

SOBRE A PESQUISA EM MODELAGEM MATEMÁTICA NO BRASIL

Jonei Cerqueira Barbosa¹

Universidade Estadual de Feira de Santana

Resumo: Este artigo é um ensaio teórico, no qual desenvolvo algumas reflexões sobre a pesquisa sobre Modelagem Matemática na Educação Matemática no Brasil. Argumento pela necessidade da comunidade de pesquisadores em Modelagem Matemática refletir sobre a natureza e os critérios de qualidade de sua produção científica. Para isto, inicialmente, traço um esboço da trajetória da comunidade, apontando seu processo de formação e consolidação. A seguir, trago uma discussão sobre critérios de cientificidade para o campo, o que é utilizado como “lente” para apontar alguns desafios através da análise de um caso. Por fim, discuto a agenda de pesquisa do campo, propondo ampliar o escopo da arena de inquérito.

Palavras-chave: Comunidade Científica, Educação Matemática, Modelagem Matemática, Pesquisa

Introdução

Este artigo é um ensaio sobre a pesquisa em Modelagem Matemática na perspectiva da Educação Matemática² em termos das práticas desenvolvidas pelos pesquisadores no Brasil. Faço isto da posição de pesquisador em Modelagem no país, articulando mais minhas vivências científicas. Trata-se mais de reflexões, no sentido etimológico do termo - do latim *reflectere*, quer dizer *fazer retroceder, pensar, que se volta sobre si mesmo* (CUNHA, 1989) -, colocadas para o debate entre os pares.

¹ Docente do Departamento de Ciências Exatas da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) e do Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências da UEFS e UFBA (Universidade Federal da Bahia). Membro do Núcleo de Pesquisas em Modelagem Matemática (NUPEMM) da UEFS. Home: <http://www.uefs.br/nupemm>. E-mail: joneicb@uol.com.br

² Neste artigo, quando falar de Modelagem Matemática, sempre refiro-me a ela na perspectiva na Educação Matemática. Também, por vezes, simplesmente usarei a palavra “Modelagem” em vez da expressão “Modelagem Matemática”, a fim de evitar repetições.

A preocupação central que orienta o presente texto é a comunidade científica de Modelagem Matemática: O que é ela? Como é sua prática? Quais são seus desafios? Segundo Kuhn (1997), “uma comunidade científica é formada pelos praticantes de uma especialidade científica”³ (p. 220). No nosso caso, trata-se dos pesquisadores em Modelagem Matemática. Porém, este autor detalha o conceito em aspectos específicos, sendo necessário mais adiante refletirmos se podemos dizer que existe uma comunidade científica de Modelagem no Brasil. Também usarei a expressão *campo científico*⁴ para me referir aos espaços sociais em que a comunidade científica desenvolve interlocução.

Kuhn (1997) argumenta que as comunidades podem ter muitos níveis, ou sejam, podem ter comunidades menores no interior de outras maiores. Este parece ser o nosso caso, já que a comunidade de Modelagem está mergulhada na de Educação Matemática. Não há fronteiras estanques com outras comunidades na Educação Matemática, já que podemos ter pesquisadores que atuam em outras comunidades também (por exemplo, Formação de Professores e Modelagem, Tecnologias Informáticas e Modelagem). Do mesmo modo, podemos ter pesquisadores que atuam também em comunidades externas à da Educação Matemática, como Matemática Aplicada, Educação, Ensino de Ciências, etc.

Chamarei de comunidades de fronteira àquelas que possuem proximidade epistemológica, às vezes compartilhando pressupostos teóricos e métodos de pesquisa, como, por exemplo, a Psicologia para a Educação Matemática.

A reflexão que desenvolvo aqui sobre a comunidade de Modelagem inicia-se através de uma breve descrição de sua formação. A seguir, considero um entendimento sobre a pesquisa, faço considerações sobre a produção científica da comunidade através de um caso particular e aponto uma visão sobre as implicações e os desafios para a consolidação do campo.

³ Estou ciente da polêmica em torno da noção de *comunidades científicas* proposto de Kuhn (1997), em que muitos autores o critica por agendá-la como uma estrutura autônoma e “pacífica” (MEHRTENS, 1976). Ao contrário, compartilho da posição de que as comunidades científicas se movimentam pelas suas lutas internas e não possuem um lógica de funcionamento totalmente endógena. Entretanto, para os propósitos deste artigo, a definição de comunidade científica é útil para delimitar aquilo que estou analisando.

⁴ Bourdieu (1983) apresenta uma formulação para a noção de campo científico, a qual não discutirei neste artigo. Segundo o autor, um campo é o *locus* onde se trava uma luta entre seus participantes para obtenção de capital simbólico que assegura posições de mais poder.

Sobre a trajetória

O crescimento do interesse por Modelagem Matemática no campo da Educação Matemática tem sido visível nas últimas décadas. Trata-se de um tema sempre presente nos eventos e publicações, suscitando interesse de professores e pesquisadores. Este crescimento tem impulsionado a configuração de uma comunidade brasileira de pesquisadores em Modelagem, cuja configuração parece estar relacionada à produção de dissertações e teses (FIORENTINI, 1996; SILVEIRA, 2007).

Um primeiro balanço sobre a produção de dissertações e teses sobre Modelagem no país foi realizada por Fiorentini (1996). Este autor analisou os 15 trabalhos concluídos no período de 1976-1994. A maioria dos estudos concentravam-se principalmente em instituições como Universidade Estadual Paulista (UNESP) e Universidade de Campinas (UNICAMP). Segundo a argumentação de Fiorentini (1996), estes estudos pioneiros possuíam o mérito de mostrar novas possibilidades para a educação matemática, porém ainda demandavam maior rigor científico, detendo-se mais na argumentação pela inclusão da Modelagem na sala de aula e sua respectiva ilustração através de exemplos.

