

Construindo pesquisas coletivamente em Educação Matemática¹

Jussara de Loiola Araújo²

Marcelo de Carvalho Borba³

Neste capítulo, pretendemos discutir algumas questões referentes à metodologia de pesquisa na área da Educação Matemática. Logo de partida, é importante ressaltar que não temos o objetivo de apresentar um receituário a ser seguido para a realização de pesquisas nessa área, mesmo porque acreditamos que isso não exista. Como o leitor verá, isso seria contraditório em relação ao que acreditamos.

O principal motivo que nos leva a enfrentar essa tarefa é uma preocupação que pode incomodar alguns pesquisadores que decidem desenvolver pesquisas em Educação Matemática: como realizar uma pesquisa na área das Ciências Sociais se passamos boa parte de nossas vidas trabalhando com as Ciências Exatas? Acreditamos que essa preocupação é familiar a muitos que pretendem iniciar, ou mesmo continuar, suas

¹ Embora não sejam responsáveis pelas idéias aqui apresentadas, gostaríamos de agradecer a Fernanda Bonafini e a Francisco Benedetti, membros do GPIMEM, por comentários feitos a versões preliminares deste capítulo.

² Professora do Departamento de Matemática da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. E-mail: jussara@mat.ufmg.br.

³ Professor do Departamento de Matemática e do Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática da Universidade Estadual Paulista – UNESP – de Rio Claro, SP. E-mail: mborba@rc.unesp.br.

pesquisas em Educação Matemática, já que a maioria deles é professor de Matemática que, se chegou a ter contato com pesquisas, o fez em uma área de investigação completamente diferente daquela à qual decidiu se dedicar. Certamente, não vamos responder à pergunta feita acima, mas pretendemos discutir questões e apresentar exemplos que podem ajudar os pesquisadores a criarem sua própria resposta para ela.

Como poderá ser percebido ao longo do capítulo, praticamente tudo que falamos se refere à Educação, de maneira geral. Um dos diferenciais, nesse caso, é que os exemplos são de pesquisas desenvolvidas (ou em desenvolvimento) na área de Educação Matemática. Mais especificamente, restringimos nossos exemplos a pesquisas que têm como tema a Modelagem Matemática e Informática na Educação Matemática. Esperamos que, com a leitura deste capítulo, o leitor possa estender nossas reflexões até o seu campo de atuação.

Um outro ponto que, acreditamos, diferencia este trabalho de outros na área da Educação é a abordagem de questões que, se por um lado, são naturais e passam despercebidas para alguém da área de Ciências Sociais, por outro são preocupações legítimas para alguém que até pouco tempo se dedicava exclusivamente às Ciências Exatas. Dentre essas questões, podemos citar: como delimitar uma pergunta de pesquisa? Podemos alterar nosso projeto de pesquisa depois que já começamos a desenvolvê-lo?

De certa forma, abordaremos as duas questões acima na próxima seção. Além delas, discutiremos, na seção 3, a utilização de diferentes procedimentos metodológicos em uma pesquisa, o que está ligado à credibilidade da mesma. Com os exemplos apresentados nessa seção, nos encaminharemos, na seção 4, para uma discussão sobre a abordagem de diversos focos dentro de um mesmo tema e sobre a revisão de literatura, o que nos levará para uma discussão sobre a realização de pesquisas em grupos. Na seção 5, buscaremos abordar nossa discussão em um nível teórico para, finalmente, apresentar as considerações finais na seção 6.

Construção da pergunta de pesquisa e o design emergente

Um dos momentos cruciais no desenvolvimento de uma pesquisa é o estabelecimento de sua pergunta diretriz. É ela que, como o próprio nome sugere, irá dirigir o desenrolar de todo o processo. Entretanto, como diversos pesquisadores devem saber, esse momento constitui-se, muitas vezes, como um dos mais difíceis em sua empreitada de pesquisar.

Goldenberg (1998), que apresenta uma agradável sugestão de roteiro para o desenvolvimento de pesquisas em Ciências Sociais, afirma, sobre a pergunta diretriz, que "o pesquisador deve estar consciente da importância da pergunta que faz e deve saber colocar as questões necessárias para o sucesso de sua pesquisa" (p. 71-2). Como ela mesma coloca como título de um dos capítulos de seu livro, Faça a pergunta certa! (p. 68). Em outras palavras, elaborar, ou melhor, construir uma pergunta diretriz é um ponto crucial, do qual depende o sucesso da pesquisa. Essa grande importância da pergunta diretriz é, acreditamos, uma das causas da dificuldade inicial que vários pesquisadores têm em construí-la.

O processo de construção da pergunta diretriz de uma pesquisa é, na maioria das vezes, um longo caminho, cheio de idas e vindas, mudanças de rumos, retrocessos, até que, após um certo período de amadurecimento, surja a pergunta. Um grande problema que percebemos em diversas pesquisas é que, muitas vezes, esse caminho não é apresentado pelo autor. Talvez ele pense que aquele caminho percorrido até o estabelecimento da pergunta tenha sido cheio de enganos, não merecendo ser divulgado, e não perceba que a pergunta é a síntese desse caminho, ou seja, que todo o processo de construção da pergunta faz parte da própria pergunta.

