



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS**

JULIANA SCHLATTER DE LIMA FERRAZ

A Memória na Aprendizagem Matemática

SOROCABA

2014



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS**

A Memória na Aprendizagem Matemática

**Juliana Schlatter de Lima Ferraz
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Magda da Silva Peixoto**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS**

A Memória na Aprendizagem Matemática

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Exatas da Universidade Federal de São Carlos como exigência parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências Exatas, sob orientação da Professora Doutora Magda da Silva Peixoto.

SOROCABA

2014

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

F381ma Ferraz, Juliana Schlatter de Lima.
A memória na aprendizagem matemática / Juliana Schlatter de Lima Ferraz. -- São Carlos : UFSCar, 2014.
74 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2014.

1. Matemática - estudo e ensino. 2. Memória. 3. Aprendizagem. 4. Cognição. 5. Raciocínio. I. Título.

CDD: 510.7 (20^a)

Banca Examinadora:

Magda Peixoto

**Profa. Dra. Magda da Silva Peixoto
DFQM – UFSCar - orientadora**

Sandra Regina Monteiro Masalskiene Roveda

**Profa. Dra. Sandra Regina Monteiro Masalskiene Roveda
UNESP**

Paulo César Oliveira

**Prof. Dr. Paulo César Oliveira
DFQM – UFSCar**

*Aos alunos, professores e demais
cidadãos que acreditam na
educação.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida.

A meus pais, irmão e marido, que sempre me apoiaram em meus projetos, acreditaram em meus esforços e deram-me amor incondicional para que eu continuasse perseverando em minhas conquistas.

Aos colegas da UFSCar, em especial à Leila por ter me aguentado toda semana, ao Dimitrie pelas caronas e bate-papos, e ao Arquiteclino, por ter se interessado pelo meu tema, sugerido ingenuamente um material, que posteriormente me levou ao principal referencial teórico do presente estudo.

À minha orientadora, que nunca desistiu de mim, que teve muita paciência em meus desânimos, muita compreensão em minhas particularidades, muita precisão em seus comentários e objetividade em suas orientações.

Ao Felipe Mascagna Bittencourt Lima, por compartilhar seus conhecimentos e experiência e me ajudar a decifrar os mistérios do Microsoft Word® para formatar a presente dissertação.

Aos colegas de trabalho que me incentivaram insistentemente, em especial à Fernanda Isaura de Medeiros Mirim, que não só apostou em meu potencial, como foi essencial na mudança e melhoria da minha carreira profissional, além de uma amiga fiel.

Aos amigos que estavam ao meu lado, mostrando interesse por um assunto que aparentemente não seria importante para eles, mas que mesmo assim sempre opinaram, escutaram e compartilharam minhas ideias. Em especial para Marina Monteiro Mendonça.

Aos alunos que olharam em meus olhos e agradeceram o meu trabalho, cientes que ele teve uma influência positiva em suas vidas, e com isso não me deixaram desistir de ser professora.

Muito obrigada!

RESUMO

O presente trabalho surgiu da necessidade de se compreender melhor o cognitivo dos alunos, não apenas como alunos, mas como seres humanos. Para isso, foi feita uma pesquisa bibliográfica na área de neurologia, psicologia e pedagogia, a fim de se entender o processo de memorização, quais os tipos de informações que são mais facilmente memorizadas e o que pode ajudar neste processo. Além disso, aborda alguns conceitos que podem ter perdido seu significado no uso rotineiro, como o conceito de inteligência. Foi feito também um breve estudo com alunos e aplicação de atividades que visam diagnosticar o funcionamento da memória de trabalho.

Palavras-chave: memória, aprendizagem, cognição, *buffer*, raciocínio, matemática.

ABSTRACT

The present work arose from a need to better understand the cognitive of students, not only as students, but as human beings. To do so, through a bibliographic research in neurology, psychology and pedagogy in order to understand the process of memorization, what types of information are more easily remembered and what can assist in this process. Furthermore, it approaches some concepts that may have lost its meaning in the routine usage, e.g. the concept of intelligence. A brief study of students and implementation of activities aimed at diagnosing the functioning of working memory was also done.

Keywords: memory, learning, cognition, buffer, reasoning, Mathematics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diferentes regiões do cérebro: o que elas fazem? acorda (1); reconhece o alarme do despertador (2); localiza a escova de dentes (3); usa-a (4); checa a hora (5); planeja o dia a frente (6).	21
Figura 2 - Diferentes regiões cerebrais: o que acontece quando são danificadas. Síndrome de Anton – cegueira cortical (1); agnosia visual de objeto – inabilidade de reconhecer objetos comuns (2); apraxia ideacional – perda de movimentos hábeis (3); afasia de Wernicke – afeta principalmente substantivos (4); afasia de Broca – afeta principalmente verbos (5); déficit executivo – compromete o planejamento (6).	23
Figura 3 - Mapa das regiões cerebrais afetadas pelo envelhecimento: quanto mais escuro, mais a estrutura cerebral está suscetível aos efeitos do envelhecimento natural.	31
Figura 4 - Sobreposição de rede: redes específicas – Snoopy, o labrador chocolate; Fido, o doberman preto; Brit, o São Bernardo meigo. Rede genérica – um cão (a dog).....	46
Figura 5 - Atividade passo-a-passo	50
Figura 6 - Exemplo de <i>slide</i> de sequência numérica para a atividade de componente fonológico.	51
Figura 7 - Exemplo de <i>slide</i> de quadro com círculos para a atividade de componente viso-espacial	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Esquema para a identificação e o estudo de dificuldades de aprendizagem potenciais em matemática. Fonte: Geary (2004).....	35
Tabela 2 - Comparativo do IDEB entre as escolas A e B. Fonte: http://ideb.inep.gov.br/	53
Tabela 3 - Comparativo dos resultados das atividades entre as Escolas A e B.....	53
Tabela 4 - Média dos alunos de acordo com a classificação do professor.....	54

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	xix
LISTA DE TABELAS.....	xx
SUMÁRIO	xxi
INTRODUÇÃO.....	17
PERSPECTIVA NEUROLÓGICA	20
1.1 UMA MANHÃ NA VIDA DO SEU CÉREBRO	22
1.2 O CÉREBRO EM DESENVOLVIMENTO.....	26
1.3 O CÉREBRO MADURO	28
1.4 O ENVELHECIMENTO CEREBRAL	28
PERSPECTIVA PSICOLÓGICA.....	33
2.1 MEMÓRIA DE TRABALHO	33
2.1.1 Componente Executivo Central.....	34
2.1.2 Componente Fonológico	36
2.1.3 Componente Viso-Espacial	37
2.2 INTELIGÊNCIA – VISÕES ANTERIORES	39
2.3 FILOSOFIA x MEDICINA	40
PERSPECTIVA PEDAGÓGICA	42
3.1 ELEMENTOS BÁSICOS DA MATEMÁTICA	42
3.2 MATEMÁTICA E LINGUAGEM.....	43
3.3 MATEMÁTICA E MEMÓRIA	44
3.4 MEMÓRIA GENÉRICA E RECONHECIMENTO DE PADRÕES.....	45
3.5 A QUESTÃO EMOCIONAL.....	46
APLICAÇÃO DE ATIVIDADES.....	49

4.1 APRESENTAÇÃO	49
4.2 METODOLOGIA.....	52
4.3 RESULTADOS.....	53
CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
APÊNDICE A	59
APÊNDICE B	67
APÊNDICE C	68
APÊNDICE D.....	69
APÊNDICE E	70
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71

INTRODUÇÃO

Nenhum trabalho surge sem antes ter uma forte motivação ou questionamento que incomoda e, muitas vezes, põe em xeque o trabalho de qualquer profissional. Para professores de Matemática da Rede Estadual de São Paulo dentre os que mais incomodam estão: por que tudo que se ensina aos alunos é esquecido antes da prova? Por que eles têm tanta dificuldade em lembrar o que foi falado na aula passada? Por que eles conseguem responder um problema em um dia, e em outro não conseguem resolver o mesmo problema dado com números diferentes?

A presente dissertação não tem a preponderância de responder todas essas questões. Contudo, ela surge da necessidade de se conhecer melhor o cognitivo dos alunos, não apenas como indivíduos em idade escolar. O estudo aqui realizado visa, principalmente, entender os limites da memória e como ela pode se relacionar com o raciocínio, definir melhor o que é a memória, onde se localiza, quais são as funções cognitivas que trabalham com ela e como ela interfere na aprendizagem de Matemática. Através de um estudo bibliográfico nas áreas da neurologia, psicologia e pedagogia, essas e outras questões podem ser esclarecidas, na medida do que já é possível responder a respeito da memória.

Conta a história que a “arte da memória” começou a ser estudada ainda na Antiguidade. Diz a lenda que, em um banquete dado por um nobre chamado Scopas, um dos convidados da festa, o poeta Simonides, escapou da morte quando o teto do local ruiu, caindo sobre todos os outros convidados – inclusive sobre o próprio Scopas. Os familiares dos convidados vieram reclamar os corpos, porém era impossível reconhecer as pessoas tamanho o estrago do acidente. Contudo, Simonides lembrava o local onde cada convidado estava sentado no momento do desastre, conseguindo então relacionar de forma organizada a disposição dos lugares com cada um dos convidados. Era então inventada a “arte da memória” (Cícero, *De oratore*, II, lxxxvi, 351-4).

Este antigo conhecimento migrou até a Idade Média, onde a memória era estudada como parte da retórica.

Carlos Magno: – O que você vai dizer agora da memória, que penso ser a parte mais nobre da retórica?

Alcuíno: – Nada além das palavras de Marco Túlio, que dizem que a memória é a sala do tesouro de todas as coisas; se não se faz dela a guardiã de tudo o que pensamos sobre as coisas e sobre as palavras, sabemos que todos os outros dotes do orador, por mais excelentes que sejam, ficam reduzidos a nada. (YATES, 1966, p.53).

Apesar de sua importância estar em evidência, atualmente na grande discussão médica acerca de doenças como o Alzheimer, a memória é frequentemente desprezada no âmbito educacional, marginalizada às teorias desvalorizadas da aprendizagem memorizada. Sua utilidade é deixada de lado, dando ênfase apenas ao *compreender*, e não ao *lembrar*. Contudo, o papel da memória é fundamental na aprendizagem. Afinal, não é a memória a depositária dos conhecimentos que nossos alunos deveriam aprender?

O principal objetivo deste trabalho é estudar a relação entre a memória e o aprendizado e capacidade de raciocínio lógico-matemático, mas sem se limitar apenas à matemática. Além dessa relação, busca-se conhecer mais profundamente questões como a influência da linguagem e como ela se comunica com a memória, e de que forma ela pode auxiliar no aprendizado de matemática. É importante salientar que o estudo está dirigido para questões de aprendizagem, uma vez que se entende o ensino como meio para se conquistar aprendizagem, o verdadeiro objetivo da educação, ou seja, a principal questão de investigação da presente dissertação é decifrar a influência e abrangência da memória para a aprendizagem. Dessa forma, a pesquisa contribui para a percepção dessa abrangência, explicitando e analisando os mecanismos cognitivos da memória.

No capítulo 1, apresenta-se uma perspectiva neurológica da memória: como o cérebro funciona, quais as principais atividades cerebrais que ocorrem no dia-a-dia de uma pessoa comum, como o cérebro se desenvolve e como ele se comporta na idade adulta, além de outros mecanismos relevantes no estudo da aprendizagem. Em seguida, o capítulo 2 traz uma perspectiva psicológica da memória, mostrando de forma mais específica os aspectos funcionais da memória, além dos tipos de memória, fazendo um estudo mais detalhado a respeito da memória de trabalho.

O capítulo 3 exhibe um estudo sobre a questão pedagógica e como a memória pode ser abordada em sala de aula; quando ela deve ser treinada e em quais conteúdos, além de fazer

uma reflexão sobre a influência das outras perspectivas – neurológica e psicológica – na aprendizagem dos alunos.

Encerrando o estudo, o capítulo 4 é um relato das atividades relacionadas à memória e à matemática que foram aplicados em turmas preponderantemente de ensino fundamental. Nele, detalha-se as atividades, seus objetivos e os resultados encontrados. O último capítulo apresenta as considerações finais, comparando o que foi estudado no decorrer dos capítulos 1, 2 e 3 com os resultados obtidos no capítulo 4. Nele, pode-se destacar as principais contribuições trazidas por este estudo, em especial a abrangência do conceito de memória que muitas vezes é negligenciado nas propostas educacionais.

CAPÍTULO 1

PERSPECTIVA NEUROLÓGICA

Nesse capítulo, o objetivo principal é entender o funcionamento do cérebro de forma geral, analisando suas funções associadas com suas partes, a fim de entender suas responsabilidades, capacidades e limitações. Compreender as estruturas cerebrais é fundamental para entender a aprendizagem de forma mais orgânica, na perspectiva de aceitá-la como algo natural tal como andar, falar ou comer.

Para falar de memória, é necessário falar da mente. E para falar da mente, é necessário falar do cérebro. Apesar de muitas pessoas entenderem que há uma relação entre mente e cérebro, poucas entendem o quão íntima é essa relação. Muitos não estão conscientes que atributos como sabedoria, competência ou esperteza são categorias biológicas (GOLDBERG, 2006).¹

Dessa forma, é essencial entender como as recentes conquistas tecnológicas na área médica, especialmente na área da neurologia, influenciam no estudo da memória e, assim, na evolução do estudo da aprendizagem. Isto é, não é possível estudar memória sem estudar e compreender os mecanismos neurológicos do nosso corpo.

A partir de 1895, com a descoberta do Raio-X, a pesquisa na área médica se intensificou no campo de diagnóstico por imagens, e logo após isso, o desenvolvimento ocorreu de forma exponencial, com a criação e exploração de métodos de neuroimagem funcional, entre as quais pode-se citar:

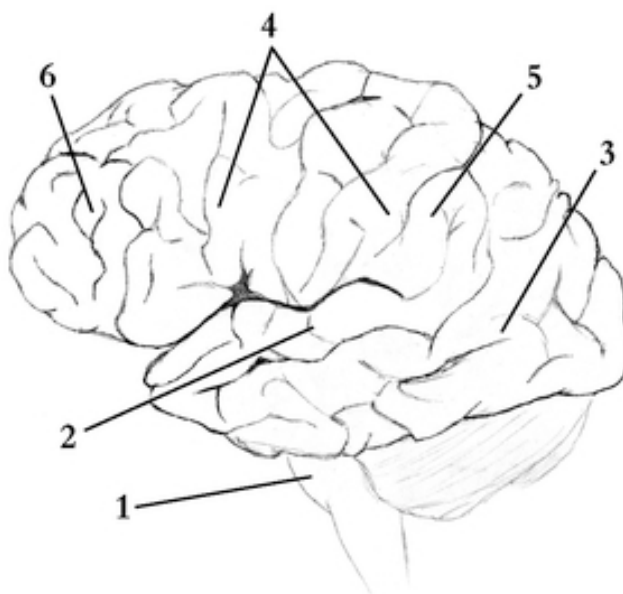
- fMRI (ressonância magnética)
- PET (tomografia)
- SPECT (tomografia computadorizada)
- MEG (encefalografia magnética)

¹ O autor explica que há uma herança do pensamento filosófico atribuído a René Descartes, chamado dualismo mente-corpo, que entende a mente e o cérebro como coisas separadas, em que a mente existe independente do corpo.