Recentemente, Silveira (2007) realizou um levantamento da produção de dissertações e teses publicadas até 2005, mostrando que até este ano havia sido publicados 54 dissertações e 11 teses sobre o tema. Em particular, o autor mostra que a partir de 2002 a média de defesas de dissertações/teses é cerca de 8 ou 9 unidades/ano, enquanto que antes deste ano ficava em torno de 2 ou 3 unidades/ano.

Parece-me razoável também associar este crescimento à criação pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), em 2001, do Comitê de Ensino de Ciências e Matemática, de modo que foram autorizados novos cursos de pós-graduação *stricto sensu*, sendo que alguns deles (Universidade Estadual de Londrina, Universidade Federal do Pará, etc.) possuíam docentes com interesse explícito em Modelagem. Outro fator, também reconhecido por Silveira (2007), refere-se à formação de novos doutores no país que passaram a orientar

dissertações/teses sobre Modelagem, bem como o caso de pesquisadores que atuavam em outros campos e migraram para a da Modelagem Matemática.

Este levantamento de razões situa-se mais no campo hipotético, pois não irei fazer aqui uma análise sobre o crescimento do campo na Educação Matemática brasileira. O ponto que quis sublinhar é o crescimento da produção de dissertações e teses sobre Modelagem Matemática, o que, provavelmente, deve se refletir na produção de artigos em periódicos e eventos arbitrados, dado os critérios de avaliação da CAPES para os Programas de Pós-Graduação.

Esta produção científica significa que já temos um conjunto de conhecimentos sobre o tema. E como ela ocorre, em grande parte, nos Programas de Pós-Graduação, podemos relacionar com a formação de novos mestres e doutores que passaram e passarão a atuar na Área.

Ao mesmo passo que identificamos o crescimento da produção nos programas de pós-graduação (SILVEIRA, 2007), também lembro da criação e consolidação de espaços específicos para o debate sobre Modelagem Matemática: a Conferência Nacional de Modelagem na Educação Matemática (CNMEM) e o Grupo de Trabalho sobre Modelagem Matemática da Sociedade Brasileira de Educação Matemática (GTMM/SBEM).

Na organização da I CNMEM, em 1999, tive a oportunidade de estar envolvido na sua organização, juntamente com Jussara de Loiola Araújo, no momento ambos alunos do Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática da UNESP, *campus* de Rio Claro. Apesar de não se tratar de um espaço específico de pesquisa, trata-se de um evento em que relatos de pesquisa podem ser discutidos ao lado de relatos de experiências. O evento tem mantido sua periodicidade, culminando neste, a V CNMEM, em Ouro Preto, em que este texto está sendo discutido em mesa redonda.

Já o GTMM/SBEM foi estabelecido em 2001 pela Diretoria Executiva da SBEM, numa iniciativa de formar grupos de pesquisa no âmbito da entidade. O GTMM possui o claro objetivo de discutir relatos de pesquisas e desenvolver ações científicas. Até o momento, ele reuniu-se presencialmente durante os Seminários Internacionais de Pesquisa em Educação Matemática (SIPEM), ocorridos em 2003 e 2006, respectivamente, em Santos e Águas de Lindóia. Em um breve olhar nos Anais

(SBEM, 2003, 2006), percebemos que grande parte dos relatos de pesquisa discutidos são oriundos dos programas de pós-graduação credenciados no Comitê de Ensino de Ciências e Matemática da CAPES.

Relacionando os trabalhos de Fiorentini (1996), Silveira (2007) e a breve retomada histórica da criação da CNMEM e do GTMM/SBEM, sugiro que podemos dividir a trajetória do movimento científico da Modelagem Matemática no país em dois momentos. O primeiro, que ocorreu até meados de 2000, é marcado pela produção de dissertações/teses em torno de 2 ou 3 unidades/ano e pela ausência de espaços específicos para o debate científico. No segundo momento, observamos a produção de dissertações/teses em torno de 8 ou 9 unidades/ano e a constituição e consolidação de espaços particulares para o debate científico, a saber a CNMEM e o GTMM/SBEM.

Há também uma componente territorial nestes dois momentos. No primeiro, grande parte da produção científica estava concentrada em duas instituições, UNESP e UNICAMP (FIORENTINI, 1996; SILVEIRA, 2007). No segundo momento, podemos notar uma maior descentralização, envolvendo instituições da região Norte, Nordeste e Sul do país (SILVEIRA, 2007). Outra evidência deste aspecto pode ser notado no livro que, atualmente, o GTMM/SBEM está organizando (BARBOSA, CALDEIRA, ARAÚJO, 2007). Ele é composto por 15 capítulos, os quais expressam pesquisas realizadas em 14 instituições em 8 Estados da Federação.

Então, podemos dizer que existe uma comunidade científica em Modelagem no Brasil? Para discutir esta questão, reportarei-me à caracterização de Kuhn (1997) acerca das comunidades científicas. Usando seus critérios, parece-me legítimo dizer há um objeto claro que nos unifica, a Modelagem, e temos uma comunicação relativamente ampla através de eventos, bancas de defesas de dissertações e teses, publicações, etc. Porém, seguindo ainda a conceituação de Kuhn (1997), não nos encaixamos bem na característica de ter tido uma mesma iniciação profissional, já que parece-me razoável dizer que os pesquisadores em Modelagem possuem uma formação e trajetória profissional heterogênea, em grande medida pela jovem idade da comunidade. Igualmente, a característica de usar uma mesma literatura especializada não se aplica bem, como mostrarei adiante, no caso de nossa comunidade.