Buscando quebrar essa regra quase geral, ou mesmo por compreender a pergunta diretriz da forma apresentada no parágrafo anterior, Araújo (2002) discute o processo de gestação de uma pergunta. A autora compara a pergunta a uma bússola

que se mantém oculta por algum tempo no decorrer da pesquisa, mas que, "mesmo oculta, ... continua funcionando, mostrando-nos a rota que, ao ser trilhada, permite-nos encontrá-la pelo meio do caminho" (p. 1).

Nesse trabalho, a pesquisadora tem por objetivo estudar as discussões que ocorrem entre alunos de Cálculo Diferencial e Integral que desenvolvem projetos de Modelagem Matemática em ambientes de aprendizagem que contam com computadores. Foi adotada uma abordagem de pesquisa qualitativa, e o principal procedimento foi a observação de dois grupos de alunos de Cálculo I durante o desenvolvimento de seus projetos de Modelagem Matemática. Os sujeitos da pesquisa eram alunos de Engenharia Química de uma universidade pública do Estado de São Paulo.

As discussões entre os alunos não eram, entretanto, a preocupação inicial de Araújo (2002). Ela tinha, em princípio, sua atenção voltada para a aprendizagem de Matemática no ambiente acima citado, como podemos perceber na primeira pergunta diretriz de sua pesquisa: "de que forma os alunos, por meio da Modelagem Matemática, aprendem Cálculo em um ambiente computacional?" (p. 6).

Essa primeira pergunta diretriz surgiu a partir de preocupações e questionamentos iniciais da autora, oriundos de sua prática docente. Segundo Morse (1994), "a chave para selecionar um tópico de pesquisa com qualidade é identificar algo que prenderá nossa atenção no decorrer do tempo" (p. 220). E quando um professor (de Matemática) se dispõe a realizar uma pesquisa na área de Educação (Matemática), talvez seja porque ele vem problematizando sua prática, o que poderá levá-lo a se dedicar com afinco ao desenvolvimento de uma pesquisa originada dessa problematização, e, para isso, é preciso que ele sintetize suas inquietações iniciais em uma (primeira) pergunta diretriz. Isso está de acordo com Morse (1994), quando afirma que, muitas vezes, as questões de pesquisa se originam na própria prática profissional do pesquisador.

A primeira pergunta diretriz, entretanto, pode ser modificada à medida que a própria experiência com o trabalho de campo e as leituras de novas referências levem o autor a ganhar uma nova perspectiva que transforma o foco em questão, como no exemplo que foi aqui apresentado. Esse fato é característico do que Lincoln e Guba (1985) denominam *design*⁴ emergente de uma pesquisa. Para eles, o *design* da pesquisa é emergente, ou seja, ele vai sendo construído à medida que a pesquisa se desenvolve e seus passos não podem ser rigidamente determinados *a priori*. Eles afirmam que "o foco da investigação pode, e provavelmente mudará" e acrescentam que

o naturalista [denominação dada pelos autores àquele que faz a pesquisa naturalística, proposta por eles] espera tais mudanças e antecipa que o *design* emergente será colorido por elas. Longe de serem destrutivas, elas são construtivas, já que estas mudanças sinalizam um movimento para um nível de investigação sofisticado e que proporciona um maior insight. (p. 229)

O caráter emergente do *design* da pesquisa desenvolvida por Araújo (2002) se mostrou presente ao longo de todo seu desenvolvimento, já que a autora não pretendia estabelecer antecipadamente uma agenda rígida de pesquisa. Vários dos procedimentos, por exemplo, foram planejados à medida que se fizeram necessários. Entretanto, seguindo as orientações de Alves-Mazzotti (1998), a autora procurou estabelecer um planejamento inicial, flexível, para não correr o risco de se perder em um emaranhado de dados e não encontrar significado algum para eles. O objetivo inicial da pesquisa, qual seja compreender como os alunos aprendiam Cálculo enquanto desenvolviam seus projetos de Modelagem Matemática em ambientes computacionais, mesmo não permanecendo até o final da

⁴ "O termo '*design*' corresponde ao plano e às estratégias utilizadas pelo pesquisador para responder às questões propostas pelo estudo, incluindo os procedimentos e instrumentos de coleta, análise e interpretação dos dados, bem como a lógica que liga entre si diversos aspectos da pesquisa". (ALVES-MAZZOTTI, 1998, p. 147)

pesquisa⁵, dava-lhe a certeza de que a observação seria um dos procedimentos adotados, mas ela sabia que isso não bastava para atingir tal objetivo.

Destacamos, assim, a importância de se adotar procedimentos diversos em uma pesquisa, ou seja, a adoção da multiplicidade de procedimentos.

Multiplicidade de procedimentos

Discutiremos nesta seção duas pesquisas que têm, em comum, a Modelagem Matemática como enfoque didático-pedagógico no contexto educacional estudado. Enfatizaremos alguns aspectos relativos aos procedimentos de coleta de dados adotados nessas pesquisas, buscando discutir as influências de diferentes procedimentos em seus resultados. Pretendemos, com isso, discutir a questão da *multiplicidade de procedimentos* que proporciona diferentes visões de objetos semelhantes.

