

Algumas Reflexões sobre Pesquisas Envolvendo Teorias de Linguagem, Linguagem Matemática e Processos Cognitivos

Edna Maura Zuffi¹

No I SIPEM – Seminário Internacional de Pesquisa em Educação Matemática – promovido pela SBEM, em novembro de 2000, delineou-se um grupo de trabalhos sobre os processos cognitivos e lingüísticos na Educação Matemática. Algumas pesquisas envolvendo tais processos foram apresentadas, corroborando a importância de se intensificarem as investigações sobre o papel da linguagem na aquisição e construção de conhecimentos matemáticos.

Com este trabalho, temos por objetivo refletir sobre alguns aspectos das pesquisas apresentadas no SIPEM, bem como sobre alguns outros artigos que abrangem a questão da linguagem na Educação Matemática, com vistas a propormos novas questões para a investigação nesta linha.

Destacamos, aqui, um artigo de Winslow (2000), que procura sintetizar as tendências, na Filosofia da Matemática e na Educação Matemática, fundamentadas na idéia básica de que a Matemática representa uma forma especial de uso da linguagem. Segundo Winslow, uma primeira classe afirma, basicamente, que a natureza do conhecimento matemático só pode ser estudada indiretamente, através das instituições e das relações interpessoais, estando relacionadas com a criação e disseminação do conhecimento matemático. Esta classe teria por conceitos básicos que o conhecimento é socialmente situado e sustenta-se por teorias da sociologia e sócio-lingüística. O autor inclui aqui os trabalhos de Hersh (1979), Kitcher (1984), Tymoczko (1986) e Ernest (1998), além do clássico “Provas e Refutações” de Lakatos (1976). A segunda classe, para Winslow, focaliza-se sobre as relações estruturais (similaridades, diferenças, dependências) entre a lingüística e o conhecimento matemático, tomando como base uma análise sincrônica, interdisciplinar, da matemática e das estruturas lingüísticas. O próprio autor inclui-se nessa tendência, além dos trabalhos de Pimm (1987), Rotman (1988) e Walkerdine (1990). Embora Winslow reconheça diferenças filosóficas dentre tais tendências, afirma que seus pontos de vista não são teoricamente opostos.

¹ Professora Doutora do Departamento de Matemática do ICMC – USP, São Carlos.

No que concerne especificamente à Educação Matemática, o autor aponta que os temas centrais das investigações têm girado em torno dos papéis e funções da linguagem natural no aprendizado da Matemática, especialmente dos mecanismos e o potencial de aprendizagem da interação discursiva nas aulas, e em torno das correlações entre a performance na aprendizagem de Matemática e a competência na linguagem de instrução.

Particularmente, nossas investigações têm-se pautado neste último tema, focalizando as competências do professor quanto à utilização da linguagem matemática. Entretanto, esclarecemos que não atribuímos somente às formas de uso da linguagem todas as dificuldades dos alunos, nem acreditamos que uma comunicação cada vez mais elaborada em sala de aula vá garantir o sucesso na elaboração dos conceitos matemáticos. Fatores psicológicos, motivacionais, e condições sócio-culturais são também determinantes para que as relações interpessoais, mediadas pela linguagem natural ou pela linguagem matemática, sejam bem elaboradas no plano intrapsicológico (Vygotsky, 1989) daquele a que se direciona o ensino da Matemática.

Uma outra questão que se coloca é que alguns críticos desse enfoque lingüístico sobre a Matemática podem entender que as preocupações girem em torno dos aspectos sintáticos da linguagem matemática, em detrimento dos aspectos semânticos. Porém, Winslow (2000) deixa claro que as preocupações com a semântica têm estado no cerne das pesquisas nessa área, principalmente com a incorporação de elementos da sócio-lingüística e da pedagogia da linguagem, estendendo os domínios de métodos lingüísticos para além do nível de frase, envolvendo a análise do discurso – uso da linguagem em nível de textos - e a idéia de metáfora (Pimm, 1994; Sfard, 1994), assim como o estudo do uso da linguagem dentro de contextos próprios de segmentos de uma sociedade humana.