Entretanto, talvez estes dois últimos aspectos, sobre a iniciação profissional e a literatura especializada, não se aplicam totalmente à Educação Matemática e às comunidades que existem no seu interior. Pela natureza do objeto, multifacetado, atravessado por dimensões sociais, culturais, etc., parece-me desejável ter a presença de pesquisadores de diferentes trajetórias profissionais, trazendo contribuições de outros campos, mas mantendo os compromissos consensuados da comunidade. Igualmente, parece-me que a característica da literatura especializada deve ser relativizada, já que não podemos prescindir dos avanços teóricos ocorridos em outros campos. Portanto, a noção de comunidades científicas merece re-leitura para dar conta de casos particulares como o da Educação Matemática e suas comunidades.

Seguindo este argumento, penso ser legítimo dizer que existe uma comunidade científica de Modelagem no país, a qual se encontra em processo de consolidação. Ela possui fortes perspectivas de crescimento e de maior consolidação, já que muitos de seus membros estão envolvidos na formação de novos doutores, dos quais se espera que se envolvam na formação de outros pesquisadores, e na teorização do campo.

Entretanto, o crescimento e a consolidação da comunidade de Modelagem não depende apenas de aspectos numéricos, mas em particular de sua produção científica. Através dela, podemos contribuir para a consolidação do campo maior da Educação Matemática e, em última instância, oferecer subsídios para a sociedade.

Como decorrência, argumento que a comunidade necessita fazer uma reflexão mais sistemática sobre a prática de pesquisa em Modelagem. A seguir, tentarei fazer um “exercício” nesta direção, porém antes definirei o que estou entendendo por pesquisa de modo que o leitor possa perceber seu enviesamento na discussão posterior.

Sobre a pesquisa científica

A pesquisa científica pode significar diferentes coisas em diferentes comunidades científicas. Podemos facilmente reconhecer que os padrões de cientificidade nas ciências naturais claramente diferem daqueles praticados nas ciências humanas. Por sua vez, entre as chamadas ciências humanas, diferentes

comunidades possuem diferentes critérios. No caso da Educação Matemática, pela natureza do objeto, tivemos forte inspiração do campo da Educação. Não à toa que Araújo e Borba (2004), escrevendo sobre pesquisa em Educação Matemática, advertem que o texto também se aplica ao debate de pesquisa em Educação.

Podemos tentar explicitar alguns critérios que demarquem a pesquisa em relação a outras atividades, como elaboração de propostas curriculares, o relato de experiências ou a ação pedagógica (BICUDO, 1993). Fiorentini e Lorenzato (2006) revisaram várias definições sobre pesquisa e apresentaram uma nos seguintes termos:

é um processo de estudo que consiste na busca disciplinada/metódica de saberes ou compreensões acerca de um fenômeno, problema ou questão da realidade ou presente na literatura o qual inquieta/instiga o pesquisador perante o que se sabe ou diz a respeito (p. 60, *grifo nosso*).

Penso que esta definição, apesar de abrangente, traduz a prática científica corrente na comunidade de pesquisadores em Educação Matemática, de modo que merece discussão através das expressões que sublinhei acima. Começo por chamar a atenção para a expressão “busca disciplinada/metódica”, o que nos remete a idéia de que a pesquisa não pode ser uma atividade intuitiva, requerendo planejamento prévio através de um método. Deve ser pensada e prevista antes de ser executada.

A expressão “saberes ou compreensões” lembra-nos que este é o objetivo da pesquisa, gerar compreensões sobre o “fenômeno, problema ou questão”. Este pode ser formulado em termos de alguma lacuna na literatura ou de algum fato/problema observado na realidade social. Entretanto, como observam Araújo e Borba (2004), o que se quer saber na pesquisa deve ser formulado de modo delimitado e claro, a fim de que o método seja traçado adequadamente.

Outro aspecto presente na definição de Fiorentini e Lorenzato (2006) refere-se ao lugar do pesquisador. Os autores lembram que a pesquisa “deve” inquietar/instigar aquele que a desenvolve, não sendo um procedimento burocrático. Isto nos remete

para o critério de compromisso pessoal, ou seja, a pesquisa deve ser um prolongamento da história pessoal/profissional/científica do pesquisador.

Em resumo, podemos sintetizar a definição de pesquisa acima em termos do compromisso pessoal do pesquisador, da formulação de um problema de pesquisa e do método e da geração de compreensões. De forma mais específica ainda, pode-se definir padrões de cientificidade que atestam a qualidade da pesquisa. Por exemplo, Lester e Lambdin (1997) discutiram os seguintes critérios para estabelecer qualidade da pesquisa em Educação Matemática:

- importância: a potencialidade de contribuição científica e profissional para o campo;
- coerência: a ressonância entre o problema, os métodos de pesquisa e análise de dados;
- competência: o rigor na formulação do problema de pesquisa e na condução/descrição dos passos da pesquisa;
- acessibilidade: a descrição das bases teóricas que sustentam estudo e dos procedimentos de coleta e análise.
- ética: o modo como os participantes da pesquisa são abordados;
- credibilidade: o modo como os resultados são apoiados nos dados.

Estes critérios propostos por Lester e Lambdin (1997) lembram-nos que não basta à pesquisa ter o problema, a referencial teórico, o método, os dados e os resultados, mas há outros critérios de cientificidade que se referem ao modo de operá-los, os quais funcionam também na sua demarcação de validade na comunidade científica.

