



Modelagem Matemática e os professores: a questão da formação.¹²³

Jonei Cerqueira Barbosa⁴

Resumo

Este artigo discute os processos de formação dos professores em relação à Modelagem. Utilizamos o conceito de concepções e de contexto escolar para analisar estudos que focalizam o pensamento e o comportamento dos professores em contato com Modelagem. A partir daí, levantamos implicações teórico-práticas e estratégias para orientar ações de formação com professores, advogando que essas devem se apoiar reflexivamente nas experiências com Modelagem no contexto da sala de aula.

Abstract

This paper discusses the processes of teaching modelling to teachers. We use the concepts of conceptions and school context to analyze studies that focus on teachers thinking and behavior when dealing with modelling. We then highlight theoretical-practical implications and strategies to guide training activities for mathematics teachers, advocating that such activities should be reflexively based on practical experiences with modelling in the classroom context.

1. Introdução

Modelagem Matemática tem sido defendida como uma das abordagens pedagógicas para o ensino de Matemática (Anastácio, 1990; Bassanezi, 1994a, 1994b; Blum & Niss, 1991; Borba, Meneghetti & Hermini, 1997, 1999). Documentos oficiais, como os *Parâmetros Curriculares Nacionais de Matemática*, fazem menção a atividades desse porte (MEC, 1998).

Neste contexto, entendo Modelagem⁵ como um ambiente de aprendizagem no qual

¹ Digitalizado por Débora da Silva Soares e Walderez Soares Melão.

² O presente artigo é parte de projeto de investigação financiado pela FAPESP/Capes. Foi parcialmente apresentado na Mesa Redonda sobre “Modelagem Matemática na Formação de Professores” durante a I Conferência Nacional sobre Modelagem e Educação Matemática, Rio Claro, nov. 1999.

³ Ainda que não sejam responsáveis pelas posições adotadas aqui, gostaríamos de agradecer pelos comentários à versão preliminar deste artigo: Ana K. Cancian (UNESP), Andréia M. P. de Oliveira (UNESP), Déa N. Fernandes (UFMA/UNESP), Elaine Catapani (UNESP), Heloísa da Silva (UNESP), Jussara de L. Araújo (UFMG/UNESP), Marcelo de C. Borba (UNESP), Nilce F. Scheffer (URI-RS/UNESP), Maria Helena Bizzeli (UNESP), Miriam G. Penteadó (UNESP) e Vicente Garnica (UNESP)

⁴ Doutorando em Educação Matemática e membro do GPIMEM – Grupo de Pesquisa em Informática e outras Mídias e Educação Matemática (UNESP, *Campus* de Rio Claro).

⁵ A partir daqui, deixamos de usar o adjetivo “Matemática” para o termo “Modelagem” – ficando este implícito – como um recurso para evitar repetições.

os alunos são convidados a indagar e/ou investigar, por meio da Matemática, situações oriundas de outras áreas da realidade. Essas se constituem como integrantes de outras disciplinas ou do dia-dia; os seus atributos e dados quantitativos existem em determinadas circunstâncias.

Consideramos que o ambiente de aprendizagem da Modelagem pode se configurar através de três níveis. Eles não significam uma prescrição, mas, ao contrário, é uma teorização crítica da prática corrente. Trata-se de zonas de possibilidades sem limites claros que ilustram a materialização da Modelagem na sala de aula.

Nível 1. Trata-se da "problematização" de algum episódio "real". A uma dada situação, associam-se problemas. A partir das informações qualitativas e quantitativas apresentadas no texto da situação, o aluno desenvolve a investigação do problema proposto. Ilustrações desse tipo de atividade encontram-se em Franchi (1993) e Kitchen e Williams (1993).

Nível 2. O professor apresenta um problema aplicado, mas os dados são coletados pelos próprios alunos durante o processo de investigação. Encontram-se tarefas desse nível em Biembengut (1999) e Galbraith e Clatworthy (1990).

Nível 3. A partir de um tema gerador, os alunos coletam informações qualitativas e quantitativas, formulam e solucionam problemas. Bassanezi (1994a, 1994b), Biembengut (1990), Borba, Meneghetti e Hermini (1997, 1999) desenvolveram esse tipo de atividade.

A medida que se vai percorrendo do nível 1 para o 3, aumenta-se o "grau de abertura", e espera-se que os alunos assumam paulatinamente a condução das atividades. Foge aos propósitos deste artigo discutir mais profundamente nossa compreensão acerca dos níveis, porém a retomaremos no decorrer do artigo. Sempre que se fizer necessário, indicaremos o tipo (ou nível) das atividades de Modelagem citadas; quando não for especificado, é porque se referira a todos os três níveis. Passaremos, agora, a considerar as

implicações da proposta de Modelagem na prática dos professores de Matemática e questões decorrentes dessa consideração.

É amplamente reconhecido que o papel desempenhado pelos professores é estratégico em qualquer proposta curricular, pois são eles que organizam, decidem e orquestram as atividades de sala de aula. Sabemos que os professores interpretam e implementam novas propostas à luz de seus conhecimentos e concepções (Thompson, 1992). Cabe, portanto, considerar a formação de professores como uma das questões prioritárias, se não a mais importante, no âmbito da proposta de Modelagem no ensino.