Todos esses métodos contribuíram no estudo do cérebro, avançando os estudos na área da neurologia, consequentemente afetando os estudos de cognição e aprendizagem. Antes da criação desses métodos, a neurologia se baseava em estudos de casos, experiências com cobaias de laboratórios (ratos em geral), sem ter explicações fisiológicas mais nítidas. Por exemplo, uma pessoa que sofreu um acidente com dano em determinada região cerebral perdia alguma capacidade motora; logo, se relacionava aquela região do cérebro com aquela capacidade motora.

Hoje, com o avanço das técnicas de neuroimagem, pode-se observar o comportamento físico do cérebro em diversas situações, o que especifica mais o porquê e as funções de cada região do cérebro, entendendo melhor seu funcionamento. A Figura 1 mostra algumas destas descobertas, que muito contribuíram para o estudo do cérebro.

Figura 1 - Diferentes regiões do cérebro: o que elas fazem? acorda (1); reconhece o alarme do despertador (2); localiza a escova de dentes (3); usa-a (4); checa a hora (5); planeja o dia a frente (6).



Fonte: Goldberg, 2006.

Antes de iniciar o estudo da memória em si, é interessante entender um pouco a vida do cérebro no decorrer de um dia comum de uma pessoa.

1.1 UMA MANHÃ NA VIDA DO SEU CÉREBRO²

O despertador toca, irritando seu *tronco cerebral*, seu *tálamo* e seu *córtex auditivo*. O som lhe acordou de um sono profundo, o que significa que o sinal auditivo, de alguma forma, ativou uma parte bem específica do seu tronco cerebral, a *formação reticular* encarregada de excitações genéricas. Se fosse outro som – um latido, uma sirene, ou o início de chuva – você teria resmungado e voltado a dormir. Mas relutantemente, você abre seus olhos. Seu córtex auditivo, com ajuda de certos *núcleos talâmicos*, reconheceu o som por sua fonte: é um despertador. Seus lobos frontais, o superego do cérebro, dizem que aquilo é importante e você precisa levantar.

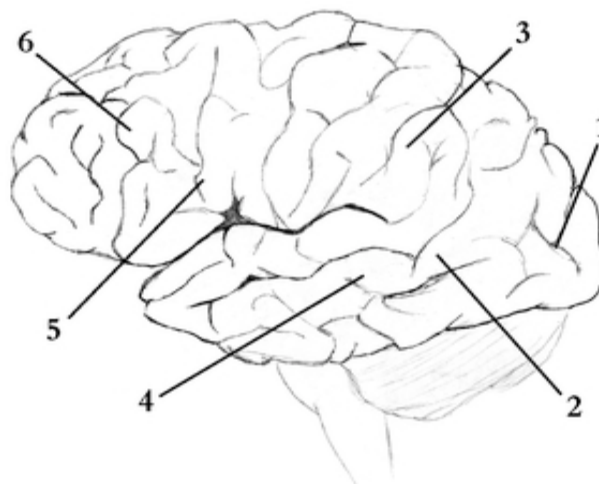
Você sai da cama e olha pela janela. Você nem está ainda acordado, mas seu *córtex visual* já está trabalhando, permitindo-lhe apreciar a linda manhã que está lá fora. Mas não tenha certeza. Quando o córtex visual é danificado, desenvolve-se uma *cegueira cortical*, mesmo que os olhos continuem funcionando perfeitamente. Um indivíduo com cegueira cortical (devido a derrame ou dano mecânico no cérebro) será capaz de ver graduações de brilho, terá até alguma capacidade de detectar movimento, mas não será capaz de identificar objetos. Em certos casos, quando o dano no córtex visual é particularmente extenso, o indivíduo até perderá a habilidade de reconhecer que perdeu a visão. Essa condição é chamada de Síndrome de Anton.

Está ensolarado lá fora e você se sente bem. “Se sentir bem” significa que seu *lobo frontal esquerdo* está ativo, uma vez que ele é encarregado das emoções positivas. Provavelmente também significa que num sistema bioquímico particular do seu cérebro, *dopaminas neurotransmissoras* estão fazendo efeito.

Ao entrar no banheiro, você examina objetos familiares: sua escova de dentes, pasta, enxaguante bucal, lâmina de barbear. Familiar? Sim! Você sabe exatamente o que são esses objetos. Mas reconhecer coisas como importantes não seria possível sem uma região cerebral no hemisfério esquerdo, grosseiramente entre o lobo occipital e temporal, chamado *córtex de associação visual*. Essa parte do seu cérebro faz um trabalho intenso, mesmo que você vá ao banheiro sem grandes esforços e casualmente (talvez nem totalmente acordado). Se esta parte do cérebro for danificada, você continuaria vendo coisas, mas não as reconheceria como familiares importantes.

² Narrativa traduzida de GOLDBERG, 2006

Figura 2 - Diferentes regiões cerebrais: o que acontece quando são danificadas. Síndrome de Anton – cegueira cortical (1); agnosia visual de objeto – inability de reconhecer objetos comuns (2); apraxia ideacional – perda de movimentos hábeis (3); afasia de Wernicke – afeta principalmente substantivos (4); afasia de Broca – afeta principalmente verbos (5); déficit executivo – compromete o planejamento (6).



Fonte: Goldberg, 2006.

Por sorte, seu córtex de associação visual está bem. Você está alcançando sua escova com sua mão. As chances são de 9 para 1 de que está fazendo isso com a mão direita, pois cerca de 90% da população é destra. O *córtex motor* no seu hemisfério esquerdo (os caminhos neurais entre cérebro e corpo são geralmente cruzados) entra em ação, assim como seu *cerebelo* e seus *gânglios basais*. Sem essas estruturas cerebrais, mesmo o mais simples e automático movimento seria impossível.

Você toma a escova de dentes na sua mão – parece uma atividade simples, apesar de toda essa comoção neural – e como esperado, você a segura pelo cabo, e não pelas cerdas. Mas para completar esse ato ridiculamente simples, mecanismos neurais complexos foram ativados. Não é suficiente saber qual o objeto, é necessário saber como usá-lo também. O conhecimento do programa motor correspondente ao uso de objetos comuns está armazenado no *lobo parietal*, geralmente no hemisfério esquerdo. Danos a esta parte do cérebro devido a derrame ou doença de Alzheimer normalmente levam a *apraxia ideacional*. O indivíduo perde a habilidade de usar objetos comuns de acordo com suas funções, e começa a manipulá-los aleatoriamente, como um novato de uma diferente cultura, na qual aqueles objetos não existem e, portanto, não podem ser significativamente reconhecidos. Às vezes esse déficit

toma a peculiar forma de *apraxia do vestir*, na qual o paciente perde a habilidade de vestir-se corretamente. Isto também é comum em demências.

Mas seu maquinário neural está em ótima forma, e depois que sai do banheiro você se veste com facilidade. Lá fora, a cidade toma vida e uma música alta começa a tocar de uma construção perto de você, entrando pela sua janela da cozinha. “Que porcaria!”, murmura seu *lobo temporal direito*, encarregado em processar música, fazendo você estremecer. Grosseiramente falando, é seu lobo temporal direito que gera os julgamentos estéticos, mas é seu hemisfério esquerdo que os transforma em palavras.

Hora de uma rápida xícara de café e o jornal da manhã. Enquanto você “escaneia” a primeira página, seu hemisfério esquerdo está ocupado. O *lobo temporal esquerdo* está processando e entendendo substantivos, o *lobo frontal esquerdo* está processando e entendendo verbos, e o *lobo parietal esquerdo* está processando gramática. Danos a essas partes do cérebro causam várias formas de *afasia*. Enquanto isso, o *córtex pré-frontal* está descobrindo freneticamente o que a notícia de uma recessão iminente tem a ver com seu emprego. A NASDAQ está em baixa pelo terceiro dia consecutivo, assim como a Dow Jones. Você consegue se lembrar do que o jornal dizia há alguns dias quando o mercado ainda estava em alta, o que significa que, diferentemente de suas ações, seus *hipocampos* ainda estão bem.

Os hipocampos são vitais para aprender novas informações.

Apesar da linda manhã de primavera, a mudança do mercado te deixa temporariamente meio irritado, e sua amígdala, responsável por emoções, ligeiramente se ativa.

Enquanto você corre pela porta, você planeja arduamente como encaixar 5 reuniões e 3 teleconferências, todas marcadas para hoje. Seu *córtex pré-frontal*, responsável por organizar eventos em tempo, está trabalhando duro, tentando fazer o quase impossível: sequenciar 8 atividades com pontualidade, sem espaço para intervalos.

No elevador, você nota um rosto não familiar. Um novo inquilino no prédio? Foi seu *hemisfério direito* que analisou o rosto no elevador e concluiu que era novo.

Você pega um táxi e olha para o relógio. Seu *lobo parietal* rapidamente processa a informação. Você provavelmente chegará ao escritório no horário. Mas quando você está para suspirar aliviado, percebe que o taxista virou para o lado errado. Sem dúvida, o cara não conhece a cidade. Rapidamente você toma controle da situação e tenta guiá-lo de volta ao caminho correto. Isso requer uma ação coordenada do *lobo frontal (sequenciando)* e do *lobo parietal (informação espacial)*. Mas o taxista não entende o que você está falando, pois ele

não fala Português! Você improvisa, usando linguagem universal de sinais (seus lobos frontais, parietais e temporais estão trabalhando furiosamente em concerto).

Finalmente, você chegou. Rapidamente você paga o motorista e conta o troco (**parte parieto-temporal esquerda do cérebro, que se danificada causa um distúrbio chamado acalculia - perda das capacidades computacionais**). Você conseguiu. Seu cérebro pode descansar um pouquinho enquanto você espera o elevador.

Seu expediente nem começou, mas seu cérebro já trabalhou bastante. As poucas atividades triviais e rotineiras requereram o envolvimento de praticamente todas as partes do cérebro. E todo esse relato foi bastante simplificado, enfocando apenas alguns poucos protagonistas do cérebro. Na realidade, todos os estágios relatados envolveram uma grande gama de coadjuvantes além dos protagonistas, todos se misturando em complexos e intrincados conjuntos cerebrais, diferentes a cada momento de nossas vidas, comunicando-se entre si no instante certo.

Em termos científicos, esses conjuntos são chamados *sistemas funcionais*, um termo introduzido pelo grande neuropsicologista russo-judeu Aleksandr Romanovich Luria. Apesar de neurocientistas já inferirem a existência desses processos complexos e dinâmicos há muito tempo atrás, foi possível de fato observá-los apenas recentemente, com o advento de novas e poderosas tecnologias de neuroimagem funcional, que literalmente nos oferece uma janela no trabalho interno cérebro vivo, ativo e pensante.

A narrativa acima tem o objetivo de relatar, ainda que de forma bastante resumida, qual a principal função de cada parte do cérebro. Os componentes destacados são os que se mostraram mais essenciais para a presente dissertação: as regiões comprometidas com a memória e com a matemática, no sentido mais primitivo da matéria – o cálculo. Assim, destacam-se como protagonistas matemáticos o lobo parieto-temporal, responsável por capacidades computacionais; o lobo parietal, responsável pela informação espacial – o que influencia bastante a aprendizagem de geometria; e ainda o lobo frontal, cuja função principal é sequenciar. Adiante, será visto que essa ação de sequenciar é o papel do principal componente da memória de trabalho, o executivo-central.

Além desses componentes mais intimamente relacionados com a Matemática, também se destaca o hipocampo, que de um modo geral é responsável pela aquisição de novas informações – o aprendizado em si. Vale destacar que uma memória aprendida, deve ainda ser consolidada e estar disponível para ser resgatada quando necessária, conforme explica o notável neurologista Ivan Izquierdo em muitas de suas obras. Izquierdo é um dos nomes mais conhecidos atualmente da neurologia nacional, atuando tanto no ensino como na área médica.

Em entrevista à Revista Argentina de Neurociência, ele também explica o papel da amígdala para a consolidação de memórias através da relevância emocional do que é aprendido.

1.2 O CÉREBRO EM DESENVOLVIMENTO

A primeira fase da vida do cérebro, a fase de desenvolvimento, é quando as principais habilidades cognitivas e outras habilidades são formadas, o que é caracterizada por mudanças dramáticas no cérebro. Esta fase começa antes do nascimento, e se estende até a terceira década de vida. O desenvolvimento cerebral é um processo complexo e multifacetado. Começa com a neurogênese, o nascimento dos neurônios, que são as células cerebrais mais diretamente envolvidas em processamento de dados, e suas migrações, encontrando seus locais adequados na organização complexa do cérebro. Para a maioria das pessoas, a neurogênese ocorre na gestação, em diferentes momentos para diferentes estruturas. Até pouco tempo, pensava-se que a neurogênese ocorria e parava durante a gestação e nos primeiros anos de vida, quando a maioria das estruturas cerebrais já adquiria sua forma final. Contudo, sabe-se hoje que a neurogênese continua ao longo da vida, mas de forma menos intensa que no período inicial (GOLDBERG, 2006).

Enquanto os neurônios nascem e migram para seus devidos lugares no cérebro, as conexões entre eles começam a se desenvolver. Essas conexões, que são protuberâncias emanando do corpo dos neurônios, são chamadas axônios e dendritos. Eles começam a se desenvolver na gestação, e os dendritos começam a crescer por um processo chamado arborização. Este processo culmina durante o primeiro ano de vida.

As sinapses, pequenas interfaces entre os dendritos e axônios emanando de diferentes neurônios, são essenciais para a comunicação entre neurônios. Sua formação é chamada de sinaptogênese e o período em que ocorre varia consideravelmente de acordo com a região do cérebro. No córtex visual, por exemplo, a maioria das sinaptogêneses se completa nos primeiros anos de vida. Por outro lado, as sinaptogêneses do córtex pré-frontal se estendem até o final da adolescência e começo da vida adulta.

A produção das estruturas neurais é complementada pela eliminação de neurônios, dendritos e sinapses em excesso. Este processo, conhecido como *poda* ou *apoptose*, ocorre depois do nascimento e também se desenrola em diferentes períodos para diferentes partes do cérebro, sendo o último o córtex pré-frontal. “Podar” se assemelha com “esculpir”, um processo que o grande escultor Auguste Rodin descreveu como “eliminar tudo aquilo que não

pertence”. A poda não é aleatória, mas uma consequência de reforçar as estruturas neurais mais usadas e desistir das pouco usadas, ou nunca usadas. Este processo competitivo de modelação cerebral é de certa forma semelhante à seleção natural, d’onde surgiu o termo “Darwinismo neural”, criado por Gerald Edelman.

Neurônios não são os únicos tipos de células encontradas no cérebro. De fato, eles somam apenas um terço de todas as células cerebrais. Os outros dois terços são constituídos das células gliais, que servem várias funções coadjuvantes e são de dois tipos: astrócitos e oligodendrócitos. Em certo ponto do desenvolvimento, o processo de mielinização começa: oligodendrócitos começam a envolver axônios longos, formando uma camada gordurosa chamada *mielina*. A mielina é branca, o que gerou o termo “matéria branca” (composta por toda parte coberta de mielina), em oposição ao termo “matéria cinzenta” (composta por todos os neurônios e locais curtos não-mielinados). A mielina facilita a transmissão de sinais ao longo do axônio, aumentando e melhorando a transmissão de informação em conjuntos coordenados neurais. O aumento drástico de peso cerebral nos primeiros anos de vida é consequência da mielinização. As estruturas cerebrais não estão completamente funcionais até os axônios que os conectam estarem isolados com mielina, e o período de mielinização varia consideravelmente de estrutura para estrutura. A mielinização tem seu maior período no córtex frontal, podendo se estender até os 30 anos de idade. O volume do lobo frontal, particularmente do córtex pré-frontal, aumenta ao menos até os 18 anos, e esse crescimento se reflete num aumento de matéria branca.