Os critérios de cientificidade também não podem ser reduzidos a regras. Há uma dimensão tácita que se constitui nas práticas sociais desenvolvidas pela comunidade científica. Kuhn (1997) mostra que a prática social do pesquisador está articulada com as práticas desenvolvidas no âmbito da comunidade que participa. Segundo o autor, isto conduz a uma convergência de julgamentos: “No interior de tais grupos a comunicação é relativamente ampla e os julgamentos profissionais relativamente unânimes” (p. 221). Segundo Kuhn (1997), há uma estrutura compartilhada pelos membros da comunidade, formada por certas generalizações, crenças, valores e

exemplares, as quais somente pode se ter acesso através da socialização na própria comunidade. Em outras palavras, aprende-se a pesquisar participando da comunidade científica.

A demarcação entre a pesquisa e outros tipos de atividades e os critérios de qualidade do campo encontram ressonância no âmbito da prática da comunidade científica. No caso do campo de Modelagem Matemática, a prática dos cientistas está compartilhada no campo da Educação Matemática, mesmo porque suas produções científicas são majoritariamente julgadas em seus Programas de Pós-Graduação, eventos e periódicos. Em particular, possui fortes interseções com o campo de Educação e de Ensino de Ciências, já que em veículos destas comunidades são também publicados relatos de pesquisa sobre Modelagem.

Como indiquei na seção anterior, a comunidade de Modelagem é jovem e com práticas científicas ainda em consolidação. Isto me remete a formular o argumento de que ela precisa exercitar uma interlocução mais ativa com a comunidade de Educação Matemática e seus campos científicos de fronteiras, a fim de fertilizar sua prática científica, vindo a clarificar suas particularidades e seus padrões de rigor.

Em resumo, nesta seção, demarquei um entendimento sobre pesquisa científica e seus critérios de qualidade. Argumentei que a qualidade do trabalho científico está fortemente articulado com as práticas correntes na comunidade em que ele ocorre. A seguir, descreverei a síntese da análise de alguns relatórios de pesquisa sobre Modelagem Matemática, canalizando parte da discussão desenvolvida até o momento.

Sobre a produção científica: o caso de um livro do GTMM/SBEM

Desenvolvi o argumento de que a comunidade de Modelagem deve formular uma reflexão sobre sua produção científica, a fim de subsidiar seu crescimento e consolidação⁵. Aqui, irei fazer um exercício nesta direção, analisando um caso específico. Em novembro de 2006, o GTMM/SBEM lançou uma “Chamada de Propostas de Artigos” para compor um livro sobre Modelagem (BARBOSA, CALDEIRA, ARAÚJO, 2007). O objetivo era que ele oferecesse um panorama da

⁵ Acho que existe espaço para o desenvolvimento de um estudo de fôlego sobre a forma e o conteúdo das dissertações, teses, artigos em periódicos e eventos sobre Modelagem publicados após 2000.

pesquisa sobre o tema no país, com relatos de diferentes grupos de pesquisa. Grande parte dos textos submetidos tiveram suas versões prévias apresentadas e discutidas nos II SIPEM e III SIPEM, os quais, por sua vez, eram, em parte, extraídos de dissertações e teses.

Considerando também que o GTMM/SBEM é um espaço claramente devotado à pesquisa, penso que os artigos submetidos ao livro constitui-se num caso representativo da pesquisa em Modelagem no país. Como fui editor, junto com outros dois colegas - Ademir Donizetti Caldeira e Jussara de Loiola Araújo -, tive a oportunidade de ter acesso a todos os textos no período de revisão. O processo de revisão foi aberto, ou seja, não houve pareceres *ah doc*, prolongando uma prática de discussão aberta e construtiva que se efetivou nos encontros presenciais do GTMM/SBEM.

Foram submetidos 20 artigos, sendo que 15 foram consolidados como capítulos. Tomando como material de análise os 20 capítulos ainda sem a revisão, li-os e busquei identificar questões pertinentes à idéia de pesquisa alinhavada na secção anterior. Busquei mapear os aspectos que percebi, independente do número de vezes que aparecesse. Muitos destes aspectos são também apresentados nos pareceres produzidos no processo de revisão dos capítulos, de modo que os autores tiveram a oportunidade de refletir sobre eles e produzir as versões atualizadas que foram à publicação.

Ao fazer esta análise, não me excludo, pois eu mesmo sou autor de um dos capítulos, nem estou buscando fazer um julgamento da produção de meus pares. Ao reler meu próprio capítulo para efeito do presente artigo, identifiquei aspectos que poderiam ter sido desenvolvidos de modo diferente. Portanto, a análise que fiz tem exatamente o sentido etimológico da palavra *reflexão* que assinalei na introdução do presente texto, a saber: *pensar detidamente, voltar para si mesmo*. A análise que faço a seguir, porém, reflete um modo de ver, que, em grande medida, traduz a identidade que desenvolvi como pesquisador na comunidade; certamente, outros colegas teriam outras perspectivas e/ou “enxergaria” outros aspectos. Não há como ser diferente!

A seguir, apresento a análise que realizei em termos de aspectos identificados. Não irei ilustrá-los, citando quais capítulos do livro os representam, já que os autores não estão neste espaço simbólico, este artigo, para o debate.

1) O objetivo da pesquisa

Encontrei textos que apresentam o objetivo da pesquisa em termos do desenvolvimento de atividades de Modelagem na sala de aula, o que segundo Bicudo (1993) afasta-se do que se entende por pesquisa científica. Neste caso, não há um problema claro e delimitado que permita dá conta de uma situação identificada na realidade ou na literatura.

