou novo caminho de promover conhecimentos, novas formas de transmitir experiências e novas concepções matemáticas, multiplicando-se proficuamente. Os trinta anos testemunham quão significativa a modelagem matemática tornou-se na Educação brasileira.

Abstract: In this paper we present part of the mapping of mathematical modeling in Brazilian education. The mapping allowed us to identify, to organize documents and information and to effectuate data analysis regarding: history of precursors' modeling actions; academic publications; undergraduate programs in mathematics that have integrated modeling into their curricula and respective verification of amendments, methodological procedures and bibliographies; courses and events; and following, recognition of commons and relevant evidences. It was identified 288 academic productions (thesis, dissertations, monograph); 836 papers e 112 undergraduate programs in mathematics that have integrated modeling into their curricula. The mapping offered a map of modeling in education. This movement started for three decades, inaugurated new paths to promote knowledge, new way to transmit experiences, and new mathematics conceptions, spreading it usefully. These 30 years testify how significant the mathematics modeling became in Brazilian education.

Palavras-chave: modelagem matemática, mapeamento, ensino e aprendizagem.

Keywords: mathematics modeling, mapping, teaching and learning.

1. Introdução

O termo 'modelagem matemática' como processo para descrever, formular, modelar e resolver uma situação problema de alguma área do conhecimento encontra-se já no início do século XX na literatura de Engenharia e Ciências Econômicas, por exemplo. Na literatura mundial da Educação Matemática, segundo Pollack (2001), há alguns indícios sobre quando e por meio de quem o termo 'modelagem matemática' passou a ser utilizado. Nos EUA evidências são encontradas em uma coleção de textos preparados entre 1958 e 1965, nos trabalhos realizados pelo *School Mathematics Study Group* (SMSG) entre os anos de 1966 a 1970, no 69º anuário da *National Society for the Study of Education* em que há um capítulo em que Pollack descreve o processo da modelagem sem fazer uso do termo e no *New Trends in Mathematics Teaching IV*, baseado nos anais do ICME III, um capítulo – *The Interaction*

¹ Esta pesquisa contou com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq

between mathematics and other school subjects – no qual ele apresenta um panorama sobre as aplicações matemáticas no ensino e detalha o processo de construção de modelos.

O debate sobre modelagem e aplicações na Educação Matemática no cenário internacional ocorre, em especial, na década de 1960, com um movimento chamado “utilitarista”, definido como aplicação prática dos conhecimentos matemáticos para a ciência e a sociedade que impulsionou a formação de grupos de pesquisadores sobre o tema. Dentre os eventos encontra-se o *Lausanne Symposium*, em 1968 na Suíça, que tinha por tema *como ensinar matemática de modo que seja útil*, com situações do cotidiano do estudante e não aplicações 'padronizadas', mas que favorecessem a habilidade para matematizar e modelar problemas e situações da realidade. Na Europa, um grupo liderado por Hans Freudenthal, denominado IOWO (Holanda), e um outro, coordenado por Bernhelm Booss e Mogens Niss (Dinamarca), atuavam neste sentido, tal que em 1978, em Roskilde, foi feito um congresso sobre o tema *Matemática e Realidade* que contribuiu para a consolidação, em 1983, do Grupo Internacional de Modelagem Matemática e Aplicações – ICTMA – filiado ao ICMI, que além de fazer parte dos grupos do *International Congress Mathematics Education* – ICME, tem realizado bi-anualmente o evento internacional conforme D’Ambrosio *apud* Biembengut, 2007b.

Esses movimentos educacionais pela modelagem matemática na educação influenciaram o Brasil praticamente ao mesmo tempo, com a colaboração dos professores, representantes brasileiros na comunidade internacional de Educação Matemática. A modelagem matemática na educação brasileira tem como referência singulares pessoas, fundamentais no impulso e na consolidação da modelagem na Educação Matemática, tais como: Aristides C. Barreto, Ubiratan D’ Ambrosio, Rodney C. Bassanezi, João Frederico Mayer, Marineuza Gazzetta e Eduardo Sebastiani, que iniciaram um movimento pela modelagem no final dos anos 1970 e início dos anos 1980, conquistando adeptos por todo o Brasil. Graças a esses precursores, discussões desde *como se faz* um modelo matemático e *como se ensina* matemática ao mesmo tempo permitiram emergir a linha de pesquisa de *modelagem matemática no ensino brasileiro*.

Atualmente, o número de pesquisas e relatos de experiências em sala de aula apresentados em eventos de Educação Matemática e na Conferência Nacional sobre Modelagem na Educação Matemática (que se realiza bi-anualmente desde 1999) tem aumentado de forma significativa; assim como os professores interessados por cursos (extensão e pós-graduação) e publicações e de Cursos de formação de professores de matemática (licenciaturas) vêm incluindo à grade curricular a modelagem no ensino como

disciplina ou como parte do programa da disciplina Metodologia do Ensino da Matemática. A modelagem também é tema de um dos grupos de pesquisa da Sociedade Brasileira de Educação Matemática – SBEM, o que favorece a produção de monografias, dissertações, teses e artigos acadêmicos, consolidando a modelagem, inclusive nos documentos oficiais de educação.

Com o propósito de explicitar a modelagem matemática na Educação Matemática brasileira e dispor de um mapa referência de experiências e pesquisas realizadas, desde 2003 vimos mapeando as ações pedagógicas de modelagem matemática na educação nacional e internacional. O mapeamento consiste em descrever as ações dos precursores e em identificar, organizar, descrever e analisar produções escritas baseadas em experimentos, atividades de extensão, pesquisas, eventos, cursos de graduação e pós-graduação. Os dados identificados são disponibilizados no *site* do Centro de Referência de Modelagem Matemática no Ensino – CREMM (www.furb.br/cremm), e os estudos de cada um dos segmentos e/ou das amostras selecionadas, publicados na forma de artigos e na composição do livro sobre *Memórias da Modelagem Matemática na Educação Brasileira* (publicação prevista para 2009).

Neste artigo, devido à restrição de espaço, apresentamos parte desse mapeamento: brevíssima descrição das atividades de dois dos precursores e considerações sobre evidências comuns e pontos relevantes das produções (dissertações, teses; artigos e livros) e dos programas curriculares de disciplinas de modelagem ou disciplinas que abordam modelagem dos Cursos de formação de professores de matemática que a possuem em suas grades curriculares. Essas considerações baseiam-se na apreensão empírica que captamos das produções, da identificação de concepções dos precursores, das produções (dissertações e teses) apresentadas em Programas de Pós-Graduação em Educação e Educação Matemática, dos textos publicados em anais de Eventos, revistas e livros e das ementas das grades curriculares dos Cursos de formação de professores de matemática.

A apreensão empírica, expressa em documentos, muitas vezes, é subjetiva e independente do empenho do pesquisador em ser exato e objetivo. Segundo Wurmman (1991), as idéias precedem a compreensão dos fatos, embora a superabundância de fatos tenda a obscurecer a questão. Só é possível compreender um fato dentro do contexto de uma idéia. Assim, procuramos perceber fatos e idéias junto aos documentos e compreender como estes fatos combinam-se e (re)combinam-se no decurso destes 30 anos. E desta compreensão, divisar os multi-fios do saber aceitos não apenas pela comunidade de educadores matemáticos, mas especialmente, pelos órgãos públicos educacionais ao indicar nos

documentos oficiais de educação. Indicações que sob certa visão, adensam as atividades sociais.

Passam-se às sínteses da apreensão empírica de precursores da modelagem, produções acadêmicas e Cursos de formação de professores de matemática e das possibilidades da modelagem na Educação e Sociedade brasileira.

2. Precursores da Modelagem na Educação Brasileira

Na impossibilidade momentânea de registrar os feitos de todos os precursores brasileiros no uso da modelagem e aplicações de modelos em suas práticas de sala de aula, elegemos apresentar brevíssima síntese sobre dois deles como sinal, referência: Aristides C. Barreto, pois, pelo que temos em registro, foi o primeiro a realizar experiências de modelagem na educação brasileira e, ainda, a representar o Brasil em congressos internacionais apresentando trabalhos sobre o tema, além de divulgar seus trabalhos em cursos de pós-graduação, artigos em revistas e anais de congressos; e Rodney C. Bassanezi, um dos maiores disseminadores, em especial por meio dos cursos de formação continuada que ministrou e de pós-graduação de modelagem que coordenou em diversas instituições de quase todos estados brasileiros. Foram identificados 23 cursos de pós-graduação *lato sensu* e mais de 50 de formação continuada.