Uma pesquisa sobre Modelagem Matemática

Borba, Meneghetti, Hermini (1997) apresentam resultados parciais de uma pesquisa na qual se pretende estudar os efeitos de dois enfoques pedagógicos – Modelagem e “experimental-com-calculadora” – na sala de aula de Matemática. Para eles, a Modelagem é “vista como o esforço de descrever matematicamente um fenômeno que é escolhido pelos alunos com o auxílio do professor” (p. 63), e o enfoque “experimental-com-calculadora” incentiva os alunos a realizarem experimentações matemáticas, envolvendo os conteúdos funções, derivadas e integrais, com a calculadora. A pesquisa possui três perguntas diretrizes: “Qual o impacto das calculadoras gráficas na sala

⁵ Como já foi mencionado no início desta seção, o objetivo da pesquisa, ao seu final, era estudar as discussões que ocorrem entre alunos de Cálculo Diferencial e Integral que desenvolvem projetos de Modelagem Matemática em ambientes de aprendizagem que contam com computadores.

de aula? Que matemática os alunos aprendem quando fazem modelagem matemática? Como eles usam a calculadora gráfica nas suas modelagens?” (p. 64).

Esse estudo vem sendo realizado na disciplina Matemática Aplicada, oferecida para alunos do curso de Biologia da Universidade Estadual Paulista – UNESP – de Rio Claro, SP desde de 1993. Adota-se uma abordagem qualitativa de pesquisa. No artigo aqui discutido, os pesquisadores apresentam o estudo de um caso – originado do trabalho de Modelagem Matemática de um grupo de alunas da turma de 1995 –, cujos dados são a gravação em vídeo da apresentação oral do trabalho para a turma e a versão escrita do trabalho final.

O trabalho de Modelagem analisado tinha por objetivo investigar a influência de diferentes tipos de solo no desenvolvimento de mudas de uma determinada planta. No decorrer do trabalho, as alunas deparam-se com a necessidade de encontrar um gráfico que representasse o crescimento das mudas em função do tempo e outro que representasse o número de germinações das mesmas, também em função do tempo. As alunas marcaram, em um plano cartesiano, alguns pontos obtidos a partir da coleta de dados realizada e, durante a apresentação oral do trabalho, falaram em “encontrar uma função para cada ponto”. Essa afirmativa desencadeou um debate entre o grupo e o professor, no qual ele questionou as alunas sobre o significado do que tinham dito e argumentou sobre a importância de encontrar uma única lei cujo gráfico se aproximasse de todos os pontos, definindo expressões para diferentes intervalos do domínio, ao invés de tentar encontrar uma lei para cada ponto.

As alunas tinham observado, desde a apresentação oral, que o gráfico do crescimento assemelhava-se a gráficos de funções exponenciais e que o gráfico que representava o número de germinações era parecido com gráficos de funções logarítmicas. Passado um mês da apresentação oral, o grupo entregou a versão escrita do trabalho. Borba, Meneghetti, Hermini (1997) avaliam, então, que o grupo acatou a sugestão do professor de trabalhar com aproximações, encaminhando o trabalho por uma busca de

funções exponenciais e logarítmicas que se aproximassem dos dados que tinha. Entretanto, como afirmam os autores, havia "uma diferença na forma como conduziram a procura por expressões analíticas das funções referentes às germinações e a busca pelas funções referentes aos crescimentos" (p. 67).

Nesse ponto, podemos nos perguntar: o que levou as alunas a darem encaminhamentos diferentes a duas tarefas que, aparentemente, eram tão semelhantes? Infelizmente, não temos informações suficientes para responder a essa pergunta, mas ela aguça nossa curiosidade sobre o que aconteceu ao longo do trabalho do grupo em momentos diferentes dos considerados para a coleta de dados. Na pesquisa aqui analisada, os procedimentos metodológicos incluíam, apenas, a análise das apresentações oral e escrita do trabalho. Não sabemos, por exemplo, como o trabalho se desenvolveu desde o início – escolha do tema, decisões sobre procedimentos –, como aconteceram as discussões ao longo do desenvolvimento do trabalho, dentre inúmeras outras informações que poderiam influenciar os resultados da pesquisa, quando da consideração de suas perguntas diretrizes.

Borba, Meneghetti, Hermini (1997), com a metodologia e procedimentos de pesquisa acima citados, concluíram que, durante o trabalho com Modelagem, o grupo utilizou as calculadoras sem ser diretamente solicitado. Concluíram também que a Matemática aprendida pelas alunas, quando fizeram Modelagem, tinha um caráter interdisciplinar, já que "as ferramentas matemáticas ajudavam a dar significados aos dados biológicos construídos por elas, ao mesmo tempo que a Biologia era utilizada como suporte para explicar fatos matemáticos" (p. 69). Como seriam as conclusões se os procedimentos metodológicos tivessem sido outros?