No Brasil, há poucos registros de estudos sobre a formação de professores em relação a Modelagem. Especula-se que, na formação inicial, quando esta temática é abordada, ocorre de maneira mais informativa do que formativa, através de leituras pontuais de textos (Bertoni, 1995). Já na formação continuada, grande parte das ações concentra-se em cursos de pós-graduação *lato senso* e/ou alguns cursos de extensão desenvolvidos por grupos institucionais de educadores matemáticos (Bassanezi, 1994a; Biembengut, 1999; Burak, 1992; Gazzeta, 1989). Porém, mesmo nos locais onde predominam esses esforços, há poucas evidências de que os professores estejam usando Modelagem em suas aulas⁶.

Tomando esse quadro como referência, o presente estudo debruça-se sobre a questão da formação de professores de Matemática em relação à Modelagem. Para tal, a literatura a respeito das perspectivas de professores sobre esse ambiente de aprendizagem é retomada. A seguir, aprofunda-se o entendimento sobre a prática do professor através de uma incursão pela área *Formação de Professores*, a fim de levantar alguns pressupostos que orientem ações de formação docente em relação à Modelagem e, finalmente, sugerimos estratégias de ação.

2. Os professores em contato com a Modelagem

Alguns estudos indicam que os professores possuem cautela com a Modelagem no ensino. Num levantamento exploratório, constata-se um certo estado de tensão dos professores perante a Modelagem, Ao mesmo tempo em que eles sustentam dificuldades na implementação, defendem esta abordagem (Barbosa, 1999). Referindo-se às vantagens, os

⁶ O Prof. Dr. Geraldo Pompeu Jr., ao participar de Mesa Redonda na I Conferência Nacional sobre Modelagem e Educação Matemática (Rio Claro, nov. 1999), assinala que muitos professores que participam de cursos sobre Modelagem não se engajam em usar esta abordagem em suas aulas.

professores assinalam que a Modelagem contribui na compreensão dos conceitos matemáticos, desenvolve habilidades de pesquisa e experimentação, leva em conta o contexto sócio-cultural e, por fim, viabiliza a interdisciplinaridade e a espiralização do currículo. Ao falar dos obstáculos, os professores citam os programas pré-estruturados, os pais, a burocracia educacional e os próprios alunos.

Outros estudos convergem para esses resultados. No trabalho de Gazzetta (1989), que descreve um curso *lato senso* baseado em Modelagem, percebe-se a dualidade de perspectivas no discurso dos professores. Analisando os trabalhos finais de curso, é possível notar que os professores projetaram para a sala de aula suas próprias satisfações com a experiência em Modelagem. Mas, por outro lado, eles são reticentes e reivindicam "tempo" para ganhar familiaridade com o método. Parece que os professores perceberam a necessidade de desenvolver conhecimentos diversos daqueles que vinham utilizando e, para isso, sentiram a necessidade de convivência mais prolongada com a Modelagem.

Burak (1992), por sua vez, acompanhou professores durante um programa de formação⁷ e, posteriormente, quando esses utilizaram Modelagem (nível 3) em suas salas de aula. As conclusões apontam que os professores acreditavam que a Modelagem conferisse maior significado às atividades escolares, propiciasse envolvimento dos alunos, promovesse melhor relacionamento e influísse positivamente no desempenho escolar. Por outro lado, sublinhavam sua insegurança em continuar utilizando Modelagem em suas aulas e com a reação de outros atores da escola (os colegas de trabalho, os diretores, os pais, os alunos). Os professores verbalizaram seu próprio "despreparo" para desenvolver atividades dessa natureza e assinalaram que a continuidade da aplicação da Modelagem seria a forma adequada de adquirir experiência, segurança e confiança.

Um estudo realizado por Kitchen e Williams (1993), no contexto da implementação de um novo guia curricular inglês, apresenta um caso no qual os professores evitavam se envolver nas tarefas de Modelagem (tipo nível 1) dos alunos, quando não estavam seguros de como ajudá-los. Uma hipótese possível é que os professores tivessem algum receio de que não soubessem responder as perguntas dos alunos, sendo preferível ausentarem-se da

⁷ Entendo programa de formação como um grupo de pessoas que participam, num período de tempo determinado, de atividades estruturadas para alcançar objetivos determinados.

tarefa de intervenção.

Ao que se pode notar, os professores podem tender a ver a Modelagem como uma abordagem adequada para o ensino de Matemática. Mas, ao pensar e ao fazer sua operacionalização, limitações no contexto de trabalho e em suas próprias competências são evidenciadas. Essa caracterização leva-nos a aprofundar a compreensão das perspectivas dos professores em contato com Modelagem.

3. Uma análise possível

Com base nesses materiais apresentados pela literatura, passaremos a buscar uma compreensão coerente para o comportamento e o pensamento dos professores em contato com Modelagem. Essa discussão insere-se também na área *Formação de Professores*, para onde realizaremos uma incursão a fim de aproveitar seus avanços teóricos. Muitas das considerações levantadas adiante são pertinentes a outras áreas da Educação Matemática (como tecnologias, investigações matemáticas). Entretanto, em geral, os aportes trazidos do campo *Formação de Professores* se singularizam à medida que servem ao propósito da Modelagem.