- *Aristides Camargos Barreto* tomou conhecimento sobre modelagem matemática quando cursou engenharia na década de 1960. A idéia de usar a modelagem em Educação Matemática começou na metade dos anos 1970, na PUC/Rio, ao passar a atuar como professor nesta Instituição. Na PUC/Rio, Barreto sempre procurava utilizar-se de modelos matemáticos como estratégia de ensino nas disciplinas de Fundamentos da Matemática Elementar e Prática de Ensino da Licenciatura em Matemática e de Cálculo Avançado para engenheiros em programas de Pós-Graduação. Junto com estudantes, elaborou vários modelos em áreas específicas como Lingüística, Ecologia, Biologia.

Uma das principais experiências pedagógicas realizadas por Barreto foi durante um semestre letivo de 1976, na disciplina de Cálculo Diferencial Integral IV, com estudantes do ciclo básico oriundos de vários Cursos: Engenharia (mais de 90%), Matemática, Física e Química. Ingressaram na disciplina 215 estudantes, divididos em 4 turmas. Em cada turma, Barreto ministrava 2 horas/aula por semana (90 minutos) para exposição da parte teórica com exemplos; em outras duas horas/aula, um dos auxiliares ocupava-se na resolução de exercícios

com os estudantes e na hora-aula restante, utilizava para discutir, em grupo, os problemas propostos.

Paralelamente, Barreto orientou as duas primeiras dissertações de modelagem da Pós-Graduação da PUC-RJ: *Modelos na Aprendizagem Matemática*, de autoria de Celso Braga Wilmer, em 1976, e *Estratégia combinada de Módulos Instrucionais e Modelos Matemáticos Interdisciplinares para ensino aprendizagem da matemática em nível de 2º grau: estudo exploratório*, de autoria de Jorge E. Pardo Sánchez, de Costa Rica, em 1979.

As experiências e estudos realizados com e/ou por meio de estudantes sob sua orientação levaram Barreto a defender sua proposta em diversos Eventos de Educação Matemática, nacionais e internacionais. Sua proposta implicava apresentar uma situação problema capaz de motivar os estudantes a aprender a teoria matemática; ensinar a teoria, e então retornar à situação problema para matematizá-la (modelar) e respondê-la. Como ele dispunha de uma coleção de modelos matemáticos de diversas áreas realizados por ele ou pelos seus estudantes, suas exposições conquistaram muitos adeptos; um deles, Rodney Bassanezi, num Seminário sobre “Modelos Matemáticos” que Barreto ministrou na UNICAMP, em 1979, a convite do professor D’Ambrosio.

- *Rodney Carlos Bassanezi*, que já conhecia modelagem por meio da Matemática Aplicada, na década de 1980, ao coordenar um Curso para 30 professores de Cálculo Diferencial Integral (CDI) de diversas Instituições de Educação Superior da região sul do Brasil, com duração de uma semana, vê uma oportunidade de introduzir a proposta de Barreto. Assim, em primeiro momento, após ‘bate-papo’ com os participantes, propôs a eles que se reunissem por 2h e apresentassem um problema que envolvesse CDI. Duas horas depois, a maioria dos problemas propostos era igual aos que se apresentavam nos livros texto. Esse momento foi crucial para Bassanezi propor a modelagem matemática na resolução de problemas de biologia aplicados ao CDI – bio-matemática.

Em 1982, é organizado um curso de pós-graduação na Universidade Estadual de Guarapuava- PR, para o qual são convidados professores do IMECC-UNICAMP e Bassanezi como coordenador. Bassanezi propõe uma alteração no programa do Curso: *fazer uma visita às empresas da cidade e, a partir do primeiro contato com as questões da realidade, levantar problemas de interesse para serem investigados*. Assim, promoveu-se o primeiro Curso de pós-graduação em modelagem que impulsionou a realização de muitos outros, sob a coordenação de Bassanezi, nas mais diversas instituições de Educação Superior. Atualmente, ele contabiliza dezenas e dezenas destes cursos de pós-graduação e de formação continuada e

palestras, em várias cidades de todas as regiões brasileiras, promovidos por Instituições de Ensino ou Secretarias Estaduais e Municipais de Educação.

É possível que a questão - *para que aprender matemática* - advinda de estudantes e a dificuldade de muitos professores em respondê-la a partir de aplicações nas diversas áreas do conhecimento tenham contribuído para Bassanezi defender a modelagem como estratégia de ensino de matemática. Sua proposta nos cursos que ministrou para professores era levar os estudantes a se inteirarem das atividades de uma região à qual pertenciam, e, a partir desse contato com as questões da realidade, levantar problemas de interesse para serem investigados. O conteúdo matemático era apresentado quando requerido pelos modelos que estavam sendo elaborados. Proposta que também conquistou muitos adeptos.

Bassanezi, além de atuar no Programa de Pós-Graduação do IMECC- UNICAMP, passou a colaborar com o Programa de Mestrado em Educação Matemática na UNESP – Rio Claro-SP, criado em 1983, como professor e orientador de mestrandos na elaboração de dissertação de mestrado. Com isso, desde essa época orientou 6 dissertações em Educação Matemática com foco na modelagem matemática no ensino. Os cursos realizados e as orientações de estudantes de iniciação científica e de pós-graduação *lato e stricto sensu*, ao longo dos anos, levaram Bassanezi a (re)orientar o método, as estratégias, os instrumentos e a própria pesquisa. Parte desse trabalho encontra-se no livro que ele publicou em 2002 - *Modelagem no Ensino Aprendizagem* - adotado em vários programas de graduação e pós-graduação no país.

Esses dois precursores, em particular, deram impulso significativo para a implantação e a disseminação da modelagem matemática na educação brasileira. Os resultados de suas experiências inspiraram neles uma atmosfera de otimismo sobre as possibilidades da modelagem. Ao passarem a divulgar suas atividades ou pesquisas realizadas por meio de preleção, despertaram o interesse de muitos professores, que a partir de seus entendimentos os levaram a novas atividades e até novas pesquisas. Pesquisas ou atividades que divulgadas, em outra instância, em processo cíclico, despertaram novos interesses. *“Toda atividade, todo ato de comunicação, toda relação humana implica um aprendizado”*[...] *“quando valorizamos o outro de acordo com o leque variado de seus saberes, permitimos que se identifique de um modo novo e positivo, contribuimos para mobilizá-lo [...]* (LÉVY, 1998, p. 29).

Vale ressaltar que Bassanezi e Barreto atuavam apenas na graduação e pós-graduação. Por melhor que fossem suas idéias sobre a Educação Básica ou sobre as questões educacionais de regiões distantes dos grandes centros, ou periferias, não tinham essa vivência. Mesmo conhecendo modelagem matemática, ao utilizarem-na como estratégia de ensino de

matemática suas concepções diferenciaram-se. E ao divulgarem suas experiências e propostas em Eventos, expressaram suas concepções em geral, das experiências que deram certo, dos bons resultados. Por conseqüência, instigaram em vários participantes novos entendimentos, concepções e tendências de modelagem.

Não há como subestimar o mérito e a validade das propostas dos precursores. Importa, antes de tudo, reconhecer as contribuições positivas oriundas pelos precursores da modelagem na educação; daquele pequeno grupo de professores que teve a iniciativa em realizar propostas de ensino de matemática por outros vieses e, por conseqüência, se motivou a contar sobre esta realização para outro professor, e para tantos outros. E qualquer que seja o ponto teórico em questão, é fato que impulsionaram a Educação Matemática e, por recorrência, crenças matemáticas que permeiam o contexto social.

3. Produções de Modelagem na Educação Brasileira

Consideramos *produções acadêmicas*: trabalhos de conclusão de cursos de graduação e pós-graduação *lato e stricto sensu*; artigos publicados em revistas especializadas e em anais de congressos; livros e capítulos de livro. Pelos sítios virtuais, identificamos até abril de 2009: *trabalhos de conclusão de Curso*: 15 teses de doutorado, 88 dissertações de mestrado, 105 monografias de pós-graduação *lato sensu*, 31 de conclusão de Curso – TCC, 49 de Iniciação Científica; e *artigos*: 82 em revistas e 754 em anais nos Eventos (ENEMs, II CIBEM, XI CIAEM, CNMEM). Ainda não foram identificados os artigos publicados nos mais diversos eventos de Educação Matemática que ocorrem no Brasil.