Concordamos com Winslow (2000, p. 36), quando argumenta que não é conveniente, entretanto, desviar-se por completo do aspecto formal da linguagem – e da linguagem matemática, no caso – pois crê que *“não há pensamento sem regras. Ambas, lógica e gramática, conspiram para nos tornar possível articular pensamentos. É absurdo pensar em regras como restringindo o pensamento; regras de coerência, consistência e gramaticalidade são as que fazem o pensamento possível”*.

E acrescenta:

“Os textos matemáticos contêm uma certa mistura regulada de linguagem natural e linguagens simbólicas (estas incluindo figuras de natureza geométrica). No primeiro nível, a sintaxe do texto é aquela da linguagem natural, com certos elementos da frase (p.ex. um substantivo-frase) trocados por cadeias de símbolos (p.ex., uma equação). Então, no segundo nível, as cadeias de símbolos têm sua própria sintaxe (universal e limitada pelo contexto – ‘context-bound’), a qual interage sistematicamente com a sintaxe da linguagem natural do primeiro nível, por exemplo, regulando tais ‘substituições’ “. (Winslow, 2000, p.37)

Esse autor faz uma crítica aos estudos sobre linguagem natural no ensino de Matemática que negligenciam a lingüística específica do assunto ensinado e observa que pouquíssimos estudos sobre comunicação na aula de Matemática estão explicitamente pautados em ambas as teorias: do discurso matemático e da linguagem natural. Afirmar, ainda, que a complexidade do discurso nas aulas de Matemática leva a resultados de pesquisa com análises de casos especiais, com pouca chance de reprodutibilidade em outros contextos. Considera que este tipo de pesquisa é necessária, mas que deve ser uma fase pré-paradigmática para a formação de programas coerentes de pesquisa, que tornem explícitos os paralelos entre a Educação Matemática e a educação da linguagem.

A partir dessas considerações de Winslow, gostaríamos de tecer alguns comentários com relação às investigações apresentadas no I SIPEM, em 2000:

- 1) O nosso trabalho (Zuffi, 2000) aponta uma definição de linguagem matemática bastante próxima às idéias de Winslow, incluindo as propostas lógico-formais, mas também a utilização de símbolos, como figuras, diagramas, desenhos e esboços menos formais, que fazem parte da comunicação das idéias matemáticas, tanto entre a comunidade de matemáticos, quanto no seu ensino. Também procuramos levar em conta, na análise da utilização da linguagem matemática por professores do Ensino Médio, os aspectos específicos da linguagem relacionada a um assunto muito próprio da Matemática (o tema ‘funções’), considerando, inclusive, fontes da História da Matemática no desenvolvimento dessa linguagem específica. A preocupação com a semântica e os significados gerados a partir da linguagem matemática explicitada pelo professor consistiram-se em nosso foco central, mais do que os formalismos da

Matemática que o professor pudesse estar usando. Entretanto, uma análise mais profunda das interferências do contexto escolar e sócio-cultural sobre a linguagem matemática do professor ainda se faz necessária em nossa pesquisa.

