

## Representação Mental: As Dificuldades na Atividade Cognitiva e Metacognitiva na Resolução de Problemas Matemáticos

Elaine Vieira<sup>1</sup>

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

### Resumo

O presente estudo insere-se no âmbito da investigação cognitiva. Refere-se às dificuldades nas estratégias de compreensão na fase de Representação Mental (RM) relacionadas com a resolução de problemas matemáticos com enunciados verbais, detectadas em professores de séries iniciais do Ensino Fundamental. São analisadas as dificuldades relacionadas com a construção da Representação Mental, mais especificamente, a fase de integração. São investigados os processos responsáveis pelas mudanças na Representação Mental inicial: codificação, combinação e comparação seletivas. Os resultados comprovam que a Intervenção Psicopedagógica centrada no monitoramento cognitivo possibilita aos professores atuarem sobre suas próprias atividades cognitivas e metacognitivas, controlando e regulando as funções cognitivas relacionadas com os processos de mudança representacional, reduzindo assim, significativamente, as dificuldades nas estratégias de resolução de problemas matemáticos. *Palavras-chave:* Representação mental; dificuldades nas estratégias cognitivas e metacognitivas; resolução de problemas matemáticos.

### Mental Representation: The Difficulties in the Cognitive and Metacognitive Activity when Solving Mathematical Problems

### Abstract

This study is included in the field of cognitive investigation. It encloses the difficulties of comprehension strategies of the Mental Representation phase regarding the solution of verbal stated mathematical problems, seen in teachers of the first years of basic education. The difficulties, related to the Mental Representation construction, were analyzed, more specifically the ones associated to the integration phase. The processes, which account for changes in the initial Mental Representation are also investigated: encoding, combination and selective comparison. The results show that psychopedagogical intervention on cognitive monitoring allowed teachers to work on their own cognitive and metacognitive activities, as well as control and regulate the cognitive functions related to processes of representational change, thus reducing significantly the difficulties in the use of strategies for solving mathematical problems

*Keywords:* Mental Representation; difficulties involving cognitive and metacognitive strategies; mathematical problems solution.

A Resolução de Problemas (RM) constitui um campo de investigação no qual se concentram muitos estudos. Entretanto, ainda se apresenta pouco explorado o conhecimento sobre as dificuldades encontradas em adultos, mais especificamente em professores de séries iniciais, quando esses resolvem problemas matemáticos um pouco mais complexos que aqueles utilizados em suas aulas no Ensino Fundamental.

O funcionamento cognitivo na resolução de problemas matemáticos envolve a efetivação da mudança representacional, a qual pode ser definida como a reconstrução do ambiente externo e interno do problema. Fonseca (1998) descreve quatro níveis de atividades mentais que compõem a RM: percepção, imagem, simbolização e conceitualização.

Através da percepção, o *resolvidor*, inicialmente, decodifica a informação. Para continuar o processamento, o sujeito

precisa utilizar a atenção seletiva como uma resposta à informação recebida. Muitas vezes, o processo de mudança representacional não ocorre porque o *resolvidor* não consegue alocar a atenção seletiva, gerando uma incapacidade para a realização do processamento de imagens, crucial para qualquer função cognitiva. A segunda classe de atividades mentais, a elaboração de imagens, é um auxílio que os *resolvidores* eficazes utilizam para dar significado à situação descrita no enunciado e às informações estocadas na memória de longo prazo. Fonseca (1998) enfatiza que a imagem está presente “nos processos de reativação internos (memória) que permitem a representação de experiências, sem as quais o terceiro nível informativo (simbolização), não pode ser atingido” (p. 104). Através da simbolização, uma função cognitiva superior, o cérebro humano representa a realidade e as experiências. Essa representação possibilita o surgimento do quarto nível, denominado conceitualização. É nesse último nível que o ser humano, através da classificação de experiências, tem condições de realizar uma aprendizagem

<sup>1</sup> Endereço para correspondência: Elaine Vieira, Rua Lucas de Oliveira, 1960/1402, Petrópolis, Porto Alegre.  
E-mail: elainevieira@yahoo.com

abstrata, tal como exige a resolução de problemas. Para estudar Resolução de Problemas, faz-se necessário acrescentar a análise das habilidades metacognitivas, em especial a categoria denominada monitoramento cognitivo.

Através da metacognição, o sujeito-*resolvidor* de problemas matemáticos, tem informações sobre seu próprio processo de resolução, podendo supervisionar o resultado encontrado. Para compreender esse mecanismo utilizado pelos *resolvidores*, é preciso, em primeiro lugar, observar e acompanhar suas tendências cognitivas, de maneira a reconhecer seus próprios julgamentos e os elementos sobre os quais ele se apóia para justificar sua metacognição.