Há também 12 artigos como capítulos de livros e 4 livros específicos de Modelagem Matemática no Ensino: de Rodney C. Bassanezi, publicado em 2002, – *Ensino-Aprendizagem com Modelagem Matemática*; de Biembengut e Hein – *Modelagem Matemática & Implicações no ensino e na aprendizagem* (edições: 1999 e 2004) e *Modelagem Matemática no Ensino*, 1ª edição em 2000 (5ª em 2007), e outro – *Modelagem Matemática na Educação Matemática Brasileira: pesquisas e práticas educacionais*, composto de 15 capítulos organizado por Jonei C. Barbosa, Ademir D. Caldeira e Jussara de Loiola Araújo, publicado em 2007. Não constam dessa listagem os milhares de trabalhos orientados por professores em suas disciplinas de modelagem em cursos de graduação ou na Educação Básica.

3.1 Considerações sobre as Dissertações

Os trabalhos acadêmicos podem ser divididos em 3 fases: *na primeira fase*, entre os anos de 1976 a 1986, as três primeiras dissertações oriundas dos Programas de Pós-Graduação da PUC-RJ e da UNICAMP (Campinas-SP); *na segunda*, 8 do Programa da UNESP (Rio Claro-SP) entre os anos de 1987 a 1991; e *na terceira*, de vários Programas de Pós-Graduação.

- *Primeira Fase*: As duas primeiras dissertações foram orientadas por Barreto na PUC-Rio: *Modelos na Aprendizagem Matemática*, de autoria de Celso Braga Wilmer, de 1976 e *Estratégia combinada de módulos e modelos matemáticos interdisciplinares para o ensino de 2º grau*, de autoria de Jorge E. P. Sanchez, de 1979. Nestas dissertações não constam dados empíricos, mas sim estudos sobre modelos matemáticos e sobre aprendizagem e apresentam um conjunto de questões de aplicações matemáticas para serem utilizadas na Educação Superior e Básica, respectivamente. Defendem o processo de modelagem para o ensino, mas não expõem modelos ou como se faz um modelo matemático, e sim aplicações; muito embora eles tenham colaborado com Barreto em suas experiências em sala de aula. A terceira dissertação: *Modelos Matemáticos no ensino da matemática*, de autoria de Maria Cândido Müller sob orientação de Lafayette de Moraes (1986), do Programa da UNICAMP (Campinas), aborda teoricamente modelos matemáticos e modelos de aprendizagem.
- *Segunda Fase*: Encontram-se 7 dissertações oriundas do Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática da UNESP de Rio Claro. As três primeiras sob orientação de Rodney Bassanezi: *Modelagem Matemática: uma metodologia alternativa para o ensino de matemática na 5ª série* de Dionísio Burak (1987), *A Modelagem como Estratégia de Aprendizagem da Matemática em Cursos de Especialização de Professores* de Marineuza Gazzetta (1989) e *Uma abordagem alternativa para o ensino de cálculo, na perspectiva de Modelagem Matemática* de Maria Dolis (1989) tratam da modelagem na formação de professores. Um possível motivo encontra-se nos cursos de pós-graduação *lato sensu* em modelagem, sob a coordenação de Bassanezi, cujos participantes eram professores. Desta forma, permitiu aos três enveredarem pela questão.

Em meio a essa defesa pela modelagem seguem mais 4 dissertações voltadas a Educação Básica e ao Supletivo. Duas destas, também sob a orientação de Bassanezi, fazem aplicações no ensino e verificam a validade da modelagem matemática: *Modelagem Matemática como Método de Ensino Aprendizagem de Matemática em Cursos de 1º e 2º*

graus de Maria Salett Biembengut (1990) e *O ensino de matemática para adultos através do método Modelagem Matemática* de Alexandrina Monteiro (1991). Biembengut propõe um método para cursos regulares que vai trazer, posteriormente, outra concepção de modelagem. Na dissertação *Considerações sobre a Modelagem Matemática e a Educação Matemática* de Maria Queiroga (1990), sob a orientação de Eduardo Sebastiani, a contribuição é dada pelas críticas à modelagem; e a dissertação *Modelagem Matemática e Resolução de Problemas: uma visão global em Educação Matemática* de Odesnei Gustineli (1991), sob orientação de Luiz R. Dante, mostra uma integração destes dois métodos, uma outra concepção.

Nestas 7 dissertações verifica-se uma tentativa de validar ou analisar a modelagem matemática na Educação em qualquer nível. Identifica-se a concepção de Bassanezi e, em parte da base teórica destas dissertações, conceitos e definições sobre modelagem no ensino, publicadas em revistas internacionais. O que faz sentido se considerar que em 1983 consolida-se o Grupo Internacional de Modelagem e Aplicações Matemáticas (ICTMA), que também passa a realizar Conferências bi-anualmente.

- *Terceira Fase:* A partir de 1991 dispõe de número significativo de adeptos da modelagem graças aos cursos de pós-graduação de modelagem matemática (lato sensu), sob a coordenação de Bassanezi e às preleções ocorridas em vários eventos regionais, estaduais e nacionais em Educação e Educação Matemática, não apenas pelos precursores, mas também por estes mestres e professores oriundos destes cursos; impulsionando assim em várias instituições do país: trabalho de iniciação científica e de final de curso, monografias, dissertações e as primeiras teses de doutorado. A maioria das dissertações e teses é oriunda de Programas de Pós-Graduação em Educação de diversas universidades brasileiras e em Educação Matemática da UNESP de Rio Claro-SP. Parte do referencial teórico sobre modelagem matemática dessas produções é baseado em autores brasileiros, o que é legítimo considerando o número de pesquisadores na área já existente neste período. E aparecem algumas referências de produções recentes em revistas internacionais ou anais do ICTMA, pelo fato de alguns brasileiros passarem a participar destas Conferências.

3.2. Considerações sobre os artigos em Anais

Os 754 trabalhos publicados (resumos e textos completos) em Anais de Congressos (ENEMs, II CIBEM, XI CIAEM, CNMEM), ocorridos entre 1988 e 2007, classificamos e

organizamos como: *práticas de sala de aula* (237) e *teóricas* (321). As *práticas de sala de aulas* (237) foram subdivididas em *Ensino Fundamental* (90), *Ensino Médio* (46), *Ensino Superior* (41) e *Formação de Professores de Matemática* (60).

Dessa produção, até 2008, fizemos uma análise dos artigos sobre formação de professores (BIEMBENGUT e SCHMITT, 2008). Conforme se apresentam os textos analisados, a concepção dos autores em relação à modelagem matemática na formação de professores é a de que ela contribui para uma aprendizagem que não se restrinja às limitações das proposições escolares. E mais, que estes estudantes e futuros professores passam a ter a mesma concepção e levar a modelagem para a Educação Básica, proporcionando aos seus estudantes a capacidade de realizarem modelagem e aplicações em outras áreas de conhecimento e em diferentes contextos.

Para ilustrar, identificamos essa concepção na expressão:

a perspectiva de modelagem matemática diz respeito à suas potencialidades enquanto oportunidade para os alunos compreenderem os objetos matemáticos, conhecer e relacionar as várias representações destes objetos e utilizá-los para interpretar fatos da realidade. Registros de representação associados a um mesmo objeto matemático e a coordenação adequada entre estes registros representa uma possibilidade do aluno compreender o objeto matemático como um todo. (VENTUAN e ALMEIDA, 2007, p.879).

Devido ao número de artigos (publicados em Anais e Revistas) identificado, ainda não foi possível adquirir todos, tampouco fazer análise acurada daqueles disponíveis. Destes, em uma análise preliminar identificou-se que a maioria advém dos trabalhos de dissertação de mestrado, ou ainda de relatos de práticas de sala de aula e reflexões sobre essas práticas. De igual forma, sobre os livros compostos por capítulos de diversos autores. Numa busca na plataforma do CNPq, verificamos que são poucos os autores que apresentam resultados de pesquisa em continuidade às que já desenvolveram. Os resultados de pesquisas vêm ocorrendo mais amiúde nos últimos 5 anos, contudo dentre um número pequeno de pesquisadores.