Este breve relato mostra que o desenvolvimento cerebral é a interação dos numerosos processos que ocorrem em diferentes escalas de tempo. É um período de grande fluxo na vida do cérebro. É também um período de grande fluxo na vida da mente – o período de aprender, de acumular as bases de habilidades mentais e conhecimento, e de formar a identidade do cidadão.

Pode-se perceber que os lobos frontais, o córtex pré-frontal em particular, são os últimos a completar sua maturação biológica – apenas no início da vida adulta, às vezes chegando aos 20 anos, possivelmente até durante a 3ª década de vida. Mesmo a sociedade moderna se organiza com base em certas crenças sobre a maturidade social. A idade “21” é a idade em que surgem as características cognitivas e de personalidade que se associam a ideia de maturidade social, tais como a capacidade de controlar impulsos, a de planejar e a de fazer autocríticas. Assim como a maturação biológica dos lobos frontais, estas características “adultas” alcançam sua funcionalidade plena por volta dos 20 anos. Não é por menos que muitas sociedades adotam o “21” como a idade de transição de responsabilidade social. Esta é

aproximadamente a idade que se podem dar direitos e responsabilidades mais “maduras”, tais como dirigir, votar, casar, comprar bebidas alcoólicas, servir no exército e, finalmente, ser tratado perante a lei como um adulto, e não um menor. O que muitos não sabem é que o surgimento dessas características maduras é provavelmente causado pela maturação dos lobos frontais, uma crença que tem aumentado entre os neurocientistas. Assim, muitos neurocientistas consideram útil pensar que o fim da maturação dos lobos frontais, particularmente a mielinização, é um divisor de águas entre a primeira e a segunda fase do cérebro: o estágio de desenvolvimento e o estágio de maturação.

1.3 O CÉREBRO MADURO

A segunda fase da vida do cérebro, a fase de maturidade, é caracterizada por menos fluxo neural e mais estabilidade das estruturas cerebrais. É a idade das atividades produtivas, quando o foco gradualmente muda de aprender sobre o mundo para contribuir e moldar o mundo ao redor, através das atividades profissionais e vocacionais. Essa é a fase mais amplamente estudada da mente e do cérebro. Na verdade, até há algumas décadas atrás, o conhecimento científico era bastante limitado a apenas essa fase. Os textos padrões de neuroanatomia, neurologia ou neuropsicologia, assim como algumas dezenas de livros escritos para o público comum eram, a maioria, sobre essa fase. É suficiente dizer que, no entusiasmo por generalizações, essa fase é tratada em termos bastante genéricos. Ao folhear qualquer texto padrão, provavelmente não será encontrada nenhuma referência às diferenças entre os gêneros na organização cerebral, e muito menos às diferenças individuais. Mas, tais diferenças existem e apenas agora estão sendo bem compreendidas. A partir da visão geral de toda a humanidade representada por uma composição, as bases neurais da individualidade estão sendo entendidas.

1.4 O ENVELHECIMENTO CEREBRAL

Como qualquer outro órgão do corpo, o cérebro é feito de carne. Dessa forma, não é estranho que o cérebro seja afetado com o envelhecimento, mesmo que saudável. Pesquisas extensas estão sendo conduzidas nas últimas décadas para entender essas mudanças, e hoje tem-se um quadro relativamente compreensível de o que acontece com o cérebro em envelhecimento, mesmo quando não há relação com doenças neurológicas ou demência.

Algumas das mudanças que ocorrem no cérebro em envelhecimento são globais. Tanto o peso quanto o volume do cérebro diminui cerca de 2% a cada década de vida adulta. Os ventrículos (cavidades profundamente internas do cérebro contendo fluido cefalorraquidiano) aumentam em tamanho. Os sulcos (espaços entre as circunvoluções em forma de noz do manto cortical) tornam-se mais proeminentes. Todas estas mudanças sugerem uma quantidade modesta de atrofia ou encolhimento do tecido cerebral, assim como parte do envelhecimento normal. As ligações entre os neurônios se tornam cada vez mais escassas (um processo conhecido como "desramificação") e o mesmo acontece com a densidade de sinapses (os locais de transmissão de sinal químico entre os neurônios). O fluxo de sangue para o cérebro torna-se menos abundante, e o fornecimento de oxigênio para o cérebro menos generoso.

Tanto a massa cinzenta e a branca são afetadas pelo envelhecimento. Na branca, pequenas lesões focais aparecem. Elas são chamadas *hiperintensidades* no jargão técnico de radiologia de ressonância magnética. Na maioria dos casos, o envelhecimento associado a "hiperintensidades" apresenta-se como doenças vasculares, mas também pode refletir a desmielinização de vias. Elas tendem a acumular-se com a idade. A relação entre essas lesões focais de matéria branca e declínio cognitivo não é simplesmente linear, mas sim de natureza limiar. Até certo ponto, eles permanecem benignos, mas uma vez que o seu volume total atinge um certo nível, a cognição começa a deteriorar-se. Alguns cientistas acreditam que a matéria branca é mais suscetível aos efeitos do envelhecimento do que a matéria cinzenta.

Ao contrário de tais mudanças globais, certas partes do cérebro se saem melhor do que outras. Uma série de estruturas corticais e subcorticais são afetadas, mas em diferentes graus. No neocórtex, a regra clássica neurológica da "evolução e dissolução", introduzida por John Hughlings Jackson, parece funcionar: as subdivisões corticais filogeneticamente (evolutivamente) mais jovens (que se desenvolvem apenas nos estágios mais avançados da "evolução"), chamadas heteromodal córtex associativo, são as mais afetadas por "dissolução" devido ao envelhecimento. Isso inclui inferoparietal, inferotemporal e particularmente o córtex pré-frontal filogeneticamente mais recente. Por outro lado, as subdivisões corticais filogeneticamente mais antigas, que incluem as áreas envolvidas em receber informações sensoriais-primas e córtex motor, são menos afetadas. O córtex pré-frontal, uma subdivisão do lobo frontal responsável por planejamentos complexos e organização de comportamentos complexos em tempo, é vastamente afetado pelo envelhecimento.

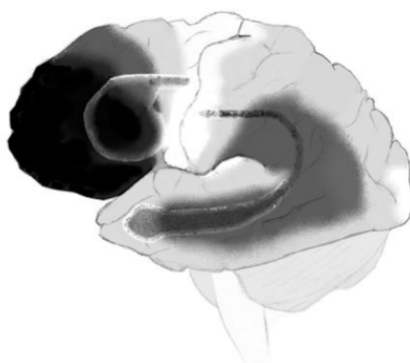
Uma relação semelhante existe entre desenvolvimento ontogenético (que ocorre durante toda a vida) e decadência: as últimas estruturas cerebrais a se desenvolverem nas

etapas do crescimento do organismo são os primeiros a sucumbir e declinar com a idade. Ao avaliar a vulnerabilidade relativa de estruturas cerebrais diferentes, o destino das vias projetando a partir destas e para estas estruturas é particularmente instrutivo. Portanto, a cronologia do caminho da mielinização é um marcador útil tanto de desenvolvimento como de declínio. Por isso, quanto mais demora para uma via se mielinizar, mais ela fica suscetível aos efeitos do envelhecimento. Mais uma vez, o córtex pré-frontal se mostra mais vulnerável, particularmente a sua subdivisão dorsolateral. As mudanças nos lobos frontais envolvem a degradação de ambas as matérias cinzenta e branca, bem como o esgotamento dos neurotransmissores principais (produtos químicos responsáveis pela transmissão de sinais entre os neurônios): dopamina, norepinefrina e serotonina. Como foi o caso no desenvolvimento, o destino dos lobos frontais serve como divisor de águas entre a segunda e a terceira fase do cérebro, o estágio de maturidade e os estágios de envelhecimento.

Fora do neocórtex, o hipocampo e a amígdala não são tão afetados pelo envelhecimento quanto os lobos frontais. O hipocampo encontra-se na vista interna do lobo temporal em cada hemisfério e é importante para a formação de novas memórias. A amígdala (a palavra significa "amêndoa" em grego, refletindo sua forma) é encontrado em frente ao hipocampo na vista interna dos lobos temporais e é importante para a experiência e expressão de emoções.

Curiosamente, o hipocampo não é afetado pelo envelhecimento em outras espécies de mamíferos, tais como macacos e roedores. Esta diferença pode ser meramente uma hipótese, mas também é possível que as pressões evolucionárias favoreceram o cérebro humano com o hipocampo ligeiramente decadente. Para os seres humanos com uma fé ilimitada na natureza adaptativa da evolução (mas prudente o suficiente para não cair em um quadro completamente teleológico da mente), qual poderia ser a natureza de tais pressões evolucionárias? Uma possibilidade a se considerar poderia eventualmente ser relacionada com o fato de que os seres humanos dependem de modelos cognitivos previamente adquiridos muito mais do que as outras espécies. Assim, um cérebro humano em envelhecimento, ao contrário de um cérebro de macaco ou roedor em envelhecimento, pode se beneficiar de amortecer a formação excessiva de novas informações, que de certa forma concorre com esses modelos (GOLDBERG, 2006).

Figura 3 - Mapa das regiões cerebrais afetadas pelo envelhecimento: quanto mais escuro, mais a estrutura cerebral está suscetível aos efeitos do envelhecimento natural.



Fonte: Goldberg, 2006.

Outra descoberta interessante é a diferença entre a vulnerabilidade relativa de várias estruturas cerebrais no envelhecimento natural e na demência. Diferentemente do envelhecimento normal, o hipocampo e o neocórtex heteromodal posterior dos lobos temporais e parietais se deterioram mais rapidamente que o lobo frontal na doença de Alzheimer. Assim, a divergência entre a deterioração dos lobos frontais e do hipocampo evidenciada na ressonância magnética de um cérebro em envelhecimento pode mostrar se o processo de envelhecimento está normal ou se exibe traços de Alzheimer.

O destino de várias estruturas subcorticais geralmente segue o mesmo princípio de Jackson de "evolução e dissolução." Os gânglios basais e o cerebelo (ambos importantes para vários aspectos de controle motor) são moderadamente afetados, assim como o mesencéfalo. A ponte (a área do cérebro responsável pela excitação básica) e o tectum (a primeira estação de processamento de entrada sensorial no cérebro) parecem ser afetados muito pouco ou mesmo nada.

Mas como essas mudanças profundas na anatomia do cérebro se traduzem em mudanças na função cerebral, em mudanças cognitivas? Mais uma vez, vários estudos têm sido conduzidos, documentando meticulosamente as mudanças mentais adversas que aparecem no envelhecimento normal (GOLDBERG, 2006). Aparentemente, a velocidade global de operações mentais decai, assim como as funções sensoriais (a capacidade de receber entradas sobre o mundo físico exterior). Particularmente, as funções que dependem dos lobos frontais parecem falhar. Estas incluem a inibição mental, a capacidade de se abster de distrações ou de reações automáticas às situações. Elas também incluem "memória de trabalho", um termo usado pela maioria dos cientistas para se referir à capacidade de manter

certas informações em mente ao se engajar em algum processo cognitivo para o qual esta informação é pertinente. Outra função dos lobos frontais, flexibilidade mental (uma capacidade de mudar rapidamente de um processo mental para outro e de um estado mental para outro), também tende a diminuir com o envelhecimento.

Certas formas de atenção também são prejudicadas, particularmente a atenção seletiva (a capacidade de escolher eventos importantes no ambiente e se concentrar neles) e atenção dividida (a capacidade de desviar a atenção e focar novamente entre várias atividades que se desenrolam em paralelo). A memória não é poupada. Principalmente a capacidade de aprender novos fatos (memória semântica) e formar memórias sobre eventos específicos (memória episódica). Na verdade, a erosão da nova aprendizagem está entre as primeiras manifestações do envelhecimento cognitivo.

No próximo capítulo, o foco será dado em como a memória especificamente funciona no cérebro. Será dada uma atenção especial à memória de trabalho, uma vez que é a memória responsável pelo raciocínio, sendo a força motriz da resolução de problemas, que certamente é um dos tópicos mais abordados hoje na esfera da aprendizagem matemática.

CAPÍTULO 2

PERSPECTIVA PSICOLÓGICA

Nesse capítulo, entender-se-á melhor a memória de trabalho e seu funcionamento, além de resumir brevemente o início da Psicologia como uma ciência da área médica, ao contrário do que era acreditado anteriormente – ser uma ciência da área filosófica. Com isso, esclarecer-se-á que a inteligência e outros aspectos cognitivos são, de fato, objetos de estudo fisiológicos, e seus mecanismos são estudados a partir da medicina, deixando a perspectiva filosófica em segundo plano.

2.1 MEMÓRIA DE TRABALHO

Segundo Baddeley e Hitch (1974), a memória de trabalho é um sistema de memória de curto prazo – de capacidade limitada – que está envolvido, simultaneamente com o processamento e armazenamento temporário de informação. Para um melhor entendimento, seria algo análogo à memória RAM de um computador: usa-se a RAM para processar informações a fim de realizar tarefas pontuais, guardando informações por um período curto de tempo, apenas o suficiente para que se realize a tarefa. Em geral, depois de concluída a tarefa, as informações armazenadas na RAM são descartadas, normalmente sendo substituídas por novas informações de uma nova tarefa. Assim, diferente do HD, a função da RAM não é decorar. Apenas lembrar por um curto período de tempo uma determinada informação que será logo utilizada.

Em termos orgânicos, o córtex pré-frontal é a estrutura cerebral responsável pela memória de trabalho. Em comparação com a memória de longa duração, pode-se dizer que ela exige menos do cérebro, em termos de áreas ativadas. Existe também uma dúvida quanto à participação do hipocampo na memória de trabalho. Contudo, é sabido que o hipocampo é vital para a consolidação da memória. Assim, é legítimo pensar que, quando a informação é de grande relevância, o hipocampo é responsável por “transferir” essa informação da memória de trabalho para a memória de longa duração.

No modelo de Baddeley e Hitch (1974), os autores propuseram três componentes da memória de trabalho:

- componente executivo central;
- componente fonológico;
- componente viso-espacial.

Basicamente, o sistema é comandado pelo componente executivo central, o qual é responsável por ativar, quando necessário, os outros dois componentes. Ele é responsável pelo processamento de tarefas cognitivas, possuindo capacidade de atenção limitada. Por exemplo, em uma atividade matemática, como resolver uma multiplicação, o executivo central deve monitorar e recuperar a informação sobre a operação a ser usada, enquanto os outros sistemas armazenam os números específicos envolvidos no cálculo.

Mais recentemente, Baddeley (2000) adicionou um quarto componente ao seu modelo de memória de trabalho: o *buffer* episódico. Contudo, por ser uma descoberta relativamente recente, não há ainda resultados nas pesquisas sobre a relação do *buffer* episódico com as dificuldades em Matemática. É interessante ressaltar que um *buffer*, em termos computacionais, é uma área ou fila de memória usada quando se transfere dados de um dispositivo para outro, ou entre programas que operam em velocidades de processamento diferentes.