“Metacognição é o conhecimento que cada um tem dos seus próprios processos e produtos cognitivos ou de qualquer aspecto com eles relacionados; envolve monitoramento ativo e conseqüente regulação desses processos em relação à cognição, usualmente no serviço de algum objetivo concreto”. (Flavell, 1979, p. 232)

Nickerson, Perkins e Smith (1987) acrescentam ao conceito de metacognição de Flavell (1979) o conhecimento que o sujeito tem sobre suas próprias forças e limitações. Ressaltam também, que o processo de metacognição inclui o conhecimento sobre como monitorar, controlar e avaliar um desempenho para a realização de uma demanda cognitiva. Esses pesquisadores concluem que a maioria dos estudos comparativa entre *resolvidores* experientes e principiantes recaí, exatamente, na capacidade dos experientes não só de saberem mais, de saberem que sabem mais, de saberem empregar o que sabem, mas também, de se auto-regularem, sabendo melhor como aprender. Os experientes analisam os problemas antes de construir a representação final, monitorando seus recursos, planejando, executando as melhores estratégias, avaliando, organizadamente, cada etapa.

Para Noel (1991), a metacognição inclui, além de um julgamento, uma explicação do sujeito sobre seu próprio desenvolvimento cognitivo, uma decisão que pode levá-lo a modificar ou não suas atividades cognitivas. A autora salienta que uma fonte de dificuldade, particularmente freqüente, reside na tendência dos *resolvidores* de problemas em estabelecer associações com pré-representações errôneas ou com uma vivência anterior não pertinente. Para essa autora, cabe ao experimentador, quer seja ele ou ela, professor ou psicopedagogo, propiciar o uso da metacompreensão, ou seja, orientar o *resolvidor* a conscientizar-se de suas dificuldades, através da perspectiva da remediação. Nessa ocasião, o sujeito estará aprendendo a aprender, tal como fazem os especialistas.

Nesta investigação, o interesse centrou-se, em especial, na possibilidade de intervenção das ações ou estratégias do sujeito-*resolvidor*, ou seja, na fase denominada de monitoramento ou gestão cognitiva. O monitoramento ou gestão cognitiva pode ser, inicialmente, caracterizado como uma estratégia, um mecanismo auto-regulador na resolução de problemas matemáticos, relacionado com o funcionamento executivo. Enquanto estratégia a ser ensinada, tem início com a observação das capacidades do sujeito, isto é, observação daquilo que ele ou ela é capaz de produzir. Essa observação deve incluir uma estimativa do que está por trás, tanto da capacidade do sujeito, quanto de suas limitações ou dificuldades. O ensino da estratégia de monitoramento supõe, em primeiro lugar, conhecimento da qualidade das respostas do sujeito aos problemas propostos. Esse conhecimento se tornará possível através de ações interativas, em que o sujeito é estimulado e se dispõe a compartilhar conhecimento com aquele que intervém psicopedagogicamente. A fase seguinte do ensino de estratégia de monitoramento refere-se ao momento em que o sujeito percebe, conscientemente, que é capaz de aprender a entender melhor como resolver problemas matemáticos. O sujeito passa a compreender que pode gerir seus procedimentos. Como qualquer outro processo cognitivo, o monitoramento requer o uso das habilidades que possibilitam o processamento da informação (PI). Portanto, limitações no PI podem impedir a realização do automonitoramento.

Tais funções são estudadas dentro da abordagem do tratamento cognitivo da informação, fundamentadas com evidências neuropsicológicas. Considera-se, como referência, a perspectiva que analisa as disfunções neuropsicológicas sobre a abordagem do tratamento cognitivo da informação. Nessa abordagem, são colocados em evidência os déficits seletivos ou de preservação de sistemas particulares de tratamento da informação, que permitem a análise de capacidades complexas, tais como a resolução de problemas.

Ao acrescentar uma discussão sobre os fatores neuropsicológicos, busca-se aprofundar os conhecimentos relativos ao funcionamento dos processos cognitivos, utilizados na resolução de problemas pelos professores participantes desta investigação. Tem-se a convicção de que o conhecimento das bases clínicas dos déficits relacionados com a resolução de problemas reforça o estudo das dificuldades em estratégias de compreensão.

Partiu-se do pressuposto cognitivo, segundo o qual as dificuldades encontradas nos participantes não são aleatórias, pelo contrário, manifestam-se de forma sistemática, o que possibilita uma intervenção centrada no desenvolvimento

das habilidades de automonitoramento dos processos de resolução de problemas matemáticos.

Na perspectiva cognitiva, um distúrbio neuropsicológico é interpretado como o resultado do funcionamento normal de um sistema de tratamento da informação, no seio do qual certos componentes estão perturbados. Um neuropsicólogo, quando confrontado com um distúrbio, buscará, de imediato, pesquisar quais os déficits subjacentes, partindo de um modelo de referência ou de um conjunto organizado de testes oriundos da Psicologia Cognitiva. Registra-se, a título de esclarecimento, que não se está aventando a hipótese de que os *resolvedores*, com dificuldades nas estratégias de compreensão possam ter lesões cerebrais. Pretende-se, isto sim, buscar uma aproximação aos modelos neuronais das funções cognitivas, os quais têm permitido entender a produção matemática como uma atividade em permanente evolução no cérebro humano.