4. Modelagem nos Cursos de Formação de Professores

O movimento pela Educação Matemática no Brasil tem contribuído para a efetivação das reformulações curriculares e a implantação de novas propostas pedagógicas para melhorar a aprendizagem da matemática na Educação Básica e Superior. Dentre elas, as resoluções

vigentes que instituem as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores de Educação Básica. A legislação dispõe de orientações quanto à inclusão à grade curricular dos cursos de formação de professores, de disciplinas que levem os respectivos estudantes a terem melhor conhecimento sobre o contexto sócio-cultural em que vão atuar; além de capacidade de compreender a matemática e saber integrá-la a outras áreas do conhecimento. Neste veio, a modelagem matemática tem sido considerada.

No Brasil, segundo dados do INEP, há 413 cursos de formação professores de matemática. Até abril de 2009, identificamos que 112 têm na grade curricular do curso a disciplina de modelagem ou disciplina que aborda modelagem, assim distribuídos por regiões: (04) Norte, (08) Nordeste, (11) Centro-Oeste, (49) Sudeste e (40) Sul. A partir desta identificação, obtivemos os programas dessas disciplinas (ementa, metodologia e bibliografia) que nos permitiram efetuar verificação e considerações sobre o que vem sendo tratado nos cursos. (BIEMBENGUT e MARTINS, 2009).

Os programas dessas disciplinas sugerem que, nas práticas de sala de aula, as propostas têm buscado encorajar os estudantes a se envolverem ativamente na sua aprendizagem; produzirem trabalhos a partir de necessidades, interesses, metas pessoais de forma desafiadora e talentosa e levarem a risco compromissos humanitários. Embora a modelagem matemática na formação de professores não possua um estatuto definido, existem regimentos que permitem guiar professores a desenvolverem ensino e pesquisa integrando a matemática a outras áreas do conhecimento; propiciando aos estudantes, em qualquer período de escolarização, aprender a fazer uso da matemática nas atividades cotidianas, fora do contexto escolar, despertando seus interesses por outras áreas do conhecimento, instigando seus sentidos imaginativos e críticos ao passar a fazer pesquisa, no sentido *lato* do termo, que ultrapassa o levantamento de dados, analisando estes dados com critérios, com fundamentos (JIANG, MCCLINTOCK e O'BRIEN, 2003; BIEMBENGUT, 2007a).

A inserção da modelagem matemática à grade curricular de cursos de formação de professores de matemática indica o quanto a modelagem, a cada dia, ganha adeptos e defensores em níveis oficiais de educação, em quase todos os Estados brasileiros devido à possibilidade em promover aos jovens, desse milênio em particular (jovens da geração tecnológica), melhores conhecimentos e habilidades em utilizá-los. As dificuldades encontram-se principalmente nas dimensões continentais brasileiras, que impõem obstáculos em proporcionar atividades (cursos e eventos) suficientes para atender todos os professores de matemática. Embora pareçam existir concepções distintas dos professores responsáveis pela disciplina nos cursos de formação de professores, elas convergem no entendimento de que a

modelagem pode contribuir não somente para aprimorar o ensino e a aprendizagem matemática, como também para provocar uma reação e interação entre corpo docente e discente envolvidos na contínua e necessária produção do conhecimento.

5. Pontos relevantes e comuns nas produções acadêmicas e nos programas curriculares.

Conforme Blum *et al* (2004), documentar o ensino e a aprendizagem de modelagem e aplicações matemáticas, que abrange uma grande variedade de versões de contextos fora da matemática, requer estrutura e forma de contextualizar o tópico e de reduzir a complexidade a um nível compreensível e tratável. E, nas dimensões territoriais brasileiras, aliadas aos diferentes entendimentos e concepções de modelagem que existem atualmente, conseqüência de três décadas do movimento, sem dúvida uma análise desses documentos expressa um olhar, uma vertente possível.

Essa vertente aponta que a maioria dessas produções e dos programas curriculares acima descritos baseia-se em práticas de salas de aula. O que é cabível, se considerar que a modelagem emerge como estratégia para motivar estudantes, nos mais diversos níveis de escolaridade, a aprender matemática e se consolida como método não apenas para motivá-los a aprender matemática, mas principalmente, propiciar a eles a capacidade de realizarem, fora da sala de aula, modelagem e aplicações em outras áreas de conhecimento e diferentes contextos; isto é, resolver problemas, tomar decisão, ter senso crítico e criativo (BLUM *et al*, 2004). Conforme Severino (2001) “é a prática que constrói a educação assim como toda a expressão da existência humana”. E a pesquisa educacional seria ‘muda’ se não expressasse as ‘vozes’ das pessoas diretamente envolvidas. “A teoria, em sentido amplo, é o esforço de realizar essa leitura e explicitar o sentido imanente à prática” (SEVERINO, 2001, p.9).

Das 76 dissertações e 60 artigos sobre formação de professores analisados, dois aspectos evidenciam *vantagens para a relação ensino e aprendizagem e dificuldades em torná-la uma prática de sala de aula.*

1º Aspecto: *Vantagens para a relação ensino e aprendizagem.* Sintetiza-se em 4 razões a defesa pela modelagem matemática na educação: *processo cognitivo – modelos mentais; aplicabilidade e utilidade matemática; pesquisa acadêmica e aprendizagem.*

– *Processo cognitivo & modelos mentais.*

Cada sensação ou percepção, que se tem do meio, faz gerar na mente imaginação e idéias, que a partir da compreensão e do entendimento, podem transformar-se em significado,

modelo, portanto, conhecimento. Conhecimento que permite formar imagens e conceitos; criar objetos; dar a forma, a cor, o sentido ao mundo que se vive. Ou seja, uma vez compreendidas e explicadas as percepções ou informações, a mente humana busca traduzi-las ou representá-las por meio de símbolos e/ou modelos. Essas representações mentais, símbolos e/ou modelos, podem ser internas e externas. (BIEMBENGUT, 2007a).

As representações internas são aquelas que se constroem no sistema cognitivo para a compreensão do meio vivente, uma forma de sobrevivência. Um processo que ocorre desde os primeiros meses de vida e “trata-se de uma enorme tarefa de aprendizado, mas que é alcançada tão suavemente, tão inconscientemente, que sua imensa complexidade mal é percebida”. (SACKS,1995, p.141). E *representações externas* são aquelas que se conseguem expressar ou produzir externamente como pinturas, fotografias, objetos, etc. Conforme Engel e Vogel (2007), modelos ou representações externas são mediadores entre o fenômeno à frente e as atividades mentais do problema a resolver. Estes modelos podem ser construídos pela própria razão cognitiva ou para propostas externas de comunicação de nossas idéias e conceitos com outros.

Blum *et al* (1991) afirmam que a construção de modelos mentais significa a consciência e a possibilidade interada na passagem através do ciclo da modelagem. O processo cognitivo consiste em variar as observações e as medidas, em formular hipóteses verificáveis, ou seja, em saber discernir os elementos essenciais da situação observada. Processos que serão tanto mais refinados quanto maior for a vivência e a experiência de cada pessoa. A mágica reside na forma como a mente seleciona, filtra as percepções ou informações adquiridas e processa aquilo que interessa ou que está à disposição para gerar idéias, compreensão, entendimento. Isso mostra que as percepções, portanto, a compreensão e o entendimento, diferem de pessoa para pessoa. Aparentemente, o sistema cognitivo é de tal forma que as raízes do processo de modelar talvez estejam muito mais fundas: “pensar é uma forma de ação, e com muitas pessoas o poder de formar quadros mentais é limitado pela sua capacidade de estabelecer modelos de coisa imaginada.” (CHILDE, 1971, p.47).

Como a representação externa – modelo – depende de como a pessoa percebe o meio, compreende, representa e procura comunicá-lo, cada modelo apresenta uma simplificação da realidade onde parte da informação disponível foi descartada. Esta perda de informações é inerente a cada pessoa, depende de assunções, simplificações e abstrações eferentes na solução de um problema ou comunicação pretendida. O modelo muitas vezes é despido de irrelevantes detalhes referindo-se ao fenômeno observado; as abstrações e simplificações são

pretendidas para generalizar a obtenção de resultados e assegurar verdade em muitas isomórficas situações (ENGEL e VOGEL, 2007; BIEMBENGUT, 2003).