É pertinente considerar a maneira como professor pensa a Modelagem como um dos fatores que afetam sua prática. O discurso (Gazzeta, 1989) e a prática dos professores (Kitchen e Williams, 1993) ilustram essa afirmação. Também é possível notar o papel do contexto escolar como "limitante" da ação do professor (Barbosa, 1999; Burak, 1992). Diante dessas assertivas, sentimo-nos subsidiados a usar dois conceitos para uma possível análise: as concepções dos professores e o contexto escolar.

As concepções são formadas por proposições sobre o mundo tidas pelo sujeito como verdadeiras e aceitas como guias para avaliar o futuro, para apoiar decisões ou para julgar o comportamento de outros (Richardson, 1996). É amplamente aceito que as concepções de Matemática e seu ensino tem influências sobre a prática de ensino dos professores (Thompson, 1992).

O contexto escolar refere-se ao ambiente social no qual o professor desenvolve seu trabalho, sendo constituído pelas expectativas dos outros atores (pais, alunos, superiores, outros professores), pelos guias curriculares, pelo esquema curricular, pelo livro didático

adotado, pelo sistema de avaliação da escola e pela própria estrutura institucional (Ernest, 1989).

Concepções⁸ e contexto são conceitos diferentes, mas imbricados. O primeiro refere-se às idéias, à consciência das coisas em nível particular; o segundo, às instituições, às regras sociais, às outras pessoas. Porém, as concepções manifestam-se num determinado contexto; sem este não há como essas se manifestarem. As concepções agem, interpretam e dirigem a ação nos limites e oportunidades oferecidos pelo contexto. Assim, as fronteiras entre ambos conceitos são mais didáticas (para o entendimento) do que possíveis.

Conjugando concepções e contexto, através das experiências cotidianas com o ensino, o professor gera conhecimentos amparados naquilo que ocorre no desenvolvimento da sua prática docente. Esses conhecimentos mostram-se na própria ação, pois são constituídos a partir de suas concepções e das oportunidades e limitações do ambiente de trabalho, e são denominados de *práticos* ou *profissionais* (Elbaz, 1983; Llinares, 1998; Ponte & Santos, 1998). Trata-se de um conhecimento claramente ligado à experiência e à prática. Esses conhecimentos incluem não somente informações específicas sobre dados e métodos para abordar dilemas da sala de aula, mas as informações para compreender os problemas decorrentes da tarefa de ensinar.

Assim, esses dois conceitos - *concepções* e *contexto escolar* - subsidiam a prática docente diretamente através de seus conhecimentos práticos. As concepções oferecem as bases para a ação, a qual é limitada e situada no contexto escolar. A ação no contexto escolar gera conhecimentos práticos. E desse ponto de vista, então, que começamos a aprofundar o entendimento sobre os professores em contato com a Modelagem.

Após esse olhar pela área *Formação de Professores*, de onde levantamos conceitos a serem usados adiante, retomemos a literatura sobre Modelagem e professores com o objetivo de aprofundar uma análise acerca desta temática.

É possível afirmar que os programas de formação em Modelagem não têm tido dificuldade para convencer os professores sobre a plausibilidade de suas propostas. Pelo menos no discurso, a Modelagem e atividades de semelhante natureza são defendidas pelos

⁸ Daqui para frente toda vez que nos referirmos a concepções, tratar-se-á das concepções dos professores em relação à matemática e ao ensino de matemática.

docentes. Entretanto, isso não significa que os professores mudaram suas concepções acerca de seu trabalho. De fato, uma experiência positiva com Modelagem leva os professores a defenderem este método (Barbosa, 1999; Burak, 1992; Gazzetta, 1989), mas é preciso lembrar que novas experiências são integradas *num quadro de práticas e concepções já bem experimentadas e sedimentadas desde a infância e a formação inicial, reforçadas pela cultura da escola e as representações sociais dominantes* (Ponte & Santos, 1998, p. 29).

Experiências com Modelagem provavelmente são integradas num quadro conceptual consolidado. As concepções mostraram sua força nas práticas docentes dos professores estudados por Kitchen e Williams (1993). Os professores estavam utilizando uma abordagem baseada em Modelagem por força de mudanças no contexto escolar (no caso, a implantação do novo guia curricular), entretanto eles a interpretaram de acordo com suas concepções cristalizadas no decorrer de suas experiências anteriores. Levantamos como possível que eles não tenham se envolvido nas atividades dos alunos devido a crença de que o papel do professor é dar respostas para todas as perguntas. Parece que estava fora do previsto a idéia de que o professor pudesse colocar-se como participante da tarefa dos alunos.

As concepções, metaforicamente falando, funcionam como lentes pelas quais o sujeito dá significados às suas experiências. Porém, as concepções, elas mesmas, advêm das experiências (Richardson, 1996). Assim, é de se esperar que experiências inovadoras acabem interferindo nas concepções. O erro, porém, está em considerar que isso é possível em curto espaço de tempo. Ponte e Santos (1998, p. 28), com razão, lembram-nos que *o acumular de novas experiências e a mudança do contexto tem a sua influência na evolução das práticas e das próprias concepções, mas numa escala de tempo muito alargada - de semanas, meses, anos, ou décadas*.