A questão dos fatores neuropsicológicos na resolução de problemas tem sido abordada por diferentes pesquisadores (tais como Fasotti, Eling & Bremer, 1992; Fonseca, 1998; Garcia, 1998; Lúria, 1973; McCarthy & Warrington, 1994; Seron, 1993). Esses têm afirmado que os novos avanços na compreensão do funcionamento do cérebro permitem a realização de experimentos que possibilitam, cada vez mais, o desenvolvimento de modelos plausíveis sobre o plano biológico. Esses modelos também descrevem a maneira como os objetos matemáticos, tais como os números ou a resolução de problemas, são representados e manipulados pelo cérebro.

Nos adultos, o córtex pré-frontal assegura o relacionamento das informações, construindo e colocando em dia as representações do ambiente. São essas representações que permitem ao sujeito planejar ações durante as situações não habituais, elaborar antecipações sobre o meio circundante, selecionando os esquemas apropriados. Em relação aos distúrbios na resolução de problemas, a grande maioria dos pesquisadores informa que esses podem ser de diversos tipos, sendo atribuídos, mais especificamente, a uma disfunção das regiões anteriores do cérebro.

Os estudos neuro-anatômicos demonstram que os lobos frontais estabelecem numerosas conexões com todas as outras regiões cerebrais. Essa constatação sustenta a probabilidade de os lobos frontais constituírem um sistema de supervisão que modularia a atividade mental, mantendo um estado de atenção estável e um nível de concentração adequado, coordenando as capacidades cognitivas e adaptando-as, o melhor possível, às restrições encontradas durante a resolução da situação-problema (Shallice & Burges, 1991). Fasotti, Eling e Bremer (1992) afirmam que lesões no lobo frontal podem causar severo enfraquecimento nas

funções cognitivas, em especial, na habilidade para resolver problema aritmético com enunciado verbal. Esses neuropsicólogos vêm dedicando-se à pesquisa experimental relacionada com a representação mental, mais especificamente, ao estágio denominado tradução, comparando pacientes com lesões na parte frontal esquerda do lobo frontal com sujeitos normais. Esses estudos têm contribuído, sobremaneira, tanto para as pesquisas que envolvem a reabilitação de pacientes lesionados como para aquelas que visam atuar diretamente na etapa de codificação em *resolvedores* com dificuldades nas estratégias de compreensão em resolução de problemas.

McCarthy e Warrington (1994) trabalham com a hipótese da existência de uma perturbação no administrador mental de alto nível, responsável pela organização, seleção e a modulação de diferentes “programas” para a encontrar a solução de problemas. Por outro lado, Garcia (1998) tem salientado, ainda, que os efeitos das dificuldades da aprendizagem podem afetar diferentes áreas envolvidas com atenção, impulsividade, perseverança, linguagem, leitura e escrita, memória, auto-estima e habilidades sociais.

As afirmações anteriores levam a prever a seguinte hipótese: as dificuldades nas estratégias de compreensão em resolução de problemas podem ter início na falta de compreensão da linguagem utilizada no enunciado, refletindo-se em uma representação mental inicial inadequada. Frente a este problema, tornou-se objetivo desta pesquisa desenvolver a etapa de compreensão e construção da RM durante o processo de integração de problema matemático, pressupondo o monitoramento caracterizado pelo controle e regulação das mudanças representacionais.

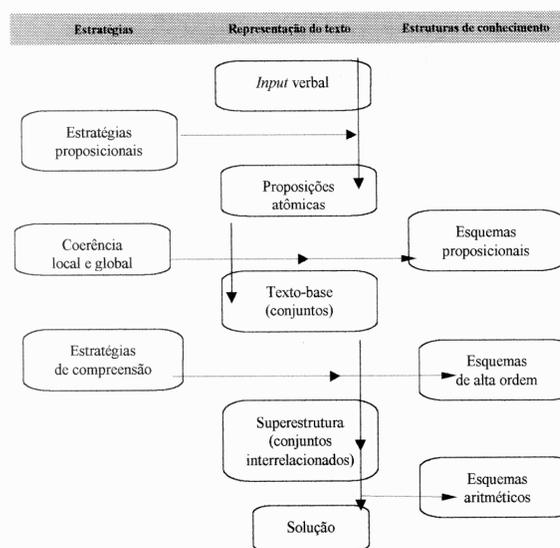


Figura 1. Modelo de resolução de problemas (Kintsch & Greeno, 1985, adaptado por Mazza, 1995)

Devido à ausência de um programa de intervenção em resolução de problemas que atuasse sobre os processos cognitivos e metacognitivos, desenvolvendo a habilidade de monitorar essa atividade, procurou-se pesquisar a cognição de professores de séries iniciais do Ensino Fundamental. Foi tomado como base do trabalho o Modelo Teórico de Resolução de Problemas proposto por Kintsch e Greeno (1985; ver Figura 1).

