

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE EDUCAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO

Viviane Maia

Funções Neuropsicológicas e Desempenho Matemático:  
um estudo com crianças de 2<sup>a</sup> série

Porto Alegre  
2010  
Viviane Maia

Funções Neuropsicológicas e Desempenho Matemático:  
um estudo com crianças de 2ª Série

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação da Faculdade de Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Educação.

**Orientadora:** Prof. Dra. Clarissa Seligman Golbert.

**Linha de Pesquisa:** Psicopedagogia Sistemas de Ensino, Aprendizagem e Educação em Saúde.

**Temática:** Processos de Pensamento e Aprendizagem.

Porto Alegre  
2010

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)

---

- M128f    Maia, Viviane  
          Funções neuropsicológicas e desempenho matemático: um estudo com  
          crianças de 2ª série [manuscrito] / Viviane Maia; orientadora: Clarissa Seligman  
          Golbert. – Porto Alegre, 2010.  
          70f.: il.
- Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.  
          Faculdade de Educação. Programa de Pós-Graduação em Educação. Porto  
          Alegre, 2010, BR-RS.
1. Desempenho cognitivo – Aprendizagem matemática. 2. Funções  
          neuropsicológicas. I. Golbert, Clarissa Seligman. II. Universidade Federal do Rio  
          Grande do Sul. Faculdade de Educação. Programa de Pós-Graduação em  
          Educação. III. Título.

CDU 372.47

---

Bibliotecária Lílian Maciel – CRB 10/1921 [maciel.lilian@gmail.com](mailto:maciel.lilian@gmail.com)

Viviane Maia

Funções Neuropsicológicas e Desempenho Matemático:  
um estudo com crianças de 2ª série

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação da Faculdade de Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Educação.

**Orientadora:** Prof. Dra. Clarissa Seligman Golbert.

Aprovada em 30 de março de 2010.

---

Prof. Dra. Clarissa Seligman Golbert – Orientadora

---

Prof. Dra. Beatriz Vargas Dorneles – UFRGS

---

Prof. Dra. Rochele Paz Fonseca – PUCRS

---

Prof. Dra. Margareth Silva Oliveira - PUCRS

---

Ao concluir este trabalho, quero agradecer ...

...a Deus por me possibilitar condições para realizar este trabalho.

...à Clarissa Seligman Golbert, minha orientadora, pela paciência, dedicação, acolhida e pela mulher admirável que é.

...à Dra. Beatriz Vargas Dorneles, por ter aberto as portas para a realização do mestrado.

...à Dra. Margareth da Silva Oliveira, pelo incentivo inicial pela busca ao mestrado e por continuar fazendo parte desta caminhada.

...à Dra. Rochele Paz Fonseca, pela colaboração para esta dissertação.

...às minhas colegas Gessilda, Joanne e Rita, pela imensa dedicação e por todos os momentos e desabafos, também à Vivian, por todo seu entusiasmo, e à Claudia, sempre ouvinte.

...à minha mãe e ao meu esposo, pelo incentivo, paciência e tolerância por todos os livros e papéis espalhados pela casa.

## RESUMO

A presente pesquisa centra-se no estudo das relações entre memória de curto prazo, memória de trabalho, velocidade de processamento, processamento visuoespacial, funções executivas, atenção seletiva e alternada e desempenho matemático, uma vez que essas relações podem esclarecer as diferenças entre os alunos na aprendizagem da matemática. O trabalho teve como objeto de observação crianças da 2ª série do ensino fundamental. Consiste em um estudo com base correlacional e comparativa. A amostra desta pesquisa é composta por 40 alunos, com idade entre 8 e 9 anos. A investigação envolvendo o funcionamento neuropsicológico e o desempenho cognitivo na aprendizagem matemática é relevante, pois para desenvolver habilidades de cálculo matemático é fundamental que o aluno tenha construído o conceito de número e esta construção está vinculada ao desenvolvimento das funções neuropsicológicas. O desempenho matemático é avaliado através da Prova de Aritmética de Capovilla, Montiel e Capovilla (2007) e as funções neuropsicológicas, através de quatro subtestes da Escala Wechsler WISCIII, que são: Memória de Curto Prazo – teste de Dígitos de Ordem Direta; Memória de Trabalho – Dígitos de Ordem Inversa; Velocidade de Processamento - Procurar Símbolos e Códigos; Percepção Visuoespacial – teste de Cubos. A Função Executiva é avaliada através do Teste das Trilhas de Montiel e Capovilla (2007) e a Atenção, através do Teste de Atenção por Cancelamento de Montiel e Capovilla (2007). Observa-se uma correlação significativa entre Desempenho Matemático e Memória de Curto Prazo, Velocidade de Processamento, Função Executiva e Atenção. Neste estudo, não se encontrou uma correlação estatisticamente significativa entre as funções Memória de Trabalho e Processamento Visuoespacial.

**Palavras-chave:** Funções neuropsicológicas. Memória de curto prazo. Memória de trabalho. Processamento visuoespacial. Velocidade de processamento. Funções executivas. Flexibilidade cognitiva. Atenção. Atenção seletiva. Atenção alternada. Desempenho matemático. Matemática e aritmética.

## ABSTRACT

This paper approaches the relationship amongst neuropsychological functions –Short Term Memory (STM), Working Memory (WM), Speed Processing (SP), Visual Spatial Perception (VSP), Executive Functions (EF), Attention (A) and Math Performance (MP) in 2<sup>nd</sup> grade children at a public Elementary School from Porto Alegre. It is a comparative and correlation study. The sample of this research is composed for 40 pupils with are between 8 and 9 years. Research involving neuropsychological functioning and cognitive performance in mathematics is pertinent, for it is essential that the student build the notion of number in order to develop mathematical skills and such construction relies on the expansion of neuropsychological functions. The mathematical performance is measured by the Arithmetic Test of Capovilla, Montiel and Capovilla (2007) and the neuropsychological functions are verified by subtests Wechsler WIS CIII; Short Term Memory is assessed by the Digits in Direct Order, while the Working Memory is established by the Digits in Reverse Order. The speed processing is assessed through the use of Find Symbols and Codes activities, and spatial perception is confirmed by the utilization of cubes. The Executive Function is assessed by the Trail Making of Montiel and Capovilla (2007) and attention is assessed by the Attention Test for Cancellation of Montiel and Capovilla (2007). There is a momentous correlation amid math performance and Short-Term Memory, speed processing, executive function and attention. This study one did not mett, however, the establishment of a statistically significant correlation between the Working Memory functions and the Visual Spatial Processing.

**Keywords:** Neuropsychological function. Short-term memory. Working memory. Visual spatial processing. Speed processing. Executive functions. Cognitive flexibility. Attention. Selective attention. Alternating attention. Mathematical performance. Math. Arithmetic.

---

MAIA, Viviane. Funções Neuropsicológicas e Desempenho Matemático: Um Estudo Com Crianças de 2<sup>a</sup> Série. – Porto Alegre, 2010, 69 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Educação. Programa de Pós-Graduação em Educação, Porto Alegre, 2010.

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Comparativo Funções Neuropsicológicas e Grupos Geral 1 e 2 ...	47
Gráfico 2 – Comparativo Funções Neuropsicológicas e Grupos 1 e 2 .....	48
Gráfico 3 – Cluster .....	48

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Média geral na prova de aritmética, média e desvio padrão de cada grupo, segundo a prova de aritmética .....	42
Tabela 2 - Média e desvio padrão nas funções neuropsicológicas .....	43
Tabela 3 - Correlações entre as funções neuropsicológicas avaliadas e a Prova de Aritmética .....	43
Tabela 4 - Média e Desvio Padrão das funções neuropsicológicas por grupo ....	45
Tabela 5 - Diferença entre grupos, quanto ao desempenho matemático e funções .....	45
Tabela 6 - Subtestes da Prova de Aritmética .....	46

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	12
2.1 AVALIAÇÃO NEUROPSICOLÓGICA NO CONTEXTO EDUCACIONAL.....	12
2.2 FUNÇÕES NEUROPSICOLÓGICAS.....	14
<b>2.2.1 Memória</b> .....	15
2.2.1.1 Memória de curto prazo.....	15
2.2.1.2 Memória de trabalho.....	16
<b>2.2.2 Atenção</b> .....	18
2.2.2.1 Atenção seletiva.....	19
2.2.2.2 Atenção alternada.....	20
<b>2.2.3 Funções executivas</b> .....	20
<b>2.2.4 Velocidade de processamento</b> .....	22
<b>2.2.5 Processamento visuoespacial</b> .....	24
2.3 DESEMPENHO MATEMÁTICO.....	25
<b>3 PROBLEMAS E OBJETIVOS</b> .....	35
3.1 PROBLEMA.....	35
3.2 OBJETIVO GERAL.....	35
3.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	35
3.4 QUESTÕES DE PESQUISA.....	36
<b>4 MÉTODO</b> .....	37
4.1 DELINEAMENTO.....	37
4.2 AMOSTRA .....	37
4.3 COLETA DE DADOS.....	38
4.4 INSTRUMENTOS.....	38
4.5 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	40
<b>5 RESULTADOS</b> .....	42
5.1 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	49
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	60
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	64
<b>ANEXO A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO</b> .....	68

## 1 INTRODUÇÃO

O sucesso no ensino da matemática depende da correta análise de todo o seu contexto, do planejamento das atividades e da interpretação de seus resultados. O estudo do desempenho matemático vem despertando o interesse de pesquisadores em áreas como educação, psicologia, neurologia, psicopedagogia, entre outras.

A partir da minha prática como psicóloga clínica, observei funções relacionadas ao desempenho matemático: memória de curto prazo, memória de trabalho, atenção seletiva e alternada, função executiva, velocidade de processamento e percepção visuoespacial.

A presente pesquisa centra-se no estudo das relações entre memória de curto prazo, memória de trabalho, velocidade de processamento, processamento visuoespacial, função executiva, atenção seletiva e alternada e desempenho matemático de crianças da 2ª série do Ensino Fundamental, uma vez que essas relações podem esclarecer as diferenças dos alunos na aprendizagem da matemática.

Tendo em vista os problemas da realidade educacional atual, o entendimento dessas relações pode auxiliar no enfrentamento das dificuldades que interferem no desempenho matemático, o que evidencia a relevância do tema em questão.

O foco da investigação, envolvendo o funcionamento neuropsicológico e o desempenho cognitivo na aprendizagem matemática, resume-se na formulação do seguinte problema: Memória de curto prazo, memória de trabalho, velocidade de processamento, processamento visuoespacial, função executiva e atenção são funções correlacionadas com bom ou baixo desempenho matemático em crianças brasileiras?

O presente trabalho inicia com a apresentação da fundamentação teórica falando sobre a avaliação neuropsicológica no contexto educacional, a seguir são apresentadas as funções neuropsicológicas, iniciando com memória de curto prazo e memória de trabalho, depois atenção alternada e seletiva, velocidade de processamento, processamento visuoespacial, funções executivas. E finalmente, apresenta-se o desempenho matemático.

Após a fundamentação teórica segue a apresentação do problema e dos objetivos, a seguir vem a escolha do método e então a apresentação dos resultados com as tabelas, análise dos resultados e discussão, finalizando com as considerações finais e referências consultadas.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 AVALIAÇÃO NEUROPSICOLÓGICA NO CONTEXTO EDUCACIONAL

A neuropsicologia é a ciência que trata da relação entre o cérebro e o comportamento humano. Embora bastante estudada por educadores, psicólogos, psiquiatras, neurologistas, psicopedagogos e pediatras, é uma área recente em pesquisas brasileiras (FIORI, 2008).

Atualmente, nenhum profissional da área educacional pode deixar de considerar tanto fatores biológicos quanto fatores ambientais no desenvolvimento e comportamento do indivíduo, entendendo assim que tudo o que é psicológico é também biológico.

Assim, o conhecimento dos métodos neuropsicológicos permite não apenas avaliação e diagnóstico mais precoce e exato, como também o estabelecimento de programas de ação terapêutica e reeducativa para o aprendiz.

De acordo com Silver (2007), a avaliação das habilidades neurocognitivas se faz necessária para determinar a origem da dificuldade, assim como as áreas de funcionamento neuropsicológico que podem servir como opções de tratamento. Uma inabilidade de aprendizagem é reconhecida por profissionais da área da saúde como uma desordem neurobiológica que pode causar um funcionamento atípico do cérebro. As inabilidades de aprendizagem podem coexistir com várias circunstâncias que incluem o TDAH, desordens comportamentais, prejuízos sensoriais, ou outras patologias, incluindo diabetes e baixo peso ao nascer. Embora ocorra a aprendizagem, a inabilidade pode levar a depressão e ansiedade por um mau desempenho, causando uma desordem emocional.

Ainda conforme Silver (2007), a discalculia é uma inabilidade de aprendizagem que afeta o desempenho matemático com dificuldades para resolver problemas de cálculos matemáticos. As investigações são contínuas para se tentar determinar os vários tipos das funções atípicas que causam a discalculia. Quando um indivíduo está se esforçando na escola e se suspeita de uma inabilidade de aprendizagem, uma avaliação neuropsicológica se faz necessária para determinar quais funções não estão

trabalhando como esperado e quais estão trabalhando adequadamente. Uma avaliação pode indicar as funções específicas envolvidas em uma inabilidade de aprendizagem, tais como habilidades auditivas, linguísticas, visuais, de memória, velocidade de processamento, raciocínio. Além disso, uma avaliação neuropsicológica pode revelar quais as funções que realçam ou diminuem o desempenho total do sujeito, permitindo a identificação das forças e fraquezas determinantes para uma intervenção.

Uma inabilidade de aprendizagem é uma condição para toda vida. O impacto da inabilidade na sociedade, no funcionamento emocional, educacional e ocupacional do sujeito pode ser significativo, dependendo das circunstâncias da vida e dos relacionamentos interpessoais. A identificação de capacidades e de limitações neuropsicológicas feita a tempo pode facilitar o planejamento educacional, vocacional e de tratamento (SILVER, 2007).

De acordo com Cunha (2000), a avaliação neuropsicológica pretendia chegar à identificação e à localização de lesões cerebrais. Atualmente, baseiam-se no estudo das capacidades envolvidas nas funções cognitivas, com o objetivo de investigar as funções corticais superiores, como a atenção, a memória, a linguagem, o processamento, entre outras. A neuropsicologia entende a participação do cérebro como um todo, no qual as áreas são interdependentes e inter-relacionadas, comparando-se, como diria Luria (1981), “a uma orquestra que depende da integração de seus componentes para realizar um concerto,” que seria o sistema funcional. A partir do conhecimento do desenvolvimento e funcionamento normal do cérebro, podem-se compreender alterações cerebrais, como as disfunções cognitivas e do comportamento, resultantes de lesões, doenças e desenvolvimento anormal do cérebro.

Para Andrade, Santos e Bueno (2004), que citam Bertolucci, a neuropsicologia infantil, no Brasil, sob influência de Lefèvre, caracterizou-se pela investigação de alterações no desenvolvimento cognitivo e comportamental, tornando-se necessária a utilização de instrumentos adequados a essa finalidade.

De acordo com Costa (2004) a avaliação neuropsicológica tornou-se fundamental para entendermos a causa do não-aprendizado dos alunos. Em qualquer caso em que exista evidência de dificuldade de aprendizagem, é indicado o uso da avaliação neuropsicológica, pois assim pode-se auxiliar os alunos, suas famílias e o contexto

escolar. A avaliação neuropsicológica é extensiva também ao processo de ensino-aprendizagem, pois permite o estabelecimento de relações entre as funções neuropsicológicas e o desempenho *escolar*, contribuindo para evitar que dificuldades de aprendizagem impeçam o desenvolvimento saudável da criança. Aqui não se trata de rotular ou enquadrar as crianças dentro de um grupo problemático, e sim de ajudá-las, identificando em quais áreas estão apresentando dificuldade.