- 2) O trabalho apresentado por Furst (2000) dirige-se mais à linha da cognição, mas também discute uma proposta de análise teórica a partir de termos como “metalinguagem” e “meta-regras”, para tratar de questões muito próprias de assuntos matemáticos – como a Análise Combinatória – e as “regras” mais generalistas que poderiam desencadear “regras” específicas e mais detalhadas, nesses assuntos.
- 3) A pesquisa de David e Lopes (2000) aponta uma ampliação da idéia de *pensamento flexível* (Gray e Tall, 1993), para a de *pensamento matemático* (Schoenfeld, 1992), reforçando a importância do papel do professor nesta questão. As preocupações com a linguagem se dão à medida em que as autoras consideram que os procedimentos de ensino do professor são mediados por uma linguagem, destacando, dentre as habilidades cognitivas necessárias à manifestação do pensamento matemático, o “simbolismo”, ou seja, a habilidade de “o sujeito ser capaz de usar adequadamente a linguagem simbólica da matemática, sabendo traduzir matematicamente uma situação vivenciada por ele, ou sabendo atribuir significado à simbologia matemática”. (David e Lopes, 2000, p. 364).
- 4) O trabalho apresentado por Fonseca (2000) inclui pesquisa em andamento sobre as expressões verbais (orais ou escritas) para a comunicação de reminiscências de alunos jovens e adultos sobre a Matemática escolar de sua Educação Básica. Resgata a questão da significação como fenômeno social, de interação verbal, que se realiza nas enunciações do sujeito, com referencial teórico em Bakhtin (1929, 1979) e na análise do *gênero discursivo* próprio da instituição escolar. Fonseca destaca o esforço empreendido pelo aluno adulto para conquistar sua inserção na cultura escolar, através do domínio do que chama um “matematiquês escolento” – enunciados típicos da Matemática escolar – que legitimaria esta inserção. Concordamos, aqui, com as críticas de Fonseca de que os enunciados próprios da linguagem matemática, principalmente na Educação Básica, muitas vezes se apresentam mais como uma forma de poder da instituição escolar, do que com preocupações quanto à construção de significados dentro deste gênero discursivo. Entretanto, não cremos que seja recomendável abster-se de todo e

qualquer formalismo ou simbolismo próprio da linguagem matemática escolar, como justificativa para uma ênfase na construção de significados. Acreditamos que seja possível uma dosagem adequada da introdução dessa linguagem específica, sem prejuízo dos seus aspectos semânticos. Negligenciá-la, ao contrário, seria fornecer aos alunos uma visão mais precária do que seja a Matemática e de como atua a comunidade de pesquisadores, professores, alunos e, em geral, os usuários dos conhecimentos gerados a partir do desenvolvimento da linguagem matemática formal.

- 5) Os trabalhos de Costa (2000) e de Rabello de Castro & Frant (2000) baseiam-se no conceito de *estratégia argumentativa*. O primeiro apresenta uma análise dos tipos de argumentos utilizados por alunos no processo de resolução de *Problemas Geradores*. O segundo trabalho tem por objetivo apresentar o conceito de estratégia argumentativa, para a compreensão dos processos de ensino e aprendizagem. As duas últimas autoras partem do pressuposto de que a produção de significados para conceitos matemáticos envolve processos análogos àqueles relacionados à produção de significados para os conceitos da vida cotidiana. Vale ressaltar que tal analogia se refere aos processos de produção, e não à natureza da linguagem propriamente dita. Com relação a esta última, acreditamos que os conceitos matemáticos propostos nas instituições escolares, para os quais desejamos construir significado, tiveram uma longa elaboração no decorrer de processos sócio-históricos, até atingirem seus enunciados e as argumentações nas formas que conhecemos hoje, e o domínio de uma linguagem própria da matemática não se dá de maneira tão natural, se comparado às aquisições de habilidades argumentativas para os conceitos da vida cotidiana. Devido a esta longa elaboração - muitas vezes restrita a um reduzido grupo de pessoas - o domínio de elementos próprios da linguagem matemática, mesmo que sejam bastante simples, e que não necessariamente façam parte da vida cotidiana do aluno, devem ser também objetivo da Educação Matemática, se desejamos que nossos alunos sejam capazes de utilizar esta nova linguagem para resolver problemas que lhes sejam desafiadores, sejam estes problemas parte de sua vida cotidiana, ou não.