Na Matemática, a memória de trabalho apresenta várias atuações. Relaciona-se com o componente fonológico ao decorar números em um processo aritmético, com o componente viso-espacial na representação espacial de problemas multidígitos e com o componente executivo central no monitoramento de procedimentos em problemas mais complexos, nos quais deve-se realizar uma série de procedimentos menores, a fim de se combinar os resultados desses pequenos procedimentos para a resolução completa do problema. Muitos outros autores, tais como Geary (1990), enfatizam a relação da memória de trabalho com várias habilidades matemáticas usadas na solução de problemas aritméticos mais complexos.

2.1.1 Componente Executivo Central

Este componente é acionado ao executar tarefas que exigem maior esforço cognitivo. Apresenta quatro funções principais:

1. coordenar o desempenho em duas tarefas ou operações cognitivas;
2. optar por uma tarefa, estratégia ou operação;

3. filtrar informações relevantes das irrelevantes; e
4. ativar e recuperar informações da memória de longo prazo.

A fim de avaliar o desempenho do executivo central em um indivíduo, criaram-se testes do tipo repetir uma sequência de dígitos de trás pra frente, ou outras tarefas que requerem o armazenamento e processamento da informação simultaneamente. Por exemplo, no caso do *backward digit span* (armazenamento de dígitos de trás pra frente), o indivíduo recebe uma informação que deve ser armazenada em uma lacuna de memória (*span*) e em seguida deverá ser processada e simultaneamente realocada, pois o retorno que se espera do indivíduo é a sequência na ordem contrária a que ele recebeu. Problemas no executivo central podem comprometer a habilidade do indivíduo em relacionar a informação que está sendo codificada com o conhecimento já armazenado na memória semântica. Na realidade, tais problemas podem acarretar dificuldades no aprendizado em geral do indivíduo, não se limitando às dificuldades em aprender matemática.

Em qualquer área da matemática, as competências a serem desenvolvidas dependerão de um conhecimento conceitual e de um conhecimento procedimental, que embasam a resolução de problemas (GEARY, 1994). As competências procedimentais e conceituais estão apoiadas em uma série de sistemas cognitivos, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Esquema para a identificação e o estudo de dificuldades de aprendizagem potenciais em matemática.

Domínio Matemático (por exemplo, conhecimento de base 10)			
Competências de Base			
Conceitual		Procedimental	
Sistema Cognitivo Subjacente			
Executivo Central			
Controle atencional e inibitório do processamento de informação			
Sistema de linguagem Fonológico, semântico		Sistema viso-espacial	
Representação da informação	Manipulação da informação	Representação da informação	Manipulação da informação

Fonte: Geary (2004)

O executivo central controla os processos de inibição e atenção necessários para o uso de procedimentos durante a resolução de problemas, e grande parte da informação que norteia as competências conceituais e procedimentais está representada nos sistemas de linguagem (componente fonológico) ou viso-espaciais. Os sistemas de linguagem são importantes para

certos tipos de representação de informações, como na articulação de palavras- número e na manipulação de informação na memória de trabalho, por exemplo, durante o ato de contar. Tudo indica que o sistema viso-espacial está envolvido com a representação de algumas formas de conhecimento conceitual do tipo magnitude de número e na representação e manipulação de informação matemática apresentada de uma forma espacial (por exemplo, uma linha numérica). Assim, uma dificuldade de aprendizagem na matemática manifestar-se-ia como um déficit nas competências conceituais ou procedimentais que definem o domínio matemático, e este, teoricamente, seria o resultado de déficits subjacentes ao sistema executivo central referente à representação ou à manipulação de informação dos domínios de linguagem ou viso-espaciais.

A relação entre as dificuldades procedimentais dos alunos em Matemática e a memória de trabalho não está totalmente compreendida, mas sabe-se que tais crianças apresentam algum tipo de dificuldade na memória de trabalho (SIEGEL; RYAN, 1989).

De acordo com o quadro anterior, tais dificuldades parecem envolver a representação e manipulação de informação no sistema de linguagem (componente fonológico), o qual sustenta as competências procedimentais como a contagem, por exemplo. Assim como todas as competências que englobam a memória de trabalho, falhas no sistema executivo central, como o baixo controle de atenção, podem influenciar a execução de procedimentos matemáticos (GEARY, 2004).

Um exemplo comum de falha no sistema executivo central é contar nos dedos para solucionar problemas aritméticos. Representar os números nos dedos e então observar a sequência de contagem diminui as demandas feitas à memória de trabalho para o processo de contagem (GEARY, 1990). No caso de se contar errado utilizando os dedos, tal deficiência pode ser ocasionada pelas dificuldades com a representação da informação no sistema de linguagem, especificamente no fonológico. Ou podem, da mesma forma, surgir por falhas nos processos executivos de controle de atenção (McLEAN; HITCH, 1999).

2.1.2 Componente Fonológico

Este componente mantém a informação verbalizada. Organiza-se temporal e sequencialmente, codificando informações fonológicas, mantendo-as por curto prazo e as reciclando através da alça articulatória (subcomponente fonológico). A informação contida no

armazenador fonológico (a palavra que ecoa na cabeça) perde-se brevemente, em questão de segundos, exceto quando a alça articulatória a mantém através da reverberação (repetição subvocal ou em voz alta) (BADDELEY; HITCH, 1974; BUENO; OLIVEIRA, 2004).

A capacidade do componente fonológico pode ser avaliada através de repetição de listas. Nestas tarefas, apresenta-se aos participantes uma série de dígitos, palavras e pseudopalavras, e estes devem repeti-los na ordem de apresentação. Na verdade, tais instrumentos avaliam a memória chamada também de curto prazo, pois requerem apenas a manutenção da informação que se apoia em um sistema passivo de armazenamento, envolvendo o recordar a informação sem manipulá-la de qualquer forma. Já as tarefas do executivo central, descrito anteriormente, demandam processos mais ativos, nos quais a informação é temporariamente mantida enquanto é manipulada ou transformada (PASSOLUNGI; SIEGEL, 2004; PASSOLUNGI; VERCELLONI; SCHADDEE, 2007).

2.1.3 Componente Viso-Espacial

Por último, este componente é essencial na produção e manutenção da imagem mental. As tarefas utilizadas para avaliá-lo são a memorização de sequências e posições, como no antigo jogo Genius (em inglês, Simon), verificação de matrizes e memorização de pontos e labirintos, entre outras.

Conjectura-se que várias dificuldades matemáticas estão relacionadas a um sistema viso-espacial comprometido, já que são sistemas que sustentam muitas competências matemáticas, principalmente relacionadas à geometria e à resolução de problemas complexos (KULAK, 1993). Contudo, para Geary, Hamson e Hoard (2000), não se encontra relação entre competências viso-espaciais e dificuldades na matemática. As crianças com problemas nesta área, devido a aspectos procedimentais ou à memória semântica, não parecem diferenciar-se de outras crianças nas competências viso-espaciais básicas, pelo menos no que diz respeito aos problemas aritméticos simples. Dados como estes são encontrados, talvez, porque muitas das competências conceituais e procedimentais que sustentam a aritmética simples são mais dependentes dos sistemas de linguagem do que dos sistemas viso-espaciais (GEARY, 2004).

Crianças mais novas, com habilidades matemática iniciais, parecem usar mais estratégias viso-espaciais que crianças maiores, que se apoiam mais em estratégias verbais

(McKENZIE; BULL; GRAY, 2003). Isso indica que os componentes da memória de trabalho não são utilizados de forma homogênea, dependendo da maturidade e necessidade do indivíduo e/ou da tarefa apresentada, considerando também as habilidades disponíveis para a execução das tarefas. Assim, Andersson e Lyxell (2007) lembram que a contribuição dos recursos da memória de trabalho deve variar considerando a idade e o tipo de tarefa matemática em uso.

2.1.4 Componente *Buffer* Episódico

Buffer, em inglês, é livremente traduzido como “amortecedor”, podendo também remeter à ideia de “retentor”. No modelo inicial de memória de trabalho proposto por Baddeley e Hitch (1974), o componente não era incluído. Contudo, alguns fenômenos não podiam ser explicados com apenas os 3 outros componentes da memória de trabalho (executivo central, fonológico e viso-espacial), tais como o fato da supressão articulatória poder ter efeitos discretos na recuperação de informação, evidências de fenômenos de combinação entre a informação visual e a informação fonológica na memória de trabalho, além de diferenças significativas entre o tamanho do *span* (que aqui pode ser compreendido como vão, espaço) para palavras não relacionadas e isoladas, em comparação com frases, sendo que nota-se uma maior eficiência em lembrar de palavras ligadas em frase com significado em comparação com sequências de palavras que não se relacionam a um significado central.

Uma vez detectados experimentalmente esses fenômenos, restava saber qual componente da memória de trabalho era responsável pelos mesmos. Foi então que, 25 anos após a formulação do modelo de memória de trabalho com seus três componentes, acrescentou-se o novo componente *buffer* episódico, a fim de esclarecer esses fenômenos (CANARIO; NUNES, 2011).

O *buffer* episódico é um sistema de armazenamento temporário de informação, capaz de integrar dados de diferentes fontes, transformando-os em códigos multimodais. É uma ligação entre a memória de trabalho e a memória de longo prazo. O modelo defende também que a capacidade da memória de trabalho em manter os episódios gerados pelo *buffer* reflete não só sua capacidade em si, mas também a capacidade e integridade dos outros componentes (executivo central, fonológico e viso-espacial). Existem também dois grandes processos relacionados ao *buffer* episódico: o *binding* (ligação) e o *chunking* (reencontro). O *binding* é

usado para explicar os fenômenos de ligação entre informações de diferentes modalidades sensoriais. É o processo que estaria na base da explicação do efeito da similaridade visual de itens verbais na sua memorização. O *chunking* diz respeito ao processo de integração de unidades de informação individual, de modo a criar aglomerados ou pedaços maiores de informação. Estes agrupamentos são, geralmente, baseados na relação de significado entre os vários itens e permitem potenciar um armazenamento de informação mais econômico.

2.2 INTELIGÊNCIA – VISÕES ANTERIORES

No final do século XVIII, Franz Joseph Gall, antes mesmo de se tornar médico e cientista, começou a observar as cabeças de seus colegas – mais especificamente, o formato delas – e relacionar com algumas de suas características. Por exemplo: observou que os meninos com olhos mais proeminentes tendiam a ter boa memória. Fascinado com suas observações, ele criou uma disciplina que denominou de “frenologia”, esperando que a tal chegasse ao patamar de ciência (GARDNER, 1994).

A ideia chave da frenologia é que as diferenças entre os crânios afetavam diferenças no tamanho e forma do cérebro, e conseqüentemente, como há diversidade entre funções cerebrais de acordo com a região do cérebro, poderia-se traçar um perfil mental do indivíduo de acordo com o formato do cérebro.

Mas apesar de alcançar bastante popularidade na Europa e nos Estados Unidos no início do século XIX, a frenologia foi logo contestada, apontando-se várias falhas na teoria. Um exemplo simples é a falta de correlação entre o tamanho do cérebro e o intelecto do indivíduo, uma vez que mesmo indivíduos com cérebros pequenos obtinham sucesso intelectual, enquanto outros indivíduos de cérebros maiores não eram necessariamente notáveis, podendo ser muitas vezes medíocres.

Contudo, seria falacioso simplesmente desconsiderar totalmente as proposições de Gall. Gall foi um dos primeiros cientistas a enfatizar a diferença das funções cerebrais de acordo com as diferentes partes do cérebro, além de propor outras ideias promissoras a respeito de percepção, memória e atenção como elementos não gerais, mostrando que há diferentes formas desses elementos para cada uma das diversas faculdades intelectuais, tais como linguagem, música ou visão.³

³ Embora raramente levada a sério ao longo da maior parte da história da psicologia, esta ideia prova ser altamente sugestiva e é bem possível que esteja correta.

No decorrer do século XIX, houve muita oscilação entre a crença e ceticismo sobre a linha de correlacionamento cérebro-comportamento. Na realidade, até hoje encontramos essa oscilação. Um dos temas que sempre entrava em pauta era a relação entre uma parte do cérebro e sua função cognitiva específica.

2.3 FILOSOFIA x MEDICINA

A Psicologia foi instituída como ciência a partir de esforços que se iniciaram com seriedade na segunda metade do século XIX. Na realidade, a psicologia pré-científica se relacionava mais com a filosofia, ao invés de se relacionar com a medicina. Assim, os primeiros psicólogos não estavam alinhados com os indivíduos que estudavam e faziam experimentos com o cérebro humano. Na realidade, até hoje existe um paralelismo entre Psicologia e Neurologia. Os psicólogos buscam por leis de faculdades mentais mais “horizontais” (memória, percepção, atenção, associação e aprendizagem), ao invés de pensar em conteúdos mentais específicos (linguagem, música ou percepção visual) (GARDNER, 1994).

Assim, de uma forma mais geral, começaram a se idealizar testes de inteligência. E foi na tentativa de medir inteligência que se começou a perceber a abrangência dela. A priori, acreditava-se que os poderes do intelecto poderiam ser adequadamente avaliados por várias tarefas de discriminação sensorial. Gradualmente, a comunidade científica percebeu que seria também necessário observar capacidades mais complexas, como linguagem e abstração, de forma a avaliar melhor os poderes intelectuais do ser humano. Mesmo assim, foi observado que por mais que os testes fossem aprimorados, eles apresentavam tão somente uma previsão para sucesso acadêmico, não implicando em sucesso fora do ambiente escolar. Também foram desacreditadas teorias sobre a hereditariedade do QI.

Não se pode deixar de citar que houve influência de duas frentes principais dentro da área do teste de inteligência. Uma delas acredita na definição de um coeficiente “g” que mediria a inteligência geral do indivíduo. A outra acredita na existência de um pequeno conjunto de faculdades mentais primárias independentes entre si, que devem ser medidas separadamente: compreensão verbal, fluência verbal, fluência numérica, visualização espacial, memória associativa, velocidade de percepção e raciocínio.⁴ Mas o mais importante

⁴ Outros estudiosos menos citados postularam um número bastante maior de fatores independentes.

é enfatizar que nenhuma das duas frentes conquistou supremacia, devido ao caráter meramente numérico dos “escores” de QI.

No próximo capítulo, será analisado como esses mecanismos psicológicos podem ser utilizados em sala de aula, relacionando-os uns com os outros, focando especificamente na aula de Matemática e nas habilidades que a matéria demanda.

CAPÍTULO 3

PERSPECTIVA PEDAGÓGICA

Nesse capítulo, serão tratados alguns aspectos cognitivos relacionados à memória e à Matemática do ponto de vista pedagógico. Será possível concluir que a questão da memorização é relevante quando as informações a serem decoradas são representações genéricas, abstratas. Além disso, abordar-se-á a questão emotiva e como ela pode interferir na aprendizagem.