De acordo com Golbert (2009), o campo de conhecimento sobre a aprendizagem e as dificuldades em matemática que vem surgindo em consequência do progresso da neurociência, o raciocínio matemático é amparado por diferentes habilidades cognitivas relacionadas com as funções neuropsicológicas (linguagem, memória de trabalho, percepção visuoespacial, controle atencional, entre outras).

Os pesquisadores encontram ainda dificuldades para chegar a um consenso sobre as definições das dificuldades e em relação a qual o melhor instrumento. Com este objetivo, no Brasil, Santos (2004) está desenvolvendo uma bateria de testes neuropsicológicos: o Zareki ou Bateria neuropsicológica para avaliação do processamento numérico e do cálculo em crianças – 12 subtestes com duração média de 30 minutos. O teste tem como objetivo examinar várias habilidades matemáticas básicas como a estimativa e a transcodificação, que subsidiam a aritmética. Seus escores permitem identificar e especificar o perfil das habilidades matemáticas em crianças que apresentam discalculia.

## 2.2 FUNÇÕES NEUROPSICOLÓGICAS

A neuropsicologia estuda o desenvolvimento das funções mentais e cerebrais, tanto em seu estado normal como patológico. Entre essas funções estão a atenção, a orientação, a memória, as funções verbais, as funções espaciais, as funções executivas e as funções motoras.

Conforme Vasconcelos (2008), a competência matemática é uma forma de especificar o comportamento e o pensamento lógico-matemático com ferramentas apropriadas, utilizando estratégias mentais adequadas. Sendo assim, a investigação neuropsicológica deve contemplar as funções neuropsicológicas envolvidas nessa

competência. O modo de trabalhar mentalmente, percebendo, integrando, elaborando e respondendo, é o resultado da integração das funções neuropsicológicas em particular ou em conjunto.

A autora ressalta algumas funções cognitivas que estão relacionadas ao pensamento aritmético, entre elas, linguagem receptiva, inteligência, atenção, memória, funções executivas, orientação espacial e organização temporal.

Fiori citando Hecaén (2008) destaca que o entrelaçamento entre neurociências e psicologia cognitiva surge do estudo das bases cerebrais do funcionamento cognitivo, sendo que este funcionamento está em contínua evolução e organização dos sistemas neuronais. A memória será analisada no próximo item.

## **2.2.1 Memória**

Existem diferentes tipos de memórias, é por ela que mantemos e acessamos as experiências passadas para usar como informação do presente. Diferentes processos de memória estão relacionados aos mecanismos de armazenagem, retenção e acesso a informação sobre as experiências passadas. Muitas mudanças ocorrem na memória no decorrer do desenvolvimento. Nesta pesquisa serão vistos dois tipos de memória: a de curto prazo e a de trabalho (STERBERNG, 2008).

### *2.2.1.1 Memória de curto prazo*

Muitos pesquisadores identificaram diferentes tipos de memória de curto prazo. A memória de curto prazo possui duas características: uma capacidade muito limitada, apenas, cerca de sete itens que podem ser lembrados e a fragilidade de armazenamento, pois por qualquer distração pode haver esquecimento. A memória de curto prazo tem sido avaliada pelo alcance de dígitos e pelo efeito de recência na recordação livre. No modelo padrão da memória de curto prazo, as informações no armazenamento de curto prazo estão em estado de ativação, sem requerer esforço (EYSENCK; KEANE, 2008).

De acordo com Corrêa (2008), a memória de curto prazo poderia ser definida como uma competência em guardar uma informação por um tempo muito curto (menos de um minuto) e com capacidade de recuperá-la durante esse intervalo. A memória de curto prazo está submetida ao efeito de recência e primazia, ou seja, lembramos dos primeiros dígitos ou letras – que seria a primazia – e, dos últimos – que seria a recência. Caso ocorra uma interferência entre o recebimento da informação e a recuperação desta, a informação pode ser perdida por não ter sido feita a codificação.

No modelo serial de Atkinson-Schiffrin, após as informações passarem pela memória sensorial, as unidades selecionadas pelos processos de atenção são estocadas na memória de curto prazo antes de serem enviadas para a memória de longo prazo. Esta teoria inspirou o desenvolvimento de novos modelos à medida que as ciências cognitivas se desenvolveram (FIORI, 2008).

Com o avanço da pesquisa na área da cognição, o modelo de Atkinson-Schiffrin, não dava conta do processamento cognitivo de informações complexas. A ideia de que as informações são processadas na memória de curto prazo levou Baddeley a introduzir, em 1974, o conceito de memória de trabalho, que será visto na subseção seguinte.

### *2.2.1.2 Memória de trabalho*

Entende-se que a memória de trabalho é aquela que guarda informação durante tempo suficiente para que possa ser relacionada com outra pré-existente. É um processo inicial, que serve para compreensão, entendimento, discernimento sobre alguma coisa, em nível consciente ou não (BADDELEY, 2000).

A memória de trabalho ou operacional (MT) é um sistema que armazena e manipula informações por um curto período de tempo, podendo falhar quando ocorrer uma carga elevada de informações ou outras demandas cognitivas e, por isso, requer esforço atencional. A memória de trabalho é influenciada pela idade, melhorando da infância para a adolescência (SANTOS; MELLO, 2004).

De acordo com Santos e Mello (2004), o modelo mais aceito para memória operacional é de Baddeley e Hicht que, em 1974, propuseram o modelo de memória de

trabalho. Esse tipo de memória refere-se ao arquivamento temporário da informação para que várias tarefas cognitivas sejam executadas. A memória de trabalho gerencia a organização, a reorganização e o reagrupamento de um fluxo de informações que ultrapassa o *span* de memória.

A memória de trabalho é um sistema constituído com quatro componentes: o executivo central, a alça fonológica e o esboço visuoespacial que armazena e manipula as informações visuoespaciais, e o componente que foi incluído em 2000, o buffer episódico, que é um sistema de armazenamento temporário que pode reter e integrar as informações da alça fonológica, do esboço visuoespacial e da memória de curto prazo, que é controlado pelo executivo central.

Baddeley (1997) descreveu a alça fonológica como responsável pelo armazenamento da informação baseada na fala, e que possui dois componentes: o armazenador fonológico, que tem por função receber a informação por via auditiva, e o ensaio subvocal, que tem como função reprimir o enfraquecimento do armazenador fonológico.

De acordo com Baddeley (1998), o armazenamento fonológico tem maior importância que a recitação subvocal na aprendizagem de palavras novas. A recitação subvocal só é usada pelas crianças para manter conteúdos do armazenamento fonológico a partir dos 7 anos de idade. O autor refere ainda que crianças de 3 anos já apresentam uma relação entre memória fonológica e aprendizagem de palavras.

O esboço visuoespacial é o subsistema que tem domínio sobre as propriedades visuais e espaciais, e tem como subcomponentes o armazenador visual para representar, e o mecanismo espacial para atualizar a informação armazenada. Este sistema armazena, também de acordo com Baddeley, informações visuais codificadas a partir de estímulos verbais.

Ainda de acordo com este modelo, o executivo central coordena as atividades de atenção e comanda as respostas. É o mecanismo da memória de trabalho que fica responsável por selecionar a informação e organizar a forma de repassá-la. Baddeley identificou algumas funções do executivo central: mudança de planos, compartilhamento nos estudos de tarefa dupla, atenção seletiva a alguns estímulos, enquanto ignorou outras, como ativação temporária da memória de longo prazo.

Baddeley (2000), revisando seu modelo, incluiu o buffer episódico, responsável por integrar as informações verbais e visuais. O executivo central realizaria então o resgate das informações integradas ao buffer, manipulando e modificando as informações e, quando necessário, formando episódios coerentes. O buffer episódico é um sistema com capacidade limitada para integrar informações de uma série de fontes em uma única estrutura ou episódio complexo. É um buffer no sentido de atuar como um intermediário entre os subsistemas da alça fonológica e do esboço visuoespacial. Supõe-se que esse processo de união ativa exige muito do sistema atencional de capacidade limitada que constitui o executivo central.

Geary (2006) realizou um estudo com bebês e crianças de educação infantil sobre a aritmética aprendida na escola, através da utilização das primeiras habilidades quantitativas, afirmando que a compreensão dos mecanismos cognitivos, como memória de trabalho e atenção, contribui para a mudança do desenvolvimento, e que esses sistemas mudam de uma área da matemática para outra.

A discussão entre memória de trabalho relacionada com o desempenho matemático será vista mais adiante. Além dos sistemas mnemônicos, sabe-se que os processos atencionais também podem contribuir para o desempenho matemático. A atenção será vista na sessão seguinte.

### **2.2.2 Atenção**

De acordo com Nahas e Xavier (2004), a atenção refere-se a uma percepção direcionada e seletiva, tratando-se de um processo multifacetado e com duração definida. A atenção é um processo cognitivo pelo qual o intelecto focaliza e seleciona estímulos, estabelecendo relação entre eles. A todo instante recebemos estímulos provenientes das mais diversas fontes, porém só atendemos a alguns deles, pois não seria possível e necessário responder a todos. É um processo de extrema importância em determinadas áreas, como na educação, já que se exige, por exemplo, a um aluno que preste atenção às informações passadas pelos professores, ignorando outros estímulos visuais, sonoros, entre outros.

Além da atenção concentrada, existem diferentes formas de atenção: dividida, sustentada, seletiva e alternada. Segundo Nahas e Xavier (2006), para que a atenção atue são necessários alguns fatores tais como:

a) o fator fisiológico, que depende de condições neurológicas e também da situação material em que o indivíduo se encontra;

b) fator motivacional que depende da forma como o estímulo se apresenta e provoca interesse e;

c) concentração: depende do grau de solicitação e atuação do estímulo, levando a uma melhor focalização da fonte de estímulo.

#### *2.2.2.1 Atenção seletiva*

Para Nahas e Xavier (2006), a atenção seletiva é aquela que consegue ser direcionada a para uma determinada parte do ambiente, enquanto os outros estímulos que estão em volta são ignorados. É uma atenção adaptativa, com resistência à distração, que pode garantir o processamento perceptual de sinais sensoriais, executando ações importantes.

Para Montiel e Capovilla (2007), atenção seletiva é a capacidade de emitir respostas a um estímulo específico sem considerar aqueles não relevantes.

Nahas e Xavier (2006) sugerem que a atenção seletiva é adaptativa, pois seleciona fontes específicas de informação para checar previsões geradas a partir da memória sobre regularidades passadas do ambiente. Tarefas envolvendo atenção seletiva avaliam a resistência a algumas formas de distração e, portanto, requerem a focalização dos recursos de processamento em um número reservado de canais sensoriais. Essa resistência à distração pode ocorrer tanto para garantir o processamento perceptual adequado de sinais sensoriais importantes, via um mecanismo de filtragem, quanto para assegurar a seleção adequada de ações importantes.

### 2.2.2.2 Atenção alternada

Para Montiel e Capovilla (2007) e Tortella (2008), a atenção alternada é a capacidade de o sujeito mudar o foco da atenção, ou seja, a capacidade de substituir um estímulo alvo da atenção por outro por meio da investigação ativa no ambiente, identificando particularidades nos estímulos. De acordo com Lima (2006), essa atenção é a capacidade de um indivíduo alternar o foco atencional, ou seja, romper um foco de um estímulo para engajar em outro. Ouvir música e estudar é um exemplo de atenção alternada. A alternância seria então a flexibilidade e velocidade de deslocamento da atenção de um foco para o outro.

### 2.2.3 Funções executivas

As funções executivas correspondem a um conjunto de habilidades que, de forma integrada, permitem ao indivíduo direcionar comportamentos a metas, avaliar a eficiência e a adequação desses comportamentos, abandonar estratégias ineficazes em prol de outras mais eficientes e, desse modo, resolver problemas imediatos (FUENTES *et al.*, 2008). Na presente pesquisa, será avaliada a flexibilidade cognitiva, descrita como capacidade de mudar o curso das ações ou dos pensamentos de acordo com as exigências do ambiente (FUENTES *et al.*, 2008).

As funções executivas são requisitadas sempre que são formulados planos de ação e quando uma sequência apropriada de respostas deve ser selecionada e esquematizada. A pessoa deve então ter um objetivo final, traçar um plano de metas dentro de uma organização hierárquica facilitadora da realização da tarefa, executar os passos planejados, avaliando constantemente o sucesso de cada um deles, corrigindo os passos que não foram bem sucedidos e adotando novas estratégias quando necessário. Ao mesmo tempo, manter o foco da atenção na tarefa que está realizando, monitorar a atenção considerando os passos realizados e os seguintes, enquanto armazena temporariamente em sua memória as informações que serão usadas durante todo o preparo da tarefa. Essas tarefas requerem o funcionamento adequado e simultâneo de vários componentes das funções executivas (FUENTES *et al.*, 2008).

Goldberg (2002) considera as funções executivas um resultado da atividade dos lobos frontais e região pré-frontal atuantes como uma espécie de diretor executivo do funcionamento da atividade mental humana. Sendo assim, a atividade de diferentes sistemas neurais e suas funções subjacentes torna-se menos eficazes quando ocorre comprometimento nos lobos pré-frontais.

Não há consenso, mas alguns autores sugerem componentes das funções executivas, como memória operacional, planejamento, solução de problemas, tomada de decisão, controle inibitório, fluência, flexibilidade cognitiva e categorização. Outros autores, além de procurar identificar os diferentes componentes das funções executivas, propõem modelos de interação dinâmica entre cada componente.

O modelo de Barkley (2001) sugere que o controle inibitório sobre respostas prepotentes contribui para a atuação eficaz de quatro habilidades executivas: memória operacional, fala internalizada, auto-regulação e reconstituição. Esses quatro processos caracterizam o comportamento dirigido a metas, de forma persistente, com a concomitante inibição de comportamentos irrelevantes (FUENTES *et al.*, 2008).

O modelo de Lezak e Cols (1995) sugere a existência de um processo composto por etapas sucessivas e interdependentes, apresentando quatro componentes, a volição que está relacionada ao nosso comportamento intencional, envolvendo a formulação de objetivos e a motivação para iniciar um comportamento dirigido. O segundo processo, o planejamento, engloba a identificação das etapas e dos elementos necessários para se alcançar um determinado objetivo. Na etapa seguinte, a ação proposital envolve a transição da intenção e do plano para o comportamento em si e o desempenho efetivo que envolve a capacidade de avaliar se um comportamento está apropriado para o alcance do objetivo, bem como a flexibilidade e a capacidade de modificá-lo caso não esteja sendo eficaz (VASCONCELLOS, 2005).

Neste estudo, a flexibilidade de pensamento é a função executiva especialmente avaliada. Para Capovilla e cols (2005), as dificuldades de flexibilidade de pensamento estão ligadas a alterações pré-frontais, já que ações complexas requerem a alternância de um a outro alvo de modo coordenado, embora alguns estudos apontem que estas dificuldades só podem ser verificadas em alterações pré-frontais quando uma tarefa evocar informações da memória de trabalho, mas não quando os estímulos estiverem disponíveis no ambiente.

De acordo com Cirino, Morris e Morris (2007), a flexibilidade cognitiva contribui para a proficiência em matemática das crianças em idade escolar, considerando que, nas séries mais avançadas, os estudantes têm necessidade de aplicar flexivelmente procedimentos matemáticos diferentes para obterem soluções corretas. A capacidade de as crianças mudarem sua condição de realizar tarefas matemáticas, atualizando a memória, facilita o desenvolvimento das habilidades matemáticas.