Em um contexto parecido com o da pesquisa analisada nesta subseção, a situação relatada em Araújo (2002), já citada na seção 2 deste capítulo, utiliza outros procedimentos que respondem parcialmente aos questionamentos apresentados nos dois parágrafos acima. Ao invés de se basear nos resultados apresentados pelos grupos em sala de aula, a pesquisadora se

baseou nas observações das reuniões dos grupos ao longo do desenvolvimento dos projetos de Modelagem, fora da sala de aula. Não se trata aqui de julgar os procedimentos como certos ou errados, mas de sugerir que a utilização de múltiplos procedimentos favorece a confiabilidade da pesquisa. É essa a idéia que envolve os trabalhos apresentados. Todos os pesquisadores, à época da publicação de seus trabalhos, eram membros do Grupo de Pesquisa em Informática, outras Mídias e Educação Matemática⁶ – GPIMEM – e buscavam compreender a Modelagem e suas relações com as tecnologias informáticas através de estudos diversos com procedimentos diferenciados⁷. Passemos, então, à discussão dessa outra pesquisa.

Influência dos procedimentos em uma pesquisa

Como já descrito, Araújo (2002) tinha por objetivo compreender as discussões entre alunos de Cálculo enquanto desenvolvem projetos de Modelagem Matemática em ambientes que possuem computadores. O projeto de Modelagem Matemática era uma das principais atividades propostas pelo professor de Cálculo dos participantes da pesquisa, no começo do semestre. O professor não chegou a explicitar para a turma a sua perspectiva de Modelagem Matemática. Seu encaminhamento foi solicitar aos alunos, desde o início das aulas, que escolhessem ou elaborassem um problema de sua área de trabalho (ou de interesse) para nele trabalhar durante todo o semestre. De acordo com suas orientações, os alunos deveriam reunir-se em grupos para buscar uma função real $f(x)$ que aparecesse no seu

⁶ Grupo de pesquisa sediado no Departamento de Matemática da Universidade Estadual Paulista – UNESP – de Rio Claro, SP, cadastrado no CNPq. Home page: <http://www.igce.unesp.br/igce/pgem/gpimem.html>.

⁷ Procedimentos como experimentos de ensino têm sido utilizados neste grupo. Por exemplo, Benedetti (2003) desenvolveu atividades pedagógicas e depois as submeteu a alunos do primeiro ano do Ensino Médio. Esse tipo de procedimento permitiu que o professor-pesquisador acompanhasse bem de perto como duplas de alunos lidaram com um *software* matemático ao abordar as questões propostas.

dia-a-dia. Foi-lhes sugerido que procurassem dados em experimentos realizados em outras disciplinas ou em jornais, revistas, etc. O objetivo, segundo o professor, era que os alunos levassem, para a aula de Cálculo I, algo pertencente às suas vidas para que criassem, discutissem, descobrissem fatos novos, etc., trazidos pelo problema ou situação escolhida por eles, utilizando-se, para isso, dos conceitos de Cálculo e do *software* Maple.

Durante a coleta de dados, a pesquisadora procurou acompanhar todas as etapas do desenvolvimento dos projetos de Modelagem Matemática de dois grupos, incluindo a escolha da função, os procedimentos dos grupos para estudá-la, as dúvidas que tiveram, as decisões que tomaram, etc. Apesar de todo o esforço nesse sentido, como ela mesma justifica, isso não foi totalmente possível. Mesmo assim, o acompanhamento *in loco* do desenvolvimento do trabalho, em grande parte das reuniões dos grupos, teve conseqüências importantes no desenrolar da pesquisa.

Uma dessas conseqüências veio da escolha, feita pelos grupos participantes da pesquisa, das situações a serem estudadas nos projetos de Modelagem Matemática. A pesquisadora esperava, de acordo com a análise da literatura que realizava e a partir das orientações dadas pelo professor para os grupos, que eles buscassem situações reais para serem abordadas matematicamente. Entretanto, os grupos acompanhados durante a pesquisa inventaram suas situações reais, ou seja, eles criaram situações imaginárias como resposta à solicitação de situações reais.

A autora aponta duas "lições" que julga ter aprendido com esse fato. Uma delas relaciona-se diretamente com os procedimentos adotados na pesquisa⁸, já que foi a experiência de acompanhar os grupos que fez destacar a criação de situações imaginárias. Por que os grupos fizeram isso? Talvez por ser

⁸ A outra lição aprendida diz respeito à importância de se refletir, juntamente com professor e alunos, sobre a perspectiva de Modelagem Matemática que é colocada em prática em sua sala de aula. Por fugir do escopo deste capítulo, essa questão não será discutida aqui.

esse um procedimento comum na vivência com a Matemática escolar dos alunos. Araújo (2002) nos alerta, assim, sobre a possibilidade de os procedimentos dos alunos, longe dos olhos do professor, fazerem destacar características do contexto educacional no qual a atividade se insere. Não fosse a presença da pesquisadora, durante o desenvolvimento dos projetos de Modelagem dos grupos, tudo poderia se passar como se eles não tivessem inventado situações imaginárias.