Os modelos são ferramentas que ajudam a pessoa a processar informações e estimular novas idéias e compreensões, prover de uma visão estruturada e global que inclui relações abstratas. Capacitam a observar e refletir sobre fenômenos complexos, e ainda a comunicar as idéias a outras. Trata-se de um importante meio não apenas para facilitar a ação diária das pessoas, considerando que na base de toda tecnologia ou produções encontra-se um modelo, uma representação do fenômeno e das idéias, mas também para estimular o processo mental, ajudando a pensar produtivamente.

Se o processo cognitivo se dá na forma de modelos mentais internos, os modelos externos, em particular os modelos matemáticos, podem contribuir para que os estudantes tenham melhor produção lingüística ao utilizar registros diferentes: verbal, vívido e algébrico. Uma vez que a atividade cognitiva atravessa uma evolução complexa que inicia como experiência, passa a outra experiência vivida por gestos e palavras, continua conectando com uma representação de dados e que pode culminar com o uso da linguagem matemática ao descrever relações entre as quantidades envolvidas na experiência, descrever os fenômenos ao redor (ARZARELLO, PEZZI e ROBUTT, 2007).

– *Aplicabilidade e utilidade matemática*

O meio é rico em formas, tamanhos e cores: um cenário repleto de símbolos, signos e significados. Contar e medir são ações requeridas às pessoas, em quase todos os momentos. Além disso, no dia-a-dia, há situações que requerem decisões. Algumas relativamente simples como: a hora de acordar, o que e quanto comer, distância a percorrer para chegar a algum lugar. Outras necessitam de algum tipo de raciocínio, como: a quantidade de pisos para cobrir o chão de uma sala, a velocidade de um veículo ao percorrer certa distância em certo tempo. Há ainda aquelas situações cuja resolução não é tão simples, e requerem melhor entendimento sobre quais e como os dados estão relacionados, como: despoluir um rio, evitar que uma doença propague-se, viajar para outro planeta, dentre outras (BIEMBENGUT e HEIN, 2007a).

Assim, utilizar-se das situações cotidianas ou do meio circundante podem contribuir, por exemplo, para melhor formação dos estudantes em qualquer fase da escolaridade. Desde identificar, descrever, comparar e classificar os objetos e coisas ao redor; visualizar e representar os mais diversos entes; representar e resolver situações problemas e ainda melhor compreender os entes que rodeiam.

Segundo Usiskin (2007) e Sendova (2007), os modelos aritméticos e geométricos são freqüentemente usados nas aulas de matemática, contudo, ausentes em conceitos e linguagem de modelagem. Afirmam que sem esta linguagem e sem tratar das situações cotidianas dos estudantes, desde os primeiros anos de escolarização, esta concepção da matemática pode se tornar divorciada de significado. É de valor à Educação Matemática considerar as discussões sobre modelos matemáticos e desenvolver habilidades e conceitos necessários para que o estudante possa melhorar a apreensão dos conceitos matemáticos frente à aplicabilidade e saber integrar a matemática a outras áreas do conhecimento.

– *Metodologia de Pesquisa*

Ao se fazer um modelo de um fenômeno observado ou utilizar-se de um modelo para compreensão ou resolução de alguma questão, pode-se identificar as três fases do processo cognitivo: *percepção, compreensão, significação - modelo*. Conforme Biembengut (2007a), representar uma situação real matematicamente envolve uma série de procedimentos, agrupados em 3 etapas e subdivididas em 7, a saber: 1ª) *Percepção*: requer da pessoa que vai fazer um modelo matemático – representação externa – que reconheça e situação problema (→ delimitação do problema) e familiarize-se com o assunto a ser modelado (→ referencial teórico); 2ª) *Compreensão*: etapa mais desafiante que exige do pesquisador compreensão suficiente para poder levantar hipóteses, formular um modelo matemático (→ desenvolvimento) e resolver o problema a partir do modelo (→ aplicação); 3ª) *Significação - modelo*: momento final em que se faz interpretação da solução e validação do modelo (→ avaliação). Estas etapas e sub-etapas são as mesmas requeridas em uma pesquisa científica.

Historicamente, a matemática tem desenvolvido de aplicações não previamente estudadas matematicamente: algumas dessas situações foram práticas naturais, enquanto outras, abstraídas. Se estas situações foram práticas ou imaginárias, é certo que levaram as pessoas envolvidas a conduzirem certa investigação para resolverem as situações problemas. Eventualmente, muitos resultados emergem de empenho heurístico para tornar a base para teoremas (WHEAL, 2007). O fato é que nas bases da tecnologia, das técnicas ou dos objetos de que hoje se dispõem estão os modelos matemáticos elaborados ou (re)elaborados por muitos criadores.

A matemática funciona de acordo com regras convencionais pré-estabelecidas e segue basicamente as leis: aditiva, comutativa, associativa e distributiva, aplicadas aos elementos com que trabalha a matemática. Os elementos que constituem as estruturas dinâmicas ou sistemas não podem aplicar essas leis sem deixá-los fora das questões naturais. A situação

requer melhor compreensão e análise quando os dados disponíveis não são suficientes para se utilizar de uma fórmula, de um modelo matemático, ou seja, aplicar os dados e obter uma resposta satisfatória (BIEMBENGUT e HEIN, 2007b). Neste caso, será preciso ter uma visão mais acurada dos dados envolvidos na situação problema; levantar hipóteses e, a partir delas, procurar formular o problema utilizando-se de matemática necessária, isto é, formular um modelo matemático não apenas para encontrar solução viável à questão, mas que valha a outras aplicações em outras instâncias, de outras situações similares.

Assim, promover modelagem matemática no ensino implica também ensinar o estudante, em qualquer nível de escolaridade, a fazer pesquisa sobre um assunto de seu interesse. Assim, além de uma aprendizagem matemática mais significativa, possibilita estímulo à criatividade na formulação e na resolução de problemas e senso crítico em discernir os resultados obtidos (BASSANEZI, 2002; GAZZETTA, 1989). Segundo Mudaly (2007), a experiência realizada com estudantes da Educação Secundária os levou, durante o processo de modelagem, a sentirem necessidade em saber o *porquê* do resultado da pesquisa e o *quanto* este resultado conduzia a verdade.

O processo de modelar envolve criar um problema e tirar conclusões que podem ser extrapoladas ao problema original. Osawa (2007) afirma que o significado da compreensão não está somente na segurança e na convicção do estudante, mas também na simples disposição, julgamento, pensamento e fundamento. O significado do fato ou fenômeno estudado pelo estudante inclui conhecimento obtido pela experiência e compreensão gerada pelas provas matemáticas obtidas com ações matemáticas.

- *Aprendizagem*

Conhecimento é a capacidade da mente em significar ou modelar uma informação ou um evento e utilizá-los em momento oportuno. Reflete a habilidade intrínseca do sistema cognitivo de reorganizar-se, para gerar novos conhecimentos frente a novas necessidades impostas pelo meio. Nem todas as percepções levam à aprendizagem. Aprender implica ter conhecimento e não apenas informação. Segundo Schwarzkopf (2007), esse processo tem três componentes funcionais: *símbolos* necessários para apresentar o conhecimento dentro de algum contexto; *contexto de referência* para servir de base para a compreensão e interpretação de símbolos; e *estrutura teórica*, que provê uma possibilidade em operar com os símbolos de um modo significativa em um contexto de referência. Aprender faz parte da própria estrutura, em certo sentido.

No dia-a-dia são recebidas enormes quantidades de informações, de várias formas e por vários meios, captadas pelos sentidos, que a mente descarta ou retém por um período de tempo na memória. Segundo WURMAN (1991, p.146), a aprendizagem está relacionada ao interesse. "O interesse permeia qualquer esforço e vem antes da aprendizagem". Nesses termos, de acordo com o grau de interesse que se tem sobre alguma coisa, a aprendizagem - conhecimento adquirido - pode ficar armazenada numa memória de curto, médio ou longo prazo. "A aprendizagem trata-se de um processo de adaptação às circunstâncias mutáveis e à fixação dos mecanismos de sucesso e fracasso envolvidos no processo. [...] e uma adaptação adquirida como resultado das transações entre o organismo e o meio-ambiente". (GEORGE, 1973, p. 27).