As funções executivas consistem em um grupo de habilidades cruciais para a adaptação do indivíduo às rotinas do cotidiano, sendo também a base para o desenvolvimento de novas habilidades. Delas dependem o convívio social e o desempenho ocupacional competente.

#### **2.2.4 Velocidade de processamento**

Segundo Almeida e Ribeiro (2005), a velocidade de processamento de informação varia conforme a tarefa, podendo apelar ou não à informação retida na memória de curto prazo. Na pesquisa que realizaram, foram avaliados processos sensório-motores e não processos cognitivos de tratamento de informação. Quando avaliaram tarefas complexas, surgiram outros fatores, como as estratégias metacognitivas, que vinham a influenciar a velocidade de processamento da informação. Durante esse estudo, foram feitas correlações nas quais as tarefas e os tempos de reação se aproximavam, implicando uma sobrecarga da memória de trabalho. Quando essa capacidade era ultrapassada, registrava-se uma redução nos coeficientes de correlação. Os autores mencionam limitações da capacidade de memória de curto prazo poderia ser uma explicação para a lentidão da reação.

Trazendo para a discussão os testes que avaliam essa função, os autores indicam que as tarefas cognitivas complexas requerem diferentes tipos de informação que são retidas na memória de curto prazo para serem processadas no momento adequado. Quanto mais velozmente forem recuperadas e processadas as informações importantes para a resolução de um problema, maior é a possibilidade de o limiar de capacidade do sistema não ser ultrapassado. O mesmo ocorre na ausência de ensaio subvocal quando a informação na memória de trabalho está sujeita a um

desaparecimento rápido. Em um processamento lento, a informação codificada com antecipação pode ser perdida, ou a sua manutenção pode ser feita à custa da sobrecarga do sistema, revelando-se incapaz de executar os processos indispensáveis à resolução de um problema. Ainda de acordo com Almeida e Ribeiro (2005, p.3):

A cada momento, existe uma *trade-off* entre a informação que pode ser mantida na memória de trabalho e as operações que podem ser executadas sobre essa informação. Quanto maior for a quantidade de informação requerida por uma tarefa e quanto mais exigente for o processamento necessário, maior é a probabilidade de se verificar uma perda da informação codificada inicialmente. A velocidade com que é recuperada e processada a informação associa-se, assim, à probabilidade do sistema ficar sobrecarregado pelas necessidades, simultâneas, de retenção e de processamento.

Nos seus estudos, Almeida e Ribeiro (2005), a velocidade e a eficiência com que são executados os componentes de uma tarefa revelam-se fundamentais na resolução, tanto de tarefas simples como complexas. As estratégias cognitivas e metacognitivas utilizadas pelos sujeitos interferem nas medidas obtidas e, inclusive, podem ser outra forma de ativar a memória de trabalho nas necessidades simultâneas de retenção e processamento da informação. Estas diferenças individuais, não isoladas das suas aprendizagens e das experiências culturais, podem modelar o funcionamento daquilo que vem sendo definido por executivo central ou estrutura de controle da atenção, a qual vai garantir um fluxo organizado da informação na memória de trabalho.

A velocidade ou a rapidez são importantes para um bom resultado nos testes que avaliam essa função, mostrando que as crianças mais lentas ficam em desvantagem. O desempenho na velocidade de processamento pode ser influenciado negativamente pela ansiedade. Muitas atividades escolares envolvem a rapidez de processamento, como fazer correspondências entre palavras e objetos. Tudo isso está indiretamente relacionado com a distração, pois requer que o aluno preste atenção e se concentre de modo a realizar as tarefas (NICHOLSON; ALCORN, 1994).

### 2.2.5 Processamento visuoespacial

Conforme Seabra e Santos (2004), a habilidade ou a inteligência espacial envolve pensar em imagens, envolve também a capacidade de perceber, transformar e recriar diversos aspectos do mundo visual e espacial. Sujeitos com alta habilidade espacial possuem grande facilidade para detalhes visuais, esquematizam idéias graficamente e, com facilidade, se orientam no espaço tridimensional. Tais aspectos estão diretamente relacionados com a capacidade para desenvolver cálculos, obtendo um bom desempenho matemático.

De acordo com os autores acima citados, as habilidades espaciais incluem três classes distintas: rotação mental, percepção espacial e visualização espacial. Por rotação mental entende-se a capacidade de rotacionar, torcer ou inverter objetos tridimensionais. A percepção espacial compreende a habilidade de definir relações espaciais a partir de informações visuais. A visualização espacial ocorre na resolução de problemas visuais complexos relativos às partes internas de uma imagem.

A essas categorias, acrescentam-se as relações espaciais e a orientação espacial. As primeiras ocorrem nas relações formadas através de elementos dispostos no ambiente, podendo-se utilizar pontos de referência. A orientação espacial é a capacidade de orientar-se no espaço à medida que objetos ou eventos são apresentados (SEABRA; SANTOS, 2004).

Gordo (1990, p. 216) afirma que as capacidades espaciais são "as capacidades mentais relacionadas com a compreensão, manipulação, reconhecimento ou interpretação de relações visuais". A autora comenta que a definição está de acordo com outros pesquisadores, apesar de os termos referidos não serem essencialmente os mesmos. Outros autores utilizam o termo percepção espacial e sugerem ainda que as capacidades espaciais não sejam capacidades mentais simples, e sim processos mentais complexos.

Ainda conforme Gordo (2006), há dois tipos de capacidades espaciais: a visualização e a orientação espacial. A visualização envolve sempre movimento ou alteração mental de um objeto, enquanto a orientação espacial compreende alteração na perspectiva perceptual do observador.

Para Drouet (1990), a percepção das relações espaciais é a capacidade de perceber a posição de dois ou mais objetos no espaço e a relação existente entre eles e com o próprio corpo. A exploração total do espaço depende dos movimentos dos olhos, da cabeça e do corpo, além de requerer boa memória visual. A autora exemplifica que seria como compor um quebra-cabeça, em que se exige memória e percepção visual. A memória e a percepção são indispensáveis para sabermos a posição das peças em relação às outras partes da figura e em relação a cada indivíduo. Crianças com dificuldade de percepção espacial e nas relações espaciais não percebem a sequência das letras ou dos números. Ainda se deparam com igual dificuldade quanto aos cálculos, pois não conseguem dispor os números uns debaixo dos outros em uma soma, nem ter referência de noções de direita e esquerda. Além disso, apresentam problemas para copiar, entre outras dificuldades.

Cirino, Morris e Morris (2007) apontam que o processamento visuoespacial se altera quando uma dificuldade inclui problemas como rotação, valor posicional e alinhamento decimal e de coluna. Além disso, essas habilidades visuoespaciais podem ser explicitamente necessárias para certas funções matemáticas como a geometria.

### 2.3 DESEMPENHO MATEMÁTICO

Para desenvolver habilidades de cálculo matemático é fundamental que o aluno tenha construído o conceito de número, o qual não se desenvolve tão espontaneamente quanto parece, pois implica o estabelecimento de relações de ordem, de equivalência e de classificação. Em qualquer sala de aula, existem alunos que, por diferentes causas, não acompanham seus colegas, independente do nível de complexidade dos conteúdos ou da metodologia utilizada. Rótulos têm sido atribuídos a esses alunos: crianças-problema, alunos com distúrbios de aprendizagem, indisciplinados, hiperativos, com déficit de atenção e muitos outros. Tais comportamentos podem tanto ser causa como consequência de dificuldades na aprendizagem (GOLBERT; MOOJEN, 2000).

O significado das dificuldades para a aprendizagem, conforme Rotta (2006) passa primeiro por um bom funcionamento do Sistema Nervoso Central (SNC), onde ocorrem modificações funcionais e condutuais que dependem da genética de cada

indivíduo, assim como o ambiente em que está inserido. Assim, a aprendizagem é uma ação de plasticidade do cérebro, podendo modular fatores intrínsecos (genéticos) e extrínsecos (experiência).

Garcia (2007) afirma que se utiliza o termo discalculia para fazer referência a um transtorno estrutural da maturação das habilidades matemáticas, e que se manifesta pela quantidade de erros variados na compreensão dos números, habilidades de contagem, habilidades computacionais e solução de problemas verbais. O autor cita a classificação de Kocs (1991): discalculia verbal (dificuldades para nomear quantidades, números, termos, símbolos e relações); discalculia practognóstica (dificuldade para enumerar, comparar, manipular objetos reais ou imagens, matematicamente); discalculia léxica (dificuldade para ler os símbolos matemáticos); discalculia gráfica (dificuldade para a escrita dos símbolos numéricos); discalculia ideognóstica, (dificuldades para realizar operações mentais e compreender conceitos matemáticos) e discalculia operacional (dificuldades na execução de operações e cálculos numéricos).

De acordo com Golbert e Moojen, (2000) embora se saiba da existência de um quadro específico de dificuldades na aprendizagem matemática (resolução de cálculos e interpretação das histórias matemáticas), também denominado discalculia, a maior parte dos insucessos no desempenho matemático parece ser decorrente de problemas metodológicos, associados a problemas cognitivos e emocionais.

Para Butterworth (2005), as crianças apresentam tipos diferentes de dificuldades matemáticas: algumas podem ter dificuldade particular com fatos aritméticos, outras com procedimentos e estratégias, ou dificuldades em todas as tarefas numéricas.

Para verificar as dificuldades existentes, os pesquisadores utilizam inúmeros testes padronizados que avaliam diferentes aspectos do processamento matemático, e mostram que o entendimento sobre capacidade matemática pode variar substancialmente entre eles. Têm sido utilizados diferentes termos para referir o desenvolvimento de incapacidade matemática, incluindo *discalculia do desenvolvimento* ou *DD*; *incapacidade matemática* ou *MD*; incapacidade na aprendizagem de matemática ou *AD*, *ARITD* ou *ALD*; *desordem de fatos em números* ou *NF* e *dificuldades psicológicas na matemática*. Ainda de acordo com Butterworth (2005), todas essas classificações parecem, na maioria dos casos, descreverem a mesma condição.

Hale, Fiorello e Bertin<sup>1</sup> (2003) afirmam que a desordem do aprendizado matemático é uma característica comum em crianças com dificuldades de aprendizagem não-verbal. Os autores também salientam que, além dos distúrbios em matemática, essas crianças apresentam dificuldades tátil-perceptuais, visuoespaciais, resolução de problemas não-verbais, habilidades psicomotoras, embora apresentem habilidades psicolinguísticas intactas. As crianças com desordens na aprendizagem matemática também apresentam dificuldades em compreensão e recuperação das informações quantitativas, enquanto outras, limitadas, possuem habilidades para cálculo limitado, déficits espaciais, recuperação limitada, ou seja, deficiência das operações matemáticas. Os autores ainda referem que problemas matemáticos simples exigem maior atividade parietal e que cálculos complexos geralmente ativam a área bilateral frontal. A distinção pode ser pela automatização do fato matemático (função temporal parietal), em oposição a caminho mental e flexibilidade durante a resolução de problemas (função frontal).

As habilidades numéricas que necessitam ser adquiridas na escola e com adultos incluem ler e escrever números, contar objetos em um conjunto, calcular nas quatro operações aritméticas básicas, ler números em voz alta, escrever números, aplicar tais habilidades em lições de dinheiro, contar tempo e datas, encontrar uma página em um livro, selecionar um canal de TV, e assim por diante. Todas essas habilidades são bem mais complexas do que se pode imaginar (BUTTERWORTH, 2005). Com o desenvolvimento das aprendizagens, as habilidades devem ser automatizadas, para serem resgatadas da memória de longo prazo, possibilitando um melhor alcance da memória de trabalho.

Bastos (2006) afirma que, de acordo com a *American Psychiatric Association* (APA), discalculia do desenvolvimento é uma dificuldade de ordem cognitiva, com erros na formação dos números (inversão), incompetência para efetuar somas simples e para reconhecer sinais, evidenciando dificuldade para ler números e memória pobre para fatos numéricos. O autor faz menção ao funcionamento dos hemisférios cerebrais

---

<sup>1</sup> Hale, Fiorello e Bertin, pesquisaram o desenvolvimento em matemática através de interpretação neuropsicológica das variáveis do WISC III, os autores fizeram uma pesquisa ampla, apresentando segundo eles hipóteses meramente iniciais, sugerem que para uma pesquisa futura se avalie crianças com baixo desempenho matemático, para que se possa comparar com crianças com bom desempenho, a amostra foi feita com crianças com bom desempenho nas variáveis obtidas no teste.

direito e esquerdo, ou seja, um comprometimento no hemisfério direito implica uma incapacidade para conceituar números, mas capacidade para reconhecer símbolos numéricos e pouca orientação espacial, enquanto um comprometimento no hemisfério esquerdo está relacionado à incapacidade para reconhecer e produzir números e símbolos operacionais, sem apresentar prejuízo para quantidade numérica, ocasionando uma inabilidade para sequência numérica e memória auditiva de curto prazo.

De acordo com o autor, existem causas neurológicas ou não-neurológicas para as dificuldades matemáticas. Aquelas ocasionadas por causas neurológicas primárias são acalculia e discalculia do desenvolvimento; e as causas neurológicas secundárias podem ser por deficiência mental, epilepsia, síndrome de Turner, fenilcetonúria tratada, síndrome do x frágil, síndrome fetal alcoólica, baixo peso, TDAH, dislexia, disfasia, entre outros. Já as causas não-neurológicas são consequências de fatores escolares, sociais e ansiedade matemática.

Hale, Fiorello e Bertin (2003) enfatizam que, para compreender os processos neuropsicológicos necessários para a matemática e a etiologia das desordens de aprendizado, seria importante avaliar o desenvolvimento dos conceitos matemáticos em sala de aula e a complexa interação dos elementos cognitivos requeridos para a construção dessas habilidades. O início da aprendizagem matemática geralmente se dá pela percepção quantitativa de elementos concretos, logo depois, símbolos semi-abstratos (tais como desenhos e representações gráficas) são compreendidos para finalmente ocorrer o aprendizado dos números arábicos para representar quantidade. Por isso, os autores afirmam que é necessária uma aprendizagem da associação entre valores quantitativos e sua representação simbólica.

A competência em matemática é geralmente desenvolvida de forma sequencial: adição, subtração, multiplicação, divisão e frações. A criança deve primeiro dominar as aptidões como adição e subtração, até que atinja um nível automático, para então poder desenvolver outras habilidades. A falta destes conceitos quantitativos básicos pode impedir o desenvolvimento de conceitos e procedimentos matemáticos (HALE; FIORELLO; BERTIN, 2003).

Santos e Silva (2008, p. 126) fazem referência ao estudo Dehaene sobre o desenvolvimento do senso numérico e afirmam que:

O desenvolvimento do senso numérico dependeria das funções cognitivas que se desenvolvem durante a pré-escola e os primeiros anos de escolarização, de aspectos genéticos, bem como de habilidade de memória operacional e simbolização numérica.

O estudo da resolução de operações simples ou complexas ressalta a coexistência de duas modalidades de memória. A primeira, do tipo processual, consiste em utilizar sistemas de contagem mais ou menos sofisticados. A segunda recupera diretamente, da memória de longo prazo, o resultado associado a um determinado par. Trata-se, então, de uma memória declarativa, que coloca essencialmente um problema de acesso (SENNYEY *et. al.*, 2008).

As pesquisas de Geary estudam as dificuldades no desempenho matemático e, desde 1993, têm uma importante contribuição neste campo e sustenta a produção posterior do autor e de vários outros pesquisadores.