Alguns autores (ALVES-MAZZOTTI, 1998; Lincoln & Guba, 1985) destacam a importância da utilização de diferentes procedimentos para a obtenção de dados, por eles denominada *triangulação*, como uma forma de aumentar a credibilidade de uma pesquisa que adota a abordagem qualitativa. A credibilidade é entendida como a plausibilidade, para os sujeitos envolvidos, dos resultados e interpretações feitas pelo pesquisador (ALVES-MAZZOTTI, 1998). Ela é um dos critérios utilizados para atestar a confiabilidade da pesquisa. Os outros são a transferibilidade, a consistência e a confirmabilidade.⁹

Os principais procedimentos sugeridos por Alvez-Mazzotti (1998) para aumentar a credibilidade de uma pesquisa são "permanência prolongada no campo, 'checagem' pelos participantes, questionamento por pares, triangulação, análise de hipóteses alternativas e análise de casos negativos" (p. 172-4).

Particularmente, a *triangulação* em uma pesquisa qualitativa consiste na utilização de vários e distintos procedimentos para obtenção dos dados. Os principais tipos de triangulação são a de fontes e a de métodos. Quando checamos, por exemplo, as informações obtidas em uma entrevista com as atas de uma reunião sobre um mesmo assunto, estamos fazendo uma triangulação de fontes. Por outro lado, se observarmos o trabalho de um grupo de alunos e depois entrevistarmos seus componentes sobre o trabalho desenvolvido, realizaremos uma triangulação de métodos. Fazendo assim, o pesquisador, ao

⁹ Por não ser objetivo deste capítulo, não discutiremos esses critérios aqui. Para maiores informações, sugerimos uma consulta a Alvez-Mazzotti (1998).

invés de construir suas conclusões apenas a partir de observações, pode utilizar as entrevistas para checar algum detalhe ou para compreender melhor algum fato ocorrido durante as observações, promovendo uma maior credibilidade de sua pesquisa.

A triangulação não é exatamente o caso aqui, já que estamos falando de duas pesquisas distintas – Borba, Meneghetti, Hermini (1997) e Araújo (2002) –; e a triangulação, como discutida acima, é utilizada para aumentar a credibilidade de uma única pesquisa. Entretanto, como afirmamos ao final da subseção anterior, essas duas pesquisas não são completamente independentes: a segunda pesquisa nasce de uma confluência de interesses dos autores deste capítulo. Mais que isso, as duas pesquisas foram desenvolvidas no âmbito do GPIMEM, que tem, como um dos focos de sua pesquisa, o estudo dos efeitos do uso conjunto da Modelagem Matemática e das tecnologias informáticas em salas de aula de Matemática (BORBA, 2000).

Poderíamos, então, estender a noção de *triangulação* em uma pesquisa para a triangulação na pesquisa de um grupo, que se realiza, dentre outras formas, por meio das pesquisas de cada um de seus membros que, por sua vez, estão relacionadas entre si. Ou poderíamos ver os diversos estudos como parte de uma pesquisa maior que busca a compreensão da Modelagem em ambientes de sala de aula. Essa diversidade de procedimentos, além de aumentar a credibilidade da pesquisa desenvolvida pelo GPIMEM como um todo, permite que uma pesquisa não fique isolada, ou seja, que ela não seja compreendida individualmente e sim interligada a outras pesquisas.

Com relação a essa pesquisa maior, ao analisarmos a literatura que trata do tema Modelagem Matemática na Educação Matemática¹⁰, podemos perceber que não há estudos que analisem dados longitudinalmente nessa área. De maneira geral, há pesquisas, como as já relatadas neste capítulo, que focam em uma dada turma ou em um dado grupo. Malheiros (2004),

¹⁰ Ver, por exemplo, as revisões de literatura feitas por Barbosa (2001) e por Araújo (2002).

alternativamente, analisou mais de cem trabalhos e fitas de vídeo de apresentações em sala de aula de projetos de Modelagem Matemática, buscando compreender qual a Matemática produzida pelos alunos dentro desse enfoque pedagógico. Os trabalhos analisados foram desenvolvidos por alunos de diferentes turmas do curso de Matemática Aplicada para Biologia já apresentado neste capítulo. Ao analisar esse número de trabalhos, ela buscou encontrar padrões que resultassem em respostas parciais à pergunta levantada. No desenvolvimento dessa pesquisa longitudinal, ela encontrou trabalhos que representam diferentes aspectos da produção matemática dos alunos. A autora pôde concluir que é possível aplicar conhecimentos trazidos de experiências prévias e construir novos ao se trabalhar com Modelagem na sala de aula.

Para este capítulo, que discute metodologia de pesquisa, o que é relevante é o fato de que esses múltiplos procedimentos, entrelaçados com diferentes perguntas de pesquisas, permitem que se tenha uma compreensão mais abrangente da Modelagem sendo vivenciada em salas de aula de Matemática.

Pesquisas em grupo, multiplicidade de foco e revisão da literatura

O leitor talvez tenha percebido que os três exemplos de pesquisa analisados na seção anterior têm um mesmo tema em comum, mas há diferença quanto ao foco de pesquisa. Conforme dito anteriormente, o trabalho de Araújo (2002), o de Borba, Meneghetti, Hermini (1997) e o de Malheiros (2004) têm como tema Modelagem e informática na Educação Matemática, mas cada um deles foca em um problema diferente. O mesmo ocorre com outras pesquisas desenvolvidas pelo mesmo grupo. Por exemplo, o trabalho de Borba, Meneghetti e Hermini (1999) se preocupa com o que seria um trabalho de qualidade dentro da perspectiva de Modelagem, e o de Borba e Bovo (2002) analisa como que trabalhos na área de Modelagem podem redundar em pesquisas profissionais na área de Biologia, mostrando uma

nova face da relação entre Educação e pesquisa, ou uma nova perspectiva da interdisciplinaridade, onde Educação Matemática e pesquisa em Biologia se encontram.

