

## 16 TECNOLOGIAS INFORMÁTICAS NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E REORGANIZAÇÃO DO PENSAMENTO<sup>1</sup>

Marcelo C. Borba<sup>2</sup>

### Introdução

A introdução das novas tecnologias – computadores, calculadoras gráficas e suas interfaces que se modificam a cada dia – tem levantado diversas questões. Dentre elas destaco as preocupações relativas às mudanças curriculares, às novas dinâmicas da sala de aula, ao “novo” papel do professor e ao papel do computador nesta sala de aula.

O GPIMEM,<sup>3</sup> grupo de pesquisa que coordeno, tem buscado articular os temas citados no parágrafo anterior ao mesmo tempo em que enfrenta as particularidades de cada um. Por exemplo, o capítulo de Miriam Penteado neste mesmo livro enfatiza questões ligadas ao professor, relacionando estas com questões teóricas emergentes da pesquisa por ela desenvolvida.

---

1 Embora Mónica Vilarreal, Universidade de Córdoba, Argentina, estudante do Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática da UNESP, Rio Claro, e Telma Souza Gracias, membro do GPIMEM, UNESP, Rio Claro, não sejam responsáveis pelas posições aqui expressas, agradeço os comentários feitos por elas em versões preliminares deste capítulo.

2 Coordenador do GPIMEM, Grupo de Pesquisa em Informática, outras Mídias e Educação Matemática, do Departamento de Matemática – UNESP – Rio Claro – SP. e-mail: mborba@caviar.igce.unesp.br

3 O GPIMEM, Grupo de Pesquisa em Informática, outras Mídias e Educação Matemática, estuda a relevância do computador, calculadoras gráficas ou outros tipos de mídia na Educação Matemática. Uma lista com diversas publicações sobre este tema pode ser encontrada na *home-page* do grupo: <http://www.igce.unesp.br/igce/pgem/gpimem.html>

Neste capítulo buscarei apresentar questões epistemológicas que têm emergido da pesquisa de diversos membros do GPIMEM. Enfatizarei o papel das novas tecnologias nesta discussão e proporei que o surgimento dos computadores, vistos como uma nova mídia, nos ajudou a ver que o que conhecemos e como conhecemos está intrinsecamente ligado às mídias disponíveis, ou mais ainda, discutirei como que as idéias de Levy (1993), no tocante ao pensamento coletivo, podem se materializar na sala de aula de Matemática.

## Informática e reorganização do pensamento

Em um artigo não muito divulgado no Brasil, Tikhomirov (1981) discute três teorias acerca de como os computadores afetam a cognição humana e conseqüentemente como estes podem afetar a educação. Embora a versão em russo do artigo date dos anos 70, ele pode ser considerado atual, se considerarmos os debates que envolvem hoje professores e pesquisadores da área de Educação Matemática. Por exemplo, ainda há os que temem que o computador desumanize a educação ou os que acham que os mesmos conteúdos que eram ensinados antes da introdução desta nova mídia devam continuar a sê-lo.

A primeira teoria apresentada pelo autor é a teoria da substituição. Nesta teoria, como o nome sugere, o computador é visto como um substituto do ser humano. O argumento básico apresentado para sustentar esta visão é o de que o computador chega aos mesmos resultados que o ser humano, na maioria dos casos com menos erros, e, portanto, *substitui* o ser humano.

Tal teoria não deve ser abraçada na medida em que trivializa o pensamento, ao ignorar os complexos processos humanos pelos quais um problema é eleito para ser resolvido e como que a busca de soluções desenvolvida por humanos é fundamentalmente diferente do desenvolvido pelo computador. É importante notar que esta refutação está baseada em uma visão de conhecimento na qual a escolha do problema é fundamental, de forma semelhante à feita em Borba (1997). Em ambos os casos, a geração de conhecimento é condicionada à escolha de um problema que tem entornos socioculturais.

Descartada esta teoria, a segunda teoria resumida por Tikhomirov (1981) deve ser discutida. A teoria da suplementação sustenta que o computador *complementa* o ser humano. Deste modo, o primeiro resolve alguns

problemas que são de difícil solução para o segundo. Há, de acordo com esta visão, apenas uma justaposição entre as novas tecnologias e o ser humano. Tikhomirov (1981) argumenta que a teoria da suplementação está baseada na teoria da informação (*information theory of thinking*), que defende que o pensamento pode ser dividido em pequenas partes. Assim, processos complexos de pensamento consistem de pequenas partes que podem ser agrupadas. Se esta visão de pensamento é adotada, então faz sentido que haja uma justaposição do ser humano ao computador, com o primeiro realizando algumas “partes” do pensamento complexo e o segundo realizando outras. Do somatório de ambas participações resulta o todo que era realizado anteriormente apenas pelo ser humano.