Como a aprendizagem depende do interesse que a pessoa tem por alguma coisa, considera-se a modelagem no âmago da matemática escolar. Todos os estudantes experimentariam a proposta de entender o tangível e o imaginário do meio que lhes rodeia e as habilidades requeridas seriam ferramentas para isto, tais como: fazer previsões, analisar dados e, utilizando-se de tecnologias disponíveis, simular, discutir e aprender uma situação problema ou contexto de interesse deles. (SAEKI, Ujlie e KUROKI, 2007).

A modelagem matemática que perfaz o caminho da investigação científica produz uma nova realidade que não se deduz de concepções prévias. Para modelar uma situação ou fenômeno, matematicamente, é necessário que se tenha suficiente experiência ou entendimento da questão para ser capaz de descrever e refinar esta descrição, dispondo-a em tabelas, números, gráficos, etc. (WHEAL, 2007).

Se a modelagem torna-se parte do centro da matemática escolar nas realizações do estudante em situações que ele tem interesse, será possível aumentar sua compreensão em relação ao uso de dados, estimular o uso de sua autoridade matemática, desenvolver a compreensão de fórmulas algébricas e a habilidade de crítica e defesa dos modelos matemáticos criados ou na geração de modelos matemáticos traduzidos em situações da vida real (MCNAB *et al*, 2007).

2º Aspecto: *Dificuldades em torná-la uma prática de sala de aula*

Quase todas as pesquisas apontam vantagens para a relação ensino e aprendizagem, mas nas práticas de sala de aula ainda há resistência por parte de estudantes, em especial na Educação Superior, e de muitos professores da Educação Básica e Superior em adotá-la. Destaca-se que este fato ocorre também em outros países. Como consequência, esses

estudantes e professores, em geral, têm dificuldade em compreender e solucionar situações problemas que requerem algum tipo de raciocínio matemático.

Para ilustrar, na Alemanha, segundo Schwarzkopf (2007), os estudantes não seguem uma lógica na resolução de um problema, mas sim seguem a tendência da sala de aula. O autor afirma ainda que estudantes e alguns professores não entendem matematicamente uma situação problema, nem o sentido desta situação no 'mundo real'. No Japão, conforme Osawa (2007), de acordo com o 3º Estudo Internacional de Matemática e Ciências (TIMSS), os estudantes têm estado satisfatoriamente no *ranking* em resolver questões matemáticas, restritas às técnicas; apesar disto, suas realizações/compreensões da utilidade matemática são fracas. Quando são apresentadas situações problemas para os estudantes holandeses resolverem, por exemplo, a tendência é aplicar modelos proporcionais para a solução. Boa parte dos estudantes, inclusive universitários, tende a assumir relações lineares ao comparar a probabilidade de dois eventos. Isto é, têm dificuldades em descrever, interpretar, prever e explicar as situações problemas (WIM VAN DOOREN *et al*, 2007). As razões podem ser resumidas em duas: a *formação dos professores* e os *exames nacionais para avaliação de estudantes*.

- Formação dos Professores

Segundo Biembengut (2003), nos cursos de formação de professores de matemática, em sua maioria, o currículo ainda permanece subdividido em disciplinas, sem qualquer vínculo uma com a outra, compostas por planos rígidos e metodologias de ensino e de avaliação pautadas na formação tradicional. E, salvo experiências isoladas, as disciplinas específicas são tratadas sem qualquer vínculo às questões com que deverão lidar estes futuros professores na Educação Básica. Geralmente, as aulas não passam de transposição de conteúdos, exercícios e técnicas ou mesmo de exposição de teoremas e devidas demonstrações desprovidas de objetivos significativos.

A maioria dos professores da Educação Superior raramente relaciona o assunto matemático acadêmico ao que o futuro professor deve enfrentar; apresenta aplicações, ou ainda integra conhecimentos, como forma de apresentar a ele a interdisciplinaridade; desconhece o meio em que esses futuros professores vão atuar, a fim de gerar propostas curriculares e metodológicas pertinentes à diversidade cultural e aos saberes existentes; não proporciona pesquisa e quando supõe propor, esta pesquisa é entendida como levantamento de alguma informação. E mais, defende o currículo e o método utilizados, apesar dos possíveis conseqüências posteriores.

Há muitas possíveis razões para esses professores de cursos de formação de professores resistirem a mudanças, às quais incluem: formação que eles tiveram, pautadas na memorização de teorias, regras e técnicas; crença de ser esta a condição para saber matemática; dificuldade em administrar o número de orientações e avaliações requeridas; tempo disponível para aprender a modelar para solucionar problemas de outras áreas do conhecimento e mais, em escrever materiais apropriados para larga extensão de estudantes e escolas. Uma mudança da magnitude enfrentada requereria um comprometimento das autoridades para uma formação contínua dos professores, desenvolvendo programas para que: aprimorassem o conhecimento e as habilidades dos professores, possibilitando que mudem as atitudes em prol da aplicabilidade matemática, disponham de suficientes experiências para terem capacidade de descrever, refinar a descrição e ainda representar por tabelas, números e gráficos, modelando uma situação.

– *Avaliação Nacional dos Estudantes*

Apesar de que nos documentos oficiais (PCN e Propostas Pedagógicas) enfatizem a importância de tornar a matemática significativa aos estudantes e que haja a promoção de conhecimento, habilidades e sentidos críticos destes ao utilizá-la; a maioria dos exames aplicados no processo escolar, no final do Ensino Médio, nos vestibulares ou nos concursos, não prioriza os projetos e ainda consiste em exames nos moldes tradicionais. Assim, forçados a atender aos exames preparados pelos burocratas da educação, os professores utilizam-se de problemas estereotipados que são apresentados nos livros didáticos, associados às práticas de sala de aula e às expectativas dos estudantes.

Se um currículo de matemática planejado incorpora habilidades investigativas para aplicar matemática, as avaliações precisam ser alinhadas com as intenções e não reproduzir o conhecimento de algoritmos. Qualquer mudança em currículo requer: um professor seguro em relação ao programa a ser desenvolvido, provisão de recursos apropriados e mudanças complementares na avaliação das realizações dos estudantes. (BONOTTO, 2007 e VOS, 2007)

6. Possibilidades da Modelagem no Cenário Educacional

O mapeamento sobre o estado atual das ações pedagógicas de modelagem matemática na educação brasileira pode oferecer uma cena, ainda que possa parecer incompleta. Temos vestígios dos começos, mas não há inferências quanto às vertentes que se darão, os caminhos

que ainda serão percorridos e as palavras a serem pronunciadas, uma vez que esse movimento pela modelagem, iniciado há três décadas, inaugurou novo caminho de promover conhecimentos, novas formas de transmitir experiências e novas concepções matemáticas, multiplicando-se proficuamente.

Multiplicação impulsionada graças aos entusiastas professores que buscam melhorar o desempenho matemático de seus estudantes, em especial justificando questões como: *para que serve matemática? onde e quando utilizar?* Tais justificativas, ao proporcionarem resultados animadores, instigam esses professores a relatar a outrem que poderá vir a se entusiasmar e assim em diante. Cada professor, por meio de sua ação pedagógica em busca da aprendizagem de seus estudantes, ‘semeia’, deixa marcas, assinala caminhos. Busca que se interage, muitas vezes, com a de outro professor, cujas relações de trocas favorecem a formação de caminhos para se tentar atingir o objetivo da educação (Biembengut, 2008).

Esses entusiasmos e justificativas podemos verificar nas ações e produções dos precursores da modelagem: nos exemplos de Aristides Barreto e Rodney Bassanezi. Entusiasmos mostrados, em especial, em suas preleções em cursos ou eventos, que certamente instigaram muitos professores promover atividades em sala de aula; por conseqüência, pesquisas passaram a ser realizadas a partir do interesse provocado por uma preleção. Pesquisas ou atividades que divulgadas, em outra instância, em processo cíclico, despertaram novos interesses, resultando nessa produção e nessas ações anteriormente apresentadas.