Geary (1993) sugere que poucos recursos para trabalhar a memória não só levam à dificuldade em executar procedimentos de cálculo, como também, podem afetar o aprendizado de fatos aritméticos. De acordo com o autor, a memória imediata para séries numéricas, com possibilidade de elasticidade e memória auditiva, simbolização e organização espacial estão diretamente ligadas aos aspectos de atenção e concentração. Uma dificuldade se refere ao pensamento concreto e a incapacidade para mudar de sistema de referência, ou inclusive, para compreender a ordem numérica, seja ela direta ou inversa, apresentando uma dificuldade de simbolização. Um pensamento abstrato requer uma capacidade para mudar um sistema de referência.

A memória não determina a existência ou ausência de habilidade matemática, cuja essência está na recordação generalizada de esquemas típicos de raciocínios e operações. A memória relacionada com a matemática é caracterizada pela rápida elaboração de representações de problemas e relações e é utilizada pelo sujeito no domínio dos símbolos numéricos e verbais (GEARY, 1993).

De acordo com Geary (1993), as competências conceituais e processuais são sustentadas por vários sistemas cognitivos. O executivo central controla os processos atencionais e inibitórios necessários para o uso de procedimentos durante a resolução de um dado problema, e muito da informação está apoiado na compreensão conceitual e processual. A linguagem é importante para determinadas situações da representação

da informação tanto em palavras de articulação do número e manipulação da informação na memória de trabalho como durante o ato da contagem. O sistema visuoespacial aparece para representar algum conhecimento conceitual, tal como valores do número, e na representação e informação matemática de manipulação isso é moldado em um formulário espacial, como dentro uma linha de número mental.

Um transtorno se manifesta pelo déficit nas competências conceituais ou processuais que definem o domínio matemático, e estes, na teoria, decorrem dos déficits subjacentes do executivo central ou na informação representada ou manipulada (isto é, sistemas da memória de trabalho) na linguagem ou nos domínios visuoespaciais.

Ainda de acordo com Geary (1993), as crianças que utilizam estratégias imaturas de contagem (como contagem nos dedos, contagem um a um, contar a partir do menor) sobrecargam a memória de trabalho, o que pode levar erro. Esta sobrecarga na memória de trabalho decorre de dificuldades com representação da informação da linguagem, especificamente, o sistema fonético articulatório, ou de um déficit acompanhando os processos executivos, como o controle atencional. Se as representações fonéticas de palavras do número se desvanecem mais rapidamente ou a criança não consegue ouvir, então a manipulação destas representações na memória de trabalho torna-se difícil para crianças com dificuldades. Os erros processuais cometidos por essas crianças ao resolver problemas aritméticos complexos podem resultar nas dificuldades de monitoração e coordenação das sequências das etapas seguintes, sugerindo que as funções do executivo central estariam comprometidas.

Além dos estudos realizados por Geary (1993), diversos pesquisadores enfrentam outros desafios da aprendizagem matemática. Como exemplo pode-se citar os estudos realizados por Gersten *et. al.* (2005) que procuraram identificar as dificuldades na matemática e Dehaene e Cohen (1995) que desenvolveram pesquisas pelo ponto de vista biológico.

No Brasil, temos o trabalho de Santos e Silva (2008), em que o transtorno de aprendizagem (TA) caracteriza-se pelo desempenho em testes (Organização Mundial da Saúde - OMS, 1993) padronizados de escrita, aritmética e leitura abaixo do esperado, em comparação a pessoas de mesma idade, nível de inteligência e escolarização.

Dentre o TA, encontra-se o distúrbio específico chamado “Transtorno de matemática” – indivíduo normal que tem um rendimento abaixo do esperado pela idade em operações aritméticas básicas (adição, subtração, divisão e multiplicação).

De acordo com o CID-10, esse transtorno é denominado “Transtorno específico da habilidade em aritmética” ou “Discalculia infantil”. Internacionalmente, é chamado de “Discalculia do Desenvolvimento (DD)”.

É necessário considerar que dois terços das crianças com DD apresentam comorbidades como dislexia e transtorno do déficit de atenção/hiperatividade.

Gersten, Jordan e Flojo (2005), em seu artigo, referem-se a pesquisas feitas com estudantes com dificuldades em matemática para a identificação e intervenção precoce. Foram utilizados instrumentos para avaliar o senso numérico – Teste de Conhecimento Numérico que foi desenvolvido por Okamoto e Case no ano de 1996, que mediu comparação de magnitude, conhecimento de contagem, identificação numérica e memória operacional. As aplicações foram feitas com as crianças na pré-escola e depois quando estavam na 1ª série. Ao concluir o artigo, os autores afirmam que a falta de fluência nas combinações aditivas iniciais permanece crítica nas dificuldades matemáticas e precisa ser o objetivo dos esforços de intervenção para muitas crianças. Além disso, afirmam que os professores devem estar atentos aos estudantes que não dominam combinações básicas e que precisam de tempo adicional e explicações para entender os conceitos e operações.

Dehaene e Cohen (1995) explicaram o modelo do triplo código em seu artigo. Este modelo supõe que há essencialmente três categorias de representações mentais em que os números podem ser manipulados no cérebro humano: um sistema arábico visual, um sistema verbal e um sistema quantitativo. Este estudo foi feito com pacientes que tinham algum tipo de lesão cerebral, sendo excluídos aqueles que tinham lesões mal localizadas. O hemisfério esquerdo contém as representações equivalentes ao modelo do triplo código completo. Assim, ele deveria desempenhar adequadamente todas as tarefas numéricas. O hemisfério direito, por outro lado, contém os números arábitos na forma visual e a representação da magnitude, ou seja, deve ser capaz de identificar dígitos para obter uma representação das quantidades que eles representam e comparar estas quantidades. Ambos os hemisférios podem representar o sistema visual arábico e decidir se dois dígitos são iguais ou diferentes. Assim como também

podem decidir qual dos dois dígitos é o maior, sugerindo que ambos podem representar quantidades numéricas. Sendo assim, de acordo com este modelo, é possível existir atividade matemática em um só hemisfério.

Passolunghi, Vercelloni e Schadee (2006) testaram 170 crianças no início e no final da escola primária para investigar dados longitudinais nas habilidades básicas na aprendizagem da matemática. A pesquisa mostrou que os testes de memória de trabalho e habilidades da contagem são os mais discriminantes e eficientes precursores do aprendizado matemático na infância. Neste estudo os autores apontam que a habilidade fonológica não está envolvida na habilidade de aprendizagem matemática, o nível de inteligência não influencia diretamente na capacidade matemática. Para avaliar as habilidades de memória foram utilizadas as tarefas de dígitos ordem direta e inversa e lista de palavras para avaliar memória de curto prazo e memória de trabalho. As habilidades fonológicas foram avaliadas por uma série de quatro tipos de tarefas com palavras e para avaliar habilidade numérica foi feita uma tarefa de reconhecimento de produção numérica envolvendo transcodificação de números arábicos para verbais, ditado numérico, tarefa de comparação de magnitude. A habilidade de contagem foi avaliada por três testes: tarefa de conhecimento de contagem, tarefa de contagem verbal e tarefa de velocidade de contagem. Este artigo enfatiza a memória de trabalho e a contagem verbal como precursores diretos do aprendizado matemático na infância. Os resultados sugerem que consciência fonológica geralmente não é relevante no aprendizado matemático, mas que a habilidade fonológica numérica específica de contagem verbal é um bom preditor do aprendizado matemático durante o primeiro ano escolar.

Cirino, Morris e Morris (2007) se propuseram a investigar habilidades matemáticas em estudantes universitários clinicamente diagnosticados. Os autores se preocuparam mais especificamente com as habilidades de raciocínio matemático. Foram avaliados trezentos e trinta e sete universitários (foi investigado o funcionamento intelectual e acadêmico de cada estudante), utilizando as medidas da Bateria de Subtestes Psicoeducacionais de Matemática do WJ-R, Medidas de domínio do WAIS-R, BTN, PPVT-III, Teste das Trilhas, VSAT, TVPS-UL, TVMS-UL. Este estudo contribuiu para que as habilidades semânticas (AS), as funções executivas (FE) e o processamento visuoespacial (PVS) fossem preditivas de modo muito significativo para

o raciocínio matemático. Esse estudo hipotetizou que a FE, AS e PVS contribuem para as habilidades de cálculo e de raciocínio matemático aplicado. Mesmo assim, não se pode esquecer que as diferenças entre os estudos exemplificam o nível de complexidade necessário para interpretar as contribuições exclusivas dos três domínios. No entanto, investigações dos correlatos cognitivos de habilidade em matemática são necessárias para avaliar com mais compreensão as contribuições cognitivas de núcleo exclusivas para o desempenho matemático.

Bull e Espy (2006) realizaram um estudo com crianças de 6-7 anos, com base em outros estudos já realizados (BADDELEY, 1974; GEARY, 1999; ROURKE, 1993; HUNTER, 1957; entre outros). Neste estudo, evidencia-se que as FE predizem o rendimento em matemática em crianças mais velhas e parecem estar relacionadas com a proficiência em matemática, mesmo em crianças pequenas em idade escolar. Os autores ressaltam que seria exigido um formato particular de resposta aprendido dentro de uma tarefa e depois tinha que ser conscientemente inibido. As crianças foram avaliadas através de aritmética do WPSSI e PIPS. Os resultados da pesquisa informam que as limitações cognitivas na infância levam realmente a dificuldades no aprendizado de habilidades aritméticas e que as habilidades matemáticas são sustentadas por recursos verbais e visuoespaciais da memória de curto prazo em que a confiança pode variar dependendo da idade de experiência. Para crianças com pouca habilidade em matemática é mais difícil inibir informação irrelevante e permanecer focado na tarefa em questão e também é mais difícil atualizar informação na memória de trabalho e mudar com flexibilidade de uma estratégia estabilizada para outra. A natureza das habilidades executivas ainda precisa ser definida e operacionalizada totalmente (mais em crianças pequenas). As funções executivas se relacionam com o rendimento matemático em idades diferentes e em níveis variantes de complexidade matemática. Utilizando combinações diferentes de tarefas pode ser possível identificar crianças com risco de desenvolver dificuldades em matemática.

Baseados na similaridade entre os déficits associados com dificuldade de aprendizagem na matemática (DAM) e aqueles associados com discalculia adquirida, estudos neuropsicológicos da discalculia forneceram informações do potencial neural dos sistemas que contribuem para os déficits de processamento em crianças com dificuldades de aprendizagem. Indivíduos com discalculia são geralmente capazes de

contar conjuntos de objetos, de relatar a sequência correta das palavras numéricas durante o ato da contagem (por exemplo: a contagem de 1 a 20) e de compreender muitos conceitos básicos da contagem, tal como cardinalidade. Indivíduos com discalculia causada por danos no hemisfério direito, às vezes, mostram dificuldade em componentes processuais da contagem, especificamente, com dificuldades sistemáticas, apontando sucessivas vezes os objetos como eles são enumerados. No entanto, a relação entre os fatores da discalculia e do déficit de procedimentos ainda não está clara (GEARY, 2004).

Dificuldades na resolução de problemas aritméticos complexos são também comuns na discalculia dos desenvolvimentos adquiridos. A dificuldade para envolver a sequência final das operações e o monitoramento do processo de resoluções de problemas sugere um déficit no executivo central, como é normalmente encontrado em pessoas com danos no córtex frontal. Geary (2004) lembra que Temple apresentou um relato de um padrão semelhante de dificuldades processuais em um indivíduo com neurodesenvolvimento anormal no córtex frontal direito. Ele continua a ser visto como um comprometimento do córtex frontal direito e um comprometimento do executivo central que contribui para os aspectos processuais das crianças com déficits de dificuldades de aprendizagem na matemática (GEARY, 2004).

Apesar do avanço nesta área e das dificuldades enfrentadas, estes estudos exemplificam a complexidade das contribuições exclusivas de cada um deles sugerindo a necessidade de mais investigações sobre os correlatos cognitivos das habilidades matemáticas.

### **3 PROBLEMA E OBJETIVOS**

#### **3.1 PROBLEMA**

Memória de curto prazo, memória de trabalho, velocidade de processamento, processamento visuoespacial, funções executivas e atenção são funções correlacionadas com bom ou baixo desempenho matemático em crianças brasileiras?

#### **3.2 OBJETIVOS**

##### **3.2.1 Objetivo geral**

Pesquisar como se apresentam as funções neuropsicológicas da memória de curto prazo, da memória de trabalho, das funções executivas, velocidade de processamento, atenção e processamento visuoespacial de alunos de 2<sup>a</sup> série do Ensino Fundamental com bom desempenho e baixo desempenho matemático, frente à aprendizagem da matemática.

##### **3.2.2 Objetivos específicos**

Os objetivos específicos deste estudo são:

- a) Investigar como se dá a relação entre memória de curto prazo e desempenho matemático;
- b) Investigar como se dá a relação entre memória de trabalho e desempenho matemático;
- c) Investigar como se dá a relação entre funções executivas e desempenho matemático;

- d) Investigar como se dá a relação entre velocidade de processamento e desempenho matemático;
- e) Investigar como se dá a relação entre atenção e desempenho matemático;
- f) Investigar como se dá a relação entre processamento visuoespacial e desempenho matemático;
- g) Comparar os grupos quanto a estas funções neuropsicológicas.

### 3.4 QUESTÕES DE PESQUISA

- a) Os alunos com baixo desempenho na prova de aritmética apresentam déficit de memória de curto prazo?
- b) Os alunos com baixo desempenho na prova de aritmética apresentam déficit de memória de trabalho?
- c) Os alunos com baixo desempenho na prova de aritmética apresentam déficit de função executiva?
- d) Os alunos com baixo desempenho apresentam déficit de velocidade de processamento?
- e) Os alunos com baixo desempenho na prova de aritmética apresentam déficit de atenção?
- f) Os alunos com baixo desempenho apresentam déficit de percepção visuoespacial?
- g) Existe alguma função neuropsicológica mais prejudicada em alunos com baixo desempenho?
- h) Quais as dificuldades e semelhanças que são encontradas entre alunos com bom desempenho e baixo desempenho na prova de aritmética?

## 4 MÉTODO

### 4.1 DELINEAMENTO

De acordo com Creswell (2007), a estrutura da pesquisa depende da estratégia a ser utilizada para o seu desenvolvimento, seja pelos métodos quantitativo, qualitativo ou misto.

No método quantitativo empregam-se dados numéricos com a utilização de técnicas padronizadas, permitindo ao pesquisador identificar as variáveis do estudo, formular questões ou hipóteses. Utilizando padrões de validade e confiabilidade, o pesquisador seleciona instrumentos com os quais poderá classificar comportamentos e desempenhos. A utilização do método quantitativo permite a análise estatística das informações coletadas (CRESWELL, 2007).

No método qualitativo o pesquisador coleta dados emergentes abertos com o objetivo de desenvolver temas a partir dos dados (CRESWELL, 2007).

No método misto a coleta de dados envolve tanto a obtenção de informações numéricas quanto de informações de texto (CRESWELL, 2007).

Para esta pesquisa, foram utilizados instrumentos padronizados durante a fase de coleta dos dados que geraram os dados estatísticos e trouxeram respostas às questões norteadoras do trabalho. Analisamos quantitativamente as correlações entre desempenho matemático e as funções neuropsicológicas. Os dados dos subtestes da prova de aritmética foram analisados qualitativamente.