Esta visão de pensamento, e conseqüentemente a teoria da suplementação, devem ser criticadas na medida em que têm uma visão apenas quantitativa e não qualitativa do pensamento. Ao terem a ilusão de reduzir o pensamento a “pequenas caixas” não consideram que o processo de busca de um problema e de busca de soluções para este problema, ou mesmo uma mudança no que possa ser de fato um problema não pode ser decomposto e sim deve ser entendido de forma global. Mais ainda, este modelo de pensamento humano ignora que há valores que perpassam tanto a eleição de um dado problema como suas possíveis soluções.

Como é discutido em outros trabalhos do GPIMEM, deve ser observado também que as duas teorias acima não consideram que as diferentes mídias – por exemplo, oralidade, escrita e informática – têm algum papel relevante no processo cognoscente. Esta questão será retomada no final deste capítulo quando será exposta minha posição sobre o tema.

A terceira teoria exposta por Tikhomirov (1981), teoria da reorganização, defende que a informática exerce papel semelhante àquele desenvolvido pela linguagem na teoria vygotskiniana. Tikhomirov sustenta que o computador regula a atividade humana e que este tem diferenças fundamentais com a linguagem. O computador pode dar *feedback* a passos intermediários da atividade humana, que seriam impossíveis de serem dados por observadores externos. Hoje, com os desenvolvimentos das novas interfaces dos computadores, podemos estender as idéias do autor russo, se levarmos em conta todos os processos que são mediados através das imagens dos monitores destes equipamentos e, mais recentemente, pelos sons e outros meios que se encontram em amplo processo de desenvolvimento e possibilitam *feedback* muito mais intensos do que aqueles então analisados por Tikhomirov.

É possível argumentar que ao invés de termos substituição ou suplementação, o computador provoca uma reorganização da atividade humana. Sendo assim, Tikhomirov se aproxima da noção de “modelagem recíproca” entre computadores e seres humanos proposta por mim. Nesta visão, discutida em outros artigos, o computador é visto como algo que molda o ser humano e que ao mesmo tempo é moldado por ele.

Tikhomirov, entretanto, explicita algo que muitas vezes ainda não parece claro para parte da comunidade de Educação Matemática: temos que nos concentrar nos problemas que podem ser resolvidos pelos sistemas ser-humano-computador, e não no que deixamos de aprender devido à presença de novas tecnologias. Esta visão, levada para a educação, tem conseqüências na medida em que traz uma mídia – ou as mídias de maneira geral – para o cerne das práticas didáticas e pedagógicas.

Neste sentido, o pensar de como o conhecimento é gerado em ambientes “formais” ou “informais” de aprendizagem deve-se considerar as diferentes mídias disponíveis. Deve ser notado, entretanto, que Tikhomirov não elaborou de forma precisa como a noção de pensarmos o ser-humano-computador como unidade básica para entendermos o conhecimento, nestes tempos, se materializaria em ambientes tais como salas de aula.

Na próxima seção mostrarei um exemplo que emergiu de minha pesquisa, para que a discussão feita até aqui seja retomada à luz deste exemplo.

## Novas tecnologias na sala de aula

No projeto de pesquisa desenvolvido pelo GPIMEM buscamos um constante contraste entre discussões teóricas e exemplos particulares. Entendemos que o singular ilumina o geral da mesma forma que este permite que distingamos ou agrupemos diferentes exemplos. Neste sentido desenvolvemos pesquisas que envolvem entrevistas monitoradas com estudantes e pesquisas no ambiente “natural” da sala de aula.

Um dos projetos do grupo de pesquisa, sob minha responsabilidade, estuda como pedagogias, como a modelagem (Bassanezi, 1994) – em que a escolha dos problemas a serem trabalhados é prioritariamente feita pelos alunos – e a pedagogia “experimental-com-tecnologia” podem resultar em uma sinergia que redunde em aprendizagem na sala de aula. Este enfoque é aplicado em um curso de Matemática Aplicada, com carga horária de 60 horas, para alunos ingressantes no curso de graduação em Ciências Biológicas da UNESP, Rio Claro. O conteúdo abordado é pré-cálculo

e Cálculo I. O professor do curso, autor deste capítulo, disponibiliza o uso de calculadoras gráficas e/ou *softwares* gráficos durante as aulas.