Enquanto concepção teórica, esse modelo discute e sustenta que, na compreensão do problema, evidencia-se um conjunto de processos psicológicos que atuam de forma coordenada e que têm como resultado a construção da macroestrutura do problema, expressa por uma adequada Representação Mental (RM). O referencial teórico básico foi estruturado, ainda, a partir dos seguintes estudos: Davidson, Deuser e Stenberg (1994), De Corte e Verschaffel (1987), Delazer, Bonder e Benke (1998), Fasotti, Eling e Bremer (1992), Fayol (1986), Lucangeli, Tressoldi e Cendron (1998), Mayer, 1986, Resnick e Ford (1990), Richard (1998) e Sternberg (1996). Os autores citados concordam com o modelo de Kintsch e Greeno (1985), afirmando que a etapa essencial na resolução de problemas é a atividade de compreensão do texto. Durante o tratamento deste, o *resolvidor* constrói uma RM global do problema. O leitor, ao resolver um problema, tem necessidade de elaborar uma representação semântica e abrangente, capaz de integrar os diferentes componentes presentes no enunciado, denominada texto-base. Se essa integração não ocorrer, não se efetivará a síntese dos dados, o que pode decorrer de uma sobrecarga na memória de trabalho, tal como aponta Fayol (1986). Por essa razão o leitor, a fim de captar as idéias essenciais do problema, busca os modelos de situação. Os modelos de situação são esquemas baseados na experiência prévia, capazes de selecionar os pontos importantes de um texto.

Entretanto, tanto em Psicologia Cognitiva, como em Educação Matemática tem sido enfatizado que a raiz das dificuldades na resolução de problema com enunciado verbal corresponde também às dificuldades lingüísticas. Desta forma, aborda-se um problema matemático a partir de uma perspectiva lingüística, pois no interior dos problemas matemáticos, existe uma sintaxe e uma semântica.

Os teóricos do Processamento da Informação propõem que a etapa de compreensão e, conseqüentemente, a construção da representação mental, consiste em dois processos diferentes e essenciais: (1) Processo de *tradução*, quando ocorre a compreensão de cada uma das frases que constituem o enunciado do problema e a elaboração da RM inicial; (2) Processo de *integração*, em que as informações de cada frase são combinadas dentro de uma RM coerente e integrada.

Os estudos mostram que o processo de integração para um problema mais complexo exige, seguidamente, mudanças na RM inicial. De acordo com Davidson, Deuser e Stenberg (1994), essas mudanças representacionais podem ocorrer em três instâncias: codificação, combinação e comparação seletiva. A título de exemplo, descreve-se cada instância, a partir de um dos problemas utilizado durante o desenvolvimento da intervenção psicopedagógica realizada nesse estudo: “Um relógio adianta cada hora seis minutos. Se esse relógio estiver indicando três horas, qual hora ele indicará, quando forem 7h30min?” Durante a *codificação* seletiva, o sujeito precisará identificar uma ou mais informações do problema. Dessa maneira, ao codificar os *inputs* do texto, o *resolvidor* estará construindo o contexto, reconhecendo que o problema refere-se a um relógio que adianta 6 minutos a cada hora e que ele precisa saber qual a hora marcada quando forem 7h30min. Durante a *combinação* seletiva, caberá ao *resolvidor* reagrupar as informações, formando um conjunto mais coerente que evidencie uma relação essencial. O sujeito necessitará perceber que o relógio adianta 6 minutos a partir das 3 horas. Portanto, às 4 horas indicará 4h6 min; às 5h marcará 5h12min; às 6h indicará 6h18min; às 7h estará marcando 7h24 min. Para resolver o problema, o sujeito necessitará, ainda, utilizar a *comparação* seletiva, podendo, dessa forma, construir uma relação de similaridade entre hora e meia hora, não evidente entre as informações e os conhecimentos adquiridos anteriormente e estocados na memória de longo prazo. Caberá ao *resolvidor* concluir, utilizando a memória de trabalho que, se a cada hora o relógio adianta seis minutos, então, a cada 30 minutos avançará três minutos. Somente após esta inferência é que o *resolvidor* poderá concluir que o relógio estará marcando 7h57 min quando forem 7h30min.

Após a construção de uma RM específica da situação apresentada no problema, é que será elaborada uma estratégia de solução. Portanto, a RM também pode ser entendida como um procedimento eficaz de monitoramento (controle e regulação) da atividade de resolução de problemas matemáticos. O controle, segundo Richard (1998), permite ao *resolvidor* voltar ao interior da representação inicial, perceber as restrições do sistema e eliminar, rapidamente, os dados não necessários, regulando a fixação dos objetivos que constituem as tarefas. A definição das prioridades entre essas tarefas, a alocação de fontes para a realização das mesmas e, ainda, a decisão de abandonar uma das tarefas favorece essa atividade. Considerando essa utilização dos problemas, efetivou-se avaliar se o professor-*resolvidor* reconstruía a representação mental, a partir da codificação, combinação e comparação seletivas.

## Método

### Participantes

Ao concentrar a investigação sobre as dificuldades na fase de RM, foram enfocadas as competências de vinte e seis professores de primeira a quarta série do Ensino Fundamental, de escolas públicas e privadas de Porto Alegre e Grande Porto Alegre, as quais não puderam, é claro, ser diretamente observadas, mas inferidas a partir de tarefas contextualizadas. Desses vinte e seis professores participantes, treze eram professores, com dificuldades, e treze sem dificuldades na resolução de problemas.