### 4.2 AMOSTRA

A amostra foi constituída por alunos de 2<sup>a</sup> série de uma Escola Estadual de Ensino Fundamental, situada na Zona Sul de Porto Alegre, frequentada por alunos de classes sociais equiparadas (média e média baixa, classificadas a partir da ABEP,

2008). Foram selecionadas duas turmas mistas (ambas as turmas são acompanhadas pela mesma professora), que comportavam alunos com bom desempenho e alunos com baixo desempenho escolar. O grupo compreende 40 alunos com idades entre 8 e 9 anos, dos quais 21 são meninas e 19, meninos. Foram excluídos da amostra alunos com uso de medicação psicotrópica, repetentes e com diagnóstico de TDAH. A autorização dos sujeitos para participação na pesquisa foi feita através de prévio contato com a escola. Após a autorização da diretora e professora, foi encaminhado o termo de consentimento para assinatura dos pais ou responsáveis. A partir da devolução dos consentimentos, foi iniciada a coleta dos dados. Foi encaminhado um total de 45 consentimentos, 40 consentimentos voltaram, autorizando a participação dos alunos. Não foram entregues os consentimentos para os alunos previamente excluídos por um dos fatores citados acima.

#### 4.3 COLETA DOS DADOS

A coleta foi feita por meio de instrumentos padronizados. Em uma sala disponibilizada pela escola foram feitas as coletas dos subtestes do WISC III (FIGUEIREDO, 2002), como é recomendável pelas normas de aplicação que se encontram no manual do teste. Num primeiro momento, foi aplicado o subteste WISCIII em todos os sujeitos da amostra de forma individual e logo após, o subteste das trilhas e de cancelamento (MONTIEL; CAPOVILLA, 2007). Após o término desta fase de coleta foi aplicada a Prova de Aritmética em outra sala (uma sala maior, onde a prova pode ser aplicada em grupos de 4 alunos), seguindo as normas de padronização dos autores (CAPOVILLA; MONTIEL; CAPOVILLA, 2007).

#### 4.4 INSTRUMENTOS

Os instrumentos utilizados, nesta pesquisa, para a avaliação neuropsicológica, compõem-se de quatro subtestes das Escalas Weschler – WISCIII (FIGUEIREDO, 2002), Teste de Cancelamento (MONTIEL; CAPOVILLA, 2007), Teste das Trilhas

(MONTIEL; CAPOVILLA, 2007) e, para a avaliação do desempenho matemático, foi utilizada a Prova de Aritmética (CAPOVILLA; MONTIEL; CAPOVILLA, 2007).

O WISC III, desenvolvido para ser usado em crianças de idade entre 6 anos a 16 anos e 11 meses, é um instrumento clínico, de aplicação individual, para avaliar a capacidade intelectual. O teste é integrado por 12 subtestes, cada um medindo um aspecto diferente da inteligência, composto por três medidas: QI verbal, QI execução e QI total, que oferecem estimativas das capacidades intelectuais do indivíduo. Adicionalmente, oferece quatro escores opcionais de índice fatoriais: compreensão verbal, organização perceptual, resistência à distração e velocidade de processamento mental.

Os quatro subtestes utilizados nesta pesquisa foram: Procurar Símbolos, Códigos, Cubos e Dígitos.

Os subtestes Procurar Símbolos e Códigos funcionam na obtenção do índice fatorial de velocidade de processamento mental. De acordo com Cunha (2000), o índice de velocidade de processamento surgiu em virtude da junção do subteste Procurar Símbolos, que reflete velocidade mental, avaliando a velocidade da atividade motora e flexibilidade cognitiva, atenção, concentração e até mesmo memória visual de curto prazo, capacidade de planejamento e coordenação visomotora, e do subteste de códigos que indica a capacidade de planejar, organizar e desenvolver estratégias. As habilidades medidas incluem cognição - processamento e componentes comportamentais e cognitivos - velocidade (FIGUEIREDO, 2002).

O subteste Cubos, de acordo com Figueiredo (2002), avalia capacidade de orientação e visualização espacial, organização perceptual e coordenação visomotora.

O subteste Dígitos avalia a memória de trabalho e a memória imediata para classes numéricas, por recordação e repetição imediata. Um bom desempenho nesse subteste está relacionado, conforme a autora, a um bom desempenho em aritmética. É um subteste que requer concentração, elasticidade, para reverter uma ordem ouvida ou automatizada (FIGUEIREDO, 2002).

O teste das Trilhas parte B (MONTIEL; CAPOVILLA, 2007) avalia a flexibilidade cognitiva e também pode avaliar as habilidades de percepção, atenção, rastreamento visual, velocidade e rastreamento visuomotor, atenção sustentada e velocidade de

processamento, a pontuação é dada pelo número de acertos, a média foi feita entre o próprio grupo da amostra (FUENTES; COLS, 2008).

O Teste de Cancelamento de Montiel e Capovilla (2007) avalia diferentes aspectos da atenção. O Teste requer seletividade visual com velocidade rápida em uma tarefa de resposta motora repetitiva, avaliando sustentação, alternância e seletividade. O teste comporta três etapas: Na primeira parte é dado um único estímulo, com várias linhas; na segunda parte, o estímulo é duplo, para ser procurado em várias linhas, e a última parte é um estímulo para cada linha. A pontuação é feita por acertos, logo, um acerto, um ponto. A média utilizada foi obtida pelo grupo de 40 alunos.

O outro instrumento, a Prova de Aritmética (PA), foi elaborado por Capovilla, Montiel e Capovilla (2007) e possui seis subtestes, com a finalidade de avaliar a escrita por extenso em forma algébrica, escrita de sequências numéricas, relação maior-menor, problemas aritméticos envolvendo as quatro operações, transcrição algébrica de problemas apresentados oralmente e com resolução com escrita algébrica e a solução por escrito de problemas apresentados de forma escrita por extenso. A prova é destinada a crianças de 1ª a 4ª série do Ensino Fundamental. A pontuação é feita pelo número de acertos do aluno; a média utilizada foi à média do grupo da amostra de 40 alunos.

#### 4.5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Após a coleta dos dados, foi realizado o levantamento dos resultados obtidos, que permitiram uma análise quantitativa das funções neuropsicológicas e a relação com o desempenho matemático. Os dados extraídos da amostra passaram pelos seguintes procedimentos de análise estatística:

Estatística descritiva da relação dos escores brutos da Prova de Aritmética (PA) entre as variáveis:

- a) correlação entre variáveis, através do Teste de Spermans;
- b) estatística descritiva para caracterizar a amostra em dois grupos: Grupo 1 Bom Desempenho e Grupo 2 Baixo Desempenho.

Foi utilizada a análise de Cluster para diferenciar os alunos em dois grupos, de forma que fossem homogêneos dentro do grupo e heterogêneos entre os grupos. Para isto, foi utilizado o conjunto de todas as variáveis pesquisadas. A divisão resultou no total de 40 alunos, 20 alunos ficaram no grupo 1 e 20 alunos ficaram no grupo 2.

A análise descritiva apontou a existência de diferenças das funções entre os grupos, permitindo, de forma geral, classificá-los como grupo com bom desempenho e baixo desempenho.

As estatísticas descritivas por grupo e os testes de hipóteses que verificam a existência de diferenças nas variáveis estudadas são apresentadas a seguir.

## 5 RESULTADOS

O desempenho matemático dos alunos foi avaliado através da Prova de Aritmética (CAPOVILLA; MONTIEL; CAPOVILLA, 2007). Esta foi a tarefa matemática utilizada para dividir através da análise de cluster o grupo de sujeitos com bom desempenho em matemática e sujeitos com baixo desempenho em matemática.

A tabela 1 apresenta a média por subtteste na Prova de Aritmética, a média geral no Desempenho matemático e a média por grupos, com desvio padrão (DP) de cada grupo e geral. O grupo 2, com baixo desempenho, apresentou resultados mais baixos, indicando que as diferenças foram localizadas nos fatos básicos.

**Tabela 1** - Média por subtteste, média geral na Prova de Aritmética, média e desvio padrão de cada grupo, segundo a prova de aritmética, n=40, grupo com bom desempenho n=20, grupo com baixo desempenho n=20.

<b>Subtestes</b>	<b>Média</b>	<b>M Grupo 1</b>	<b>M Grupo 2</b>	<b>Desvio Padrão</b>
Subteste 1 <sup>a</sup>	3,45	4,2	2,7	
Subteste 1b	3,6	4,3	2,9	
Subteste 2 <sup>a</sup>	3,07	3,8	2,35	
Subteste 2b	2,07	2,7	1,6	
Subteste 3	3,32	3,5	3,15	
Subteste 4	6,62	7,9	5,35	
Subteste 5	4,55	5,65	3,45	
Subteste 6	1,85	2,05	1,65	
Todo grupo	27,53			8,73
Grupo Bom Desempenho	34,10			6,55
Grupo Baixo Desempenho	20,95			1,06

A tabela 2 apresenta as médias dos grupos nas funções neuropsicológicas avaliadas.

**Tabela 2** – Média e desvio padrão nas funções neuropsicológicas, n=40

<b>Funções</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Média Geral</b>	<b>Desvio Padrão</b>
Velocidade de Processamento (VP)	Procurar Símbolo e Código	44,13	11,45
Memória de curto Prazo (MCP)	Dígitos Ordem Direta	6,33	1,91
Atenção seletiva 1(Asel1)	Prova de Cancelamento	26,65	10,66
Atenção Seletiva 2(Asel2)	Prova de Cancelamento	2,28	1,66
Atenção Alternada (Aalt)	Prova de cancelamento	22,90	10,06
Função Executiva (FE)	Teste das Trilhas	4,70	2,71
Memória de Trabalho (MT)	Dígitos ordem Inversa	2,50	0,96
Processamento Visuoespacial (PVE)	Cubos	18,43	6,37

A tabela 3 apresenta o estudo das correlações entre o desempenho matemático (avaliado através da Prova de Aritmética - PA) e as funções neuropsicológicas avaliadas. Os resultados da tabela 3 serão apresentados na seguinte ordem: primeiramente, as correlações entre desempenho matemático e funções neuropsicológicas e seguindo-se as correlações entre memória de curto prazo, velocidade de processamento e memória de trabalho e, posteriormente, as demais funções avaliadas.

**Tabela 3** – Correlações entre as Funções Neuropsicológicas avaliadas e a Prova de aritmética, n=40.

	<b>MCP</b>	<b>MT</b>	<b>VP</b>	<b>PVE</b>	<b>FE</b>	<b>SEI1</b>	<b>SEL2</b>	<b>Alt</b>	<b>PA</b>
MC P		,386	,631	,151	,413	,542	,265	,529	,763
MT	,386		,191	,293	,095	,173	,153	,181	,405
VP	,631	,191		,314	,442	,657	,155	,479	,721
PVE	,151	,293	,314		,202		,311	,101	,340
FE	,413	,095	,442	,202		,430	,327	,249	,424
SEL 1	,542	,173	,657		,430		,079	,615	,605
SEL 2	,265	,153	,155	,311	,327	,079	1,000	,273	,478
ALT	,529	,181	,479	,101	,249	,615	,273		,660
PA	,763	,405	,721	,340	,424	,605	,478	,660	

Como se vê, na tabela 3, a correlação entre desempenho matemático e as demais funções neuropsicológicas avaliadas entre si foi estatisticamente significativa

com exceção em relação ao processamento visuoespacial. A correlação entre desempenho matemático e a memória de curto prazo ( $r=0,763$ ,  $p<0,001$ ) foi a mais alta, seguida da velocidade de processamento. Quanto às correlações entre funções neuropsicológicas, foram estatisticamente significativas entre memória de curto prazo e velocidade de processamento ( $r=0,631$ ,  $p<0,001$ ), entre memória de curto prazo e funções executivas ( $r=0,413$ ,  $p<0,008$ ), entre memória de curto prazo e atenção seletiva ( $r=0,52$ ,  $p<0,001$ ).

Verificou-se que a velocidade de processamento apresentou correlação estatisticamente significativa com o desempenho matemático ( $r=0,721$ ,  $p=0,001$ ) e com quatro funções avaliadas: a memória de curto prazo ( $r=0,631$ ,  $p<0,001$ ) função executiva ( $r=0,442$ ,  $p<0,004$ ), atenção seletiva 1 ( $r=0,657$ ,  $p<0,001$ ) e atenção alternada ( $r=0,479$ ,  $p<0,002$ ). Também a função executiva apresentou correlação estatisticamente significativa com várias outras funções, como memória de curto prazo, velocidade de processamento e atenção seletiva.

Contrariando os dados da literatura, a memória de trabalho correlacionou-se de modo estatisticamente significativo apenas com o desempenho matemático ( $r=0,405$ ,  $p<0,009$ ) e com a memória de curto prazo ( $r=0,386$ ,  $p<0,014$ ).

E o processamento visuoespacial apresentou correlação moderada com velocidade de processamento ( $r=0,314$ ,  $p<0,049$ ).

Confirmando os dados da literatura de que o processamento visuoespacial nem sempre é um fator central no desempenho matemático, nesta pesquisa, encontrou-se correlação estatisticamente significativa apenas com o desempenho matemático e com a velocidade de processamento.

A tabela 4 apresenta as médias e o Desvio Padrão obtidos na avaliação das funções cognitivas dos grupos, com bom desempenho e com baixo desempenho matemático.

**Tabela 4** - Média e DP das funções neuropsicológicas por grupos, grupo 1 com bom desempenho n=20, grupo 2 com baixo desempenho n=20.

GRUPO	Funções	Média	Desvio padrão
1	MCP	7,65	1,53
	MT	2,65	1,08
	VP	51,55	11,07
	PVE	19,20	7,65
	FE	5,55	2,41
	Asel1	33,60	9,26
	Asel2	2,50	1,73
	Aalt	30,70	6,07
GRUPO	Funções	Média	Desvio padrão
2	MCP	5,00	1,21
	MT	2,35	0,81
	VP	36,70	5,53
	PVE	17,65	4,85
	FE	3,85	2,79
	Asel1	19,70	6,76
	Asel2	2,05	1,60
	Aalt	15,10	6,54

As diferenças entre os grupos 1 e 2 foram obtidas através do Teste Mann Whitney, como pode ser visto na tabela 5. Estas diferenças foram estatisticamente significativas entre desempenho matemático e memória de curto prazo, velocidade de processamento, função executiva, atenção seletiva1 e atenção alternada. Não foram encontradas diferenças significativas entre desempenho matemático e memória de trabalho, desempenho matemático e processamento visuoespacial e desempenho matemático e atenção seletiva2.

**Tabela 5** - Diferenças entre os grupos, quanto ao desempenho matemático e as funções avaliadas

Funções Neuropsicológicas	Mann Whitney	P valor
Memória de curto prazo	32,0	0,000
Memória de trabalho	150,5	0,147
Velocidade de processamento	40,00	0,000
Processamento visuoespacial	155,5	0,227
Funções executivas	112,5	0,017
Atenção seletiva 1	36,5	0,000
Atenção seletiva 2	167,0	0,362
Atenção alternada	14,00	0,000
Prova de aritmética	17,00	0,000

Na tabela 6, observa-se que o subtteste 4, que avalia a escrita na forma algébrica de resposta a problemas aritméticos das quatro operações, foi a tarefa matemática em que os alunos, de modo geral, encontraram mais facilidade. Os subttestes 2b e 6 foram as tarefas matemáticas em que os alunos encontraram maior dificuldade, onde eles precisavam realizar a escrita de sequência numérica decrescente de três em três números e, no subtteste 6, que avalia a solução de problemas apresentados de forma escrita por extenso, respectivamente. Este instrumento foi avaliado qualitativamente.

