



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PSICOLOGIA COGNITIVA

LEILA JANOT DE VASCONCELOS

O FUNCIONAMENTO EXECUTIVO COMO UM DOS FATORES  
EXPLICATIVOS DO DESEMPENHO MATEMÁTICO ESCOLAR

RECIFE, 2008.

LEILA JANOT DE VASCONCELOS

**O FUNCIONAMENTO EXECUTIVO COMO UM DOS FATORES  
EXPLICATIVOS DO DESEMPENHO MATEMÁTICO ESCOLAR**

Tese apresentada no Centro de Filosofia e Ciências Humanas no programa de Pós-graduação em Psicologia Cognitiva da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, para obtenção do Título de Doutor em Psicologia Cognitiva.

**Orientadores:**

Prof. Dr. Jorge Falcão

Prof. Dr. Everton Sougey

RECIFE, 2008.

**Vasconcelos, Leila Janot de**

**O funcionamento executivo como um dos fatores explicativos do desempenho matemático escolar / Leila Janot de Vasconcelos. – Recife: O Autor, 2008.**

**297 folhas : il., fig., tab.**

**Tese (doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CFCH. Psicologia, 2008.**

**Inclui: bibliografia e anexos.**

**1. Psicologia cognitiva. 2. Matemática(ensino fundamental). 3. Flexibilidade. 4. Atenção. 5. Desempenho escolar. 6. Memória operacional. I. Título.**

**159.9  
150**

**CDU (2. ed.)  
CDD (22. ed.)**

**UFPE  
BCFCH2010/22**

# Folha de Aprovação



Leila Janot de Vasconcelos

O Funcionamento Executivo como um dos Fatores Explicativos do Desempenho Matemático Escolar.

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Psicologia Cognitiva da Universidade Federal de Pernambuco para obtenção do título de Doutor.

Área de Concentração: Psicologia Cognitiva

Aprovado em: 29 de fevereiro de 2008

## Banca Examinadora

Prof. Dr. Jorge Tarcísio da Rocha Falcão  
Instituição: U.F.PE

Assinatura:

Profa. Dra. Claudia Berlim de Mello  
Instituição: USP

Assinatura:

Profa. Dra. Izabel Augusta Hazin Pires  
Instituição: U.F.R.N.

Assinatura:

Profa. Dra. Alina Galvão Spinillo  
Instituição: U.F.PE

Assinatura:

Prof. Dr. Luciano Rogério de Lemos Meira  
Instituição: U.F.PE

Assinatura:

## *Dedicatória*



**Ao meu pai**, maior modelo de minha vida.

Muito cedo e de muitas maneiras, conseguiu evidenciar a importância da matemática na vida cotidiana. Aquilo sim, era lidar com matemática contextualizada.

**Ao professor Salatiel Menezes, meu mestre soberano**, suas aulas me encantaram de tal maneira que, até hoje, persigo a ideia de contribuir para que o ensino-aprendizagem da matemática seja facilitado e mais interessante.

**Aos queridos Filhos e Netos**, pela alegria, pelos sorrisos, pelo lazer e, principalmente, pelo afeto. Tenho certeza que, em um dado momento, um de vocês se encantará pela vida acadêmica e dará continuidade ao meu investimento.

## ***Agradecimentos***



**Ao Prof. Dr. Jorge Falcão**, meu orientador, por todos os momentos de discussão e ensinamentos e pelo incentivo na realização e conclusão deste trabalho de pesquisa.

**Ao Prof. Dr. Everton Sougey**, segundo orientador, pelo apoio e contribuições significativas para o desenvolvimento desta pesquisa.

**Aos Professores do Programa de Pós-graduação em Psicologia Cognitiva**, pela competência, pelos ensinamentos e dedicação ao exercício de ensinar.

**A Secretaria do Programa de Pós-graduação em Psicologia Cognitiva**, pela contribuição, dedicação e, principalmente, compreensão frente as nossas falhas quanto às datas e entrega de material pertinente ao curso.