### Material e Procedimentos

#### Verificação de Eficácia

Dois tipos de testes foram utilizados para investigar as dificuldades nas estratégias de compreensão em resolução de problemas e serviram como linha de base: (1) *Inventário Analítico de Habilidades Whimbeys* (WASI-I, WASI-II), oriundo de *Compreender y resolver problemas* (Whimbeys & Lochhead, 1986), e (2) *Teste Matemático para Sondagem de Representação Mental* (TMRM-I), elaborado por Vieira (1993). O TMRM-I verificou se o *resolvedor* era capaz de construir a base do texto e o modelo de situação presente no problema matemático, bem como a macroestrutura do problema, tal como preconiza o Modelo Teórico de Kintsch e Greeno (1985).

O *Teste Matemático para Sondagem da Representação Mental* (TMRM-I) foi selecionado como preditor de dificuldades relacionadas com os processos de mudança da RM. Os professores foram solicitados a resolver seis problemas com níveis crescentes de complexidade, utilizando as três instâncias de mudança representacional propostas por Davidson, Deuser e Sternberg (1994), conforme o Anexo A. Esse teste foi realizado após a resolução dos problemas apresentados no TMRM-I. Os professores efetuaram ações de Resolução de Problemas, verbalizando-as oralmente (pensar alto), o que permitiu a organização de protocolos individuais. Também foi solicitado aos professores que realizassem desenhos, tendo em vista que os mesmos possibilitam traduzir em imagens a RM. Os professores resolveram as 38 questões do *Inventário Analítico de Habilidades Whimbeys* (WASI), que permitiu analisar as competências numéricas, verbais e figurativas dos *resolvedores*, bem como, identificar aqueles professores com dificuldades em raciocínio lógico e no cálculo.

### Intervenção Psicopedagógica

Partindo do pressuposto de que existe uma relação entre a dificuldade de elaboração da mudança representacional e o insucesso na etapa de solução (cálculo), tomou-se por

base a média das variáveis relativas aos processos de codificação, combinação e comparação seletiva, na inadequação na resolução de cálculos. Assim, a partir dos resultados da aplicação dos instrumentos foi possível dividir os professores em dois grupos, denominados de Menos eficazes ( $N=13$ ) e Mais eficazes ( $N=13$ ). Os dois grupos participaram de todas as fases do projeto, durante três meses.

A intervenção buscou: (1) reforçar as funções cognitivas “emergentes” identificadas no mapeamento cognitivo e no TMRM-I; (2) orientar o professor a refletir e conscientizar-se sobre suas habilidades para resolver problemas, desenvolvendo, dessa forma, o controle e regulação sobre sua capacidade matemática, principalmente diminuindo a impulsividade. Foram organizadas 12 sessões, distribuídas ao longo de três meses. As sessões se desenvolveram no Núcleo de Apoio à Educação em Ciências e Matemática (NAECIM/PUCRS-MCT), com duração aproximada de três horas, com atendimento individual e coletivo. Os primeiros três encontros foram coletivos e tiveram como objetivo melhorar a definição da natureza de um problema, visando auxiliar os professores a construir a base do texto e um modelo de situação, a fim de instrumentalizá-los para identificar as RMs.

As oficinas intermediárias (quarta a sétima sessões) tiveram como objetivo criar condições para o aproveitamento da análise “passo a passo” na planificação do problema e na organização de esquemas mentais. Nessa etapa foram estudadas as três instâncias de mudança representacional: codificação, combinação e comparação seletivas, sempre a partir de situações-problema. Essas situações eram discutidas em grupos de até quatro professores, possibilitando ensino recíproco.

O encontro realizado entre a nova e a décima-primeira sessões-oficina buscaram criar condições para o aproveitamento, pelos professores, de seus próprios recursos cognitivos, sendo os mesmos estimulados a explicitar a representação mais adequada para cada um dos problemas a serem resolvidos. As duas últimas oficinas (12ª e 13ª sessões) visaram à análise da eficácia da Intervenção Psicopedagógica, sendo aplicado, para tal, coletivamente o TMRM-II e WASI-II. Os resultados foram analisados através do teste não-paramétrico, *U Mann-Whitney*, considerado significativo  $\alpha < 0,05$ .

## Resultados

Para analisar as diferenças entre os grupos Menos e Mais eficazes, antes x depois da Intervenção, foi utilizado o teste não paramétrico *U Mann-Whitney*, para amostras independentes e  $\alpha < 0,05$ , resumido na Tabela 1. Os dados indicaram que, em relação ao processo de codificação

seletiva, os dois grupos continuaram a não apresentar diferenças significativas, pois desde o início ambos os grupos conseguiam contextualizar os problemas. Quanto ao processo de combinação seletiva, não ocorreram diferenças significativas entre os dois grupos. Nove dos treze professores do grupo Menos Eficaz, no tempo 2, passaram a utilizar com adequação a combinação seletiva, aproximando-se do resultado do grupo Mais Eficaz. Em relação à comparação seletiva, no tempo 2, os professores do grupo Menos Eficaz apresentaram diferença significativa quando comparados aos professores do grupo Mais Eficaz ( $Z=-2,61$  e  $p<0,009$ ). No entanto, seis dos 13 professores conseguiram resolver adequadamente os problemas do TMRM-II, demonstrando mudança representacional.

em realizar mudanças representacionais, entendidas como um procedimento eficaz de monitoramento (controle e regulação) da atividade de resolução de problemas matemáticos.