3.1 ELEMENTOS BÁSICOS DA MATEMÁTICA

A Matemática é muitas vezes tida como uma matéria que ou o aluno entende ou não entende, sem muito “meio-termo”. Na verdade, a Matemática reúne uma grande variedade de habilidades e conceitos. Apesar destes serem relacionados e frequentemente serem uns construídos a partir de outros, é possível dominar alguns e mesmo assim ter dificuldade em outros. Por exemplo, é possível que uma criança que tem dificuldades com tabuada tenha bom desempenho em outra área da Matemática, por exemplo, Geometria. Um indivíduo pode ter algumas áreas de domínio e outras de vulnerabilidade dentro de todo o “leque” matemático.

Recentemente, pesquisadores examinaram aspectos do cérebro envolvidos quando a criança pensa com números (GARNETT, 1998). A maioria deles concorda que memória, linguagem, atenção, sequenciamento temporal (linha do tempo), raciocínio lógico e ordenação espacial estão entre as funções de desenvolvimento neural que atuam quando a criança pensa com números. Esses componentes transformam-se em parte de um processo ativo no qual as crianças integram constantemente novos conceitos e habilidades procedimentais enquanto resolvem problemas mais avançados de Matemática.

Para que as crianças tenham sucesso em Matemática, estas funções cerebrais devem trabalhar em sintonia. Crianças precisam usar a memória para lembrar regras e fórmulas e reconhecer padrões, usar a linguagem para entender vocabulário, instruções e explicar seu

raciocínio; e ordenar seus passos para resolver problemas de “multi-etapas” e usar procedimentos adequados. Além disso, devem usar o ordenamento espacial para reconhecer símbolos e trabalhar com formas geométricas. O raciocínio lógico ajuda as crianças a revisarem estratégias alternativas na resolução de problemas, monitorar seu raciocínio, avaliar a coerência de suas respostas, e aplicar habilidades já aprendidas em novos problemas. Em geral, essas funções cognitivas precisam trabalhar simultaneamente.

Como a matemática está muito presente no dia a dia, é importante identificar falhas o quanto antes. As crianças estão mais propensas a “vencer” em Matemática quando qualquer déficit de desenvolvimento cognitivo que afeta o desempenho em Matemática é consertado prontamente - antes da criança perder a autoestima e passar a temer a matéria.

Competência em Matemática é cada vez mais importante em muitas profissões (principalmente pelo crescimento tecnológico). É importante salientar que esta competência vai além da habilidade de calcular rapidamente. Envolve também resolução de problemas, escrita em linguagem matemática, ponderando e estabelecendo provas, além de representar informações em diferentes formas (PCN, 1997). Conectar estas habilidades e conceitos, tanto em Matemática como em outras matérias, é frequentemente exigido dos alunos em aula, e posteriormente será exigido em suas ocupações profissionais.

3.2 MATEMÁTICA E LINGUAGEM

O uso da linguagem na Matemática é extenso. A habilidade dos alunos em compreender o problema influencia diretamente sua proficiência em resolvê-lo. Além de entender o significado de algumas palavras e frases, é esperado que os alunos entendessem o que está escrito em seu material (livro, caderno, apostila, etc.) e as instruções do professor.

O vocabulário matemático também pode gerar problemas para os alunos. Pode ser confuso usar palavras diferentes para o mesmo significado (somar e adicionar, multiplicar e encontrar o produto, subtrair e tirar, etc.) e ainda palavras iguais para significados diferentes (razão da progressão aritmética, que não tem relação com razão de divisão; raiz podendo significar raiz quadrada ou solução de uma equação de 2º grau, etc.). Outros termos mais difíceis, como *hipotenusa* ou *fatorar*, não ocorrem na linguagem do dia a dia e precisam ser aprendidos especificamente para a Matemática. Às vezes, o aluno compreende o conceito claramente, mas não se lembra do nome usado.

3.3 MATEMÁTICA E MEMÓRIA

A memória pode ter um impacto significativo no raciocínio com números. Conforme Levine (1998) aponta, “praticamente todo tipo de memória tem um papel na Matemática”. Memória factual é a habilidade de recordar fatos matemáticos. Memória procedimental é usada para lembrar algoritmos - como o passo-a-passo para simplificar frações ou fazer uma divisão em “chave”.

A memória de trabalho é a habilidade de lembrar o que você está fazendo enquanto você está fazendo, para que quando você termine uma etapa, saiba qual é a próxima. De certa forma, a memória de trabalho permite que as crianças retenham as partes dos problemas matemáticos em suas mentes. Por exemplo, para realizar de cabeça a conta 11×25 , a criança poderia vocalizar: “10 vezes 25 é 250, e 1 vez 25 é 25, então somando 250 com 25 dá 275.”. A resolução aqui foi feita através da manutenção de informações parciais na memória para combiná-las posteriormente em um resultado final.

O reconhecimento de padrões também é essencial para a Matemática. As crianças precisam identificar uma amplitude de temas e padrões matemáticos e traduzi-los de acordo com a situação. Por exemplo, quando se deve buscar no enunciado palavras por extenso que representam ideias simbólicas de cunho matemático, e então ligá-los a problemas matemáticos já resolvidos anteriormente.

Sobre o reconhecimento de padrões, de acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais, *a memorização não deve ser entendida como processo mecânico, mas antes como recurso que torna o aluno capaz de representar informações de maneira genérica — memória significativa — para poder relacioná-las com outros conteúdos.* (livro 1, pág. 51)

Finalmente, a memória de regras também é extremamente importante para o sucesso em Matemática. Quando as crianças se deparam com um problema novo, elas devem procurar em sua memória de longo prazo qual regra é apropriada para resolver o problema.

Assim, habilidades de memória ajudam as crianças a guardar conceitos e recuperá-los para usá-los em aplicações relevantes. Por sua vez, relacionar novos conceitos em um contexto da vida real acentua habilidades conceituais e resolução de problemas. Por exemplo, um estudante pode já saber que $6 \times 2 = 12$. Para resolver o problema “Se há seis crianças, cada uma com um par de sapatos, quantos sapatos há no total?” o aluno confiará na memória do fato da multiplicação e aplicará para este caso em particular.

Mas como adquirir e manter informações na memória? Goldberg (2006) explica que expor repetitivamente alguma informação ou tipo de informação, seja através da visualização ou do uso de linguagem, escrita ou falada, ativará o loop fonológico a fim de apoiar a formação da memória, aumentando a chance daquela informação se consolidar na memória de longo-prazo. De acordo com Goldberg (2006), *“as informações mais frequentemente visitadas normalmente ganham, enquanto as pouco visitadas ficam de lado, na lixeira das memórias que não conseguiram se consolidar.”*

Sobre a expansão cerebral, Goldberg (2006) afirma que:

Mudanças na formação de memória ocorrem nas sinapses, as pequenas áreas de contato entre neurônios adjacentes. As mudanças podem envolver o crescimento de novos dendritos, um aumento na quantidade de neurotransmissores (a substância responsável da comunicação entre neurônios), e um aumento no número de receptores, as moléculas nas quais os neurotransmissores se anexam. Qualquer uma dessas mudanças facilita a conectividade com um grupo de neurônios, de forma que ativando qualquer pequeno subconjunto deles engatilhará uma cascata de ativação ao longo de caminhos neurais em particular.

3.4 MEMÓRIA GENÉRICA E RECONHECIMENTO DE PADRÕES

Ainda em Goldberg (2006), muito foi falado a respeito da memória genérica. É o tipo de memória que não se dissipa, e que está completamente relacionada com o reconhecimento de padrões.

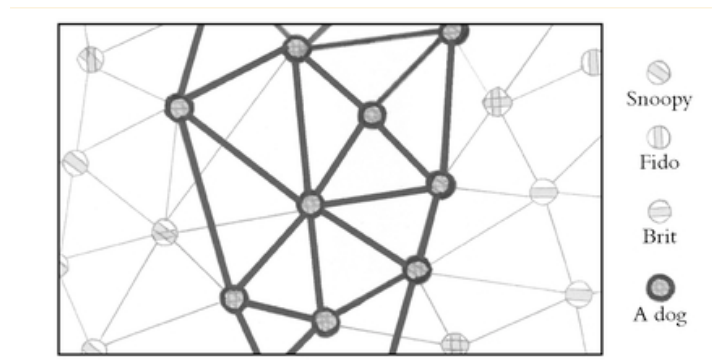
O reconhecimento de padrões é a habilidade de acessar e recuperar informações na memória de longo prazo através de um fenômeno chamado *overgeneralization*, que aqui pode ser entendido como um processo de generalização abstrata. Isto é, o ser humano tem a capacidade de transformar e agrupar situações concretas e similares em uma única representação abstrata – o que é extremamente útil em Matemática. De acordo com Goldberg (2006),

“Essa propensão de aprender rapidamente situações através de propriedades comuns e semelhantes, mas não iguais, é refletida em um dos atributos mais fundamentais do processo de aprendizagem bem conhecido pelos psicólogos: o fenômeno da generalização abstrata. (...) Quanto mais genérico um padrão é e quanto mais vasto o conjunto de experiências a ele é relacionado, mais robusta e invulnerável será aos efeitos de danos cerebrais. Isto significa

que a representação abstrata são geralmente mais capazes de se preservar com o declínio cerebral que representações concretas correspondentes a coisas únicas.”

Entendendo a matemática como uma ciência abstrata que se aplica no concreto, pode-se perceber a grande valia que existe em estudá-la abstratamente, uma vez que as representações abstratas são mais perenes que as concretas, conforme mostra a Figura 4.

Figura 4 - Sobreposição de rede: redes específicas – Snoopy, o labrador chocolate; Fido, o dobermann preto; Brit, o São Bernardo meigo. Rede genérica – um cão (a dog).



Fonte: Goldberg, 2006.

Assim, generalizar no ensino de matemática é um caminho para aprender por reconhecimento de padrões, pois uma propriedade interessante dos padrões é que eles contêm informações não só do que já foi conhecido, mas também do que será aprendido posteriormente. De acordo com Goldberg (2006):

A frequência de uso se transforma em um marcador atuarial substituto de importância, uma vez que informações pertinentes estão sujeitas a serem invocadas mais frequentemente como informações necessárias, que por definição são mais importantes. (...) Na expansão de padrões, com prática, experiência e uso repetitivo, as regiões cerebrais responsáveis por uma determinada habilidade motora, perceptual, e até cognitiva se expandem e tomam outras regiões do espaço cortical.

3.5 A QUESTÃO EMOCIONAL

Sobre a questão emocional, a obra provavelmente mais conhecida no núcleo dos professores estaduais é a “Pedagogia do amor” de Gabriel Chalita, ex-secretário da educação do estado de São Paulo (de 2003 a 2007). Sua obra colocou em pauta uma questão que não é necessariamente nova, mas ainda pouco estudada, possivelmente por se tratar de um assunto ainda entendido como subjetivo: a questão emocional.

De fato, os relatos de “trauma de matemática” podem ter origens científicas. Conforme dito no Capítulo 1, a amígdala é a estrutura cortical responsável pelas emoções. Seu lado esquerdo é responsável pelas emoções positivas e o direito pelas negativas. Além disso, estudos mostraram que a amígdala é uma estrutura bastante primitiva, que foi desenvolvida nos primórdios da evolução neurológica. Ela faz parte do sistema cerebral límbico, termo introduzido em meados do século XX, que envolve também o hipocampo, que como visto anteriormente, é responsável pela aquisição de novas memórias. Assim, a amígdala também está diretamente ligada à aprendizagem.

Em seu livro, *The Wisdom Paradox*, Goldberg (2006) exemplifica de forma bastante clara o que acontece quando se teme algo: não se lida com aquilo. Mecanismos de fuga são ativados quando o indivíduo se depara com algo do qual ele tem medo. Essa irracionalidade está diretamente ligada com a ação da amígdala, sendo na verdade um mecanismo de defesa. Goldberg (2006) relata que esteve em um safári na África, e enquanto visitava uma fazenda de crocodilo, lhe foi apresentado um filhote. Embora a criatura fosse completamente inofensiva, Goldberg não conseguiu levar sua mão ao filhote e acariciá-lo, pois sua amígdala acionou seu medo.

Ora, mas como surge esse medo? O medo vem da memória de algo que trouxe mal-estar ao indivíduo. Se o mal-estar foi de um nível muito elevado, a amígdala cria uma memória de que aquilo não lhe faz bem, e a partir desse momento, o indivíduo passa a evitar o assunto. Dessa forma, para evitar criar tais traumas nos alunos, antes de mais nada, é necessário conhecer a individualidade de cada aluno, e reconhecer como o passado do indivíduo interfere em seu aprendizado. Estar atento às reações dos alunos e à forma como se avalia uma turma heterogênea.

A afetividade na aprendizagem é um assunto que tem ganhado foco nas pesquisas científicas. Pode-se apontar obras que tratam especificamente da interferência emocional na aprendizagem matemática, como por exemplo os estudos de Chacón em seu livro “Matemática Emocional – Os Afetos na Aprendizagem Matemática”. Sua abordagem secciona o aspecto cognitivo-emocional em três principais descritores: crenças, atitudes e emoções. Segundo ela, “*os tipos de valorizações relacionadas com o ato emocional sucedem*

o acontecimento de alguma percepção ou discrepância cognitiva na qual as expectativas do sujeito são desrespeitadas.” (CHACÓN, 2003)

Apesar da palavra desrespeito trazer uma conotação negativa, entende-se no contexto como quebra de expectativa. Essa quebra é o acionamento da emoção, e essa emoção que pode gerar a valorização do dado acontecimento. Por exemplo: se um aluno entende a matemática apenas como a ciência do cálculo, posteriormente ele apresentará resistência para realizar tarefas que exijam pensar de forma mais abrangente (por exemplo, resolver problemas), podendo apresentar emoções tais como o medo, desânimo e vontade de abandoná-las.

É importante relevar neste momento como o trabalho de um professor é complexo, e como se está longe de um modelo ideal de sistema de ensino, tendo em vista a quantidade de habilidades que um professor deveria ter e que não são exigidas deles – e nem devem ser exigidas nas atuais circunstâncias. Há de se fazer uma grande reforma a respeito da estrutura escolar, uma vez que ao se trabalhar com as mais diferentes *psiques*, toda escola deveria dispor de um psicólogo para o acompanhamento dos casos mais sensíveis.

No próximo capítulo, será relatada a aplicação de atividades relacionadas ao diagnóstico dos componentes da memória de trabalho com alunos do ensino fundamental.

CAPÍTULO 4

APLICAÇÃO DE ATIVIDADES

Nesse capítulo, serão apresentadas as atividades, a metodologia da aplicação e um breve relato a cerca dos resultados obtidos, que não visam trazer conclusões a respeito da prática docente. Seu principal objetivo é trazer em pauta uma reflexão a cerca da memória como ferramenta cognitiva a favor da aprendizagem, além de observar o funcionamento dos mecanismos de memória estudados nos capítulos 1 e 2, principalmente.

4.1 APRESENTAÇÃO

Para colocar em prática as teorias estudadas a respeito da memória, foi elaborada uma série de três atividades principais que visam diagnosticar o desempenho, principalmente, da memória de trabalho e seus três componentes mais evidentes: o componente fonológico, o viso-espacial e o executivo-central.