Outro aspecto identificado é que objetivo pode apresentar diferentes versões no decorrer do relatório de pesquisa, vindo inclusive a representar diferentes focos. Como argumentam Lester e Lambdin (1997) e Araújo e Borba (2004), o objetivo deve ser cuidadosamente formulado, pois ele que orienta o desenvolvimento da pesquisa. Do mesmo modo, no relatório de pesquisa, há de se ter cuidado para não deixar o foco “deslizar”.

2) Coerência

Há textos em que o objetivo apresentado não se reflete em suas demais partes, ou seja, há uma inconsistência entre o propósito anunciado e o que é efetivamente desenvolvido no texto.

Outras vezes, há partes do relatório de pesquisa como “ilhas”, não mostrando relação muito clara com as demais partes. Em particular, isto pode ocorrer com a revisão de literatura ou partes dela, ou seja, idéias aí discutidas não aparecem, por exemplo, na abordagem dos dados. Trata-se do problema da coerência abordado por Lester e Lambdin (1997). Araújo e Borba (2004) ampliam esta discussão e assinalam a necessidade de se ter consonância entre a visão de conhecimento adotada na pesquisa e seus procedimentos metodológicos.

3) Referencial teórico

Por referencial teórico, entendo a literatura discutida para circunstanciar e sustentar o objetivo da pesquisa. Um dos aspectos que observei é ter a revisão de literatura externa ao campo da Modelagem, ou seja, não considerando os conhecimentos já produzidos nele. Assim, como a pesquisa não está assentada nos debates da comunidade, sua potencialidade de contribuição científica para ela fica muito fragilizada, ferindo o critério de importância assinalado por Lester e Lambdin (1997).

Às vezes, mesmo localizado no campo da Modelagem, a pesquisa apresenta uma discussão de literatura de pouca “cobertura”, considerando apenas os autores de seu grupo de pesquisa ou um pequeno número que não é representativo do debate sobre o assunto investigado no campo. Isto não significa que devemos realizar uma revisão de literatura do tipo que Alves-Mazzotti e Gewandszajder (1998) chama de *summa*: “é aquele tipo de revisão em que o autor considera necessário apresentar um resumo de toda produção científica da cultura ocidental sobre o tema” (p. 184). Sugiro a necessidade de mantermos um equilíbrio entre autores da comunidade nacional e internacional e de considerarmos um escopo razoável para fazer a discussão de literatura representativa do debate na comunidade científica.

Outro aspecto que merece discussão é sobre a interlocução da comunidade de Modelagem com outras, em particular, com a comunidade maior que fazemos parte, a Educação Matemática. Muitas vezes, as pesquisas não realizavam incursões por outros campos para nutrir a discussão de literatura, mesmo focando fenômenos que não se localizam apenas no campo da Modelagem. Hipoteticamente ilustrando, um estudo sobre formação de professores em Modelagem requer uma incursão pelo campo científico da Formação de Professores na Educação Matemática e pelo campo da Formação de Professores na Educação. Estas interlocuções permitem trazer para o campo de Modelagem os avanços já consolidados em outros campos de fronteira para fertilizar o nosso próprio campo. Em particular, isto se faz necessário, porque o objeto de nossa comunidade atravessa também o de outras.

4) Metodologia

No caso de pesquisas que envolveram coleta de dados, notei a necessidade de maior precisão e descrição do contexto da investigação, dos participantes e dos procedimentos metodológicos. Alguns textos não detalham como seus autores entendem procedimentos da metodologia, por que os escolheram, como aconteceram, quando, com quem, etc. Outra questão que também identifiquei é a ausência de coerência/consonância entre o objetivo de pesquisa e a metodologia estabelecida.

Lester e Lambdin (1997) têm assinalado a necessidade de rigor nos passos da pesquisa, sustentando teoricamente as escolhas e descrevendo como elas se efetivaram. Esta preocupação tem estreita relação com o critério de acessibilidade assinalada pelos autores, de modo que o “consumidor” do estudo possa identificar as bases que o sustentaram e como eles interferiram nos resultados, tendo, assim, subsídios para fazer sua crítica.

5) Credibilidade

Esta categoria refere-se a ausência de “evidências empíricas” que sustentam a argumentação tecida na apresentação dos resultados das investigações que envolveram coleta de dados. Às vezes, conclusões são anunciadas sem serem decorrências dos dados apresentados. Outras vezes, as conclusões vêm da literatura, de modo que não fica muito claro a função dos dados no estudo.

O papel dos dados na pesquisa é o de permitir a construção de compreensões acerca do objeto investigado. Portanto, as conclusões do estudo devem ser claramente assentadas na análise de dados. É o critério da credibilidade discutido por Lester e Lambdin (1997).

Estas cinco categorias discutidas a partir da análise dos 20 capítulos propostos sobre um livro de natureza científica permitem-nos, agora, apontar alguns desafios para a prática de pesquisa da comunidade de Modelagem. Eles se referem ao modo de conduzir a pesquisa e ao seu relatório, podendo ser sintetizados nos seguintes pontos:

- clareza sobre as fronteiras entre pesquisa científica e outros tipos de atividades (como relatos de experiências e elaboração de proposta);
- formulação do objetivo em termos claro e rigoroso;

- discussão de literatura assentada no campo da Modelagem, representando o debate corrente na comunidade, e com incursões em outros campos quando se fizer necessário;

- apresentação da metodologia em termos de sua definição e descrição de como ocorreu;

- construção das conclusões assentadas nos dados;

- coerência/ressonância entre todas as partes da pesquisa.