Foi possível constatar que a resolução de problemas matemáticos, com enunciados verbais mais complexos, não depende somente das dimensões numéricas e lógicas. Depende, também, e especialmente, de características muitas vezes consideradas menos ligadas ao raciocínio matemático, tal como a existência de uma sintaxe e uma semântica no interior dos problemas, responsáveis diretamente pela construção de adequadas representações mentais. Este resultado reafirmou o que a maior parte das teorias sobre *mathematical word problem solving* postula: o primeiro estágio

Tabela 1. Resultados das Dificuldades nas Estratégias Cognitivas em Resolução de Problemas Analisados pelo Teste Wilcoxon

Variáveis	Menos Eficaz X Mais Eficaz Depois	Conclusão
Codificação Seletiva	$Z = - 0,082$ $p < 0,935$	Diferença Não significativa
Combinação Seletiva	$Z = - 0,526$ $p < 0,599$	Diferença Não significativa
Comparação Seletiva	$Z = - 2,610$ $p < 0,009$	Diferença significativa
Inadequação na Resolução do Cálculo	$Z = -2,713$ $p < 0,007$	Diferença Significativa

Cabe ainda registrar que sete professores do grupo Menos Eficaz conseguiram diminuir o número de respostas inadequadas na resolução do problema. Entretanto, esse valor ainda indica diferença muito significativa ( $Z=-2,71$  e  $p<0,007$ ), com relação ao grupo Mais Eficaz, uma vez que este continuou a acertar as respostas dos problemas no tempo 2.

### Discussão

As atividades desenvolvidas e as situações de interação vivenciadas durante a Intervenção Psicopedagógica evidenciam que as dificuldades nas estratégias de compreensão, em resolução de problemas, têm início na falta de compreensão da linguagem utilizada no enunciado, refletindo-se em uma representação mental inadequada. Essa representação inadequada reflete a dificuldade do *resolvidor*

na resolução de problemas é a atividade de compreensão do texto.

A Intervenção Psicopedagógica realizada, ao centrar suas ações no monitoramento cognitivo, possibilitou aos *resolvidores* com dificuldades na fase de RM uma melhoria significativa no processo de busca de informações para a construção e compreensão do espaço do problema. Tal como Lucangeli, Tressoldi e Cendron (1998) afirmam, a compreensão do texto e o conhecimento sobre mudança representacional foram as variáveis que mais contribuíram para a exatidão da resposta dos *resolvidores*.

Do ponto de vista qualitativo, as oficinas realizadas para desenvolver as tarefas possibilitaram aos professores deixar de lado a preocupação em encontrar, rapidamente, uma solução. Em contrapartida, desenvolveram as seguintes habilidades: 1) encontrar um método para observar seus próprios processos de compreensão; 2) aprender a identificar

as alternativas antes de proceder as escolhas; 3) verificar os resultados em cada etapa da resolução; 4) refletir sobre suas próprias atividades e 5) desenvolver as habilidades para fazer uso de múltiplas representações, sempre que necessário.

Ao participar da investigação, os professores foram auxiliados a melhor compreenderem, não somente suas dificuldades, mas, principalmente, suas próprias cognições. Tiveram a oportunidade de aprender a relacionar suas ações e suas competências cognitivas, monitorando suas representações mentais e a tomada de decisão. Parafraseando Flavell (1979), é possível afirmar que o professor, com dificuldades na fase de representação mental, necessita *saber o que já fez, o que está fazendo e o que ainda precisa fazer*. Tal como aponta Richard (1998), o controle conduziu os professores-resolvedores a colocar em discussão a representação mental inicial, através da avaliação dos resultados das ações. Eles conseguiram constatar que o controle, enquanto atividade cognitiva, está ligado às restrições de funcionamento do sistema de recepção, memorização e tratamento da informação colocados em ação. Passaram a ser mais seletivos, quando da organização das informações contidas nos problemas, melhorando significativamente o uso das estratégias responsáveis pela coerência global e estruturação da base do texto.

Os resultados também indicaram que os conhecimentos sobre a ação e o contexto semântico, no qual foram apresentados os operadores, desempenham um papel crucial durante a seleção das informações pertinentes para o processamento de uma adequada RM. Estes conhecimentos estocados na memória de longo prazo podem ser considerados como orientadores na identificação e na seleção das propriedades da situação descrita no texto do problema. Especificamente, na etapa de organização da macroestrutura do problema, momento no qual se efetiva a mudança representacional, os professores-resolvedores demonstraram melhora. Esses resultados evidenciaram que foi facilitada a reestruturação da RM inicial. Todos os treze professores demonstraram utilizar com mais adequação as instâncias de mudança representacional, em especial a combinação seletiva, aproximando-se significativamente dos professores mais eficazes. Também os professores muito lentos foram beneficiados com os procedimentos utilizados durante a intervenção, pois, ao se monitorarem, aprenderam a reduzir o tempo de processamento das informações.