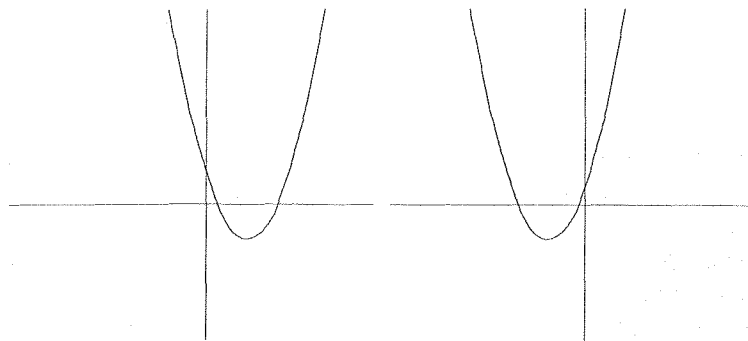
Aqui apresentaremos apenas um exemplo relativo à parte “experimental” do curso. Neste enfoque, os alunos são incentivados, através das atividades propostas, a fazerem tentativas, utilizando-se de calculadoras gráficas (computadores de pequeno porte) e computadores. Por exemplo, quando trabalham com funções – antes de trabalharem com derivadas e integrais – os alunos analisam famílias de funções estabelecendo relações entre as representações gráficas e algébricas destas famílias. Assim, famílias do tipo  $y=ax+b$ ,  $y=ax^2+bx+c$ ,  $y=ax^3+bx^2+cx+d$ ,  $y=a \ln(bx+c)+d$  e  $y=ae^{bx+c}+d$  são estudadas.

Após os alunos “experimentarem” e estabelecerem conjecturas – algumas delas ligadas aos projetos da parte de modelagem do curso que era desenvolvido em paralelo –, o professor coordena um debate sobre as idéias desenvolvidas pelos pequenos “grupos de investigação” formados por dois ou três estudantes. Para estabelecerem tais conjecturas ou gerarem perguntas, os grupos trabalham duas vezes por semana, por períodos que às vezes se estendem por mais de uma hora, “fazendo experiências” com as calculadoras gráficas ou com o *software* Fun (Borba & Januzzi, 1998). Tanto a calculadora quanto o Fun permitem que diferentes gráficos sejam feitos rapidamente. Normalmente em um grupo de três alunos, um maneja a calculadora ou o teclado, outro monitora a ação sobre a calculadora, e o terceiro é o redator de um relatório sobre as atividades desenvolvidas.

Em 1998, no momento da discussão sobre quais as relações entre os gráficos e os coeficientes “a”, “b” e “c” de funções quadráticas do tipo  $y=ax^2+bx+c$ , mais uma vez os estudantes elaboraram diversas conjecturas que foram debatidas pelos colegas e pelo professor. A conjectura levantada por um dos 15 grupos, composto por Renata, Patrícia e Silvia,<sup>4</sup> provou ter um certo grau de originalidade. Renata afirmou:

Quando “b” é maior que zero, a parábola vai cortar o eixo y com sua parte crescente, quando “b” for maior que zero. Quando “b” for menor que zero, ela vai cortar o y com sua parte decrescente [a aluna faz alguns gestos com a mão tentando “desenhar” no ar o que disse]. (Transcrição da fita de vídeo, dia 7 de abril de 1998)

<sup>4</sup> Renata Giassi Udulutsch, Patrícia Aline Oliveira Ribeiro e Silvia Kazue Missawa, todas estudantes do 1º Ano do curso de graduação em Ciências Biológicas (período integral) da UNESP, Rio Claro – SP, 1998.