Conforme Lévy (1998), “Toda atividade, todo ato de comunicação, toda relação humana implica um aprendizado”; nesse sentido, “quando valorizamos o outro de acordo com o leque variado de seus saberes, permitimos que se identifique de um modo novo e positivo, contribuimos para mobilizá-lo[...]” (LÉVY, 1998, p. 29). Não se pode subestimar a importância das preleções em eventos como fontes de recursos para a mudança na educação. Seria afrontar a evidência de que antes da pesquisa sistemática, muitos educadores entusiasmar-se com uma proposta e passam a implantá-las em suas práticas escolares. A implantação de propostas propicia informações que permitem (re)orientar as pesquisas, por sua vez, novas experiências, novas possibilidades.

As primeiras propostas levaram aos primeiros adeptos que, entusiasmados em aprimorar suas práticas, foram aplicar essas propostas nos mais diversos níveis de Educação: básica, superior, formação continuada, supletivo, pós-graduação. Essas primeiras experiências apontaram possibilidades, avanços e dificuldades. Resultados que impeliram pesquisas, que uma vez divulgadas, levaram outros a novas práticas, novas pesquisas e novas concepções. Novas concepções e novos caminhos que contribuíram para aumento de pesquisas e

experiências e com isso as proposições em documentos oficiais. Apreendem-se métodos mais eficientes e discriminativos por meio de preceitos e exemplos, que incitam novos tons a outras ações no contexto educacional que se lampejará pela sociedade.

As diferenças de concepção evidenciadas pelos precursores e pesquisadores, vistas coletivamente, são provocadas pela formação e experiência de cada um dos envolvidos. As ações pedagógicas resultam de uma soma de circunstâncias que se originam das ligações entre os entes da educação, compreendendo ao mesmo tempo a localização e demais atributos como sócio-geográfico-cultural de cada um desses entes. As modificações na concepção são iniciadas pela escolha consciente e deliberada de seus autores. As variações de concepção podem ser julgadas pelas proporções em que ajudaram a proposta sobreviver e multiplicar-se.

Muito embora existam concepções distintas, é essencial não perder de foco estas distinções nos aspectos que convergem no entendimento de que a modelagem pode contribuir não somente para aprimorar o ensino e a aprendizagem matemática, mas especialmente, para provocar uma reação e interação entre corpo docente e discente envolvidos na contínua e necessária produção do conhecimento, que surtirá efeitos no contexto social. Uma partilha mútua de experiências adquiridas. Conforme Maturana e Varela (2001, p.71), no fazer se conhece e “todo ato de conhecer produz um mundo”.

As ações de pesquisas, extensão e ensino mostram que a modelagem matemática tem ganhado a cada dia mais adeptos e defensores em níveis oficiais de Educação, em quase todos os Estados brasileiros devido à possibilidade de promover aos jovens, desse milênio em particular, melhores conhecimentos e habilidades em utilizá-los. As dificuldades encontram-se principalmente nas dimensões continentais brasileiras, que dificulta em proporcionar atividades (cursos e eventos) suficientes para atender todos os educadores de matemática. Essas dificuldades estão sendo dirimidas com a inclusão da disciplina à grade curricular de cursos de formação de professores de matemática e com os eventos e projetos de pesquisa e de extensão.

Destaca-se que além dos espaços concedidos à modelagem matemática nos eventos de Educação e de Educação Matemática (internacional, nacional, estadual e regional), já existem dois Estados brasileiros (Pará e Paraná) que vêm realizando, periodicamente, Conferências estaduais de modelagem, além da citada Conferência Nacional – CNMEM. E ainda dentre os muitos projetos, por exemplo, o de Feiras de matemática, coordenado por José Vilmar Zermiani, da Universidade Regional de Blumenau - FURB, onde trabalhos de modelagem são apresentados por estudantes.

As Feiras de matemática são realizadas em Santa Catarina desde 1985. Elas ocorrem anualmente por escola, cidade, região e estado. Os trabalhos são realizados pelos estudantes (da Educação Infantil à Superior), sob a orientação de seus respectivos professores. Segundo Zermiani (2006), nestes anos, somente nas Feiras de matemática estaduais foram apresentados quase 4000 trabalhos classificados sob diversas categorias (matemática aplicada, modelagem, jogos, etc). Destes, foram identificados cerca de 350 de modelagem matemática. Considerando que este número representa menos de 10% dos trabalhos apresentados nas Feiras escolares, pode-se estimar em mais de 3500 trabalhos de modelagem realizados por estudantes e professores voluntários. A qualidade e a criatividade desses trabalhos expressam o ativo envolvimento do estudante e mais que tudo, do professor. Ao levar em conta que a maioria destes professores dispõe de poucos recursos, concordar-se-á com Severino (2001) quando afirma que “a educação se realiza através de mediante que se desenvolvem no interior de um projeto e a partir dele”. E mais, “essa exigência decorre da natureza da consciência humana e não significa espontaneísmo ou imaginação descontrolada” (SEVERINO, 2001, p. 154).

O mapeamento da modelagem matemática na educação brasileira, por ora realizado, permitiu: identificar produções acadêmicas e ações (eventos, cursos), documentá-las a fim de estimular mais atividades de pesquisa e de práticas e ainda ressaltar evidências destas três décadas de acontecimentos que se examina. Permitiu ainda a elaboração de um livro (em processo de finalização) sobre *Memórias da Modelagem Matemática no Ensino Brasileiro*, com uma descrição detalhada das atividades desenvolvidas nas últimas três décadas. Esse mapeamento visa permitir aos adeptos ou pesquisadores da modelagem saber onde estão, quais são as raízes ou influências recebidas. E mais, possibilitar alusão ao passado e aportes aos caminhos a serem perquiridos.

Apesar desse crescente interesse pela modelagem, há poucas evidências e certo ‘sintoma’ ou ‘percepção’ sobre mudanças na educação frente ao número de adeptos e interessados. Não se dispõe de mapeamento de todas as ações e de como é entendida e adotada pelos professores que tomaram ciência da modelagem matemática na educação brasileira. Nas dimensões continentais do Brasil, dificilmente teremos conhecimento pleno de como e quanto idéias e propostas sobre modelagem matemática são utilizadas, bem como de milhares ações educacionais submissas às salas de aula de incansáveis professores sonhadores que crêem na possibilidade de fazer o ensino melhor. O que tem sido possível identificar é a produção acadêmica que está em bibliotecas ou acervos passíveis de localização e, salvo alguns encontros ocasionais, relatos de bastidores (BIEMBENGUT, 2007b).

Como nosso conhecimento atual ainda é falho em relação a essa difusão, é possível apenas deduzir a existência de propostas de modelagem a partir das produções e ações de professores pesquisadores aos estudantes pesquisadores, e ainda deduzir, a partir de alguns contatos, a recepção e os traços que deram certo. Os trinta anos que transcorreram testemunham quão significativa tornou-se a modelagem matemática na educação brasileira. Assistido de um ponto, dificilmente, poderíamos nós precursores antever os rumos que as primeiras propostas tomariam: a extensão das propostas, as mudanças não menores no tocante às concepções, a amplitude de produção acadêmica, os esforços de experimentação em todos os níveis educacionais, as referências nos documentos oficiais. Deste ponto, cremos que o surpreendente não é que saibamos tão pouco sobre esta disseminação, mas sim que já saibamos suficiente para continuarmos nesse rumo: saber cada vez mais de como a natureza e os processos envolvidos na modelagem se inserem nas questões da sociedade.

Por meio do Centro de Referência de Modelagem Matemática no Ensino (www.furb.br/cremm) criado em 2006, o mapeamento continuará sendo o propósito a ser alcançado no tempo em que se segue. Há muito que se conhecer; muitos fatos a serem levantados. Partindo dessa condição, servir do conhecimento produzido e reordenar alguns setores deste conhecimento para criar novos sentidos, nos mapas que possam servir a outrem, outros conhecimentos. Em outras palavras, saber gerar conhecimentos novos sobre questões educacionais, desenvolver mapas-contexto que permitam ver novas realidades, presentes, mas talvez incapazes de ganhar visibilidade significativa para a melhoria da educação. Conhecer e compreender como estes se dão efetivamente, como as concepções, os objetivos e os ideais que orientam professores pesquisadores de modelagem matemática no ensino podem permitir delinear caminhos para melhorar a Educação Matemática brasileira e, por extensão, a sociedade.