A Intervenção Psicopedagógica realizada de maneira estruturada e de acordo com o ritmo definido, em cada oficina, permitiu, ainda, a redução da impulsividade dos professores com dificuldades, fazendo com que eles deixassem de buscar, apressadamente, a solução do problema e, conseqüentemente, melhoras sem a planificação das estratégias para a solução dos problemas. Apesar das

mudanças positivas, é importante considerar que, possivelmente, uma intervenção, com período maior, poderia promover uma melhora mais efetiva também na comparação seletiva.

### Considerações Finais

Tal como foi discutido no arcabouço teórico, as principais fontes para a estruturação de uma adequada RM são os conhecimentos estocados na memória de longo prazo e a construção do contexto semântico. A presente investigação comprovou que a construção de uma adequada RM para problemas mais complexos, envolvendo enunciado verbal, necessita de mudanças na RM inicial, tal como preconizaram Davidson, Deuser e Sternberg (1994). Essas RM vão se desenrolando ao longo das etapas de resolução de problemas, de forma articulada. Portanto, a resolução de problemas matemáticos, mesmo os mais simples, exigem mais do que o domínio das operações aritméticas básicas. Supõe a regulação dos processos de mudança da RM inicial, uma atividade metacognitiva que propicia ao sujeito-resolvedor o aproveitamento de seus próprios recursos cognitivos.

Considerando a metacognição como o aspecto da cognição que se refere às capacidades a serem utilizadas pelos sujeitos, foi possível confirmar a hipótese de que os professores com dificuldades nas estratégias de compreensão na fase de RM apresentavam, essencialmente, uma falha na capacidade de controle e regulação dos processos de RM. Em outras palavras, as dificuldades na fase de representação mental podem ser interpretadas como uma falha, que conduz a uma restrição na análise dos resultados das próprias ações envolvidas na resolução de problemas matemáticos com enunciado verbal. Essa falha pode ser objeto de uma reeducação de caráter psicopedagógico, centrada na reorganização da RM.

Desde a etapa anterior à aplicação dos instrumentos, considerava-se que seria totalmente errôneo pensar que os professores, simplesmente, não sabiam operar. Se essa fosse a causa das dificuldades, então as oficinas de caráter apenas pedagógico deveriam ter oportunizado a esses professores uma adequada resolução de problemas matemáticos. Efetivamente, de um ponto de vista psicopedagógico, a pesquisa relatada, possibilitou a organização de um *programa estruturado* em que as tarefas realizadas se revelaram adequadas para desenvolver competências e habilidades relacionadas com a Matemática. A grande maioria dos professores participantes começou a expressar e utilizar a idéia de que a resolução de problemas matemáticos é um processo de construção de conhecimento que demanda uma atitude de pesquisa. Ao oferecer a possibilidade de os professores

realizarem empreendimentos cognitivos, com suficiente consciência e controle de seus próprios conhecimentos, tem-se a certeza de ter colocado à disposição de cada professor, mesmo daqueles sem dificuldades, ferramentas indispensáveis para a melhoria do ensino: representações, estratégias cognitivas e metacognitivas.

Finalmente, destaca-se que a intervenção aqui relatada pode e deve ser reaplicada, objetivando realizar a retestagem do TMRM e a avaliação de cada uma das tarefas utilizadas, em uma amostra maior de sujeitos com e sem dificuldades nas estratégias de compreensão em resolução de problemas matemáticos. O aprimoramento e a validação dos Testes Matemáticos de Representação Mental e das tarefas, como instrumentos para a análise das dificuldades específicas da fase de representação mental em adultos, podem oferecer importantes informações para uma Psicologia do Ensino da Matemática, na qual professores, psicopedagogos e licenciandos terão a oportunidade de modificar suas representações sobre ensino e aprendizagem, bem como desenvolver suas habilidades metacognitivas.