A atividade foi dividida em três- partes, conforme descrição abaixo:

- diagnóstico de componente fonológico: são exibidas, por um período curto de tempo (cerca de 0,5 segundo), sequências numéricas de 2 até 7 dígitos. Os alunos devem prestar atenção à tela e escrever o que lembrarem no papel. É importante salientar que essa atividade pode ser feita de outras formas menos viáveis para o estudo por questão de logística, e portanto não abrange muito o componente buffer episódico. Para trabalhar com este componente, seria interessante aplicar atividades individualmente, o que não é o objetivo do estudo em sala de aula.
- diagnóstico de componente viso-espacial: novamente são exibidos, por um curto período de tempo, tabelas de células quadradas 4x4, onde em algumas células aparecem também uma circunferência. Os alunos devem preencher um

gabarito com a localização das circunferências. O número de circunferências varia de 1 a 5.

- diagnóstico de componente executivo-central: uma atividade simples com passo-a-passo de instruções, uma vez que o executivo-central é responsável por sequenciar ações a fim de resolver problemas. Essa atividade consiste em dar uma lista de números, 4 instruções que tratam de selecionar os números na lista e operá-los, a fim de chegar em um resultado final após as instruções. Trabalha também a memória de longo prazo e conhecimentos pré-adquiridos (tabuada, por exemplo).

Figura 5 - Atividade passo-a-passo.

Atividades sequenciais - múltiplos passos

Siga as instruções abaixo para cada item, e coloque o resultado final de cada item no quadro em frente.

Instruções:

1. Multiplique o terceiro número da primeira linha pelo sétimo número da terceira linha.
2. Some este resultado ao quinto número da segunda linha.
3. Adicione a este total dez vezes o quarto número da terceira linha.
4. Subtraia deste resultado o oitavo número da primeira linha.

A)

6	5	8	7	4	5	6	8	4
3	2	1	9	5	6	4	2	1
6	5	1	5	1	3	2	3	5

B)

7	5	4	9	9	5	4	4	1
2	5	1	4	8	9	6	6	8
5	7	5	7	5	7	6	8	2

C)

1	2	3	7	6	5	4	3	2
8	4	3	2	1	6	5	4	8
6	5	5	8	1	7	5	12	6

Fonte: <http://www.pbs.org/wgbh/misunderstoodminds/experiences/mathexp3a.html> (adaptado)

Figura 6 - Exemplo de *slide* de sequência numérica para a atividade de componente fonológico.

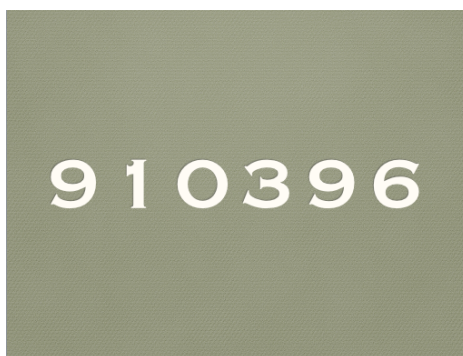
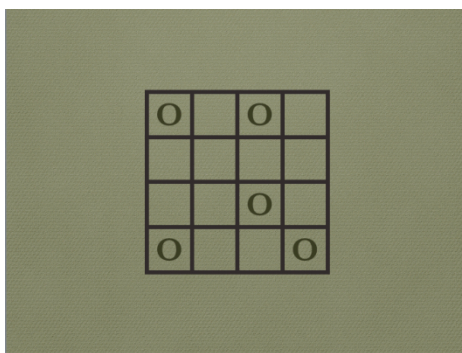


Figura 7 - Exemplo de *slide* de quadro com círculos para a atividade de componente visoespacial.



Fonte: própria autora

Após a escolha das atividades, era necessário escolher o público para o qual seriam aplicadas. Na realidade, as atividades são bastante abrangentes, podendo ser aplicadas para públicos de qualquer idade, desde que alfabetizados. No caso da atividade de passo a passo, nota-se que o grau de alfabetização influencia bastante, uma vez que as instruções são dadas por escrito.

A priori, a escolha da escola seria de acordo com a série. A ideia inicial era executar as atividades com alunos do fundamental I – 2º ano. Porém, a prefeitura de Sorocaba vetou qualquer pesquisa com os alunos da rede, sendo necessário um processo bastante burocrático para se conseguir uma autorização para a pesquisa. Por esse motivo, preferiu-se escolher alunos do ensino fundamental II da rede estadual, uma vez que a burocracia para se realizar a pesquisa na escola estadual seria menor: bastava a liberação da diretora e das professoras das salas, que demonstraram grande acolhimento com a pesquisa.

Foram escolhidas duas escolas estaduais de realidades bastante diferentes. A escola A recebe um público mais carente que a escola B, além de ter um índice de desenvolvimento do ensino básico (IDEB) mais baixo. Apenas 56 alunos da escola A participaram do estudo, pois

a evasão no fim do ano letivo é bastante alta. Nesta escola, a atividade foi aplicada tanto para alunos de Ensino Fundamental como para alguns alunos de Ensino Médio. Na escola B a participação foi maior, mas contou apenas com alunos da 7ª série. Foram 79 alunos no total, de 4 turmas diferentes.

4.2 METODOLOGIA

Participaram da pesquisa os alunos presentes na Escola A. Embora a intenção inicial fosse trabalhar apenas com alunos do ensino fundamental II, para não atrapalhar os trabalhos da Escola A, que contava com um número bastante reduzido de alunos, optou-se por aplicar a todos os alunos presentes no período em uma única sala. Apesar de não ser o que fora idealizado, as atividades são bastante abrangentes, possibilitando sua aplicação para alunos de qualquer idade – desde que alfabetizados. Já na Escola B, os alunos que participaram foram todos os presentes da 7ª série, uma vez que a professora desses alunos já estava a par da pesquisa, além de não ser possível realizar a pesquisa com alunos de outras séries por motivos de tempo hábil.

A aplicação das atividades em ambas as escolas se deu com o auxílio de um *data-show* e folhas de respostas já formatadas para as atividades. Grupos de 15 a 25 alunos foram dispostos em carteiras voltadas para a tela e a apresentação dos *slides* só começou quando todos afirmaram que a imagem estava nítida. Tomou-se muito cuidado para garantir que eles não copiassem respostas entre si.

Além das três atividades descritas, os alunos também fizeram uma 4ª atividade semelhante ao Sudoku®, o “Mathdoku”, que é uma atividade que também trabalha os componentes da memória de trabalho. Contudo, os resultados do Mathdoku não foram avaliados no estudo, pois a ideia era apenas deixar alguma atividade para que os alunos mais rápidos não ficassem ociosos, o que poderia prejudicar o andamento do restante da turma.

Uma coisa interessante que se percebeu na aplicação das atividades foi o entusiasmo de uma das turmas com o Mathdoku. Muitos ficaram claramente chateados de não terem tempo para terminar todos os tabuleiros propostos. A professora comentou que aquela turma é a apresentava melhor desempenho acadêmico em Matemática. Disso se pode concluir, ou ao menos suspeitar, que o gosto influencia bastante no bom desenvolvimento na disciplina.

Depois de aplicadas, as atividades foram corrigidas. Para isso, se utilizou o seguinte critério: as atividades de sequências numéricas poderiam atingir até 106 pontos, as de tabela

com circunferências até 59 pontos, e as de passo a passo valendo de 0 a 10. Depois, foi calculada uma nota final individual, em escala de 0 a 10, normatizando as duas primeiras notas para escala 0 a 10.

A atividade de passo-a-passo provavelmente foi a mais trabalhosa para corrigir. Isso porque alguns alunos cometeram erros pequenos, mas não registraram todas as contas e raciocínios, o que dificulta julgar se ele teve problemas no sequenciamento da atividade, ou se apresentou algum erro de conhecimentos pré-adquiridos, ou ainda se apenas não soube contar direito.

4.3 RESULTADOS

O primeiro resultado que se observou na análise da correção das atividades é que a escola A, com IDEB bem menor que o da escola B, apresentou uma média proporcionalmente menor à média da escola B.

Tabela 2 - Comparativo do IDEB entre as escolas A e B.

ESCOLA	IDEB 2007	IDEB 2009	IDEB 2011
A	4.0	4.5	4.2
B	5.0	5.6	5.2

Fonte: <http://ideb.inep.gov.br/>

Tabela 3 - Comparativo dos resultados das atividades entre as Escolas A e B

ATIVIDADES	passo a passo	sequência numérica	quadros com círculos
ESCOLA A	4,5	7,1	7,0
ESCOLA B	7,7	8,1	7,8

Fonte: Própria autora

Após fazer um comparativo por escola, que é bem geral, o próximo passo é fazer uma análise individual. Comparando os resultados das atividades com o desempenho do aluno em Matemática em seu dia a dia, utilizando para isso uma classificação feita pela professora de Matemática desses alunos, pode-se perceber que a grande maioria teve um desempenho semelhante com sua realidade em sala de aula. Embora isso não seja totalmente conclusivo, é

fortemente especulativo que exista uma relação profunda entre o desempenho da memória de trabalho com o desempenho do aluno em matemática.

Tabela 4 - Média dos alunos de acordo com a classificação do professor

Classificação	Passo-a-passo	Fonológico	Viso-espacial	Geral
BOM	7,9	8,0	7,9	7,9
SATISFATÓRIO	6,5	7,9	7,8	7,4
INSATISFATÓRIO	4,6	7,1	6,6	6,1

Fonte: própria autora

Não se pode negar que esses resultados comparativos são extremamente subjetivos. Afinal, não se podem classificar alunos como “bom”, “satisfatório” ou “insatisfatório” apenas através das observações das professoras. É importante salientar que a classificação feita pelas professoras foi baseada em alguns critérios, tais como resposta de compreensão, habilidades computacionais, poder de abstração, etc. Em geral, um aluno que foi classificado como “bom” se trata do aluno que compreende rapidamente novos conceitos e entende com facilidade as correções feitas pelas professoras, tendo um relacionamento próximo com o conteúdo e mostrando bom desempenho na questão da compreensão, além de conseguir se concentrar e manter a atenção na aula. De maneira informal, é aquele aluno a quem não se precisa repetir muitas vezes um conceito para que ele compreenda. O aluno “satisfatório” é aquele a quem se deve explicar muitas vezes e de formas diferentes o mesmo conceito, ou ainda que se precisa chamar a atenção com alguma frequência para que ele mantenha a atenção na aula e em suas tarefas. Já o “insatisfatório” é tido como aquele aluno que não consegue compreender novos conceitos, em geral não possui uma “base” boa dos conteúdos anteriores, não consegue manter a atenção mesmo quando advertido, etc.

É interessante fazer também um comparativo entre as atividades: qual atividade foi mais fácil? Qual foi mais difícil? Para essas questões, as respostas se encontram no desempenho médio dos alunos nas três atividades: para a atividade de passo a passo, obteve-se a menor média no desempenho dos alunos: 6,4. Um dos possíveis motivos para isso, de acordo com a opinião das professoras dos alunos, é a deficiência na alfabetização. Dessa forma, muitos alunos encontram dificuldades em conseguir entender simples instruções, apenas pelo fato de estarem escritas. Mas mesmo instruções orais não são bem compreendidas de imediato. É necessário repetir algumas vezes as mesmas instruções para que o aluno compreenda o que deve ser feito. Além dessa observação, as professoras apontam que, em

alguns casos, o problema não é a leitura, e sim a falta de colaboração dos alunos: muitos estão na escola por obrigação, ou por motivos que extrapolam os educacionais – até mesmo a questão da fome é mais importante para alguns alunos que o aprendizado. Muitos estão na escola preocupados com o que será servido na merenda, não se importando com os conteúdos ministrados em aula.

A atividade que os alunos apresentaram melhor desempenho foi a de sequências numéricas, obtendo uma média de 7,6. A atividade viso-espacial não ficou muito atrás, com média de 7,45. Ainda assim, não parece uma média tão boa, visto que estas duas atividades são de baixa complexidade, podendo ser aplicadas para crianças de ensino fundamental I.

CAPÍTULO 5

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para começar a pensar nas considerações finais de uma pesquisa, há de se retomar as principais questões de investigação propostas ao se conceber a pesquisa. Neste caso, a principal questão era: qual a influência e abrangência da memória na aprendizagem matemática?

Ao longo do estudo teórico a respeito das teorias neurológicas, psicológicas e pedagógicas relacionadas ao conhecimento e uso da memória, notou-se como a ideia de memória é muito mais ampla que a ideia de decorar. Por um lado, mostra-se útil o ato de decorar para a consolidação de memórias de longo prazo, desde que a informação a ser decorada seja o mais genérica possível, a fim de se criar um modelo padronizado que poderá ser utilizado em muitos problemas posteriores. Decorar informações muito detalhadas e não muito gerais pode ser uma atividade completamente inútil, uma vez que a consolidação da memória se dá ao acessar informações para se resolver problemas.

Além disso, destacou-se também a importância da memória de trabalho para a aprendizagem matemática, em especial o componente fonológico, que é fundamental também na memorização de novas informações. Em um cenário cotidiano, pode-se ilustrar essa importância da seguinte forma: um telefone que lhe pode ser útil em um outdoor em seu caminho para casa. Nesse exemplo, a reação normal de uma pessoa seria anotar o número, ou tirar uma foto, ou de alguma forma concreta, registrar a informação em algum dispositivo material. Contudo, se não se dispõe de lápis, caneta ou qualquer dispositivo que registre aquela informação, o último caso é registrar na memória. E como se faz isso? Repetindo muitas e muitas vezes o número, seja em voz alta, seja em voz baixa. Essa vocalização é efeito direto do componente fonológico da memória de trabalho. Muitas vezes presenciamos pessoas raciocinando em voz alta, ou mesmo sussurrando fatos repetitivamente a fim de decorar algo. Essa manifestação do componente fonológico mostra o quanto ele é importante – e natural – para o aprendizado.

Mas apenas repetir algo não é garantia que aquela memória será armazenada. De fato, apenas as memórias que são frequentemente usadas são efetivamente armazenadas. O que não é algo ruim, na verdade, uma vez que o espaço cerebral é limitado. Apesar de ser expansível, o cérebro não é infinito, e eliminar memórias não acessadas é uma forma de manter espaço para o que for realmente útil. Em relação à eliminação de informações pouco acessadas, ela ocorre por um dispositivo cerebral chamado “poda”, que foi discutido no subcapítulo 1.3. O objetivo é eliminar o que não precisa, o que não é usado. Partindo desse princípio, conclui-se que a própria matemática, ou qualquer conteúdo de outras matérias, se não utilizado, poderá ser eliminado, esquecido. Ou seja: o principal objetivo do aluno não é apenas aprender novas informações: é preciso utilizá-las, a fim de que não se esqueça. Este é, provavelmente, o que responde às questões motivadoras deste trabalho. Surge então outra questão que pode ser motivadora de futuros trabalhos: quanto e como a escola precisa exigir a utilização dos conteúdos por parte dos seus alunos?

Nesse sentido, pensando na matemática como matéria que se constrói sobre conceitos anteriores, a escola precisa se preocupar com a questão do uso contínuo para a memorização dos conceitos genéricos. Afinal, os mais básicos serão utilizados posteriormente na própria matemática, e se houver esquecimento de um conteúdo para o ano seguinte, a aprendizagem do conceito novo será prejudicada. Pensando em um trabalho futuro na área de matemática, pode-se destacar a seguinte questão de investigação: quais são os conteúdos genéricos que contribuem para a formação de padrões matemáticos? Quais são os mais sólidos – isto é, os mais necessários – para a trajetória da aprendizagem ao longo do ensino básico?