O contexto escolar, por sua vez, pode contribuir para manter ou alterar concepções dos professores no decorrer do tempo. Como assinalado anteriormente, os professores citam o contexto como justificativa para não alterar suas práticas. Em alguns estudos aparecem mais claramente as percepções dos docentes acerca dos modelos, valores e símbolos que constituem seu ambiente de trabalho (Barbosa, 1999; Burak, 1992). Os professores, porém, não conseguem desafiar esse ambiente, aceitando-o tal como ele se apresenta, e tendendo a caracterizá-lo sem maiores reflexões.

Os professores, de acordo com nossas interpretações, tendem a perceber a Modelagem como algo "fora" das possibilidades dos seus contextos escolares. Essa percepção é corroborada por, possivelmente, não terem *conhecimentos práticos* sobre a organização curricular, as estratégias didáticas, a compatibilização com os programas, o envolvimento dos alunos, o seu papel, etc.

De fato, é razoável considerar que a Modelagem se diferencia da chamada "prática tradicional", que ainda é hegemônica nas salas de aula. Entre uma abordagem e outra, existe uma considerável diferença e os professores, muitas vezes, não se sentem seguros para desenvolver Modelagem em suas aulas. A tarefa da formação é, portanto, oferecer aos professores a possibilidade de se moverem para essa proposta.

4. Implicações teórico-práticas

Esta análise a respeito dos professores em contato com a Modelagem permite extrair algumas implicações para as ações de formação de professores relativas a este ambiente de aprendizagem.

A primeira implicação possível é propiciar o contato dos professores com os vários tipos - ou níveis - de abordagens da Modelagem, de modo que eles possam eleger o possível para seus contextos escolares. Os níveis não só representam diferentes tipos, como essa classificação pode representar o próprio caminho para a formação. Certamente, o professor que atualmente desenvolve a chamada prática tradicional sente-se mais a vontade para desenvolver atividades do nível 1 com os alunos, de onde pode avançar para o 2 e, daí, para o 3.

A segunda implicação é o reconhecimento das limitações dos programas de formação. Não se trata de desprezar as vivências com Modelagem em determinados programas, mas ter claro que as conseqüências efetivas para a prática do professor dependerão de sua extensão e estrutura. Dificilmente, um curso de curta ou média duração será o suficiente para oferecer bases aos professores em Modelagem. Assim, ao programar ações de formação, é preciso traçar objetivos possíveis de se cumprir.

A terceira implicação repousa no objetivo de desafiar as concepções dos professores acerca de Matemática e seu ensino, a fim de que possam incluir Modelagem no seu trabalho

docente. Para isso, uma vez que as concepções são formadas no conjunto das experiências, deve-se utilizar dessas para desequilibrar as concepções arraigadas. Poletini (1999) alerta que a análise da experiência é muito mais importante que a experiência em si. Os professores devem ser incentivados a recapturar suas experiências, pensar, meditar, ponderar e avaliar sobre elas, ou seja, a refletir.

A quarta torna imperativo considerar o contexto escolar como o *locus* no qual o professor exerce sua tarefa de ensinar. A discussão da seção anterior aponta que não é nada plausível propor Modelagem como abordagem pedagógica fora dos dilemas e da complexidade do ambiente da sala de aula. Ao contrário, é necessário sugerir aos docentes a reflexão da compatibilização da Modelagem com o contexto escolar, a partir de episódios e vivências reais.

Dadas as quatro considerações, argumentamos que os programas de formação em Modelagem devam se basear no *conhecimento prático - ou profissional* - do professor. Trata-se daqueles conhecimentos que o professor gera nas situações, nos acertos e dilemas da própria prática de Modelagem na sala de aula. O professor deve ter a oportunidade de refletir sobre as experiências com Modelagem no contexto escolar: como organizaram, que estratégias utilizaram, que dificuldades tiveram, de que forma os alunos reagiram, como foi a intervenção do professor, etc. A reflexão sobre essas vivências possibilita aos professores a geração de conhecimentos que possam subsidiar suas práticas pedagógicas com Modelagem.

5. Algumas estratégias de formação

Diante das implicações apresentadas na seção anterior, sugerimos operacionalizá-las através de algumas estratégias de formação diferenciadas que podem, em conjunto, desenvolver os professores em relação à Modelagem. Elas não são novidades no campo da Educação Matemática e da Educação, mas talvez sejam para os programas de formação em Modelagem. Estas sugestões discutidas a seguir podem ser utilizadas tanto na formação inicial quanto continuada, dependendo das possibilidades.

5.1 Atividades de Modelagem

Concordamos com diversos autores que advogam a necessidade dos professores conduzirem atividades de Modelagem por si mesmos, como se fossem alunos (Amit &

Hillman, 1995; Bassanezi, 1994a). Assim, eles podem se familiarizar com os procedimentos utilizados em Modelagem, tais como o levantamento de hipóteses, simplificações, validação etc., e suas respectivas atitudes.