Penso que estes desafios também refletem uma certa prática corrente no campo do Educação Matemática, como tem sido discutido em Sierpinska e Kilpatrick (1997), Fiorentini (2006) e Araújo e Borba (2004). Porém, como a comunidade de Educação Matemática possui no seu interior comunidade menores, penso que é possível identificarmos diferentes apropriações deste debate. Talvez, comunidades mais consolidadas e que tenham uma trajetória advinda de práticas científicas mais estruturadas podem ter mais clareza sobre seus padrões de qualidade, como é, somente para citar um caso, a comunidade em torno do *International Group for the Psychology of Mathematics Education* (IGPME).

Penso que a comunidade de Modelagem não deve prescindir deste debate, não para enquadrar as práticas científicas, mas para torná-las visíveis e abertas ao debate, a fim de que possamos avançar a consolidação do campo. Parece-me um contra-senso não trazermos para discussão os padrões de cientificidade correntes na Educação Matemática e mesmo aqueles nos campos de fronteira.

Sobre a interlocução com a comunidade internacional

Um dos aspectos evidenciados na análise acima refere-se à abrangência da discussão de literatura nos estudos. Muitos dos relatórios de pesquisa restringe-se a fazer o que Alves-Mazzotti e Gewandszajder (1998) chamam de revisão xenófoba, ou seja, restringir-se à produção nacional. Talvez isto seja um sintoma de um desafio mais amplo para a comunidade nacional de Modelagem, superar a fraca interlocução com a comunidade internacional.

A origem dos estudos de Modelagem no país está fortemente associada aos de Etnomatemática na UNICAMP e UNESP no final dos anos 70 e início dos anos 80 (FIORENTINI, 1996), não tendo relação explícita com as movimentações, no mesmo período, para a configuração da *International Community of Teachers of Mathematical Modelling and Applications* (ICTMA), um grupo que agregou, naquele momento, os interessados no tema na Europa, Estados Unidos e Austrália (NISS, 1987; NISS, BLUM, GALBRAITH, 2007).

Junto com a formação do ICTMA, passaram a ser organizados eventos bianuais – *International Conferences on the Teaching of Mathematical Modelling and Applications* (ICTMA) – desde 1983, os quais tiveram um papel decisivo para a ampliação desta comunidade internacional. Desde 2004, o ICTMA passou ser um grupo filiado ao *International Commission on Mathematical Instruction* (ICMI), passando a se chamar “*The International Study Group for Mathematical Modelling and Applications*”, mas mantendo a mesma sigla⁶.

A formação e consolidação das comunidade nacional e internacional praticamente ocorreram em paralelo. A limitada participação de brasileiros no âmbito do ICTMA teve repercussões para ambas comunidades. Enquanto que a internacional ficou privada dos avanços e das particularidades dos estudos brasileiros, como por exemplo a abordagem etnomatemática para o tema (FIORENTINI, 1996), nós ficamos privados das contribuições do ICTMA.

Este aspecto tem relação com o critério de importância assinalado por Lester e Lambdin (1997). Certamente, nossos estudos possuem pouco potencial de contribuir no campo internacional se não agendamos o estado atual do debate nele em nossas pesquisas; da mesma forma, estudos internacionais podem possuir pouco potencial de contribuir com a comunidade nacional se não consideram a produção brasileira na sustentação teórica de suas investigações.

Entretanto, penso que a comunidade nacional já assumiu o desafio de interlocução com a internacional, inclusive como parte das movimentações no segundo momento de sua trajetória. Um indício disto pode ser extraído da análise dos *ICTMA books*, que são os livros publicados durante ou após a realização das conferências internacionais (desde 1983, totalizam 13 edições) e que oferecem um

⁶ Veja detalhes sobre o ICTMA em <http://www.ictma.net>.

panorama do campo internacional. Abaixo, cito as participações de brasileiros nestas publicações:

- 3 capítulos do *ICTMA9 book* (ARAÚJO, SALVADOR, 2001; BARBOSA, 2001; FRANCHI, 2001);
- 1 capítulo no *ICTMA11 book* (BARBOSA, 2003);
- 4 capítulos no *ICTMA12 book* (ARAÚJO, 2007; BARBOSA, 2007; BIEMBENGUT, HEIN, 2007; FRANCHI, 2007);
- 3 no *ICTMA13 book* (BARBOSA, *no prelo*; BIEMBENGUT, *no prelo*; OLIVEIRA, BARBOSA, *no prelo*).

Como se podemos notar, a participação brasileira no ICTMA é recente. Ela, entretanto, ainda é limitada, se considerarmos as dimensões que a comunidade nacional possui. Portanto, a meu ver, este é um desafio que precisamos assumir de modo mais contudente.

Sobre os focos do campo

No livro organizado pelo GTMM/SBEM (BARBOSA, CALDEIRA, ARAÚJO, 2007), os 15 capítulos foram organizados em torno de cinco temas: relação entre matemática e realidade e entre matemática e modelagem; a prática social dos alunos; o uso de tecnologias da informação e comunicação; e a formação e a prática de professores. Eles nos sugerem quais são os focos da pesquisa em Modelagem no país.

Niss, Blum e Galbraith (2007) têm apresentado uma conceitualização do campo em termos de domínios e níveis. Os autores argumentam que os domínios podem ser noções (aspectos teóricos), sala de aula (práticas dos alunos e professores) e sistema (sistema de ensino e política educacional). Quanto aos níveis, os autores especificam em primário, secundário, superior e formação do professor.