**Tabela 6** Subtteste da Prova de Aritmética, média geral n=40, média por subtteste n=40.

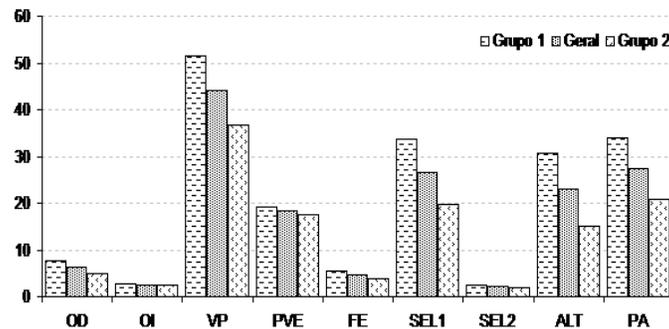
Aluno	Subtteste 1a	Subtteste 1b	Subtteste 2a	Subtteste 2b	Subtteste 3	Subtteste 4	Subtteste 5	Subtteste 6	Total PA
1.Ali	5	5	5	2	1	10	8	1	37
2.And	4	4	5	0	4	7	2	1	37
3.Car	4	4	0	0	4	5	6	2	44
4.Cãs	4	4	4	4	4	8	4	3	25
5.Gab	4	4	4	4	0	99	4	2	35
6.Har	5	5	0	0	4	11	2	2	31
7.Ism	3	5	5	0	4	6	7	2	32
8.Joam	4	4	5	5	4	11	6	1	40
9.Joap	5	5	5	5	4	12	10	3	49
10.Jul	4	4	5	0	4	7	0	1	25
11.Kar	4	4	0	0	1	7	11	1	24
12.Ker	4	4	5	2	4	8	3	1	21
13.Ly	4	4	5	4	1	8	7	3	36
14.Mat	4	4	2	0	4	7	5	2	28
15.Myl	4	4	5	5	4	4	1	2	25
16.Nata	4	5	5	2	4	11	8	3	42
17.Nat	4	5	5	2	1	9	9	2	33
18.Per	3	4	5	5	4	6	0	2	26
19.Raf	4	4	4	5	4	4	3	2	30
20.Thi	5	5	5	4	4	8	8	2	37
21.Thi	4	4	5	0	4	6	5	2	30
22.Vit	5	5	0	0	4	8	3	2	27
23.Wag	5	5	5	5	4	7	6	2	39
24.Wes	5	5	3	2	4	7	7	2	35
25.Wil	4	2	3	1	0	6	0	0	16
26.Na	2	3	4	2	4	6	5	2	21
27.Andr	2	3	3	3	4	3	4	2	23
28.Bre	3	2	0	2	4	5	5	2	22
29.Chr	2	3	4	3	1	4	4	2	20
30.Dou	3	3	3	3	0	5	4	2	19
31.Edu	2	0	2	1	4	5	5	2	12
32.Gab	2	3	3	2	4	5	4	2	15
33.Gis	3	0	0	0	3	2	2	0	14

Continua

Aluno	Subteste 1a	Subteste 1b	Subteste 2a	Subteste 2b	Subteste 3	Subteste 4	Subteste 5	Subteste 6	Total PA
34.Joa	3	2	2	2	4	3	2	2	20
35.Jul	3	3	1	1	4	2	1	1	17
36.Lar	2	3	2	2	5	5	5	1	25
37.Mate	3	2	1	1	4	5	4	2	22
38.Mon	3	2	2	2	4	3	2	2	20
39.Nic	2	3	2	1	2	4	3	2	19
40. Pau	3	3	2	2	4	4	4	2	26
MG	3,45	3,6	3,07	2,07	3,32	6,62	4,55	1,85	27,55
MG1	4,2	4,3	3,8	2,7	3,5	7,9	5,65	2,05	34,10
MD2	2,7	2,9	2,35	1,6	3,15	5,35	3,45	1,65	20,91

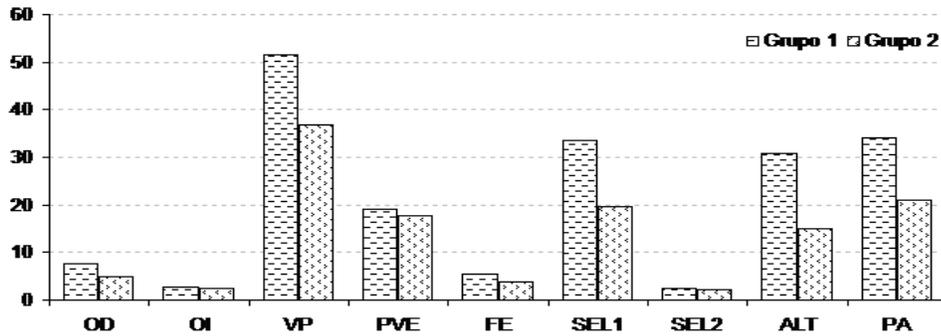
A seguir será apresentado um gráfico comparativo 1 que mostra as funções neuropsicológicas X grupos.

O gráfico 1 apresenta as médias geral, grupo com bom desempenho e grupo com baixo desempenho, quanto às funções neuropsicológicas.



**Gráfico comparativo 1 – Funções neuropsicológicas X Grupos**

A seguir, será apresentado o gráfico comparativo 2 do grupo com bom desempenho e grupo com baixo desempenho X funções neuropsicológicas.

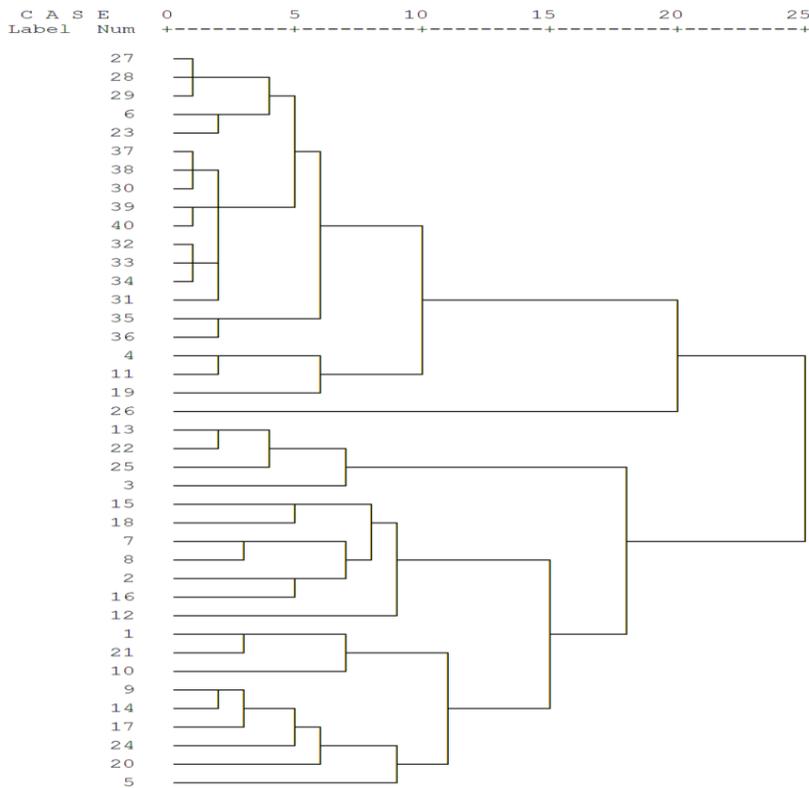


Legenda:

OD – memória de curto prazo OI - memória de trabalho VP -velocidade de processamento PVE processamento visuoespacial FE função executiva SEL1 e 2 atenção seletiva ALT- atenção alternada PA- desempenho matemático

**Gráfico Comparativo 2** – Grupo com bom desempenho e grupo com baixo desempenho X funções neuropsicológicas.

A seguir será apresentado o gráfico de Cluster, onde os números representam cada um dos sujeitos da pesquisa, quanto ao desempenho na prova de aritmética.



## 5.1 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados confirmam a relação entre desempenho matemático e todas as funções neuropsicológicas aqui analisadas. Dentro dos limites deste trabalho, os resultados comprovam que os processos neuropsicológicos são importantes para o desempenho matemático como destacaram Geary (1995), Alonso e Fuentes (2001) e Dehaene e Cohen (1995). Como já foi destacado, Dehaene e Cohen (1995) foram os pioneiros em relacionar o desempenho matemático com o funcionamento cognitivo. Eles propuseram um modelo para os processos mentais e circuitos neuroanatômicos envolvidos no processamento de números e aritmética mental. Este modelo foi denominado de triplo código, no qual Dehaene e Cohen (1995) afirmam que as representações numéricas estão representadas em ambos os hemisférios, embora não simetricamente. Geary (1995) afirma que agora podemos compreender o funcionamento neuropsicológico que contribui para o desenvolvimento, embora ainda tenha muito para ser aprendido sobre esses mecanismos, de como operam e mudam de uma tarefa matemática para outra. No entanto, já se sabe que as funções neuropsicológicas subjazem ao desenvolvimento cognitivo no domínio matemático. Alonso e Fuentes (2001) comentam sobre a importância das funções neuropsicológicas, que, quando estão dissociadas com frequência, podem interferir no processamento numérico.

As correlações entre desempenho matemático e as funções neuropsicológicas avaliadas foram, quase todas, estatisticamente significativas. Assim, destaca-se a importância do desenvolvimento neuropsicológico típico na aprendizagem da matemática. Qualquer uma dessas funções evidencia a complexidade do conhecimento, fazendo-se notar as diferentes habilidades e conceitos que, por sua vez, dependem do funcionamento cognitivo como um todo.

### **Velocidade de processamento**

Muitas das tarefas escolares envolvem rapidez, como a possibilidade de fazer correspondências numéricas, pois estão diretamente ligadas com a atenção. Desse modo, se o aluno estiver concentrado, seu desempenho tende a ser mais veloz, assim como a rapidez de processamento facilita a concentração (ALMEIDA; RIBEIRO, 2005).

A relação entre velocidade de processamento e desempenho matemático foi bastante expressiva, bem como a relação entre velocidade de processamento com as demais funções neuropsicológicas. Nossos dados confirmam também os estudos de Almeida e Ribeiro (2005), entre outros, que assinalam a relação estatisticamente significativa entre desempenho matemático e velocidade de processamento. De acordo com os autores, quanto mais rápido forem recuperadas e processadas as informações importantes para a resolução de problemas, maior é a possibilidade dos alunos saírem-se bem nas tarefas matemáticas, pois a velocidade e eficiência com que são executadas revelam-se fundamentais na resolução de tarefas simples e complexas.

Na atual pesquisa, os alunos que obtiveram melhor desempenho matemático na Prova de Aritmética também se mostraram melhores em velocidade de processamento. Os alunos que conseguiram ser mais rápidos saíram-se melhor na tarefa matemática. Como indica Travis (1997), a velocidade de processamento é um componente importante na aprendizagem e sua falta pode indicar desenvolvimento alterado e desempenho afetado. A velocidade de processamento apresentou diferença estatisticamente significativa entre os grupos com bom e baixo desempenho.

Esta correlação entre velocidade de processamento e funções executivas confirma que os alunos necessitam de flexibilidade cognitiva para realizar uma tarefa matemática. Quando tem que passar de uma estratégia para outra passa pela consideração das funções do executivo central da memória de trabalho. Esta questão será retomada na continuidade desta análise. Os resultados deste estudo mostram que a lentidão pode comprometer a flexibilidade cognitiva.

Neste trabalho, a correlação da velocidade de processamento com atenção seletiva 1 e atenção alternada foi expressiva, indicando que, no momento da realização de uma tarefa, se o aluno tem capacidade de concentração, terá melhores condições de velocidade de execução e de raciocínio evidenciando que os processos atencionais

são fundamentais para o desenvolvimento das tarefas matemáticas, num ritmo de processamento adequado (ALMEIDA; RIBEIRO, 2005). De acordo com Montiel e Capovilla (2007), a velocidade de processamento é um componente importantíssimo para o funcionamento da atenção.

A velocidade de processamento mostra ainda uma correlação moderada com o processamento visuoespacial. Como Gordo (1993) verificou em sua pesquisa, na medida em que os processos visuoespaciais estão em declínio, o raciocínio fica mais lento.

No presente estudo, não foi possível constatar uma correlação entre velocidade de processamento e memória de trabalho. Este resultado contraria algumas pesquisas, como a de Almeida e Ribeiro (2005), que referem que, quanto mais velozmente forem recuperadas e processadas as informações, mais rápida será a codificação da informação e menor será a sobrecarga do sistema da memória de trabalho. A velocidade de processamento está relacionada com a velocidade em que o aluno resolve uma tarefa matemática. O processamento, quanto mais rápido, libera recursos cognitivos e torna mais eficiente o uso da memória de trabalho (FLETCHER, 2009).

A discrepância entre os dados da literatura e os achados da pesquisa ora analisada devem ser cautelosamente estudados. Entre as explicações possíveis pode-se mencionar o número de sujeitos e as características da população. As pesquisas sobre as dificuldades na aprendizagem matemática têm se desenvolvido em diferentes níveis de escolaridade, utilizando instrumentos e critérios de correção. Portanto, é preciso revisar os procedimentos, instrumentos e critérios utilizados nesta pesquisa. O procedimento de aplicação do instrumento foi seguido conforme orientações do manual do teste (FIGUEIREDO, 2002), mas, ainda assim, não foi suficientemente sensível para diferenciar os desempenhos entre os bons e os maus resultados. Entretanto, a memória de trabalho deve continuar a ser investigada, pois, nesta amostra, até mesmo os sujeitos que apresentaram bom desempenho em matemática não conseguiram bom resultado em memória de trabalho, logo, não ficou evidenciada uma diferença estatisticamente significativa entre os grupos.

### **Memória de curto prazo**

A correlação entre desempenho matemático e memória de curto prazo evidencia a necessidade na matemática de relacionar informações de segundo a segundo. A perda da informação, em segundos, impede o aluno de estabelecer relações numéricas. A memória de curto prazo apresentou diferença estatisticamente significativa entre os grupos com bom e baixo desempenho.

No presente estudo, a correlação estatisticamente significativa entre desempenho matemático e a memória de curto prazo corrobora os dados da literatura. Encontramos correlação entre a memória de curto prazo e as demais funções neuropsicológicas (velocidade de processamento, função executiva, atenção seletiva 1 e atenção alternada). Assim, a memória de curto prazo, ou seja, os processos atencionais estão definitivamente ligados ao desempenho matemático. Avaliando as crianças, Bull e Espy (2006) ressaltam que as limitações cognitivas, na infância, levam realmente a dificuldades no aprendizado matemático, que são sustentados por recursos verbais e visuoespaciais da memória de curto prazo. De acordo com Passolunghi, Vercelloni e Schadee (2006), a memória de curto prazo está mais relacionada com a área fonológica, sendo responsável pela recuperação de codificação fonológica, e, em sua pesquisa, ficou evidenciado que a memória de curto prazo é um preditor para o aprendizado matemático durante a inicialização escolar.

### **Funções executivas**

Segundo Fuentes *et al.* (2008), as funções executivas constituem um grupo de habilidades crucial para a aprendizagem escolar. A capacidade das crianças aplicarem com flexibilidade procedimentos para chegar a um resultado, significa que a criança poder mudar o curso das suas ações e /ou pensamentos, de acordo com as exigências da atividade, sem rigidez de pensamento.

A correlação encontrada entre o desempenho matemático e a função executiva corroborou pesquisas que relacionam o desempenho matemático e função executiva. Entre as funções executivas, Cirino, Moris e Moris (2007) afirmam que a flexibilidade cognitiva como um fator importante contribui para a proficiência em matemática de

escolares, pois as crianças precisam aplicar flexivelmente raciocínios e procedimentos matemáticos diferentes para obterem soluções matemáticas corretas.

Justifica-se a correlação encontrada entre a memória de curto prazo e a função executiva, pois, no momento de realização da tarefa, é importante ter flexibilidade para raciocinar de acordo com o que é filtrado pela memória de curto prazo. Na presente pesquisa, evidenciou-se, de forma muito clara, que a rigidez prejudica o desempenho das atividades matemáticas. Os dados mostram que a rigidez de pensamento impede a flexibilidade cognitiva que a matemática exige. Exemplo disso foi a dificuldade das crianças para intercalar a adição e a subtração. A tendência era persistir com uma só operação – a adição ou a subtração – sendo incapazes de inibir respostas predominantes (FUENTES *et al.*, 2008).