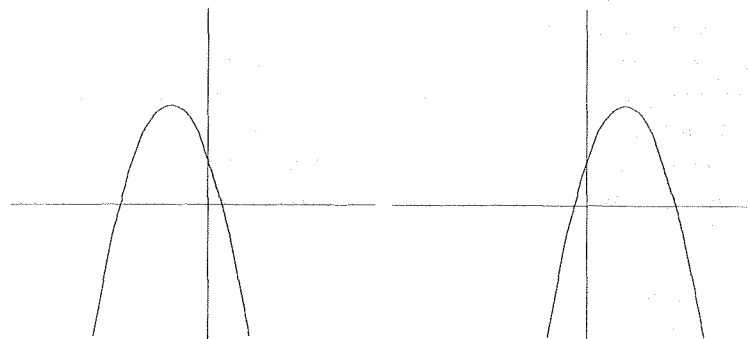


$$f(x) = x^2 - 3x + 1$$

$a > 0, b < 0$

$$f(x) = x^2 + 3x + 1$$

$a > 0, b > 0$



$$f(x) = -x^2 - 3x + 1$$

$a < 0, b < 0$

$$f(x) = -x^2 + 3x + 1$$

$a < 0, b > 0$

A afirmação feita por esta aluna desencadeou uma intensa discussão na turma. Nem o professor nem os outros alunos tinham refletido sobre este assunto nos termos pensados pelo grupo. Após longa análise da proposição feita pelos alunos e alguma hesitação, foi concluído que a afirmação é verdadeira, visto que se for analisado o  $x_v = -\frac{b}{2a}$  nas quatro combinações possíveis ( $a > 0$  e  $b < 0$ ,  $a > 0$  e  $b > 0$ ,  $a < 0$  e  $b < 0$ ,  $a < 0$  e  $b > 0$ ) a posição do vértice da parábola em relação ao eixo dos Ys confirma a relação (vide figuras acima).

Nestas figuras consideramos  $a = \pm 1$ ,  $b = \pm 3$  e  $c = 1$  para ilustrarmos o que acontece. Note que as figuras representam de fato as quatro combinações

possíveis ( $a > 0$  e  $b < 0$ ,  $a > 0$  e  $b > 0$ ,  $a < 0$  e  $b < 0$ ,  $a < 0$  e  $b > 0$ ). Assim, quando  $a > 0$ ,  $b < 0$  teremos  $x_v > 0$  e parábola com a concavidade voltada para cima. Como o eixo de simetria da parábola estará à direita do eixo dos Ys, cortará este eixo com a parte decrescente da parábola. Raciônios análogos podem ser feitos para os outros três casos mostrando a validade da conjectura de Renata e seu grupo.

Mais tarde, quando os alunos aprenderam noções de derivadas associadas a máximos e mínimos, uma outra solução foi apresentada a eles: a derivada de  $y = ax^2 + bx + c$  ( $a \neq 0$ ) é  $y' = 2ax + b$ . No eixo dos Ys temos que  $x = 0$ , donde  $y' = b$ , e portanto quando  $b > 0$  a função quadrática será crescente e quando  $b < 0$  a função quadrática será decrescente naquele ponto.

A situação resumida acima poderia ser analisada sob várias óticas, entretanto, neste capítulo, privilegiarei apenas os aspectos ligados ao tema deste capítulo: a relevância da mídia em Educação Matemática.

É importante realçar que este episódio selecionado dos dados coletados não é isolado. Neste mesmo curso, em outros anos, diversas facetas novas de temas matemáticos conhecidos têm aparecido e têm sido discutidos sob diferentes óticas em outros artigos. Assim, tenho discutido em outras publicações questões ligadas ao "a" das funções  $y = ax^2 + bx + c$ , assim como diferentes visões que os estudantes têm da interpretação geométrica da derivada.

De volta ao episódio discutido nesta seção, podemos observar que conjecturas como as feitas por estas alunas podem ser associadas à ampla experimentação feita por elas dentro e fora da sala de aula. Estas experiências só foram possíveis devido às características das calculadoras gráficas e do software Fun, que têm flexibilidade suficiente para que problemas abertos sejam abordados através de um enfoque não-analítico.

Não se trata, portanto, de uma relação central entre o uso desta mídia e os resultados obtidos. Parece, porém, evidente que o uso desta mídia proporciona que experimentos como os descritos possam ser feitos, embora não os determine. Pode ser dito que fatores como a postura do professor, o trabalho em grupo ou o ambiente de pesquisa que impera na UNESP influenciaram estas experiências. É bem possível que isto seja verdade, assim como inúmeros outros aspectos também podem ser listados. Entretanto, neste artigo, procura-se realçar o papel das mídias de uma maneira geral e das mídias informáticas em particular.