Essa necessidade de incentivar a memorização de conceitos genéricos é justificada pelos resultados obtidos nos testes. Os alunos que mostraram uma memória de trabalho melhor foram exatamente os alunos que também apresentaram um bom desempenho em lembrar informações genéricas, tais como tabuada, somas simples de algarismos, etc.

Dessa forma, é importante salientar que a memorização pode fazer toda a diferença no aprendizado dos alunos, desde que se foque apenas na memorização de conceitos genéricos, pois estes serão acessados com mais frequência e, dessa forma, o ato de memorizar será proveitoso por mais tempo. E o objetivo da memorização não é tão somente saber um determinado conteúdo. O ato de memorizar desenvolve o componente fonológico da memória de trabalho, que auxilia no raciocínio. Então, mesmo a resolução de problemas pode ser melhorada desenvolvendo-se a memória de trabalho, o que pode ser feito com o auxílio da memorização.

Sobre a aplicação das atividades com os alunos, cujo objetivo principal era colocar em prática os conceitos estudados durante a pesquisa, alguns pontos merecem discussão: como a prática das professoras se relaciona, no dia-a-dia, com a aprendizagem dos alunos? Tanto as professoras da escola A, como as professoras da escola B, trabalham com o material proposto pelo estado com seus alunos. A professora da escola A mencionou que, eventualmente, prefere trabalhar com livros didáticos. Contudo, há uma exigência para que o material da Secretaria do Estado de São Paulo seja utilizado, visando o desempenho dos alunos no Sistema de Avaliação do Rendimento Escolar de São Paulo (SARESP), que é um dos instrumentos de cálculo do IDEB da escola. Contudo, a proposta pedagógica do estado não enfatiza as habilidades de memória em seu material: há poucos exercícios de memorização, e há também um descuido em relação ao resgate das memórias já adquiridas. De acordo com as professoras, elas precisam retomar os assuntos constantemente.

APÊNDICE A

EXEMPLOS DE ATIVIDADES RESOLVIDAS PELOS ALUNOS

Exemplos de atividades de alunos cujo desempenho é considerado BOM:

Aluna de 5ª série da escola A

Nome: _____ 5ª A

Coloque nos quadros abaixo as respostas das figuras que serão mostradas na tela.

Coloque nos retângulos abaixo as sequências numéricas que aparecerão na tela.

Nome: _____ 5ª A

Atividades sequenciais - múltiplos passos

Siga as instruções abaixo para cada item, e coloque o resultado final de cada item no quadro em frente.

Instruções:

1. Multiplique o terceiro número da primeira linha pelo sétimo número da terceira linha.
2. Some este resultado ao quinto número da segunda linha.
3. Adicione a este total dez vezes o quarto número da terceira linha.
4. Subtraia deste resultado o oitavo número da primeira linha.

A)

6	5	8	7	4	5	6	8	4
3	2	1	9	5	6	4	2	1
6	5	1	5	1	3	2	3	5

68 ✓

B)

7	5	4	9	9	5	4	4	1
2	5	1	4	8	9	6	6	8
5	7	5	7	5	7	6	8	2

602 ✗

C)

1	2	3	7	6	5	4	3	2
8	4	3	2	1	6	5	4	8
6	5	5	8	1	7	5	12	6

93 ✓

Aluna de 7ª série da escola A

Nome: [redacted] 7A

Coloque nos retângulos abaixo as seqüências numéricas que aparecerão na tela.

7 3 9 1 2 7 1 3 0
 2 3 2 3 8 3 1 7 5
 2 4 1 9 7 1 0 8
 0 1 1 9 1 7 1 4
 0 2 5 1 0 1 7 9 2 0
 1 3 9 1 0 4 0 3 2 7
 2 1 3 4 1 0 7 2 3 3 9 7
 9 1 0 6 3 0 2 1 0 1 1 0
 1 2 5 5 7 6 7
 9 1 9 2 7 3 0
 3 7 0 9 5 0 7
 4 1 2 5 6 2 1

Coloque nos quadros abaixo a resposta das figuras que serão mostradas na tela.

Grids for visual discrimination tasks:

- Grid 1: 3x3 grid with a dot in the top-right cell.
- Grid 2: 3x3 grid with a dot in the top-right cell.
- Grid 3: 3x3 grid with a dot in the top-right cell.
- Grid 4: 3x3 grid with a dot in the top-right cell.
- Grid 5: 3x3 grid with a dot in the top-right cell.
- Grid 6: 3x3 grid with a dot in the top-right cell.
- Grid 7: 3x3 grid with a dot in the top-right cell.
- Grid 8: 3x3 grid with a dot in the top-right cell.
- Grid 9: 3x3 grid with a dot in the top-right cell.
- Grid 10: 3x3 grid with a dot in the top-right cell.
- Grid 11: 3x3 grid with a dot in the top-right cell.
- Grid 12: 3x3 grid with a dot in the top-right cell.
- Grid 13: 3x3 grid with a dot in the top-right cell.
- Grid 14: 3x3 grid with a dot in the top-right cell.
- Grid 15: 3x3 grid with a dot in the top-right cell.
- Grid 16: 3x3 grid with a dot in the top-right cell.

Nome: [redacted] 7A

Atividades sequenciais - múltiplos passos

Siga as instruções abaixo para cada item, e coloque o resultado final de cada item no quadro em frente.

- Instruções:
1. Multiplique o terceiro número da primeira linha pelo sétimo número da terceira linha.
 2. Some este resultado ao quinto número da segunda linha.
 3. Adicione a este total dez vezes o quarto número da terceira linha.
 4. Subtraia deste resultado o oitavo número da primeira linha.

A) 6 5 8 7 4 5 6 8 4
 3 2 1 9 5 6 4 2 1
 6 5 1 5 1 3 2 3 5

B) 7 5 4 9 9 5 4 4 1
 2 5 1 4 8 9 6 6 8
 5 7 5 7 5 7 6 8 2

C) 1 2 3 7 6 5 4 3 2
 8 4 3 2 1 6 5 4 8
 6 5 5 8 1 7 5 12 6

63 ✓

98 ✓

93 ✓

Aluna de 1ª série EM da escola A

Nome: _____ x p 2

Coloque nos quadros abaixo a resposta das figuras que serão mostradas na tela.

Coloque nos quadros abaixo as sequências numéricas que aparecerão na tela.

Nome: _____ * 1º D

Atividades sequenciais - múltiplos passos

Siga as instruções abaixo para cada item, e coloque o resultado final de cada item no quadro em frente.

Instruções:

1. Multiplique o terceiro número da primeira linha pelo sétimo número da terceira linha. *85*
2. Some este resultado ao quinto número da segunda linha. *16*
3. Adicione a este total dez vezes o quarto número da terceira linha. *346*
4. Subtraia deste resultado o oitavo número da primeira linha. *93*

A)

6	5	8	7	4	5	6	8	4
3	2	1	9	5	6	4	2	1
6	5	1	5	1	3	2	3	5

63 C

B)

7	5	4	9	9	5	4	4	1
2	5	1	4	8	9	6	6	8
5	7	5	7	5	7	6	8	2

98 C

C)

1	2	3	7	6	5	4	3	2
8	4	3	2	1	6	5	4	8
6	5	5	8	1	7	5	12	6

93 C

Aluno de 7ª série da escola B

Nome: _____

7ª A

Coloque nos quadros abaixo a resposta das figuras que serão mostradas na tela.

Coloque nos retângulos abaixo as seqüências numéricas que aparecerão na tela.

Handwritten sequences in boxes with red checkmarks and crosses:

- Row 1: [2, 3], [3, 2], [2, 7], [3, 3, 0]
- Row 2: [2, 3, 2], [3, 4, 5], [3, 7, 5]
- Row 3: [2, 4, 4, 4], [3, 5, 0, 4]
- Row 4: [5, 6, 7, 9], [3, 7, 3, 4]
- Row 5: [6, 2, 5, 3, 0], [3, 6, 7, 8, 2]
- Row 6: [1, 3, 9, 2, 2], [4, 0, 3, 4, 2]
- Row 7: [2, 3, 4, -], [3, 2, 5, 8, 9]
- Row 8: [0, 3, 0, 3, -], [2, 3, 0, 3, 0]
- Row 9: [1, 2, 5, 3, -], [3]
- Row 10: [9, 3, 9, 2, 7, 3, 0]
- Row 11: [3, 7, 1, -], []
- Row 12: [4, 3, 2, 5, -], []

Grids for answers with handwritten marks:

- Grid 1: [0, 0], [0, 0], [0, 0], [0, 0]
- Grid 2: [0, 0], [0, 0], [0, 0], [0, 0]
- Grid 3: [0, 0], [0, 0], [0, 0], [0, 0]
- Grid 4: [0, 0], [0, 0], [0, 0], [0, 0]
- Grid 5: [0, 0], [0, 0], [0, 0], [0, 0]
- Grid 6: [0, 0], [0, 0], [0, 0], [0, 0]
- Grid 7: [0, 0], [0, 0], [0, 0], [0, 0]
- Grid 8: [0, 0], [0, 0], [0, 0], [0, 0]
- Grid 9: [0, 0], [0, 0], [0, 0], [0, 0]
- Grid 10: [0, 0], [0, 0], [0, 0], [0, 0]
- Grid 11: [0, 0], [0, 0], [0, 0], [0, 0]
- Grid 12: [0, 0], [0, 0], [0, 0], [0, 0]
- Grid 13: [0, 0], [0, 0], [0, 0], [0, 0]
- Grid 14: [0, 0], [0, 0], [0, 0], [0, 0]
- Grid 15: [0, 0], [0, 0], [0, 0], [0, 0]
- Grid 16: [0, 0], [0, 0], [0, 0], [0, 0]
- Grid 17: [0, 0], [0, 0], [0, 0], [0, 0]
- Grid 18: [0, 0], [0, 0], [0, 0], [0, 0]
- Grid 19: [0, 0], [0, 0], [0, 0], [0, 0]
- Grid 20: [0, 0], [0, 0], [0, 0], [0, 0]

Nome: _____

série: 7ª A

Atividades sequenciais - múltiplos passos

Siga as instruções abaixo para cada item, e coloque o resultado final de cada item no quadro em frente.

Instruções:

1. Multiplique o terceiro número da primeira linha pelo sétimo número da terceira linha.
2. Some este resultado ao quinto número da segunda linha.
3. Adicione a este total dez vezes o quarto número da terceira linha.
4. Subtraia deste resultado o oitavo número da primeira linha.

A)

8	5	8	7	4	5	6	2	4
3	2	1	7	5	6	2	3	1
6	5	1	7	1	3	2	3	5

63

B)

7	5	4	9	9	5	4	4	1
2	5	1	9	9	5	4	0	0
5	7	5	9	9	7	0	0	2

98

C)

1	2	3	7	6	5	4	4	2
6	4	3	7	6	7	5	4	8
6	5	3	7	1	7	5	12	6

93

Exemplos de atividades de alunos cujo desempenho é considerado SATISFATÓRIO:

Aluna de 6ª série da escola A

Nome: _____

Coloque nos retângulos abaixo as sequências numéricas que aparecerão na tela.

Coloque nos quadros abaixo e responda das figuras que serão mostradas na tela.

Nome: _____ X6=B

Atividades sequenciais - múltiplos passos

Siga as instruções abaixo para cada item, e coloque o resultado final de cada item no quadro em frente.

Instruções:

1. Multiplique o terceiro número da primeira linha pelo sétimo número da terceira linha.
2. Some este resultado ao quinto número da segunda linha.
3. Adicione a este total dez vezes o quarto número da terceira linha.
4. Subtraia deste resultado o oitavo número da primeira linha.

A)

6	5	8	7	4	5	6	8	4
3	2	1	9	5	6	4	2	1
6	5	1	5	1	3	2	3	5

X

B)

7	5	4	9	9	5	4	4	1
2	5	1	4	8	9	6	6	8
5	7	5	7	5	7	6	8	2

X

C)

1	2	3	7	6	5	4	3	2
8	4	3	2	1	6	5	4	8
6	5	5	8	1	7	5	12	6

X

Aluno de 7ª série da escola B

Nome: [redacted] série: 7.C

Coloque nos quadros abaixo a resposta das figuras que serão mostradas na tela.

Coloque nos retângulos abaixo as sequências numéricas que aparecerão na tela.

Nome: [redacted] série: 7.C

Atividades sequenciais - múltiplos passos

Siga as instruções abaixo para cada item, e coloque o resultado final de cada item no quadro em frente.

Instruções:

1. Multiplique o terceiro número da primeira linha pelo sétimo número da terceira linha.
2. Some este resultado ao quinto número da segunda linha.
3. Adicione a este total dez vezes o quarto número da terceira linha.
4. Subtraia deste resultado o oitavo número da primeira linha.

A)

6	5	8	7	4	5	6	8	4
3	2	1	9	5	6	4	2	1
6	5	1	5	1	3	2	3	5

63 ✓

B)

7	5	4	9	9	5	4	4	1
2	5	1	4	8	9	6	6	8
5	7	5	7	5	7	6	8	2

96 ✗

C)

1	2	3	7	6	5	4	3	2
8	4	3	2	1	6	5	4	8
6	5	5	8	1	7	5	12	6

93 ✓

Exemplos de atividades de alunos cujo desempenho é considerado INSATISFATÓRIO:

Aluna de 6ª série da escola A

Nome: [redacted] 6^a = C

Coloque nos quadros abaixo as seqüências numéricas que aparecerem na tela.

Coloque nos quadros abaixo a resposta das figuras que serão mostradas na tela.

Nome: [redacted] 6^a = C

Atividades sequenciais - múltiplos passos

Siga as instruções abaixo para cada item, e coloque o resultado final de cada item no quadro em frente.

Instruções:

1. Multiplique o terceiro número da primeira linha pelo sétimo número da terceira linha.
2. Some este resultado ao quinto número da segunda linha.
3. Adicione a este total dez vezes o quarto número da terceira linha.
4. Subtraia deste resultado o oitavo número da primeira linha.