Entretanto, no contexto do GPIMEM, houve também um estudo relacionando Modelagem e formação inicial de professores. Partindo de uma indagação inicial – “como os professores poderiam utilizar Modelagem se a prática, em geral, não [é] abordada na Licenciatura?” (BARBOSA, 2001, p. 3) –, o pesquisador chama a atenção para a tímida presença da Modelagem na formação inicial de professores de Matemática, o que pode ser uma justificativa para a escassez de estudos sobre esse tema. Por outro lado, boa parte das pesquisas sobre Modelagem e formação de professores dizem respeito à sua educação continuada (por exemplo, GAZZETTA, 1989; ANASTÁCIO, 1990; BURAK, 1992), na qual a proposta de Modelagem é apresentada. Dentro dessa perspectiva, Barbosa (2001) desenvolve um trabalho detalhado sobre formação de professores, critica parte da literatura sobre concepções de professores e relaciona a experiência que o professor tem em sua formação inicial e suas concepções de Matemática e Educação.

Voltando-nos para o propósito deste capítulo, é importante notar que a Modelagem, que surgiu dentro do GPIMEM relacionada à informática e que é vista nesse grupo como uma proposta pedagógica que tem sinergia com a informática (BORBA, 2002), ganha fôlego novo na medida em que, para compreendê-la, é necessário que não somente a interface com a informática seja analisada, mas também com outras partes da literatura em Educação, como interdisciplinaridade e formação de professores. Salientamos, assim, a importância do desenvolvimento de pesquisas em grupo (BORBA, 2000). Um trabalho em grupo permite que diversos focos sejam escolhidos, diversos procedimentos sobre o mesmo foco sejam utilizados, proporcionando uma perspectiva mais global de um fenômeno em estudo.

Por outro lado, apenas os estudos realizados por um grupo de pesquisa não são suficientes. Veja, por exemplo, que Barbosa (2001), para construir seu estudo, precisou fazer uma

revisão da literatura não só de Modelagem, mas também na área de formação de professores, dentro e fora da Educação Matemática. Nesse sentido, o argumento que estamos construindo sobre a relevância de procedimentos múltiplos e focos diversos, embora entrelaçados, pode ser estendido, e justificar para alguns leitores, a importância da revisão da literatura.

Ao realizar uma pesquisa, torna-se importante que, após a definição do tema, seja encontrado um foco, que se traduz, de forma mais específica, em um problema ou pergunta de pesquisa. E um procedimento primordial nessa empreitada é a revisão da literatura, na qual o pesquisador situa seu trabalho no processo de produção de conhecimento da comunidade científica. Ela é importante não só para que “não se reinvente a roda”, refazendo o que já está feito, mas também porque o exercício de encontrar lacunas em trabalhos realizados ajuda na “focalização da lente” do pesquisador. Como afirma Alves-Mazzotti (1998), no processo de revisão da literatura, o pesquisador

vai progressivamente conseguindo definir de modo mais preciso o objetivo de seu estudo, o que, por sua vez, vai lhe permitindo selecionar melhor a literatura realmente relevante para o encaminhamento da questão, em um processo gradual e recíproco de focalização. (p. 180)

Devemos alertar o leitor, entretanto, para o fato de que não há um algoritmo a ser seguido. É necessário que haja alguma área de interesse para se iniciar essa revisão de literatura, a qual, por sua vez, pode transformar tal interesse ou mesmo modificá-lo totalmente. Sendo assim, conforme já discutido neste capítulo, a pergunta diretriz da pesquisa pode se transformar com o trabalho de campo, mas também com a revisão de literatura, o que nos leva ao ponto de discussão inicial deste capítulo.

Será que estamos andando em círculos? Começamos falando sobre o processo de construção da pergunta diretriz de uma pesquisa, o qual apontamos como uma característica de seu *design* emergente, e passamos a discutir a multiplicidade de

procedimentos. Esses, dentro de um grupo de pesquisa, podem estar entrelaçados com a multiplicidade de foco que, por sua vez, se alimenta da, e alimenta a, revisão da literatura, que pode levar a mudanças na pergunta diretriz, e assim sucessivamente em um processo de construção gradativa e coletiva de conhecimento. O que está por trás disso tudo? Faz-se necessária, então, uma reflexão sobre como esse entendimento de metodologia de pesquisa se relaciona com uma concepção de conhecimento e sobre como esses se relacionam com uma visão de Educação.

Concepções de conhecimento, educação e metodologia de pesquisa

Discutimos, até agora, alguns elementos chave no desenvolvimento de pesquisas: pergunta diretriz, multiplicidade de procedimentos e de foco e revisão da literatura. Realçamos uma inter-relação entre eles, utilizando, diversas vezes, exemplos de pesquisas desenvolvidas pelo GPIMEM. Ao longo dessa discussão, procuramos destacar dois pontos importantes referentes ao modo de pesquisar: o caráter emergente do *design* da pesquisa e o desenvolvimento de pesquisas dentro de grupos de pesquisa.