As tecnologias utilizadas, portanto, estão estruturando, ao mesmo tempo em que são estruturadas pelo grupo que as usam. Neste caso podemos ver que se estas tecnologias não estivessem disponíveis, a "conjectura de Renata" dificilmente seria enunciada, em particular se tratando de alunos não direcionados para a área de Matemática.

## Novas metáforas para o pensamento

Como dito ao início deste artigo, pouca ênfase tem sido dada ao papel da mídia nas discussões sobre pensamento. Tais discussões têm sido centradas no ser humano somente, às vezes, concentradas em uma parte do corpo – a cabeça é a mais comum – ou, às vezes, distribuídas por este mesmo corpo. Outros autores reconhecem o papel de “outros”, sejam eles humanos ou não, no pensamento humano, mas ao final a ênfase é dada no ser humano. Grande parte desses autores, entretanto, reconhecem que não há acesso direto ao que é o pensamento e consideram os limites deste debate. Entendendo os limites postos por esses autores, podemos considerar todas estas visões acerca do pensamento como metáforas no sentido discutido por Machado (1995). Este autor realça a importância da metáfora como uma alavanca que amplia o raio de visão, mas que não deve ser tomada literalmente sob risco de criarmos reducionismos absurdos. Neste sentido, podemos pensar, metaforicamente, que o pensamento é exercido por sistemas ser-humano-computador como proposto por Tikhomirov (1981) e ilustrado por mim neste capítulo.

Podemos ampliar esta metáfora e pensarmos que o ser humano tem sido ao longo da história ser-humano-oralidade, ser-humano-escrita e ser-humano-informática. Um novo passo pode ser dado – como ilustrado também pelas pesquisas do GPIMEM que mostram que os estudantes continuam a usar outras mídias mesmo se a ênfase dada for nas novas tecnologias – se a unidade básica de conhecimento for pensada como o ser-humano-lápis-e-papel-informática... cujas reticências significam que o pensamento é algo coletivo, como proposto por Levy (1993).

De acordo com este autor, as bibliotecas e as novas interfaces dos computadores não são apenas molduras, mas sim parte ativa do pensamento. Nosso pensamento, embora não determinado, é condicionado pelas diferentes técnicas desenvolvidas ao longo da história.

Na minha atual trajetória teórica, tenho restringido as reticências apenas às diferentes mídias devido à incapacidade de ter exemplos que iluminem esta metáfora mais ampla.

Mas de qualquer forma cabem as perguntas: Para que serve a metáfora “ser-humano-oralidade-escrita-informática-...”? Por que não continuar com as outras metáforas?

Creio que metáforas como esta permitem que vejamos, por exemplo, o conhecimento matemático como algo que também é condicionado pelas mídias disponíveis em um determinado momento. Assim, a ênfase em demonstrações seria influenciada fortemente pela disponibilidade da escrita e materiais baratos e práticos que permitam sua execução, tais como

lápiz, papel, quadro-negro, giz etc. ... As demonstrações se tornaram caminhos supremos para se chegar às verdades matemáticas também pela disponibilidade de mídias que permitissem que sistemas ser-humano-lápis-e-papel<sup>5</sup> executassem tal tarefa. Sociedades com supremacia de tradição oral provavelmente não teriam condições de usar este caminho para se chegar à verdade. Neste artigo não há exemplos para iluminar os argumentos acima, mas é importante que em nível de tese estes argumentos sejam levantados, para que possamos investigar se, com a introdução e provável supremacia da informática, enquanto mídia, haverá modificações nos caminhos que nos levam às verdades matemáticas aceitas pela comunidade acadêmica.

Por outro lado, o exemplo aqui apresentado talvez sirva de inspiração para quando a tese acima, ligando verdade matemática e mídia, seja discutida a fundo, e ilumine as novas práticas possíveis na sala de aula de matemática.

O episódio apresentado registra uma recuperação do “método da tentativa” como um caminho para a formulação de conjecturas que não são comuns de emergirem em salas de aula onde o método dedutivo-analítico é dominante e as investigações são centradas no professor. Não deve ser entendido, entretanto, que a tentativa e erro seria o “novo” caminho para se chegar à verdade. Mas a coleção de episódios, que temos gravado em vídeo e outros meios de coleta de dados, parece nos indicar que a experimentação será cada vez mais utilizada. É razoável que assim o seja, visto que com lápis-e-papel o caminho usado por Renata e seu grupo se tornaria no mínimo tedioso e provavelmente não seria trilhado até o grupo chegar a uma conjectura. Pode se notar, também, que com a capacidade de geração de gráficos destas novas mídias há um deslocamento da ênfase algébrica dada ao estudo das funções para uma atenção maior à coordenação entre representações algébricas, gráficas e tabulares.