A)

6	5	8	7	4	5	6	8	4
3	2	1	9	5	6	4	2	1
6	5	1	5	1	3	2	3	5

18 X

B)

7	5	4	9	9	5	4	4	1
2	5	1	4	8	9	6	6	8
5	7	5	7	5	7	6	8	2

20 X

C)

1	2	3	7	6	5	4	3	2
8	4	3	2	1	6	5	4	8
6	5	5	8	1	7	5	12	6

14 X

APÊNDICE B

RESULTADOS INDIVIDUAIS

ESCOLA A

Aluno	class	ec	fono	viso	total
AFC	B	5	71	47	6,55
AJT	B	8	81	33	7,08
GRB	B	8	77	45	7,63
GMPL	S	1	92	55	6,33
GM	B	8	50	46	6,84
HSO	I	1	65	34	4,30
JROS	S	1	89	43	5,56
MVM	I	1	65	44	4,86
MPCS	B	8	81	56	8,38
RMS	S	2	73	27	4,49
YAN	S	2	77	49	5,86
EEC	S	1	33	34	3,29
MRS	B	2	48	43	4,61
LHS	S	8	72	31	6,68
NGLN	B	2	74	49	5,76
VAC	S	1	59	38	4,34
ACC	S	5	72	38	6,08
D	I	2	57	28	4,04
DVC	I	1	75	47	5,35
GC	S	5	74	55	7,10
GSG	S	5	74	18	5,01
GSC	B	5	84	56	7,47
GR	B	9	86	55	8,81
LGG	B	8	76	39	7,26
PON	B	8	75	43	7,45
VHS	I	1	68	43	4,90
EJLG	I	5	74	52	6,93
ER	I	2	60	45	5,10
FGRS	S	5	85	39	6,54
JPRB	I	1	85	24	4,36
JSRF	I	2	87	45	5,94
RJAS	I	2	64	22	3,92
SR	I	1	65	39	4,58
ACG	B	10	85	59	9,34
AC	B	4	71	54	6,62
GC	B	10	88	39	8,30
LSC	S	8	98	52	8,69
MCBA	S	4	95	53	7,32
V	B	6	98	48	7,79
AOL	I	1	1	1	0,42
DTS	I	2	79	0	3,15
MCSM	S	9	97	46	8,65
LGMO	B	10	102	34	8,46
BS	S	0	50	48	4,28
DFR	I	3	86	51	6,59
IR	B	0	93	52	5,86
KNPC	S	10	86	56	9,20
LG	I	10	87	49	8,84
N	S	10	95	47	8,98
PC	S	10	104	47	9,26
VM	I	1	97	52	6,32
ISI	I	0	90	40	5,09
IGA	B	10	101	54	9,56
JA	I	10	56	48	7,81
AK	I	0	2	0	0,06
JF	I	0	78	33	4,32

LEGENDA

class: classificação do professor
 ec: executivo central (passo-a-passo)
 fono: fonológico (seqüências numéricas)
 viso: viso-espacial (quadro com círculos)

Para preservar a identidade dos alunos, foram retirados seus nomes, mantendo apenas suas iniciais.

ESCOLA B

Aluno	class	ec	fono	viso	total
AS	S	10	60	47	7,88
ALS	B	10	88	44	8,59
BA	I	10	75	38	7,84
CC	B	10	95	37	8,41
CK	B	10	83	40	8,20
F	B	10	89	52	9,07
GC	B	1	99	48	6,16
GMSB	B	10	97	35	8,36
GBRS	S	3	100	53	7,14
GSA	S	8	92	49	8,33
ISAL	I	10	68	34	7,39
JVC	S	10	70	40	7,79
JVSS	B	10	89	52	9,07
JVVS	S	1	98	52	6,35
LVB	S	10	83	55	9,05
LSM	B	10	93	53	9,25
LVBS	S	9	75	42	7,73
MGXM	S	8	74	47	7,65
MLS	B	10	79	47	8,47
NLS	B	10	78	57	9,01
PSR	I	6	84	51	7,52
RK	B	10	88	43	8,53
SCBL	I	9	84	50	8,47
VHS	I	6	93	41	7,24
BS 1	I	8	94	39	7,83
BS 2	S	9	91	42	8,23
GCPM	B	6	80	32	6,32
GC	S	9	94	55	9,06
GKM	B	10	80	54	8,90
JS	S	7	91	52	8,13
LA	I	5	73	58	7,24
LCV	S	5	99	58	8,06
MA	I	5	55	42	5,77
NRL	B	6	100	45	7,69
N	B	2	96	43	6,11
TA	B	5	92	50	7,38
V	I	1	71	23	3,87
WVCF	S	10	79	51	8,70
AFAM	I	10	70	27	7,06
ALA	S	5	83	37	6,37
ALMH	I	9	78	43	7,88
AM	B	10	80	38	8,00
BD	I	5	97	44	7,20
CSN	S	2	83	43	5,71
GHHB	I	7	104	45	8,15
HSB	I	5	72	33	5,80
IHC	B	9	87	37	7,83
JCAD	I	1	80	57	6,07
JGS	S	8	87	43	7,83
LRFC	S	9	92	50	8,72
MAC	S	8	85	50	8,16
MOB	I	8	92	32	7,37
MHS	I	4	90	43	6,59
MV	I	7	86	46	7,64
MRCS	B	10	82	54	8,96
VA	B	8	89	43	7,89
VJM	I	10	80	39	8,05
ASSO	S	10	97	38	8,53
AR	S	10	96	55	9,46
BS	I	9	82	50	8,40
GM	B	10	100	59	9,81
GCO	B	10	90	50	8,99
GBS	I	4	81	40	6,14
ICDO	B	10	85	39	8,21
ISS	B	10	94	49	9,06
JHAC	B	10	101	50	9,33
JV	B	10	87	56	9,23
KMSP	B	3	68	45	5,68
LPM	B	10	94	57	9,51
MEF	S	10	96	51	9,23
RAS	I	6	82	41	6,90
RRP	S	8	81	47	7,87
SM	S	9	93	52	8,86
TCSS	I	7	90	50	7,99
TNLR	I	5	81	47	6,87
TSP	B	9	79	46	8,08
TVO	S	6	76	58	7,67
VGLR	B	6	81	44	7,03
YR	B	9	82	49	8,35

APÊNDICE C

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Declaro, por meio deste termo, que concordei em participar da pesquisa intitulada "A Memória na Aprendizagem Matemática", desenvolvida por Juliana Schlatter de Lima Ferraz.

Fui informado (a) que:

1. a pesquisa é orientada pela Prof^a Dr^a Magda da Silva Peixoto, a quem poderei entrar em contato a qualquer momento que julgar necessário por meio do e-mail magda@ufscar.br;
2. O uso das informações por mim fornecidas está submetido às normas éticas destinadas à pesquisa envolvendo seres humanos;
3. A minha colaboração se fará de forma anônima, por meio das respostas dadas nos instrumentos de pesquisa elaborados pela pesquisadora, a serem respondidos partir da assinatura desta instituição;
4. O acesso e a análise dos dados coletados se farão apenas pela pesquisadora e pela sua orientadora;
5. Posso me retirar dessa pesquisa a qualquer momento, sem qualquer prejuízo, sem sofrer quaisquer sanções ou constrangimentos.

Por fim, fui esclarecido (a) sobre os objetivos estritamente acadêmicos do estudo, que, em linhas gerais é identificar e importância da memória na aprendizagem matemática.

Afirmo que aceitei participar por minha própria vontade, sem receber qualquer incentivo financeiro ou ter qualquer ônus e com a finalidade exclusiva de colaborar para o sucesso da pesquisa.

Atesto o recebimento de uma cópia assinada deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, conforme recomendações da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP).

Local e data: _____

Assinatura do(a) participante: _____

Assinatura da pesquisadora: _____

Assinatura do(a) testemunha: _____

APÊNDICE D

Termo de Consentimento

Eu, _____, portador do RG nº _____, responsável pela instituição _____ aceito fazer parte, como instituição voluntária, do desenvolvimento da pesquisa intitulada "A Memória na Aprendizagem Matemática". Esta pesquisa é parte integrante do mestrado de Juliana Schlatter de Lima Ferraz, orientada pela Profª Drª Magda da Silva Peixoto, no Programa De Pós-Graduação em Ensino de Ciências Exatas.

Assinando este termo de consentimento, estou ciente de que, pelo menos, duas turmas de alunos nesta instituição responderão, dentro do horário da aula de Matemática, a uma lista de atividades. Tenho clareza que tanto a instituição, bem como dos professores e estudantes envolvidos nesta pesquisa serão mantidos no anonimato. Também sei que os resultados obtidos no âmbito desta instituição serão utilizados unicamente par afins de divulgação científica, preservando o anonimato já assinalado acima.

Assinatura: _____

Local e data: _____

APÊNDICE E



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CAMPUS DE SOROCABA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA, QUÍMICA E MATEMÁTICA

Rodovia João Leme dos Santos, Km 110 - SP-264
Bairro do Itinga - Sorocaba - São Paulo - Brasil
CEP 18052-780
Telefone: (15) 3229-5963

CARTA DE APRESENTAÇÃO

Esta carta tem o objetivo de apresentar JULIANA SCHLATTER DE LIMA FERRAZ, aluna regular do Mestrado Programa de Pós-Graduação em Ensino De Ciências Exatas, da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar - *campus* Sorocaba) em fase de coleta de dados de sua pesquisa. Para que tal fase possa acontecer a contento, Juliana precisará aplicar atividades, fazendo-se necessário que a mesma tenha acesso a duas escolas públicas.

Esta carta solicita à direção desta instituição de ensino a permissão para que Juliana possa ter acesso a um de seus professores de Matemática e as suas respectivas classes.

A de atividades será respondida dentro do período de aula e com a presença do professor da disciplina.

Como orientadora de dissertação de Juliana gostaria de enfatizar a excelente aluna que ela tem se mostrado e de declarar a minha certeza de que trata-se de um estudo cujos resultados podem trazer avanços na direção da melhoria da qualidade do ensino de funções.

Sorocaba, 10 de outubro de 2013.

Profª Drª Magda da Silva Peixoto
DFQM - UFSCar/ Sorocaba

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSSON, U.; LYXELL, B. Working memory deficit in children with mathematical difficulties: A general or specific deficit? **Journal of Experimental Child Psychology**, San Diego, v. 96, n. 3, p. 197 - 228, Mar. 2007.

BADDELEY, A. D.; HITCH, G. J. Working memory. In: BOWER, G. H. (Org.). **The psychology of learning and motivation**. London: Academic Press, 1974.

BADDELEY, A. **The episodic buffer: a new component of working memory?** Bristol: Elsevier Science Ltd, 2000. Disponível em: <<http://www.cell.com/trends/cognitive-sciences/retrieve/pii/S1364661300015382?cc=y>>. Acesso em: 19 de dezembro de 2013.

BELL, N.; TULEY, K. **Imagery: The Sensory-Cognitive Connection for Math**. Washington, 2008. Disponível em: <<http://www.ldonline.org/article/5647?theme=print>> . Acesso em: 19 de dezembro de 2013.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais : introdução aos parâmetros curriculares nacionais**. Brasília : MEC/SEF, 1997. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro01.pdf>>. Acesso em: 19 de dezembro de 2013.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais : matemática**. Brasília : MEC/SEF, 1997. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro03.pdf>>. Acesso em: 19 de dezembro de 2013.

BRUSCO, I.; GOLOMBEK, D.; STREJILEVICH, S. A Memória – entrevista com Ivan Izquierdo. **Revista Argentina de Neurociências**, 1998. Disponível em: <<http://www.cerebromente.org.br/n04/opiniaio/izquierdo.htm>>. Acesso em: 19 de dezembro de 2013.

BUENO, O. A.; OLIVEIRA, M. G. Memória e amnésia. In: ANDRADE, V. M.; SANTOS, F. H.; BUENO, O. F. (Org.). **Neuropsicologia hoje**. São Paulo: Artes Médicas, 2004. p. 135 - 163.

CANÁRIO, N.; NUNES, M. V. S. **Buffer Episódico 10 Anos Depois**: Revisão de um Conceito. Lisboa: 2011.

CHACÓN, I. M. G. **Matemática Emocional**: os afetos na aprendizagem. Matemática. Tradução de Dayse Vaz Moraes. Porto Alegre: Artmed, 2003.

CHALITA, G. **Pedagogia do amor**: a contribuição das histórias universais para a formação de valores das novas gerações. São Paulo: Editora Gente, 2003.

CORSO, L. V.; DORNELES, B. V. **Qual o Papel que a Memória de Trabalho Exerce na Aprendizagem da Matemática?** Rio Claro: Bolema, 2012.

GARDNER, H. **Estruturas da Mente**: a teoria das inteligências múltiplas. Porto Alegre: Artes médicas sul, 1994.

GARNETT, K. **Math Learning Disabilities**. Washington: 1998. Disponível em: http://www.ldonline.org/article/Math_Learning_Disabilities?theme=print. Acesso em 19 de dezembro de 2013

GEARY, D.C. Mathematics and learning disabilities. **Journal of Learning Disabilities**, Chicago, v. 37, n. 1, p. 4-15, Jan./Feb. 2004.

GEARY, D.C.; HAMSON, C.O.; HOARD, M.K. Numerical and arithmetical cognition: a longitudinal study of process and concept deficits in children with learning disabilities. **Journal of Experimental Child Psychology**, San Diego, v. 77, n. 3, p. 236- 263, Nov. 2000.

GERSTEN, R; CHARD, D. J. **Number Sense**: Rethinking Arithmetic Instruction for Students with Mathematical Disabilities. Washington, 2001. Disponível em: http://www.ldonline.org/article/Number_Sense%3A_Rethinking_Arithmetic_Instruction_for

_Students_with__Mathematical_Disabilities?theme=print>. Acesso em: 19 de dezembro de 2013.

GINDRI, G. **Memória de Trabalho, Consciência Fonológica e Hipótese de Escrita**. Santa Maria, 2006.

GOLDBERG, E. **The wisdom paradox: how your mind can grow stronger as your brain grows older**. New York: Gotham Books, 2006.

IZQUIERDO, I.; et al. Involvement of hippocampal D1/D5-receptor/cAMP signalling pathways in a late memory consolidation phase of an aversively-motivated task in rats. Bethesda: **Proceedings of the National Academy of Sciences**, USA. v. 94 , p. 7041 – 7046. 1997. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC21281/>> . Acesso em: 19 de dezembro de 2013.

KULAK, A. Parallels between math and reading disability: common issues and approaches. **Journal of Learning Disabilities**, Chicago, v. 26, n. 10, p. 666 - 673, Dec. 1993.

MACCINI, P.; GAGNON, J. **Mathematics Strategy Instruction (SI) for Middle School Students with Learning Disabilities**. Washington, 2006. Disponível em: <<http://www.ldonline.org/article/14919/?theme=print>> . Acesso em: 19 de dezembro de 2013.

McKENZIE, B.; BULL, R.; GRAY, C. The effects of phonological and visual-spatial interference on children's arithmetical performance. **Educational and Child Psychology**, Leicester, v. 20, n. 3, p. 93 - 108, 2003.

McLEAN, J. F.; HITCH, G. J. **Working Memory Impairments in Children with Specific Arithmetic Learning Difficulties**. Lancaster, 1999.

PASSOLUNGHI, M. C.; SIEGEL, L. S. Working memory and access to numerical information in children with disability in mathematics. **Journal of Experimental Child Psychology**, San Diego, v. 88, n. 4, p. 348 - 367, Aug. 2004.

PASSOLUNGI, M. C.; VERCELLONI, B.; SCHADEE, H. The precursors of mathematics learning: working memory, phonological ability and numerical competence. **Cognitive Development**, Chicago, v. 22, n. 2, p. 165 - 189, June. 2007.

SÃO PAULO. Secretaria Estadual de Educação. **Proposta Curricular do Estado de São Paulo: Matemática.** São Paulo : SEE, 2008. Disponível em: <http://www.rededosaber.sp.gov.br/portais/Portals/18/arquivos/Prop_MAT_COMP_red_md_20_03.pdf>. Acesso em: 19 de dezembro de 2013.

SIEGEL, L.; RYAN, E. The development of working memory in normally achieving and subtypes of learning disabled children. **Child Development**, Chicago, v. 60, n. 4, p. 973 - 980, Apr.1989.

WITZEL, B. S.; FERGUSON, C. J.; BROWN, D. S. **Developing Early Number Sense for Students with Disabilities.** Washington, 2007. Disponível em: <http://www.ldonline.org/article/Developing_Early_Number_Sense_for_Students_with_Disabilities?theme=print>. Acesso em: 19 de dezembro de 2013.

YATES, F. A. **The Art of Memory.** London: Routledge and Kegan Paul ltd, 1966.