Penso que a conceitualização oferecida pelos autores é limitada por restringir a arena de investigação do campo de Modelagem ao contexto escolar. O estudo de práticas sociais de Modelagem que ocorrem exterior ao ambiente educacional deve também compor a agenda do campo, como, por exemplo, aquelas desenvolvidas por matemáticos aplicados. Não estou me referindo a incluir no campo o objeto desta

comunidade, mas o estudo de como fazem modelagem. Investigações desta natureza possuem não somente o potencial de decorrer implicações para a Modelagem na Educação Matemática, mas também de permitir o estabelecimento de canais profícuos de interlocuções com outros campos.

Por consequência, apresento o argumento de que o objeto do campo científico da Modelagem deve ser formulado em termos do estudo das práticas sociais de Modelagem, as quais podem se realizar em diferentes contextos, sendo a educação formal somente uma delas.

Este entendimento traz uma certa tensão para a noção de Modelagem, porque ela significa coisas diferentes em contextos sociais diferentes. Os critérios de validade de modeladores profissionais podem ser muito diferentes dos critérios de validade assumidos no contexto escolar (BARBOSA, 2006). Assim, o pesquisador pode considerar a noção de Modelagem vigente no contexto em que investiga, além de sua própria posição teórica.

Em particular, no contexto educacional, há um amplo escopo de conceituações sobre Modelagem (SILVEIRA, 2007). Esta multiplicidade é salutar para o campo, pois implica em um rico debate. Há uma idéia que une todos os membros da comunidade, a saber a de relação entre matemática e situações oriundas das disciplinas ou do dia-a-dia numa perspectiva da Educação Matemática.

Entretanto, para atender ao critério de acessibilidade discutida por Lester e Lambdin (1997), é necessário que o pesquisador explicita seu entendimento teórico sobre Modelagem, de modo que torne visível o modo como recortou o objeto de estudo, pois diferentes entendimentos permitem ver diferentes coisas.

Não se trata apenas de definir as fronteiras entre o que é considerado Modelagem ou não, mas também uma forma mais geral de concebê-la relativa aos seus propósitos, o que podemos chamar de *perspectivas*. Kaiser e Sriraman (2006) revisou a literatura e apresentou cinco perspectivas de Modelagem:

- realística: as situações-problema retiradas diretamente da indústria ou da ciência, propiciando aos alunos o desenvolvimento das habilidades de resolução de problemas aplicados;

- epistemológica: as situações-problema são estruturadas para gerarem o desenvolvimento da teoria matemática;
- educacional: propõe-se a integrar situações-problema autênticos com o desenvolvimento da teoria matemática;
- sócio-crítica: as situações devem propiciar a análise da natureza dos modelos matemáticos e seu papel na sociedade;
- contextual: as situações são devotadas à construção da teoria matemática, mas sustentadas nos estudos psicológicos sobre sua aprendizagem.

Conforme a perspectiva, determinados fenômenos são mais visíveis que outros. Para ilustrar, cito o caso da perspectiva realística preocupada no desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas aplicados dos alunos. Nesta perspectiva, a investigação sobre competências e habilidades dos alunos se faz muito presente, como, por exemplo, nos estudos de Crouch e Haines (2007). Com isto, quero sublinhar o fato de diferentes perspectivas acabarem gerando diferentes agendas de investigações, fazendo-se necessário que o pesquisador explicita claramente de que perspectiva ver a Modelagem.

Para não concluir...

O título desta seção é emblemática do propósito deste artigo. Trata-se de uma reflexão sobre o campo da Modelagem Matemática na Educação Matemática no país realizada por alguém que participa dela. Não se trata de conclusões, ao contrário, este texto é deliberadamente aberto à revisão, já que seu propósito é gerar subsídios para o debate.

Iniciei retomando a formação do campo de Modelagem na Educação Matemática e sugerindo que ele está em processo de consolidação, o que nos coloca o desafio de pensar sobre sua produção científica. Em particular, aponte a necessidade da comunidade refletir sobre critérios de cientificidade e rigor de sua produção. Por fim, sugiro que a agenda de pesquisa do campo deve abarcar as diversas práticas sociais de Modelagem Matemática, não se restringindo apenas aos contextos formais de educação.

O que concluo da discussão que alinharei aqui? Acredito que o texto é mais o levantamento de questões para debate. Ele me deixou mais certo de que precisamos amadurecer os pontos levantados. Vamos à discussão!

Agradecimentos

Agradeço à Comissão Científica da V CNMEM pelo convite para compor a mesa redonda sobre “A Pesquisa em Modelagem Matemática”, o que me motivou a desenvolver a reflexão posta neste artigo.

Apesar de não ser responsável pelas posições adotadas aqui, agradeço a Ademir Donizetti Caldeira (UFSC) pelos comentários à versão prévia deste artigo. Igualmente, agradeço a meus colegas de grupo de pesquisa (NUPEMM/UEFS) pelos comentários oferecidos na revisão deste texto: Ana Virgínia de Almeida Luna, Andreia Maria Pereira de Oliveria, Jonson Ney Dias da Silva, Marcelo Leon Caffé de Oliveira, Marluce Alves dos Santos e Taise Sousa Santana.

Referências

ALVES-MAZZOTTI, A. J.; GEWANDSZNADJER, F. *O método nas ciências naturais e sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa*. São Paulo: Pioneira, 1998.

ARAÚJO, J. L.; BORBA, M. C. Construindo pesquisas coletivamente em Educação Matemática. In: BORBA, M. C.; ARAÚJO, J. L. (orgs.) *Pesquisa qualitativa em Educação Matemática*. Belo Horizonte: Autêntica, 2004. p. 25-45.

ARAÚJO, J. L. Modelling and critical use of mathematics. In: HAINES, C. et. al (eds.). *Mathematical modelling: education, engineering and economics*. Chichester: Horwood Publishing, 2007. p. 187-194.