A capacidade de aplicar flexivelmente procedimentos matemáticos diferentes para se obter soluções corretas seria a capacidade dos alunos mudarem suas estratégias procedurais (CIRINO; MORRIS; MORRIS, 2007). As crianças com baixo desempenho, na pesquisa, não evidenciaram um bom funcionamento desta função. Presas à utilização do ábaco, único recurso utilizado em sala de aula, não conseguiam utilizar procedimentos diferentes para realizar as operações propostas. A correlação com a atenção, principalmente alternada, demonstra que, para que o aluno possa realizar uma tarefa com condições de ir e vir, na sua linha de pensamento, é preciso que esteja concentrado.

A flexibilidade cognitiva apresentou diferenças estatisticamente significativas entre os grupos com bom e baixo desempenho. O grupo com bom desempenho evidenciou capacidade de inibição da informação irrelevante, pois suas respostas eram rápidas e precisas, já o grupo com baixo desempenho cometia mais erros dando respostas aproximadas, mas incorretas, mostrando a dificuldade na inibição de informações irrelevantes. Para as crianças que apresentam dificuldades em matemática, é mais difícil inibir informações irrelevantes e permanecer focado na tarefa em questão, Bull e Espy (2006) apontam que as funções são distinguíveis, mas não independentes, e que, em algumas pesquisas, foi sugerido que todas as funções envolvem algum tipo de processo inibitório. Ainda de acordo com Bull e Espy (2006), as crianças com poucas habilidades matemáticas têm maior dificuldade em atualizar

informações na memória de trabalho e mudar com flexibilidade de uma estratégia estabilizada para outra.

## **Atenção**

Passamos agora a analisar as correlações entre as formas de atenção com as demais variáveis estudadas. A atenção requer uma percepção direcionada, que focaliza e seleciona estímulos, e a resistência à distração serve como mecanismo de filtragem para garantir um processamento adequado. Consultando extensa bibliografia, Nahas e Xavier (2006) explicam que a falta de atenção afeta a memória, a velocidade de processamento e a flexibilidade de pensamento.

Nesta pesquisa, foram avaliadas diferentes formas de atenção. A atenção apresentou diferença estatisticamente significativa entre os grupos com bom e baixo desempenho. Os subtestes que avaliam a atenção seletiva 1 e atenção alternada foram os subtestes que permitiram uma maior correlação com o desempenho matemático, e também com as demais funções avaliadas nesta pesquisa. O subteste de atenção seletiva 2, segundo os autores Montiel e Capovilla (2007), exigiria um grau de dificuldade maior por apresentar um estímulo duplo e, portanto, exigiria recursos da memória de trabalho. Entretanto, nesta pesquisa, não foi possível verificar este mesmo resultado, pois os alunos encontraram maior facilidade para identificar os estímulos duplos do que os estímulos únicos. Novamente, nos deparamos com as insuficiências nas tarefas que avaliam também a atenção.

As diferentes formas de atenção apresentam forte correlação com o desempenho matemático (avaliado através da Prova de Aritmética), evidenciando que esta é uma função diretamente ligada a esse desempenho, pois o processamento numérico exige precisão, continuidade, seleção e organização dos estímulos (NAHAS; XAVIER, 2006).

Pesquisas como de Lima (2006) e Tortella (2008) evidenciam que a atenção é uma função capaz de subsidiar a organização dos processos mentais. Segundo Lima, para que a atenção possa selecionar qual estímulo deverá ser analisado em detalhes e qual será escolhido para guiar o comportamento, ou seja, romper o foco de um estímulo para engajar em outro e assim realizar a tarefa matemática, é necessário ignorar os estímulos que não serão úteis para solucionar determinado problema.

De acordo com Nahas e Xavier (2006), a atenção seletiva é adaptativa, implica resistência à distração, podendo garantir o processamento perceptual, facilitando a execução das tarefas matemáticas. No grupo com baixo desempenho, igualmente há outras funções prejudicadas, há uma dificuldade de concentração que afeta a resolução das atividades matemáticas.

Quanto à atenção alternada, o grupo com baixo desempenho apresentou dificuldade para realizar as tarefas matemáticas, quando estas exigiam que mudasse o foco de atenção. No momento em que se alternava uma linha de estímulos com outra, as crianças encontraram dificuldades para retornar a tarefa a ser realizada (MONTIEL; CAPOVILLA, 2007).

### **Memória de trabalho**

A função a ser examinada a seguir é a memória de trabalho. Nessa pesquisa, a memória de trabalho evidenciou correlação com desempenho matemático (Prova de Aritmética - PA), e com a memória de curto prazo, porém, não se evidenciou correlações com as demais funções avaliadas.

Entretanto, a importância da memória de trabalho, no desempenho matemático, é destacada pela maior parte das pesquisas, entre elas, a de Geary (1993), que sugere que recursos pobres na memória de trabalho não só levam a dificuldades em executar procedimentos de cálculo, como também, podem afetar o aprendizado de fatos numéricos. Butterworth (2005) afirma que o desenvolvimento das aprendizagens deve ser automatizado para serem resgatados da memória implícita, possibilitando um melhor alcance da memória de trabalho. De acordo com Bull e Espy (2006), a habilidade de reter, manipular e atualizar informações na memória de trabalho tem sido apontado como de crucial importância para o desempenho matemático de crianças de todas as idades. Gersten *et al.* (2005) afirmam que a habilidade de armazenar informações na memória e facilmente recuperá-la ajuda os alunos a construir conhecimentos de princípios matemáticos.

Como já foi visto, é necessário continuar investigando a memória de trabalho. Nossos resultados mostram ainda uma correlação estatisticamente significativa entre a memória de curto prazo e a memória de trabalho indicando que essa habilidade influencia diretamente na capacidade matemática. Passolunghi *et al.* (2006)

evidenciaram maior correlação entre a memória de trabalho e desempenho matemático. Neste estudo, a maior correlação encontrada foi entre desempenho matemático e memória de curto prazo. Como menciona Passolunghi *et al.* (2006), as pesquisas relacionadas à memória de curto prazo e memória de trabalho como precursores da aprendizagem matemática ainda apresentam resultados contraditórios. Também quanto à relação entre memória de trabalho e função executiva, funções que não se correlacionam de forma estatisticamente significativa, é possível que a avaliação mais específica do funcionamento do executivo central da memória de trabalho trouxesse mais esclarecimentos.

Um dos caminhos atualmente apontados pelos pesquisadores (BULL; ESPY, 2006) é o da avaliação específica de cada um dos componentes da memória de trabalho. Neste caso, seria útil ter-se avaliado, em especial, o funcionamento do executivo central.

### **Processamento visuoespacial**

Constatou-se ainda a inexistência de diferenças entre os grupos com bom desempenho e com baixo desempenho. O processamento visuoespacial, evidenciou correlação moderada com o desempenho matemático, mas não com as demais funções. De acordo com Gordo (1993), o processamento visuoespacial está relacionado com a capacidade dos alunos compreenderem e conseguirem reconhecer e interpretar as tarefas matemáticas, que estão relacionadas com as imagens visuais. De acordo com a autora, esta capacidade tem poder integrativo e pode ser utilizada para a concretização de ideias abstratas que o raciocínio matemático exige.

Na atual pesquisa, verificou-se alta pontuação no teste de cubos. As crianças evidenciaram dificuldades na construção da reta numérica mental e compreensão do sistema posicional. Vale destacar que a observação da pesquisadora sobre o desempenho das crianças, no teste de cubos, não coincide com a alta pontuação obtida no teste, de acordo com a padronização (FIGUEIREDO, 2002).

Os resultados das pesquisas sobre processamento visuoespacial são controvertidos. Muitas pesquisas não referem o processamento visuoespacial como uma função importante para o desempenho matemático, enquanto outros autores reconhecem essa importância, pois as imagens figurativas nessa perspectiva podem

servir com apoio do raciocínio numérico. Drouet (1990) refere que a percepção visuoespacial e a memória são indispensáveis para a realização de tarefas matemáticas. Crianças com dificuldades nestas funções não elaboram nem armazenam uma imagem mental da sequência de números.

Fletcher (2009) afirma que a resolução de problemas envolve cálculos, linguagem, raciocínio e habilidades de leitura e talvez, também, habilidades visuoespaciais. O sucesso da aprendizagem matemática exige que o aluno esteja atento, organizado, sendo capaz de alterar conjuntos e que trabalhe com rapidez suficiente para não sobrecarregar a memória de trabalho que retém as informações necessárias para o acesso imediato a diferentes tipos de informações.

### **Prova de aritmética**

Segundo Vasconcelos (2005), as competências matemáticas estão associadas a uma gama de funções cognitivas, entre elas, atenção, memória, funções executivas e orientação espacial. Na Prova de Aritmética, foi possível observar teste a teste o desempenho dos alunos e das funções envolvidas através de uma análise qualitativa.

No subtteste 1a, que avalia a escrita por extenso de números apresentados em forma algébrica, o grupo 1 (grupo com bom desempenho  $m=4,2$ ) resolveu rápido e precisamente a atividade e obteve desempenho acima da média, evidenciando que compreenderam a atividade. Enquanto o grupo 2 (com baixo desempenho) mostrou maior dificuldade pela falta de automatização da transcodificação numérica. Esta dificuldade em reconhecer e escrever os números por extenso pode ser compreendida como prejuízo nas funções neuropsicológicas, tais como atenção, memória de trabalho, memória de curto prazo. Se os números já estivessem automatizados, não encontrariam dificuldades para reconhecê-los e escreveriam por extenso os números apresentados. No subtteste 1b, onde os números são falados pelo aplicador e os alunos devem escrever de forma algébrica, foi semelhante ao subtteste 1a. Entretanto, neste momento, muitos alunos faziam questionamentos, pois não lembravam como registrar o número que estava sendo ditado.

No subtteste 2a e 2b, observaram-se mais insegurança nas respostas quando se tratava de transcodificação visual para algébrica. Sendo assim, parece que a transcodificação numérica ainda não está automatizada. O subtteste 2a avalia a escrita

de sequências numéricas em ordem crescente e, no subteste 2b, que avalia a escrita de sequências numéricas em ordem decrescente, foi evidente que os alunos encontram maior dificuldade quanto à ordem decrescente de três em três números. Muitos alunos não conseguiram completar a tarefa, evidenciando a falta de construções de uma linha numérica mental. De acordo com Dehaene e Cohen (1995), há uma fórmula visual de números algébricos em que os números são representados mentalmente como uma linha de dígitos, num esboço visuoespacial, e isto está indicando imprecisão no significado dos números. Os alunos não apresentavam flexibilidade cognitiva, velocidade de processamento, processamento visuoespacial, memória de trabalho e memória de curto prazo. De acordo com Capovilla *et al.* (2007), o lobo parietal esquerdo é que media as habilidades sequenciais, a ordem sequencial, exigindo que os alunos processem a informação de modo que possam realizar a contagem crescente 2 a 2 e decrescente 3 a 3.

No subteste 3, que avalia a relação maior-menor, o grupo ficou equiparado pelas médias, mostrando que os alunos têm pouca ou nenhuma dificuldade para identificar qual número é o maior entre os pares. Apenas quatro crianças não conseguiram realizar a tarefa. Estes alunos também apresentaram outros déficits quanto às funções avaliadas. Alonso e Fuentes (2001) afirmam que, se os alunos não têm esta representação do processamento numérico de quantificar, eles não conseguem responder as tarefas solicitadas, como dizer qual número é maior que o outro. A dificuldade de comparar magnitudes tem sido apontada em diversas pesquisas (BULL; ESPY, 2006). Na presente pesquisa, não encontramos diferenças significativas entre os grupos. Entretanto, foram encontradas evidências das diferenças individuais.

O subteste 4 avalia a escrita de forma algébrica de respostas a problemas aritméticos das quatro operações, que também são apresentados na forma algébrica. Como esperado, nenhum aluno fez a pontuação máxima, pois não tinham conhecimento de multiplicação e divisão com dezenas por estarem na 2ª série. Os maiores índices de acertos foram com as operações envolvendo 1 dígito e de adição, seguidas das operações de subtração simples. Foi possível perceber que alguns alunos tentaram resolver as tarefas de multiplicação e resolveram a questão através de adições sucessivas, demonstrando flexibilidade cognitiva, ao tentar utilizar seus conceitos iniciais de multiplicação. Entretanto, várias crianças evidenciaram que esta

estratégia trouxe uma sobrecarga da memória de trabalho, por estas informações não estarem automatizadas. Foi possível perceber ainda que os exercícios com menos índices de acertos foram os de subtração e divisão. Este resultado mostra que os alunos sem automatização dos fatos básicos revelam dificuldades no entendimento dos cálculos e na compreensão dos valores posicionais.

No subtteste 5, que avalia a transcrição algébrica de problemas apresentados oralmente e a resolução escrita que deve ser dada na forma algébrica, o desempenho dos alunos caiu consideravelmente em relação às outras tarefas matemáticas da Prova de Aritmética. Os alunos evidenciaram grande dificuldade em escutar para poder transcrever, demonstrando falhas no reconhecimento de números com dezenas. De acordo com Dehaene e Cohen (1995), na transcodificação, é necessário que os alunos possam fazer uma associação entre as representações arábicas e verbais. Mesmo alguns alunos com bom desempenho apresentaram esta dificuldade, pois, em média, acertaram 47%. Já entre os alunos com baixo desempenho o resultado foi mais crítico: como grupo, acertaram 28% das questões. Algumas crianças enfrentaram mais dificuldades na transcodificação do que no cálculo, que puderam resolver. Esta dificuldade de transcodificação é encoberta, na escola, pela utilização de material impresso.

O subtteste 6 avalia a solução por escrito de problemas apresentados de forma escrita por extenso. Os alunos, de um modo geral, evidenciaram não saber interpretar os problemas, solicitando ajuda para poder resolvê-los e até utilizaram apoio gráfico (bolinhas, pauzinhos), mostrando assim que a flexibilidade cognitiva está prejudicada. Na resolução de problemas apresentados verbalmente, destacaram-se problemas na interpretação da leitura, falta de conhecimentos prévios e falta de automatização de conhecimentos e procedimentos que já deveriam estar automatizados. De acordo com Butterworth (2005), as habilidades que necessitam ser adquiridas incluem ler e escrever números, contar objetos de um conjunto, calcular nas quatro operações aritméticas básicas, ler em voz alta, escrever números, lidar com dinheiro, entre muitas outras. Todas essas habilidades são bem complexas e com o desenvolvimento destas aprendizagens, elas devem ser automatizadas para serem resgatadas da memória, possibilitando um melhor alcance da memória de trabalho.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para Silver e Cols (2007), a avaliação neuropsicológica tende a ser muito útil quando nenhum problema médico é reconhecido e quando existe a suspeita de um aluno com transtorno de aprendizagem. Nesse caso, uma avaliação neuropsicológica se faz necessária para determinar quais funções cerebrais não estão trabalhando adequadamente, permitindo a identificação dos pontos fortes e fracos, auxiliando assim as possíveis intervenções.

Ao se retomar o objetivo geral deste estudo, ou seja, o modo como se apresentam as funções neuropsicológicas frente ao desempenho matemático, percebe-se uma significativa correlação entre desempenho matemático e funções neuropsicológicas, sendo possível verificar alguns aspectos mais evidentes desta relação.