**Aos Professores Dr. Luciano Meira e Dra. Cláudia Berlim**, que participaram da minha Banca de Qualificação e contribuíram significativamente para a relevância deste trabalho.

**Ao Cel Lucena, diretor do HGeR**, pela confiança e disponibilidade de tempo que me foi concedido para a conclusão do doutorado.

**Aos colegas da Clínica de Psicologia do HGeR**, pelo apoio e disponibilidade em dar suporte diante das solicitações do Doutorado e episódios de afastamento do serviço.

**A Coordenação e Direção do Colégio Atual**, pela credibilidade e disponibilidade do seu espaço educativo para a realização desta pesquisa.

**Aos Professores do Colégio Atual**, pela contribuição, credibilidade e disponibilidade; minhas intervenções na rotina diária das turmas envolvidas na pesquisa, sempre foram aceitas e valorizadas.

**Aos alunos**, que participaram da pesquisa. A disponibilidade e atenção refletiam o interesse científico nas possibilidades de contribuição a prática escolar.

**A Deus**, por ter me segurado no colo durante tanto tempo; foi um período bastante difícil, mas, afinal, a vida é movimento e as circunstâncias vitais não param seu ritmo enquanto concluimos o doutorado.

## *Agradecimento Especial*



**Aos queridos amigos**, pela alegria, pelo carinho, pela companhia e, principalmente, pelos “recreios” que me proporcionaram durante o tempo despendido na confecção deste trabalho.

**A Luiz Felipe Álvares de Lima**, sua ajuda foi valiosa. A dedicação, empenho e interesse científico dedicados a este trabalho foram relevantes e me emocionaram.

**A Hilton Fernando Losant Macedo**, meu querido companheiro, literalmente, de todas as horas. Sua contribuição ao longo destes anos fez toda a diferença na realização deste trabalho e na minha vida. Obrigada por estar sempre comigo e compartilhar minhas experiências de sucesso.

*“Para um resultado novo ter algum valor, ele precisa unir elementos conhecidos há longa data, mas até então dispersos e aparentemente estranhos uns aos outros, introduzindo ordem, repentinamente, onde reinava a aparência de desordem. Então esse resultado nos capacita a ver, em um relance, a localização de cada um desses elementos no todo. O novo fato não é apenas valioso em si, mas também é valioso por conferir, sozinho, um valor aos velhos fatos que une”<sup>1</sup>.*

---

<sup>1</sup> Poncaré, Henri (n.d.), citado por Bion, W.R. (2000) Cogitações. Rio de Janeiro, Imago