A experiência com Modelagem pode propiciar aos professores o contato com novos aspectos da Matemática. Mas, principalmente, num ambiente reflexivo, os professores têm a oportunidade de questionar a própria natureza da Matemática. Convergimos, portanto, para as conclusões apresentadas por Amit e Hillman (1995) que afirmam que é a oportunidade de refletir e discutir a experiência, o que dá aos professores a chance de colocarem suas concepções sob exame.

Outra faceta importante dessa estratégia aponta para questões pedagógicas. O docente, ao ter experiências com Modelagem na posição de aprendiz, pode projetá-las de alguma maneira para seu trabalho, como percebido nos estudos relatados na seção 2 deste artigo. Essa é uma oportunidade para os professores discutirem sobre a Modelagem do ponto de vista pedagógico. Questões do tipo "*Estas atividades seriam possíveis em suas salas de aula? Como?*" podem gerar reflexões interessantes entre os professores, a partir das suas próprias experiências com Modelagem.

5.2. A análise de Modelos Prontos

Houston (1993) tem sublinhado que a análise de modelos já elaborados contribui para obter uma melhor compreensão da Modelagem. Trata-se de propiciar a análise de investigações matemáticas realizadas por meio de Modelagem, de modo que se observem, discutam e reflitam os procedimentos utilizados.

Num programa de formação, propusemos aos professores a análise do caso "Plantação de Batatas" (Bassanezi, 1990). Nele é relatado um modelo que foi desenvolvido a partir da indagação de um aluno: *Meu pai planta batatas colocando cada 'semente' a uma distância de 30 cm, queria saber por que ele faz desta maneira ?* (p. 138). Para dar conta desta interrogação, o objetivo passou a ser investigar o espaçamento ótimo entre as plantas. Levantando alguns pressupostos, informações e cálculos, o autor explica que, se tomarmos um alqueire, haverá 194 ruas (espaço entre as filas de plantas) com 80 cm cada (figura 1).

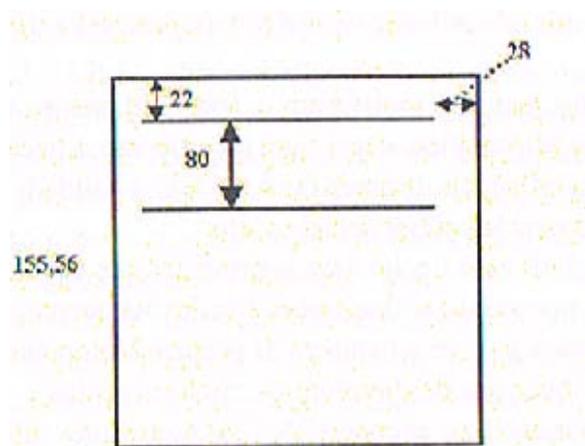


Figura 1 (*op. cit.*, p. 140)

O problema, os pressupostos, os procedimentos, a validação e outras questões relativas ao processo de Modelagem⁹ foram analisados pelos professores (Barbosa, 2000). Dessa experiência, muitas observações foram levantadas sobre o modelo das batatas. O trecho de diálogo¹⁰ a seguir ilustra como o estudo de modelos prontos pode gerar discussões entre os professores. Eles identificaram que o autor considerou as filas das plantas como segmentos de retas, mas não anunciou essa simplificação.

Cláudia: *Assim... a linha que não colocou; a fila dos pés de batata é uma linha...*

Alana: *Ele deu espaço das ruas, né? Daí, para gente era onde plantava batata, né? Mas não é... ele não considerou o espaço onde se plantou a batata, né...*

Cláudia: *Ele considerou só como uma linha, não como um espaço* [gesticulando com as duas mãos].

Alana: *E nós não achamos que é tão desprezível assim.*

Essas considerações motivaram o aprofundamento de aspectos da Modelagem e da Matemática: o que é um pressuposto, a necessidade ou não de enunciá-los, a influência de quem faz o modelo, a validade das aplicações, a tomada dessas para subsidiar decisões, etc.

Apresentamos esse trecho para argumentar que o estudo de modelos já prontos pode

⁹ Está fora dos objetivos deste artigo discutir o processo de Modelagem. Para mais detalhes, o leitor pode consultar Bassanezi (1994b), Biembengut (1999), Galbraith e Clatworthy (1990).

¹⁰ Este trecho foi extraído de uma das sessões de aulas – que foi filmada e transcrita – do curso “Modelagem e Educação Matemática”. Este curso foi realizado como atividade extra-curricular no âmbito da Licenciatura em Matemática da UNESP (Rio Claro) com uma carga horária de 33 horas (Barbosa, 2000).

potencializar discussões e reflexões acerca da Modelagem, seus procedimentos e sobre a natureza da própria Matemática. Assim, essa estratégia contribui para desenvolver os conhecimentos e habilidades da Modelagem e desestabilizar as concepções dos professores sobre Matemática.

5.3. O estudo de Casos de Ensino

O estudo de casos de ensino situa-se aqui como uma alternativa para os professores pensarem a Modelagem no ambiente concreto da sala de aula. Um caso, aqui, é uma narração de alguma situação prática da sala de aula, a qual pode focar sobre: a maneira como o professor guia seu trabalho, ações do professor e suas apreciações, interações entre professor e alunos, interações entre os próprios alunos, etc. (Llinares, 1993). Geralmente, possui descrições detalhadas de como ocorreu a experiência, podendo ser apresentadas pela via escrita ou por vídeo.