Respondendo as questões de pesquisa, é possível afirmar que, numa 2ª série do Ensino Fundamental de uma escola pública de Porto Alegre, existe uma relação entre o desempenho matemático e as funções neuropsicológicas. A memória de curto prazo, a velocidade de processamento, a função executiva e a atenção são funções subjacentes que auxiliam na organização, realização, e ordenação das tarefas matemáticas, ao serem correlacionadas significativamente com o desempenho matemático.

Os resultados do grupo com bom desempenho quanto à memória de curto prazo sugerem que os processos atencionais envolvidos facilitam aos alunos maior concentração para realizarem as tarefas com maior velocidade e precisão. Evidenciaram também que estes alunos possuem maior flexibilidade para solucionar as tarefas solicitadas, sejam elas conhecidas ou não. A flexibilidade cognitiva é também a organização do conhecimento, proporcionando mais velocidade de processamento e ocorre conforme a noção de desenvolvimento da atividade matemática.

As tarefas matemáticas se correlacionam com o conjunto destas funções, apontando que o processamento das informações parece ser mais eficiente nas crianças que compõem o grupo com bom desempenho. Os alunos que fazem parte

deste grupo evidenciam que suas funções não apresentam déficits quanto à realização das tarefas matemáticas. Os bons índices alcançados na Prova de Aritmética também indicam a importância da focalização da atenção e do controle dos estímulos distratores e uma eficiência para a resolução das tarefas matemáticas.

No grupo com baixo desempenho na Prova de Aritmética, foi possível observar um déficit cognitivo nas funções analisadas. Logo, o déficit encontrado nas funções se reflete no desempenho para a realização das tarefas matemáticas. Estas crianças têm dificuldade para relacionar os símbolos arábicos e a quantidade que representam. Ao não fazer relações, a memorização não se consolida, pois as informações chegam pela memória de curto prazo e não são manipuladas na memória de trabalho.

Nesta pesquisa, existe uma diferença entre os alunos com baixo desempenho e alguns com bom desempenho que não conseguiram ligar as novas informações ao conhecimento prévio armazenado na memória de curto prazo para fazer as associações necessárias. Como resultado desses obstáculos, a lentidão de processamento e a falta de automatização dos fatos numéricos sobrecarregam a memória de trabalho impedindo agilidade nos processos de pensamento.

É indispensável enfatizar ainda que foi encontrada uma frequência maior de erros e de omissões nas tarefas de subtração, multiplicação, transcrição algébrica, provavelmente, por serem exercícios que não apresentam solução rápida a partir de uma única estratégia. Percebe-se no grupo com baixo desempenho uma maior dificuldade para realizar as tarefas que avaliavam a memória de trabalho, a função executiva e atenção. Já as tarefas de memória de curto prazo, processamento visuoespacial e velocidade de processamento foram resolvidas sem, aparentemente, evidenciarem dificuldades de entendimento. Também é preciso enfatizar que no desenvolvimento deste trabalho verificou-se de forma positiva, que todas as tarefas propostas foram percebidas de forma lúdica, pois era evidente o entusiasmo dos alunos em participarem da pesquisa.

Com exceção da Prova de Aritmética que provocou muita ansiedade, as demais atividades foram encaradas como lúdicas, ou seja, fora do currículo. Também é preciso enfatizar que a interação com a pesquisadora, no desenvolvimento das tarefas, foi percebida de forma lúdica pelas crianças. Cabe perguntar até que ponto isso contribuiu para a eficácia do desenvolvimento matemático.

Este estudo evidenciou a importância de se investigar a relação entre desempenho matemático e as funções neuropsicológicas subjacentes. Pode contribuir assim para o entendimento das dificuldades dos alunos com baixo desempenho. A comparação do desenvolvimento matemático dos alunos com bom desempenho apontou um melhor funcionamento neuropsicológico.

Seria pertinente recomendar que sejam realizados outros estudos, em que seriam incluídos outros instrumentos de investigação da matemática, além da Prova de Aritmética, para que se pudesse observar a construção de conceitos matemáticos. Seria relevante para um próximo estudo verificar se as funções prejudicadas afetam mais o desempenho em matemática ou em outras áreas também.

É importante recomendar, de acordo com Bull e Espy (2006), a inclusão de temas relacionados às funções neuropsicológicas e desempenho matemático na formação inicial e continuada de professores do Ensino Fundamental e séries iniciais e também as formas de abordar o ensino da matemática. Constatou-se a importância dos professores incluírem atividades interativas e a utilização de materiais que possam desenvolver a memória de trabalho e as demais funções neuropsicológicas. Este é um grande desafio para os educadores, pois é essencial que possam refletir sobre como poderão integrar o desenvolvimento dessas ao ensino da matemática e as diversas formas de despertar o interesse dos alunos, contribuindo para um melhor desenvolvimento, não só da matemática, mas de uma forma geral.

Esta temática para a educação tem uma relevância por possibilitar aos educadores uma melhor visão acadêmica dos alunos, no curso de suas aprendizagens. Se os educadores tiverem a possibilidade de ter outro olhar sobre o aluno e suas dificuldades, poderão entender e auxiliar os mesmos, evitando rótulos e falsos diagnósticos

Este estudo buscou auxiliar o preenchimento da lacuna referente às pesquisas brasileiras sobre desempenho matemático e funções neuropsicológicas. Outros estudos, em nossa realidade, se fazem necessários nesta área, principalmente envolvendo mais instrumentos para se avaliar as funções e a tarefa matemática.

Por fim, percebe-se o quanto pode ser produtiva a contribuição da neuropsicologia para a Educação na medida em que houver uma aproximação do conhecimento das funções neuropsicológicas relacionadas às atividades praticadas em

sala de aula. Desta forma, é possível contribuir para uma melhor compreensão do processo ensino-aprendizagem. É importante também buscar novas metodologias que auxiliem na aprendizagem dos processos matemáticos por um maior número de alunos. Bull e Espy (2006) afirmam que uma compreensão mais profunda das limitações cognitivas nos ajudará a desenvolver estratégias de ensino para superar ou contornar essas atividades.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. S.; RIBEIRO, I. S. **Velocidade de Processamento da Informação na Definição e Avaliação da Inteligência**. Universidade do Minho, Instituto de Educação e Psicologia. Braga-Portugal.
- AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION. **Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais: DSM IV**. Porto Alegre: 2000.
- ALONSO, D.; FUENTES, L. G. **Mecanismos Cerebrales del pensamiento matemático**. Revista de Neurologia, nº 33, 2001.
- ANDRADE, V.; SANTOS, F.; BUENO, O. **Neuropsicologia Hoje**. São Paulo: Artes Médicas, 2004.
- BADELLEY, A. **The episodic buffer: a new component of working memory?** Trends in Cognitive Sciences – vol.4, no11, November, 2000.
- BADELLEY, A. **Human Memory: Theory and Practice**. East Sussex: Psychologist Press, 1997.
- BASTOS, J. A. Discalculia: transtorno específico da habilidade matemática. In: **Transtornos da aprendizagem abordagem neurobiológica e multidisciplinar**. Porto Alegre, Artmed, 2006.
- BULL, R.; ESPY, K. **Working Memory, executive functioning and children's mathematics**. Development Cognitive Neuroscience Laboratory University of Nebraska, 2006.
- BUTTERWORTH, B. **The Development of Arithmetical Abilities Journal of Child Psychology an Psychiatry**, 2005.
- CAPOVILLA, A. G. S.; MONTIEL, J. M.; CAPOVILLA, F.S. Prova de Aritmética. In: **Teoria e Pesquisa em Avaliação Neuropsicológica**. São Paulo, Memnon, 2007.
- CAPOVILLA, A. G. S.; MONTIEL, J. M. Teste das Trilhas – Parte B. In: **Prova de Aritmética**. Teoria e Pesquisa em Avaliação Neuropsicológica. São Paulo, Memnon, 2007.
- CAPOVILLA, A. G. S.; MONTIEL, J. M. Teste de Atenção por Cancelamento – Parte B. In: **Prova de Aritmética**. Teoria e Pesquisa em Avaliação Neuropsicológica. São Paulo: Memnon, 2007.
- CIRINO; MORRIS; MORRIS. **Semantic, executive and children's mathematics of Referred College Students**. Assessment, v.14, 2007.

CRESWELL, J. W. **Projeto de Pesquisa** – Métodos qualitativo, quantitativo e misto. Porto Alegre, Artmed, 2007.

CORRÊA, A.C. Neuropsicologia da memória e sua avaliação. IN: Neuropsicologia teoria e prática. Porto Alegre, Artmed, 2008.

COSTA, D. I. e cols. **Avaliação Neuropsicológica da criança**. Jornal de Pediatria, 2004.

CUNHA, J. A. e cols. **Psicodiagnóstico-V**. Porto Alegre: Artmed, 2000.

DEHAENE, S.; COHEN, L. **Towards an anatomical and functional model of number processing**, Paris, 1995.

DROUET, R.C. da R. **Distúrbios da aprendizagem**. São Paulo: Ática, 1990.

EYSENCK, M. W.; KEANE, M. T. **Manual de Psicologia Cognitiva**. Porto Alegre, Artmed, 2008.

**Escala de Inteligência Wechsler para Crianças - WISC III**. Adaptação e Padronização de uma amostra Brasileira. Vera Lúcia Marques de Figueiredo. São Paulo: Casa do Psicólogo, 2002.

FIORI, N. **As Neurociências Cognitivas**, Porto Alegre, Editora Vozes, 2008.

FLETCHER, J. M. **Transtornos de Aprendizagem da identificação à intervenção**. Porto Alegre, Artmed, 2009.

FUENTES, D.; MALLOY-DINIZ, L. F.; CAMARGO, C. H. P.; COSENZA, R. M. **Neuropsicologia teoria e prática**. Porto Alegre: Artmed, 2008.

GARCIA, J. N. **Manual de dificuldades de aprendizagem**. Porto Alegre: Artmed, 2007.

GEARY, D. C. Mathematical Disabilities: Cognitive, Neuropsychological and Genetics Components. **Psychological Bulletin** 114, n2, 1993.

GEARY, D. Mathematics and learning disabilities. **Journal of Learning Disabilities**. v37, n. 1, 2004.

GERSTEN; JORDAN; FLOJO. Early identification and interventions for students with mathematics difficulties. **Journal of learning disabilities**, v. 38, n. 4, 2005.

GOLDBERG, E. **O cérebro executivo: lobos frontais e a mente civilizada**. Rio de Janeiro, Imago, 2002.

GOLBERG, C. S. Projeto de pesquisa: **Processos cognitivos e dificuldades na aprendizagem da matemática, em alunos da 2ª série do ensino fundamental**, 2009.

GOLBERT, C. S.; MOOJEN, S. M. P. Dificuldades na Aprendizagem Escolar. In: SUKIENNIK, P. B. **O aluno problema**. Porto Alegre 2000

GORDO, M. F. P. C. M. **A visualização Espacial e a Aprendizagem da Matemática**. Dissertação de Mestrado. Universidade Nova de Lisboa, 1993.

HALE, J. B.; FIORELLO, C. A.; BERTIN, M. **Predicting Math Achievement Through Neuropsychological Interpretation of WISC-III Variance Components**, 2003.

LIMA, R. F. Compreendendo os Mecanismos Atencionais, 2006

LURIA, A. R. **Fundamentos da neuropsicologia**. São Paulo: EDUSP, 1981.

MIRANDA, C. B.; MUSZKAT, M.C Neuropsicologia do Desenvolvimento Conceitos e Abordagens, São Paulo, MEMNON Edições Científicas, 2006.

NAHAS, T. R.; XAVIER, G. F. **Atenção: Mecanismos e Movimento**, IN, MELLO,

NICHOLSON, C. L.; ALCORN, C. L. **Educational applications of the WISC-III. A handbook of interpretive strategies and remedial recommendations**. Los Angeles, CA: WPS, 1994.

PASSOLUNGI; VERCELLONI; SCHADEE. **The precursors of mathematics learning: working memory, phonological ability and numerical competence**. University of Trieste, University of Milano-Bicocca, Italy,2006.

ROTTA, N.; OHLWEILER, L.; RIESGO, R. S. **Transtornos da Aprendizagem – Abordagem Neurobiológica e Multidisciplinar**. Porto Alegre: Artmed, 2006.

SANTOS, F. H.; PASCHOALINI, B.; MOLINA, J. **Novos Instrumentos para avaliação de habilidades matemáticas em crianças**. Neuropsicologia e Inclusão. São Paulo, Artes médicas, 2007.

SANTOS, F. H.; MELLO, C. B. Memória operacional e estratégias de memória na infância. Neuropsicologia Hoje. São Paulo, Artes Médicas, 2004.

SANTOS, F. H.; SILVA, P. A. **Avaliação da discalculia do desenvolvimento: uma questão sobre o processamento numérico e o cálculo**. In SENNYEY, CAPOVILLA, A. CAPOVILLA F. C. MONTIEL, J. M. Transtornos da Aprendizagem da avaliação a reabilitação. São Paulo: Artes Médicas, 2008.

SEABRA, R. D.; SANTOS, E. T. **Proposta de Desenvolvimento da Habilidade de Visualização Espacial Através de Sistemas Estereoscópicos**. 4º Congresso Nacional y 1ro Internacional. Rosário, Argentina, outubro, 2004.

SCHMIDT, R. F. **Neurofisiologia**. São Paulo: EPU, 1979.

SILVER, C. H. e cols. **Learning disabilities: The need for neuropsychological evaluation. National**. Academy of Neuropsychological. Published by Elsevier Ltd. All rights reserved. Accepted 21 september,2007.

STERBERNG, J. R. **Psicologia Cognitiva**. Porto Alegre, Artmed, 2008.

TRAVIS, F. **The contribution of speed of processing and executive functioning to cognitive development**. Psychology Department, Maharishi University of Management, Fairfield, IA 52557, USA. Received 25 August 1997; received in revised form 6 October 1997; accepted 15 December 1997

TORTELLA, G. Teste de Atenção por Cancelamento: avaliação da atenção em estudantes do ensino fundamental. **Aval. psicol.**, v.7, n.2, Porto Alegre, ago.2008.

VALLE, L. E. L. R. **Neuropsicologia e Aprendizagem**. Para Viver Melhor. São Paulo: Tecmedd, 2005.

VASCONCELOS, L. Neuropsicologia da atividade matemática: aspectos funcionais. In: **Neuropsicologia e Aprendizagem**. São Paulo: Tecmedd, 2005.

## ANEXO A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE EDUCAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO

Prezados pais e/ou responsáveis,

Sou mestranda da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e estou realizando uma pesquisa para minha dissertação de mestrado, sob a orientação da Dra Clarissa Golbert, cujo assunto refere as funções neuropsicológicas e desempenho matemático em crianças de segunda série.

A participação de seu filho envolve um encontro de aproximadamente 60 minutos, que será realizado no mesmo período em que estiver na escola. Será realizado contato prévio com a professora para marcação dos horários. Será incluída uma leitura das avaliações de seu filho. A participação é voluntária e está preservado o direito de desistir em qualquer momento, com absoluta liberdade de fazê-lo. Seu nome não aparecerá e será mantido sigilo através da omissão total de quaisquer informações que permitam identificá-lo. Apesar de você e seu filho não terem benefícios diretos através da participação, o provável benefício será ter colaborado nesta pesquisa e a consciência de ter contribuído para a compreensão deste tema e para produção de conhecimento científico.

Os resultados deste estudo serão divulgados em eventos científicos e publicados.

Atenciosamente,

\_\_\_\_\_ Data \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_.

Viviane Maia - Psicóloga

Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Educação

Consinto que meu filho \_\_\_\_\_ participe deste estudo,

\_\_\_\_\_.

Assinatura dos pais ou responsáveis.

Data \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_.

Telefone para contato: 9636-3896