O primeiro desses pontos, como já discutimos na seção 2, diz respeito à impossibilidade de se estabelecer, *a priori*, teorias e procedimentos capazes de dar conta da realidade que se investiga. Conforme afirma Alves-Mazzotti (1998), "a realidade é múltipla, socialmente construída em uma dada situação e, portanto, não se pode apreender seu significado se, de modo arbitrário e precoce, a aprisionarmos em dimensões e categorias" (p. 147). Assim, quando decidimos desenvolver uma pesquisa, partimos de uma inquietação inicial e, com algum planejamento, não muito rígido, desencadeamos um processo de busca. Devemos estar abertos para encontrar o inesperado; o plano deve ser frouxo o suficiente para não "sufocarmos" a realidade, e, em um processo gradativo e não organizado rigidamente, nossas inquietações vão se entrelaçando com a revisão da

literatura e com as primeiras impressões da realidade que pesquisamos para, suavemente, delinear o foco e o *design* da pesquisa.

O segundo ponto refere-se ao pesquisar em grupos. Em um grupo de pesquisa temos, geralmente, um tema maior de interesse de seus membros. As pesquisas individuais desses membros, apesar de se relacionarem com o tema maior, podem ter focos distintos, o que faz com que cada uma delas demande diferentes revisões da literatura e diferentes procedimentos de pesquisa. O importante de se destacar aqui é que, apesar de diferentes, essas pesquisas, e seus respectivos focos, revisões da literatura, procedimentos, etc., não são disjuntos e proporcionam uma visão mais abrangente e sob diversas perspectivas do tema de interesse do grupo.

Esses dois pontos se encontram em uma forma de conceber metodologia de pesquisa que subentende uma certa visão de conhecimento. Para nós, o conhecimento não é descoberto e nem é transmitido: ele é uma produção gradativa de um coletivo pensante (LÉVY, 1999). No nosso caso, o coletivo pensante é constituído pelos pesquisadores que fazem parte do GPIMEM e pelas tecnologias da informação disponíveis no momento histórico da produção do conhecimento – os seres-humanos-com-mídias (BORBA, 2002). Além disso, esse coletivo pensante está constantemente em interação com outros coletivos. Assim, é natural que nossas pesquisas, assim como seus procedimentos, focos, revisões da literatura, etc., se inter-relacionem como numa teia, que se constrói ao longo do pesquisar, promovendo uma harmonia entre metodologia de pesquisa, procedimentos metodológicos e concepção de conhecimento, como enfatizaram Lincoln e Guba (1985), há quase duas décadas.

Não é da alçada deste capítulo discutir se essa visão de conhecimento é adequada ou não para o desenvolvimento de pesquisas na área da Educação Matemática, ou mesmo em outras áreas. Entretanto, cabe realçar, como fazem Lincoln e Guba (1985), a necessidade de que haja uma coerência entre os procedimentos utilizados e a visão de conhecimento. Não faz sentido

dizer que se quer compreender como o aluno pensa e ter testes de múltipla escolha como procedimento fundamental de uma pesquisa. Não é coerente realizar pesquisas de cunho qualitativo e não entender que a verdade que dela se origina é socialmente acordada. Nesse sentido, é importante que haja consonância (ou *ressonance*, de acordo com Lincoln e Guba (1985)) entre visão de conhecimento e procedimentos.

Mais que isso, no caso da pesquisa em Educação, é também necessário que haja uma visão de Educação que esteja coerente com a de conhecimento e a de metodologia. Por exemplo, se se entende que há aprendizagem quando se responde de forma correta a um dado teste, é coerente que se desenhe uma pesquisa buscando a aplicação do teste. Se é privilegiada a compreensão, e não resultados certos, então é importante que se busquem procedimentos como os discutidos neste capítulo (entrevistas, observação participante, análise de vídeo) para compreender um dado fenômeno.

No nosso caso, já que entendemos conhecimento como uma produção de um coletivo pensante constituído pelos seres-humanos-com-mídias, é natural que a maior parte dos dados de nossas pesquisas seja coletada em situações nas quais os alunos/participantes estejam reunidos em grupos e tenham mídias – oralidade, escrita e informática – à sua disposição. Além do mais, como o conhecimento, para nós, não é transmitido nem descoberto, buscamos criar situações que estimulem a investigação e que levem os alunos a formular problemas, o que está em consonância com a Modelagem Matemática.

Considerações finais

Procuramos discutir, neste capítulo, algumas questões referentes à metodologia de pesquisa na área da Educação Matemática que, acreditamos, preocupa uma parcela de pesquisadores nessa região de inquérito.

Demos atenção, principalmente, à construção da pergunta diretriz, à multiplicidade de procedimentos e de focos e à

revisão da literatura. Esses elementos foram relacionados sob dois aspectos principais: o *design* emergente da pesquisa e o desenvolvimento de pesquisas em grupos. De forma especial, buscamos destacar os fundamentos que influenciam diretamente na consonância entre esses elementos: visões de conhecimento, de Educação e de metodologia de pesquisa.