Os casos pouco se assemelham aos trabalhos acadêmicos, pois pretendem *captar a riqueza, as nuances de significados, as ambigüidades e as contradições dos assuntos humanos, ao contrário do pensamento paradigmático ou científico que requer precisamente consistência e não contradição* (Ponte, Oliveira, Cunha & Segurado, 1998, p. 30). Porém, é possível que casos sejam escritos a partir de relatos de pesquisa se esses tiverem rica descrição de experiências da sala de aula.

É pertinente que a própria comunidade, em colaboração com os professores, construa e colecionem casos de sala de aula que contenham experiências com Modelagem a partir da ótica dos professores que as desenvolvem.

O estudo de casos situa-se como uma fase intermediária para a prática na sala de aula. Serve ao propósito de estimular os professores a refletirem e examinarem suas próprias concepções e práticas das experiências em sala de aula (Thompson, 1992).

Ponte et. al. (1998) vêm trabalhando com casos que descrevem experiências de professores com as *investigações matemáticas*. Esses foram escritos e interpretados em colaboração com professores para, entre outros objetivos, servir como instrumento da própria formação. É de experiências como essa que, ao nosso ver, a formação em Modelagem deve se inspirar para construir seus próprios casos de sala de aula.

Num programa de formação que conduzimos com futuros professores, o estudo de casos de ensino permitiu o contato com uma abordagem "prática" da Modelagem no ensino (Barbosa, 2000). Casos de ensino, apresentados por escrito, em que os professores utilizaram esta abordagem, foram propostos para análise e discussão.

Por fim, cabe dizer que o estudo de casos serve ao propósito de confrontar as implicações decorrentes da implementação de uma abordagem pedagógica baseada em Modelagem. Ao refletir sobre experiências baseadas em diferentes formas de implementar Modelagem (por exemplo, os tipos apresentados através dos níveis 1,2 e 3), o professor tem oportunidade para se aproximar das possibilidades e limitações do seu próprio contexto.

5.4. Intervenção em sala de aula

Diversos autores têm defendido a necessidade de professores desenvolverem intervenções inovadoras em suas salas de aulas, através de apoio mútuo ou acompanhado de investigadores (Fiorentini, Spuza Jr. & Melo, 1998; Perez, 1999; Polettini, 1999). À luz das questões postas neste artigo, trata-se de propor ao professor que desenvolvam intervenções em suas salas de aula baseadas em Modelagem. Assim, ele pode experimentar (viver) como o contexto de sua própria sala de aula reage a essa ação e, conseqüentemente, desenvolver seus *conhecimentos práticos* sobre a Modelagem e, com efeito, questionar suas próprias concepções. Mas, para isso - outra vez assinalamos - não é a experiência pela experiência, mas sim pela e para a reflexão, a qual deve acompanhar todas as fases da intervenção. Num processo de intervenção baseado em uma abordagem alternativa, tal como a Modelagem, é central que o professor seja acompanhado pelos "formadores" e/ou por outros professores. Convergingo para esta consideração, Baklino (1999) tem alertado para a necessidade de um espaço no qual o professor seja acolhido com sua prática inovadora como uma forma de balancear com as possíveis resistências do contexto escolar. A pertinência desse espaço reforça-se pela possibilidade de dar suportes para reflexões sobre a própria prática inovadora. Assim, pode-se formar o que denominamos de "grupo de monitoramento", constituído pelo(s) formador(es) e demais professores envolvidos em projetos de intervenção baseados em Modelagem. O esquema abaixo representa um modelo de intervenção (figura 2).

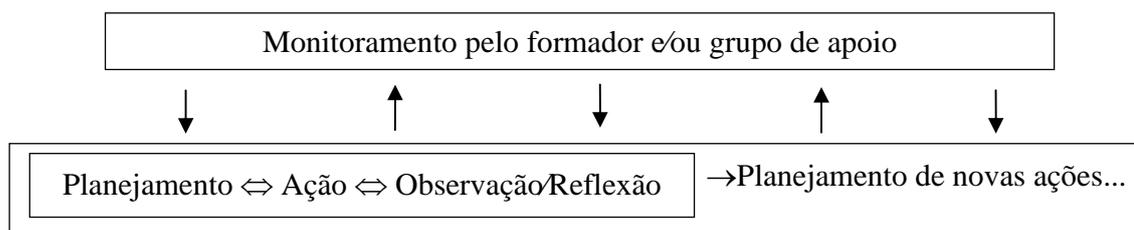


Figura 2

Neste modelo de trabalho, todo o processo é apoiado pela interlocução com o grupo de monitoramento. Grupos de professores podem também compartilhar o desenvolvimento de intervenções pedagógicas em sala de aula.

Detalhemos o esquema da figura 2. Inicia-se com o **planejamento** da(s) atividade(s), de modo a atender ao contexto de intervenção, seguido da implementação acompanhada (ação). Neste processo, o professor deve buscar subsídios para as **reflexões** conduzidas por si e pelo grupo de interlocução, através de **observações e/ou filmagens** de episódios de aulas, recolha dos materiais produzidos pelos alunos etc. A intenção é refletir continuamente sobre o desenvolvimento do trabalho, dando interpretações ao que estiver ocorrendo e mesmo propondo alterações no planejamento inicial. Como consequência, **planejamento de novas intervenções**, talvez mais ousadas, encontre bases para serem planejadas e executadas.