A partir de tais observações, apresentamos algumas questões para investigações futuras, na expectativa de que outras se acrescentem a estas:

- Em que medida o ensino de Matemática através de estratégias de *resolução de problemas* (Schoenfeld, 1992) pode desenvolver no aluno uma linguagem matemática autônoma e plena de significados? Seria possível construir tal linguagem junto ao aluno, sem a apresentação direta de formalismos já historicamente estabelecidos na Matemática, partindo-se exclusivamente de problemas que dela necessitem?
- Como a utilização de fontes históricas, relativamente a conceitos matemáticos específicos, pode auxiliar o professor na reflexão crítica sobre a construção de uma linguagem matemática, para si e para seus alunos? Esta questão se coloca, porque, em nosso estudo sobre o conceito de função, pudemos observar que os modos de expressão usados na Matemática, ao longo da História, para este conceito, apresentaram mudanças significativas, de maneira que a reflexão do professor de matemática sobre tais mudanças pode lhe fornecer uma base muito interessante para rever suas próprias concepções sobre o que é a Matemática e sobre como se constrói sua linguagem específica.
- Como se dão as reflexões sobre a linguagem matemática, nos processos de formação de professores de Matemática? Em que medida estes são conscientizados da necessidade de uma transposição da linguagem meramente formal, dos livros didáticos e de seus cursos universitários, para uma linguagem matemática simples e espontânea, mas que seja capaz de comunicar idéias matemáticas com clareza, no ensino básico? Seria possível falar das relações entre a *Transposição Didática* (Chevallard, 1982; Chevallard & Joshua, 1991) e uma transposição didática da linguagem matemática? Isto porque verificamos que, muitas vezes, não somente o gênero discursivo da sala de aula de matemática tem características muito próprias, mas também o professor e os livros didáticos “criam” expressões e símbolos como uma outra linguagem própria, mas que não apresentam os significados totalmente compatíveis com aqueles socialmente compartilhados pela comunidade matemática mais ampla. É o caso do uso que constatamos dos símbolos “m/a” e “c/a”, usados por uma professora e por um livro didático, não para expressarem frações ou razões entre grandezas, mas que significavam, respectivamente: “o mesmo sinal que o de

a ” e “o sinal contrário ao de a ”, onde “ a ” era a constante na expressão “ $y=ax+b$ ”, que representa uma função afim.

- Podemos pensar em diferentes “sotaques “ da linguagem matemática no ensino de Ciências, de Física, de Química? Como o uso da linguagem matemática em outras áreas de organização do conhecimento humano interfere na construção de significados para a linguagem matemática dos alunos? Como se dá a interação, nas salas de aulas, entre a linguagem matemática e as outras ciências que dela fazem uso para resolver seus problemas?
- Como chegar a uma visão ampla e a uma síntese das principais teorias envolvendo linguagem matemática e processos cognitivos, para um direcionamento a pesquisas aplicadas à formação de professores de Matemática e alunos? Esta questão se coloca como uma das preocupações apresentadas pelo Grupo de Trabalho sobre *Aspectos Cognitivos e Linguísticos em Educação Matemática*, uma vez que se constatou que muitas pesquisas e referências teóricas têm sido apresentadas na área, mas ainda há, particularmente no Brasil, poucos trabalhos que tomem por base estas propostas e apresentem alternativas concretas para a formação de professores e alunos, de modo a ampliar e aprofundar sua compreensão dos conceitos e situações que envolvem a Matemática.

Esperamos que tais questões, aqui apresentadas, possam auxiliar no direcionamento dos trabalhos futuros desta pesquisadora e compartilhar suas preocupações com o Grupo de Trabalho, a fim de que os esforços possam eventualmente se aglutinar e produzir novos e significativos resultados de pesquisa nessa área, no país.

Referências Bibliográficas

ANGHILERI, J., *Language, arithmetic, and negotiation of meaning*, For the Learning of Mathematics, 15(3), p.10-14, 1995.

BAKHTIN, M. (1929), *Marxismo e Filosofia da linguagem*, 6ª ed., S. Paulo: Hucitec, 1992.

----- (1979), *Estética da criação verbal*, São Paulo: Martins Fontes, 1997.

CHEVALLARD, Y., *Sur l'ingénierie didactique*, IREM d'Als-Marseille, 1982.