### Referências

- Davidson, E., Deuser I. & Stenberg, R. (1994). Metacognition: Knowing about knowing. Em J. Metcalfe & A. Shimamura (Orgs.), *Metacognition*. Bradford Book The MIT Press Cambridge: Massachusetts.
- De Corte, E. & Verschaffel, L. (1987). The effect of semantic structure on first grade's solution strategies of elementary addition and subtraction word problems. *Journal for Research in Mathematical Education*, 18, 363-381.
- Delazer, M., Bonder, T. E. & Benke, T. (1998). Rehabilitation of arithmetical text problem solving. *Neuro-psychological Rehabilitation*, 8(4), 401-412.
- Fayol, M. (1986). Impact des formulations sur la résolution de problèmes. *European Journal of Psychology of Education*, 1(1), 41-58.
- Fasotti, I., Eling, P. T. E. & Bremer, J. B. (1992). The internal representation of arithmetical word problem sentences: Frontal and posterior-injured patients compared. *Brain and Cognition*, 20, 245-263.
- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognition monitoring: A new area developmental inquiry. *American Psychologist*, 34(10) 906-911.
- Fonseca, V. (1995). *Introdução às dificuldades de aprendizagem*. Artes Médicas: Porto Alegre.
- Garcia, J. N. (1998). *Manual de dificuldades de aprendizagem: Linguagem, leitura, escrita e matemática*. Artes Médicas: Porto Alegre.
- Kintsch, V. & Greeno, J. (1985). Understanding and solving word arithmetic problems. *Psychological Review*, 92(1), 109-129.
- Lucangeli, D., Tressoldi, P. E. & Cendron, M. (1998). Cognitive and metacognitive abilities involved in the solution of mathematical word problems: validation of comprehensive model. *Brain and Cognition*, 40, 256-275.
- Luria, A. R. (1973). *The working brain*. New York: Basic Books.
- Mayer, R. (1986). *Pensamiento, resolución de problemas y cognición*. Barcelona: Paidós.
- Maza, C. (1995). *Aritmética y representación: De la comprensión del texto al materiales*. Barcelona: Paidós.
- McCarthy, R. A. & Warrington, E. K. (1994). *Neuropsychologie cognitive: Une introduction clinique*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Nickerson, R., Perkins, D. & Smith, E. (1987). *Enseñar a pensar: Aspectos de la aptitud intelectual*. Barcelona: Paidós.
- Noel, B. (1991). *La métacognition*. Bruxelas: De Boeck-Wesmael.
- Resnick, L. B. & Ford, W. (1990). *La enseñanza de las matemáticas y sus fundamentos psicológicos*. Madrid: Paidós.
- Richard, J. (1998). *Les activités mentales: Comprendre, raisonner, trouver des solutions*. Paris: Armand Colin.
- Seron, X. (1993). *La neuropsychologie cognitive*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Sternberg, R. (1992). *As capacidades intelectuais humanas: Uma abordagem em processamento da informação*. Porto Alegre: Artes Médicas.
- Shallice, T. & Burgens, P. V. (1991). Deficits in strategy application following frontal lobe damage in man. *Brain*, 114, 727-741.
- Whimby, A. E. & Lochhead, J. (1986). *Comprender y resolver problemas*. Madrid: Visor.

Recebido: 23/11/2001

Revisado: 20/04/2001

Aceite final: 26/06/2001

Sobre a autora

**Elaine Vieira** é Licenciada em Pedagogia, Mestre em Educação e Doutora em Psicologia Cognitiva, pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, com estágio no Departamento de Neuropsicologia da *Universidade de Louvain-la-Neuve/Bélgica*.

## Anexo A

### Teste Matemático Para a Sondagem da Representação Mental TMRM-I

#### Instruções

O teste TMRM-I apresenta problemas matemáticos, distribuídos em três grupos.

Cada grupo contém dois problemas que serão apresentados individualmente e devem ser resolvidos em folhas de respostas, de acordo com as instruções que seguem.

- Ler silenciosamente e oralmente cada problema;
- Desenhar o problema, descrevendo oralmente o desenho, isto é, pensar em voz alta, enquanto está o desenhando o problema;
- Descrever como está resolvendo o problema, isto é, pensar em voz alta, enquanto está resolvendo o problema;
- Não usar borracha. Quando cometer algum engano, riscar e fazer novamente;
- Responder a todos os problemas, sempre pensando em voz alta.

Atenção! Neste teste o importante é conhecer as estratégias que estão sendo utilizadas para a resolução da tarefa. Não há nenhuma preocupação com a correção das respostas.

#### TMRM e os níveis de complexidade

##### Ficha I

###### I - Problema

Um operário da construção civil ganha R\$ 2,50 por hora regular de trabalho e R\$ 3,75 por hora extra. Quanto recebeu na semana passada, se ele trabalhou 40 horas de trabalho regular e 8 horas e extras?

###### II - Problema

Elvira tem 4 blusas de seda (verde, azul, branca e rosa) e 3 tipos de saias. Conversando com sua mãe, observou que, usando a blusa verde, ela podia fazer algumas combinações com as saias. Quantas combinações a menina verificou que era possível fazer com a blusa verde?

##### Ficha 2

###### III - Problema

Pedro, Paulo e Jorge são amigos. Eles moram no mesmo andar, cada qual em um apartamento, localizados um ao lado do outro. Paulo é vizinho de Pedro, mas não é vizinho de Jorge. Se Paulo não é vizinho de Jorge, onde se localiza o apartamento de Pedro?

###### IV - Problema

Uma fábrica produz bonecas com as seguintes características: a) cor dos olhos – verdes, azuis; b) cor dos cabelos-pretos, loiros; c) cor da pele – preta, branca.

Quantos tipos diferentes de bonecas a fábrica pode produzir?

**Ficha 3**

V - Problema

Distância de São Paulo a Santos é de aproximadamente 80 km.

A distância de São Paulo a Brasília é 15 vezes maior que a distância São Paulo a Santos. A distância de Curitiba a São Paulo é aproximadamente 400 km.

Qual a distância de São Paulo a Brasília?

Quanta vez a distância de São Paulo a Santos é menor que a distância de São Paulo a Curitiba?

VI - Problema

De acordo com o regulamento de um jogo de futebol, cada time tem direito a dois pontos por partida que vencer e a um ponto por partida que empatar. No último campeonato, o time A disputou 9 partidas e acumulou 15 pontos.

Quantas partidas o time A venceu e quantas empataram?