Embora o exemplo apresentado não possa lançar luz sobre os caminhos que provavelmente a Matemática estará tomando, é possível afirmar que a disponibilidade destas novas mídias na sala de aula pode alterar o pensamento matemático. Acredito, então, que a metáfora ser-humano-mídias... possa dar suporte às mudanças de ênfase em atividades didático-pedagógicas centradas na mídia escrita, para aquelas que incorporem a informática enquanto mídia. Entendo que, desta forma, é possível estar teoricamente equipado para compreender as mudanças que poderão ocorrer

<sup>5</sup> É claro que lápis e papel são instrumentos atuais, e no passado instrumentos “equivalentes” foram usados.

rer quando o uso destas novas tecnologias se tornar mais disseminado e, talvez, evitar que sejam repetidas práticas de épocas em que as mídias predominantes eram outras.

## Considerações finais

Neste capítulo foi enfatizado o papel das mídias de uma maneira geral no processo de pensamento e, em particular, foi acentuado o papel da informática no pensamento matemático de alunos que usam estas tecnologias da informação ao lado de outros atores humanos e não-humanos. Foi adotada a visão de coletivo pensante – em contraste com o ser humano pensante –, baseada em uma interpretação das idéias de Levy (1993) e de Tikhomirov (1981) e mostrado um exemplo de como que estes sistemas “ser-humano-computador...” “podem ver”, de forma original, a matemática que é usualmente tratada no ensino médio e início dos cursos universitários. Este exemplo serviu para mostrar que tipo de raciocínio pode ser desenvolvido por estes sistemas e como as novas práticas matemáticas e da Educação Matemática podem vir a ocorrer. Com este exemplo, fica ilustrado também como o pensamento humano é reorganizado quando uma nova mídia, como as mídias informáticas, é incorporada ao cotidiano de estudantes.

Entendo que transpassando a noção do sistema ser-humano-mídias... está um rompimento com a dicotomia entre técnica e ser humano, conforme proposto também por Levy (1993). Ao mesmo tempo que as técnicas se tornam cada vez mais humanizadas, na medida em que interfaces amigáveis são desenvolvidas buscando seduzir o usuário em geral, em nosso caso o estudante, vemos que as técnicas permeiam e condicionam o pensamento humano. As mídias, vistas como técnicas, permitem que “mudanças ou progresso do conhecimento” sejam vistos como mudanças paradigmáticas impregnadas de diferentes técnicas desenvolvidas ao longo da história. É neste sentido que no atual momento da Educação Matemática devemos testar essas metáforas teóricas geradas por diferentes pesquisas, para que consigamos desenvolver novas práticas pedagógicas que permitam que mais estudantes tenham acesso a estudar matemática e a resolver problemas que sejam relevantes para sistemas seres-humanos-computadores, quer sejam estes problemas propostos pelo professor, como no caso da experimentação, quer desenvolvidos pelos próprios estudantes, como no caso da modelagem.

## Referências bibliográficas

- BASSANEZI, R. Modelling as a teaching-learning strategy. *For the Learning of Mathematics*, v.14, n.2, p.31-5, 1994.
- BORBA, M. C. Ethnomathematics and Education. In: POWELL, A. B., FRANKENSTEIN, M. *Ethnomathematics: challenging eurocentrism in Mathematics Education*. New York: State University of New York Press, 1997. p.261-72.
- BORBA, M. C., JANUZZI, G. *Fun [software]*. Em fase de publicação, 1998.
- LEVY, P. *As tecnologias da inteligência: o futuro do pensamento na era da informática*. São Paulo: Editora 34, 1993.
- MACHADO, N. J. *Epistemologia e didática: as concepções de conhecimento e inteligência e a prática docente*. São Paulo: Cortez, 1995.
- TIKHOMIROV, O. K. The Psychological consequences of computerization. In: WERTSCH, J. V. (Ed.) *The concept of activity in soviet psychology*. New York: M. E. Sharpe. Inc, 1981. p.256-78.