- CHEVALLARD, Y. & JOSHUA, M.A., *La transposition didactique*, Ed. la Pensée Sauvage, 1991.
- COSTA, T.M.L., *Apertando as mãos: uma análise baseada em estratégia argumentativa*, livro de resumos do I SIPEM, p.376-381, nov/2000.
- DAVID, M.M.S. e LOPES, M.P., *O papel do professor no desenvolvimento do pensamento matemático dos alunos*, livro de resumos do I SIPEM, p.363-371, nov/2000.
- ERNEST, P. *Social Constructivism as a Philosophy of Mathematics*, Suny Press, New York, 1998.
- FONSECA, M.C.F.R., *Reminiscências da Matemática escolar de alunos da Educação Básica de jovens e adultos: o gênero discursivo como categoria de análise*, livro de resumos do I SIPEM, p.372-376, nov/2000.
- FURST, P., *O uso de técnicas metacognitivas no aprendizado de Matemática*, livro de resumos do I SIPEM, p.352-356, nov/2000.
- GRAY, E.M. & TALL, D.O., *Success and failure in Mathematics: the flexible meaning of symbols as process and concept*. Mathematics Teaching, 142, pp.6-10, 1993.
- HERSH, R. *Some proposals for reviving the philosophy of Mathematics*, Advances in Mathematics, 31, p.31-50, 1979.
- KITCHER, P. *The nature of mathematical knowledge*, Oxford Univ. Press, Oxford, 1984.
- LAKATOS, I. *Proofs and Refutations: the logic of mathematical discovery*, Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1976.
- PIMM, D., *Speaking Mathematically – Communication in Mathematics Classrooms*, N.Y.- London: Routledge, 1987.
- , *Mathematics classroom language: form, function and force*, in R. Biehler et al (eds.): *Didactics of Mathematics as a Scientific Discipline*. Dordrecht: Kluwer, 1994.
- ROTMAN, B. *Toward a semiotic of Mathematics*, Semiotica, 72, p.1-35, 1988.
- RABELLO DE CASTRO, M. e FRANT, J.B., *Estratégia argumentativa: um modelo*, livro de resumos do I SIPEM, p.381-383, nov/2000.
- SCHOENFELD, A.H., *Learning to think mathematically: problem solving, metacognition, and sense making in mathematics*. In D.A. Grows (Ed.),

- Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning, New York, Macmillan, pp. 334-370, 1992.
- SFARD, A., *Reification as the birth of metaphor*, For the Learning of Mathematics, 14:1, 44-55, 1994.
- STEINBRING, H., BUSSI, M.G.B. & SIERPINSKA, A. (Eds.), *Language and Communication in the Mathematics Classroom*, NCTM, Reston, U.S.A., 1998.
- TYMOCZOKO, T. *New Directions in the Philosophy of Mathematics*, Birkhäuser, Boston, 1986.
- USISKIN, Z., *Mathematics as a Language*, in Communication in Mathematics, k-12 and Beyond, NCTM, Yearbook, U.S.A., p.231-242, 1996.
- VYGOTSKY, L.S., *The instrumental method in Psychology*, in J.V. Wertsch (Ed.) "The concept of activity in Soviet Psychology", Armonk, New York, M.E. Sharpe Inc., p. 134-143, 1981.
- *Pensamento e Linguagem*, 2ª Ed., São Paulo: Martins Fontes, 1989.
- WALKERDINE, V. *The mastery of reason: cognitive development and the production of rationality*, Routledge, London, 1990.
- WINSLOW, C., *Coherence in theories relating Mathematics and Language*, Humanistic Mathematics Network Journal, Claremont, CA, 22, p.32-39, April 2000.
- ZUFFI, E.M., *O tema 'funções' e a linguagem matemática de professores do Ensino Médio – por uma aprendizagem de significados*, São Paulo: Faculdade de Educação, USP, jun. 1999, 307p. (tese de doutorado em Ensino de Ciências e Matemática)
- , *Linguagem matemática, o conceito de função e professores do Ensino Médio*, livro de resumos do I SIPEM, p.348-352, nov/2000.