As intervenções em sala de aula baseadas em Modelagem podem se orientar pelos níveis de atividades que descrevemos no início do artigo: implementam-se tarefas do nível 1, avaliam-se, planejam-se e implementam-se as do nível 2 e, finalmente, ancorando-se nessas experiências, utilizam-se de tarefas de Modelagem do nível 3.

A única restrição a essa estratégia de intervenção em sala de aula refere-se aos alunos da Licenciatura, que muitas vezes só começam a lecionar no estágio obrigatório, no último ano do curso. Mas, por sua vez, os professores em serviço tem suas turmas como o ambiente natural para desenvolverem intervenções baseadas em Modelagem.

Por fim, cabe assinalar que a expectativa é que o professor desenvolva habilidades de observação e análise da sala de aula, e, sobretudo, espera-se que ele ganhe familiaridade com a integração da Modelagem (como abordagem pedagógica) no currículo de Matemática.

6. Considerações finais

Neste artigo foi sugerido que a formação de professores em relação à Modelagem deve transcender as vivências matemáticas com esta abordagem. Não basta os professores terem experiências com Modelagem, é necessário igualmente envolvê-los com conhecimentos associados às questões curriculares, didáticas e cognitivas da Modelagem na sala de aula, os quais só têm sentido na própria prática (casos de ensino, intervenções em sala de aula). Em outras palavras, advogamos que a formação de professores em relação à Modelagem deve se basear em duas frentes indissociáveis: a Modelagem propriamente dita e o conhecimento prático decorrente de sua abordagem na sala de aula.

No tópico anterior, sugerimos quatro estratégias para viabilizar esta proposta. Porém, nenhuma cumpre o papel aqui sugerido se delas for subtraída a reflexão. Cabe salientar que elas não se propõem a serem modelos ideais de formação, mas foram construídas para serem colocadas "a prova" no trabalho com os professores. Pesquisas subseqüentes são necessárias para estudar mais profundamente os processos e os resultados dessas estratégias de formação.

Na formação inicial, pode-se distribuir as ações entre várias disciplinas (Cálculo, Didática, Prática de Ensino e outras), a fim de que o futuro professor tenha oportunidade de completar sua formação em Modelagem nos aspectos matemático e pedagógico. Uma disciplina isolada de Modelagem pode não cumprir essa meta sozinha, pois pode ter todo o esforço anulado pelo conjunto das outras disciplinas.

Finalmente, dentre os vários desafios para viabilizar a Modelagem no currículo escolar do ensino fundamental e médio, consideramos que a formação de professores é o maior deles. Existe uma relativa distância entre as práticas atuais dos professores de Matemática e as práticas trazidas pelo trabalho de Modelagem. Estamos ainda no início da caminhada, pensando e refletindo sobre formas plausíveis de contribuir com o desenvolvimento dos professores no que tange à Modelagem.

Referências Bibliográficas

AMIT, M., HILLMAN, S. Remodelling mathematics teachers' conceptions using performance assessment activities. In: C. Sloyer, W. Blum & I. Huntley. **Advances and perspectives in the teaching of Mathematical Modelling and Applications**. Yorklyn: Water Street Mathematics, 1995. p. 107-117.

- ANASTACIO, M. Q. A. **Considerações sobre a Modelagem Matemática e a Educação Matemática**. Rio claro: IGCE/UNESP, 1990 (Dissertação, Mestrado).
- BALDINO, R. R. Pesquisa-ação para formação de professores: leitura sintomal de relatórios. In: M. A. V. Bicudo. **Pesquisa em Educação Matemática: concepções & perspectivas**. São Paulo: Editora UNESP, 1999. p. 221-245.
- BARBOSA, J. C. O que pensam os professores sobre a Modelagem Matemática? **Zetetiké**, v. 7, n. 11, p. 67-85, 1999.
- BARBOSA, J. C. Mathematical Modeling in pre-service teacher education. In J. E. Matos, W. Blum, S. Carreira & K. Houston, **Modelling, Applications and Mathematics Education: trends and issues**. Chichester: Ellis Horwood, 2000 (no prelo).
- BASSANEZI, R. C. Modelagem como metodologia de ensino de Matemática. **Actas de la Séptima Conferencia Interamericana sobre Educación Matemática**. Paris: UNESCO, 1990. p. 130-155.
- BASSANEZI, R. C. Modelling as a teaching-learning strategy. **For the Learning of Mathematics**, v. 14, n. 2, p. 31-35, 1994a.
- BASSANEZI, R. C. Modelagem Matemática. **Dynamis**, v. 1, n. 7, p. 55-83, 1994b.
- BERTONI, N. E. Formação do professor: concepção, tendências verificadas e pontes de reflexão. **Temas & Debates**, n. 7, p. 8-15, jul. 1995.
- BIEMBENGUT, M. S. **Modelação Matemática como método de ensino-aprendizagem de Matemática em cursos de 1º e 2º graus**. Rio Claro: UNESP, 1990 (Dissertação, Mestrado).
- BIEMBENGUT, M. S. **Modelagem Matemática & implicações no ensino-aprendizagem de matemática**. Blumenau: Editora da FURB, 1999.
- BLUM, W., NISS, M. Applied Mathematical Problem Solving, Modelling, Applications, and links to other subjects: state, trends and issues in Mathematical Instruction. **Educational Studies in Mathematics**, v. 22, n.1, p. 37-68, 1991.
- BORBA, M. C. MENEGHETTI, R. C. G., HERMINI, H. A. Modelagem, calculadora gráfica e interdisciplinaridade na sala de aula de um curso de Ciências Biológicas. **Revista da Soc. Bras. Educ. Matemática-SP**, São Paulo, n. 3, p. 63-70, 1997.
- BORBA, M. C. MENEGHETTI, R. C. G., HERMINI, H. A. Estabelecendo critérios para avaliação do uso de Modelagem em sala de aula: estudo de um caso em um curso de Ciências Biológicas. In: M. C. Borba. **Calculadoras Gráficas e Educação Matemática**. Rio de Janeiro: MEM/USU/Ed. Art Bureau, 1999. p. 95-113.
- BURAK, D. **Modelagem Matemática: ações e interações no processo de ensino-aprendizagem**. Campinas: FE/UNICAMP, 1992. (Tese, Doutorado)
- ELBAZ, R. The teacher's "practical knowledge": report of a case study. **Curriculum Inquiry**, v.