ARAÚJO, J. L.; SALVADOR, J. A. Mathematical Modelling in Calculus Courses. In: MATOS, J. F. et. al (Eds.). *Modelling and Mathematics Education*. Chichester: Horwood Publishing, 2001. p. 195-204.

BARBOSA, J. C. Mathematical Modelling in pre-service teacher education. In: MATOS, J. F. et. al (Eds). *Modelling and Mathematics Education: applications in science and technology*. Chichester: Ellis Horwood, 2001. p. 185-194.

BARBOSA, J. C. What is Mathematical Modelling? In: LAMON, S. J.; PARKER, W. A.; HOUSTON, S. K. (Eds.). *Mathematical Modelling: a way of life*. Chichester: Ellis Horwood, 2003. p. 227-234.

BARBOSA, J. C. Mathematical modelling in classroom: a critical and discursive perspective. *ZDM. Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, v. 38, n. 3, p. 293-301, 2006.

BARBOSA, J. C. Teacher-student interactions in mathematical modelling. In: HAINES, C. et. al (Eds.). *Mathematical Modelling: education, engineering and economics*. Chichester: Horwood Publishing, 2007. p. 232-240

BARBOSA, J. C. On the students' discussion in the modelling environment. In: LESH, R. et. al (Eds.). *Mathematical Modelling ICTMA13: education and the design sciences*. Chichester: Ellis Horwood, No prelo 2008.

BARBOSA, J. C.; CALDEIRA, A. D.; ARAÚJO, J. L. (Orgs). *Modelagem Matemática na Educação Matemática Brasileiras: pesquisas e práticas educacionais*. Recife: SBEM, No Prelo 2007.

BIEMBENGUT, M. S.; HEIN, N. Modelling in Engineering: advantages and difficulties. In: HAINES, C. et. al (Eds.). *Mathematical Modelling: education, engineering and economics*. Chichester: Horwood Publishing, 2007. p. 415-423.

BIEMBENGUT, M. S. Mathematical Modeling: implications for teaching. In: LESH, R. et. al (Eds.). *Mathematical Modelling ICTMA13: education and the design sciences*. Chichester: Ellis Horwood, No prelo 2008.

BICUDO, M. A. V. Pesquisa em Educação Matemática. *Pro-posições*, v. 4, n. 1 [10], p. 18- 23, 1993.

BOURDIEU, P. O campo científico. In: ORTIZ, R. (Org.). *Pierre Bourdieu: sociologia*. São Paulo: Ática, 1983. p. 122-155.

CROUCH, R.; HAINES, C. Exemplar models: expert-novice student behaviors. In: HAINES, C. et. al (Org.). *Mathematical Modelling: education, engineering and economics*. Chichester: Horwood Publishing, 2007. p. 90-100.

CUNHA, A. G. da. *Dicionário Etimológico Nova Fronteira da Língua Portuguesa*. 2. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1989. 839 p.

FIorentini, D. *Brazilian research in mathematical modelling*. Sevilla: ICME, 1996. 20 p. Paper presented in the GT-17at 8th International Congress on Mathematical Education, Sevilla, 1996.

FIorenti, D.; LOrenzato, S. *Investigação em educação matemática: percursos teóricos e metodológicos*. Campinas: Autores associados, 2006.

FRANCHI, R. H. O. L. Learning environment through modelling and computing. In: HAINES, C. et. al. *Mathematical Modelling: education, engineering and economics*. Chichester: Ellis Horwood, 2007. p. 473-479.

KAISER, G.; SRIRAMAN, B. A global survey of international perspectives on modelling in mathematics education. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, v. 38, n. 3, p. 302-310, 2006.

KUHN, T. S. *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Perspectiva, 1997.

LESTER, F. K.; LAMBDIN, D. V. The ship of Theseus and other metaphors for thinking about what we value in Mathematics Education research. In: SIERPINSKA, A.; KILPATRICK, J. (Eds.) *Mathematics Education as a research domain: a search for identity: an ICMI study*. Dordrecht: Kluwer, 1998. p. 415-425.

MEHRTENS, H. T. S. Kuhn's theories and mathematics: a discussion paper on the "new historiography" of mathematics. *Historia Mathematica*, v. 3, n. 3, p. 297-320, 1976.

NISS, M. Applications and modelling in the mathematics curriculum – state and trends. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, v. 18, n. 4, p. 487-505, 1987.

NISS, M.; BLUM, W.; GALBRAITH, P. Introduction. In: BLUM, W. et. al (Eds). *Modelling and Applications in Mathematics Education: the 14th ICMI Study*. New York: Springer, 2007. p. 3-32.

OLIVERA, A. M. P.; BARBOSA, J. C. Mathematical Modelling and the teachers' tensions. In: LESH, R et al. (Eds.). *Mathematical Modelling ICTMA13: education and the design sciences*. Chichester: Ellis Horwood, No prelo 2008.

SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 2, Santos, 20 out – 1 nov. 2003. *Anais...* Santos: SBEM, 2003. 1 CDROM.

SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 3, Águas de Lindóia, 11-14 out. 2006. *Anais...* Águas de Lindóia: SBEM, 2006. 1 CDROM.

SIERPINSKA, A.; KILPATRICK, J. (Eds.) *Mathematics Education as a research domain: a search for identity: an ICMI study*. Dordrecht: Kluwer, 1998.

SILVEIRA, E. *Modelagem Matemática em Educação no Brasil: entendendo o universo de teses e dissertações*. 2007. 197 p. Dissertação (Mestrado em Educação) – Setor de Educação da Universidade Federal do Paraná – UFPR, Curitiba, 2007.