Para nós, em uma pesquisa em Educação (Matemática), a metodologia que embasa seu desenvolvimento deve ser coerente com as visões de Educação e de conhecimento sustentadas pelo pesquisador, o que inclui suas concepções de Matemática e de Educação Matemática. Portanto, o que o pesquisador acredita ser a Matemática e a Educação Matemática e seu entendimento de conhecimento e de como ele é produzido (ou transmitido, ou descoberto) são fundamentos que influenciam diretamente os resultados da pesquisa.

Portanto, em nosso entendimento, pesquisar não se resume a listar uma série de procedimentos destinados à realização de uma coleta de dados, que, por sua vez, serão analisados por meio de um quadro teórico estabelecido antecipadamente para responder a uma dada pergunta. Como procuramos deixar claro, existem fundamentos que, articulados, constituem a alma da pesquisa.

Reiteramos que a metodologia de pesquisa é importante não como um corpo rígido de passos a serem seguidos, já que acreditamos que o ser humano é o principal ator no processo de pesquisar em geral, e em particular nas Ciências Sociais. Assim, a discussão apresentada por nós não visa substituir a criatividade, as perspectivas políticas e os valores do educador-pesquisador, mas sim ser sua aliada na construção de conhecimento. Por outro lado, não cremos que exista conhecimento sem o humano, e nem que uma mera opinião sobre o que interrogamos tenha o mesmo valor de uma pesquisa qualitativa desenvolvida sob determinadas normas acordadas pela comunidade que desenvolve pesquisa. Descartar o "vale-qualquer-coisa" e criticar a rigidez, mesmo dentro da pesquisa qualitativa, que tolhe o *insight* e as idéias do pesquisador é o

desafio da pesquisa qualitativa. Para isso, apresentamos a síntese provisória sobre metodologia de pesquisa, a qual foi abstraída de nossos trabalhos prévios de investigação.

Referências bibliográficas

ALVES-MAZZOTTI, A. J. O método nas Ciências Sociais. In: ALVES-MAZZOTTI, A. J.; GEWANDSZNAJDER, F. *O método nas Ciências Naturais e Sociais: Pesquisa Quantitativa e Qualitativa*. São Paulo: Editora Pioneira, 1998. parte I, p. 107-188.

ANASTÁCIO, M. Q. A. *Considerações sobre a Modelagem Matemática e a Educação Matemática*. 100 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1990.

ARAÚJO, J. L. *Cálculo, Tecnologias e Modelagem Matemática: as discussões dos alunos*. 173 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2002.

BARBOSA, J. C. *Modelagem Matemática: Concepções e experiências de futuros professores*. 253 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001.

BENEDETTI, F. *Funções, software gráfico e coletivos pensantes*. 316 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.

BORBA, M. C. GPIMEM e UNESP: Pesquisa, extensão e ensino em informática e Educação Matemática. In: PENTEADO, M.; BORBA, M. (Orgs.) *A informática em ação: formação de professores, pesquisa e extensão*. São Paulo: Editora Olho d'Água, 2000, p. 47-66.

BORBA, M. C. O computador é a solução: mas qual é o problema? In: SEVERINO, A. J.; FAZENDA, I. C. A. *Formação docente: Rupturas e possibilidades*. Campinas: Papyrus Editora, 2002, cap. 9, p. 141-161.

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 de Educação Matemática da SBEM-SP*, [São José do Rio Preto], v. 5, 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: E. K. Fainguelernt & F. C. Gottlieb (Org.) *Calculadoras gráficas e Educação Matemática*. Rio de Janeiro: Art Bureau, 1999, p. 95-113.

BORBA, M. C.; BOVO, A. A. Modelagem em sala de aula de Matemática: interdisciplinaridade e pesquisa em Biologia. *Revista de Educação Matemática da SBEM-SP*, [Catanduva], n. 6-7, p. 27-33, 2002.

BURAK, D. *Modelagem Matemática: ações e interações no processo de ensino-aprendizagem*. 329 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade de Campinas, Campinas, 1992.

GAZZETTA, M. A. *Modelagem como estratégia de aprendizagem na Matemática em cursos de aperfeiçoamento de professores*. 150 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1989.

GOLDENBERG, M. *A arte de pesquisar*. Como fazer pesquisa qualitativa em Ciências Sociais. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Record, 1998, 107p.

LÉVY, P. *A Inteligência Coletiva: por uma antropologia do ciberespaço*. Tradução: Luiz Paulo Rouanet. 2. ed. São Paulo: Edições Loyola, 1999, 212 p.

LINCOLN, Y. S.; GUBA, E. G. *Naturalistic Inquiry*. Califórnia: Sage Publications, Inc., 1985, 416 p.

MALHEIROS, A. P. S. *A produção matemática dos alunos em um ambiente de Modelagem*. 180f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2004.

MORSE, J. M. Designing Funded Qualitative Research. In: DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. (Eds.). *Handbook of Qualitative Research*. Califórnia: Sage Publications, 1994. cap. 13, p. 220-235.