7. Referências Bibliográficas

ARZARELLO, Ferdinando; PEZZI, Giovanni e ROBUTT, Ornella. *Modelling Body Motion: an Approach to Functions Using Measure Instruments*. In: BLUM, Werner et al. Modelling and Applications in Mathematics Education. Springer: New York, 2007.

BASSANEZI, Carlos Rodney. *Ensino-Aprendizagem com Modelagem Matemática*. São Paulo, 2002.

BIEMBENGUT, Maria Salett. *Mapeamento na pesquisa educacional*. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.

_____. *Modelling and Applications in Primary Education*. In: Modelling and Applications in Mathematics Education. New York: Springer, 2007a.

_____. *Mapeamento da Modelagem Matemática no Ensino Brasileiro*. Relatório Conselho Nacional de Desenvolvimento Tecnológico Científico – CNPq, 2007b.

_____. *Modelagem Matemática: Mapeamento das Ações Pedagógicas dos Educadores de Matemática*. Tese de Pós – Doutorado, São Paulo, 2003.

BIEMBENGUT, Maria Salett; HEIN, Nelson. *Modelling in Engineering: Advantages and Difficulties*. In: HAINES, Christopher; GALBRAITH, Peter; BLUM, Werner; KHAN, Sanowar. Mathematical Modelling ICTMA 12 - Education, Engineering and Economics. Inglaterra: Horwood Publishing Limited, 2007a.

_____. *Sobre a Modelagem Matemática do saber e seus limites*. In: BARBOSA, Jonei C.; CALDEIRA, Ademir D.; ARAÚJO, Jussara de Loiola. Modelagem Matemática na Educação Matemática Brasileira: pesquisas e práticas educacionais. Recife: SBEM, 2007b.

BIEMBENGUT, Maria Salett; MARTINS, Rosane. *Mapeamento dos programas curriculares de Modelagem Matemática dos Cursos de Formação de Educadores de Matemática (licenciaturas) do Brasil*. Relatório Final de Iniciação Científica. Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica - PIBIC/FURB, 2009.

BIEMBENGUT, Maria Salett; SCHMITT, Ana Luisa Fantini. *Mapeamento das Produções Acadêmicas de Modelagem Matemática no Ensino de Autores Brasileiros*. Relatório Final de Iniciação Científica. Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica - PIBIC/CNPQ, 2009.

BLUM, Werner, *et al* (eds). *Teaching of Mathematical Modelling and Application*, Chichester: Ellis Horwood, 1991.

_____. ICMJ Study 14: *Applications and Modeling in Mathematics Education*. Educational Studies in Mathematics, 2004.

BONOTTO, Cinzia. *How to replace the Word problem with activities of realistic mathematical modeling*. In: BLUM, Werner et al. Modelling and Applications in Mathematics Education. Springer: New York, 2007.

CHILDE, Gordon. *Evolução cultural do homem*. Rio de Janeiro: Zahar, 1971.

ENGEL, Joachim; VOGEL, Markus. *Mathematical Problem Solving as Modeling Process*. In: BLUM, Werner et al. Modelling and Applications in Mathematics Education. Springer: New York, 2007.

GAZZETTA, Marineusa. *A modelagem como estratégia de aprendizagem na matemática em cursos de aperfeiçoamento de professores*. Dissertação - Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 1989. Orientador: Prof. Dr. Rodney Carlos Bassanezi.

GEORGE, Frank. *Modelos de pensamento*. Trad. Mario Guerreiro. Petrópolis: Vozes, 1973.

JIANG, Zhonghong; MCCLINTOCK, Edwin; O'BRIEN, George. *A Mathematical Modelling Course for Preservice Secondary School Mathematics Teachers*. In: Mathematical Modelling in Education and Culture. Chichester: Horwood, 2003.

LÉVY, Pierre. *A inteligência Coletiva – por uma antropologia de ciberespaço*. Tradução de Luiz Paulo Rounet. São Paulo: Loyola, 1998.

MATURANA, Humberto R. e VARELA, Francisco G. *A Árvore do Conhecimento*, tradução de Humberto Mariotti e Lia Diskin. São Paulo: Palas Athena, 2001.

McNAB, Susan, et al. *Investigating Fairness in Ranking Commonwealth Games Performance: Collaborative Mathematical Modelling in a Grade 5/6 Classroom*. In: BLUM, Werner et al. Modelling and Applications in Mathematics Education. Springer: New York, 2007.

MUDALY, Vimolan. *Modeling of Real-World Problems is often the Starting Point for Proof*. In: BLUM, Werner et al. Modelling and Applications in Mathematics Education. Springer: New York, 2007.

OSAWA, Hironori. *Development of Applications and Modeling by Action Re-Search in Japanese Secondary School*. In: BLUM, Werner et al. Modelling and Applications in Mathematics Education. Springer: New York, 2007.

POLLAK, H.O. *History of the Teaching of Modeling*. 2001. (mimeo)

SACKS, Oliver. *Um Antropólogo em Marte*. São Paulo: Cia das Letras, 1995.

SAEKI, Akihiko; UJIIE, Akiko e KUROKI, Nobuaki. *Students' Analysis of the Cooling Rate of Hot Water in a Mathematical Modelling Process*. In: BLUM, Werner et al. Modelling and Applications in Mathematics Education. Springer: New York, 2007.

SCHWARZKOPF, Ralph. *Elementary Modelling in Mathematics Lessons: The Interplay between "real-World" Knowledge and "Mathematical Structures"*. In: BLUM, Werner et al. Modelling and Applications in Mathematics Education. Springer: New York, 2007.

SENDOVA, Evgênia. *Motivating young students to study mathematics via visual modelling*. In: BLUM, Werner et al. Modelling and Applications in Mathematics Education. Springer: New York, 2007.

SEVERINO, Antônio Joaquim. *Educação, Sujeito e História*. São Paulo: Olho D'ÁGUA, 2001.

USISKIN, Zalman. *The Arithmetic Operations as Mathematical Models*. In: BLUM, Werner et al. Modelling and Applications in Mathematics Education. Springer: New York, 2007.

WHEAL, Michael. *Issues in Implement and Sustaining a Mathematics Curriculum Based on Applications and Modelling – the South Australian Experience*. In: BLUM, Werner et al. Modelling and Applications in Mathematics Education. Springer: New York, 2007.

VAN DOOREN, Wim, *et al.* *Students' Overreliance of Proportionality: Evidence from Primary School Students Solving Elementary Arithmetic Problems*. In: BLUM, Werner et al. Modelling and Applications in Mathematics Education. Springer: New York, 2007.

VERTUAN, Rodolfo Eduardo; ALMEIDA, Lourdes Maria Werle de. *O Uso de Diferentes Registros em Atividades de Modelagem Matemática*. In: Anais da V Conferência Nacional sobre Modelagem e Educação Matemática, Ouro Preto, 2007 (p. 877-887).

VOS, Pauline. *Large-Scale Mathematics Assessment using a Laboratory Environment*. In: BLUM, Werner et al. Modelling and Applications in Mathematics Education. Springer: New York, 2007.

ZERMIANI, Vilmar José. III Seminário de Avaliação das Feiras Catarinenses de Matemática. Blumenau: Edifurb, 2006.

WURMAN, R. S. *Ansiedade de Informação: Como Transformar Informação em Compreensão*. São Paulo: Cultura Editores Associados, 1991.

Maria Salett Biembengut: matemática, mestra em Educação Matemática (UNESP), doutora em Engenharia de Produção e Sistemas (UFSC) e pós-doutora em Educação (USP e University of New Mexico). Atua na Universidade Regional de Blumenau - FURB desde 1990 no Departamento de Matemática e nos Programas de Pós Graduação em Educação e Ensino de Ciências e Matemática. Dedicou-se a pesquisa em Processos e Métodos de Ensino e Aprendizagem, em especial, Modelagem Matemática desde 1986. Foi Presidente da Sociedade Brasileira de Educação Matemática – SBEM (1992 -1995) e do Comitê Interamericano de Educação Matemática – CIAEM (2003-2007). É fundadora do Centro de Referência em Modelagem Matemática no Ensino – CREMM.