11, n. 1, p. 43-71, 1983.

ERNEST, P. The impact of beliefs on the teaching of mathematics. In: P. Ernest (ed.) **Mathematics teaching: the state of the art**. London: Falmer Press, 1989. p. 249-254.

FIORENTINI, D., SOUZA JR., A. J. de S., MELO, G. R A. de. Saberes docentes: um desafio para acadêmicos e práticos. In: C. M. G. Geraldi, D. Fiorentini & E. M. de A. Pcreira (orgs.). **Cartografias do Trabalho Docente: professor(a)-pesquisador(a)**. Campinas: Mercado de Letras, 1998. p. 307-335.

FRANCHI, R. H. de O. L. **A Modelagem Matemática como estratégia de aprendizagem do Cálculo Diferencial e Integral nos cursos de Engenharia**. Rio Claro: IGCE/UNESP, 1993 (Dissertação, Mestrado).

GALBRAITH, P. L., CLATWORTHY, N. J. Beyond standard models: meeting the challenge of Modelling. **Educational Studies in Mathematics**, v. 21, n.2, p. 137-163, 1990.

GAZZETA, M. **A Modelagem como Estratégia de Aprendizagem na Matemática em Cursos de Aperfeiçoamento de Professores**. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista, 1989. (Dissertação, Mestrado)

HOUSTON, S. Comprehension tests in mathematics. **Teaching mathematics and its applications**, v. 12, n. 2, p. 60-73, 1993.

KITCHEN, A., WILLIAMS, J. Implementing and assessing mathematical modelling in the academic 16-19 curriculum. In: T. Breiteig, I. Huntley & G. Kaiser-Messmer (Eds.). **Teaching and, learning mathematics in context**. Chichester: Ellis Horwood, 1993. p. 138-150.

LLINARES, S. Aprender a enseñar Matemáticas: conocimiento de contenido pedagógico e entornos de aprendizaje. In: L. Montero; J. Vez. **Las Didácticas Específicas en la Formación del profesorado**. Santiago: Tórculo Edicions, 1993. p. 377-407.

LLINARES, S. Conocimiento profesional del profesor de Matemáticas y procesos de formación. **Uno — Revista de Didáctica de las Matemáticas**, n. 17, p. 51-63, 1998.

MEC. **Parâmetros Curriculares Nacionais: terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental**. Brasília: MEC/SEF, 1998.

PEREZ, G. Formação de professores de Matemática sob a perspectiva do desenvolvimento profissional. In: M. A. V. Bicudo. **Pesquisa em Educação Matemática: concepções & perspectivas**. São Paulo: Editora UNESP, 1999. p. 263-282.

POLETTINI, A. R R Análise das experiências vividas determinando o desenvolvimento profissional do professor de Matemática. In: M. A. V. Bicudo. **Pesquisa em Educação Matemática: concepções & perspectivas**. São Paulo: Editora UNESP, 1999. p. 247-261.

PONTE, J. P., SANTOS, L. Práticas letivas num contexto de reforma curricular. **Quadrante**, v. 7, n. 1, p. 3-31, 1998.

PONTE, J. P., OLIVEIRA, H., CUNHA, M. H., SEGURADO, M. I. **Histórias de investigações Matemáticas**. Lisboa: Inst. Inov. Educacional, 1998.

RICHARDSON, V. O role of attitudes and beliefs in learning to teach. In: J. Sikula (ed.). **Handbook of research on teacher education**. New York: Macmilian, 1996. p. 102-119.

THOMPSON, A . G. Teachers' beliefs and conceptions: a synthesis of the research. In D. A . Grouwns (Ed.), **Handbook of Research in Mathematics Teaching and Learning**. New York: Macmilian, 1992. p. 127- 146.