## Resumo

////////////////////

**Objetivo:** Este estudo, observacional, descritivo e exploratório, à luz da neuropsicologia, tem como objetivo principal, investigar a relação existente entre o funcionamento executivo e o desempenho matemático escolar, além de identificar os fatores, do funcionamento executivo, relevantes no sentido de favorecer ou dificultar este desempenho. **Justificativa:** Os estudantes brasileiros estão entre os alunos com pior desempenho em matemática escolar, na avaliação feita pelo principal teste educacional mundial, Programa Internacional de Avaliação de Alunos – PISA (sigla em inglês). As pesquisas brasileiras que investigam como as crianças e adolescentes aprendem matemática progrediram, permitindo uma melhor caracterização deste tipo de aprendizagem e dos fatores cognitivos subjacentes a este processo. Apesar do avanço científico e das iniciativas governamentais e particulares na busca de melhores resultados na aprendizagem da matemática escola, nossos estudantes continuam a revelar, nas avaliações periódicas realizadas, um baixo desempenho escolar em matemática. **Metodologia:** Para realizar a pesquisa, foram avaliadas, em termos neuropsicológicos e com ênfase nas funções executivas, trinta e duas crianças de ambos os sexos (dezesesseis meninos e dezesesseis meninas), faixa etária entre onze e treze anos, classe social média, cursando a quinta e sexta série do ensino fundamental II, de uma escola da rede particular de ensino, da cidade do Recife, em Pernambuco. Foi aplicado um instrumento padrão de avaliação do desempenho matemático, elaborado a partir de um projeto intermunicipal de avaliação de rede escolar – Prova NAPE – em alunos da quinta e sexta séries do ensino fundamental II. A partir desta primeira seleção de sujeitos potenciais, foram calculadas médias e dispersão de resultados no instrumento de avaliação matemática, o que permitiu o estabelecimento de oito grupos de sujeitos, segundo as pontuações no NAPE (maiores e menores notas), sexo e série escolar. A avaliação neuropsicológica das funções executivas das crianças constou da aplicação dos testes: Wisconsin, Stroop, Figura Complexa de Rey, Trilhas, Memória Lógica, Cubos e Códigos (estes dois últimos pertencentes à bateria WISC III). Para a análise qualitativa e comparação entre os achados neuropsicológicos e o processo de resolução de problemas utilizados pelos sujeitos, a avaliação dos sujeitos incluía um exercício de resolução de problemas aritméticos, onde existiam questões que visavam explicitar o tipo de raciocínio e os procedimentos aritméticos empregados. **Resultados:** Os resultados do estudo evidenciaram relação entre o funcionamento executivo e o desempenho matemático e os seguintes fatores do funcionamento decisivos na qualidade deste desempenho: levantamento de hipóteses, flexibilidade cognitiva, habilidades viso-constructivas, memória operacional, manutenção da atitude cognitiva e sustentação da atenção. Nos casos em que a relação entre o funcionamento executivo e o desempenho matemático não se constata em termos estatístico-inferenciais, identifica-se a relação entre fatores do funcionamento executivo e o desempenho escolar, medido através dos resultados em matemática, ciências e português. Nossos resultados poderão contribuir para a prática escolar, em relação à metodologia de ensino e a grade curricular, enfatizando a realização de atividades escolares sistemáticas que promovam o desenvolvimento neuropsicológico como um todo e, mais especificamente, das funções executivas dos nossos estudantes.

**Palavras-chave:** funcionamento executivo, flexibilidade cognitiva, atenção, perseverança e memória operacional.

# *Abstract*



**Aim:** This observational, descriptive and exploratory study was done under the perspective of neuropsychology, having as principal goal to investigate the relationship between executive functioning and school mathematical performance. Besides, this study tried to identify relevant factors of executive functioning as to favor or harden this performance. **Justification.** Brazilian students are among those with the worst school mathematical performance, according to evaluation made by the principal educational test in the world, the International Program of Students Appraising – PISA – (English abbreviation). Brazilian researches investigating the ways children and adolescents learn mathematics have progressed, allowing a better characterization of this type of learning, together with cognitive factors underlying this process. In spite of scientific development, governmental and private initiatives focusing better results in school mathematics learning, our students continue presenting low school performance in mathematics according to periodical evaluations accomplished. **Methodology:** Thirty-two children of both sexes (sixteen boys and sixteen girls), aged from eleven to fifteen years, from middle social class, attending the fifth and the sixth stages of the fundamental II course of the private school system at Recife, state of Pernambuco) participated in this research. A pattern evaluation instrument for mathematical performance, elaborated by an inter-municipal project for the school net evaluation – NAPE test – was applied to students of the fifth and sixth grades of fundamental teaching. From this first selection of potential subjects, average and dispersion results were calculated on data issued from the mathematical evaluation instrument, what made possible to establish eight subject groups, according to subjects performance in the NAPE test (higher and lower grades), sex and school level. The neuropsychological evaluation of the children executive function consisted of the application of the following tests: Wisconsin, Stroop, Complex Ray Figure, Tracks, Logical Memory, Cubes and Codes (the two latest belonging to WISC III battery). Subjects evaluation aiming qualitative analyses and comparison between neuropsychological findings and resolution of problems used by the subjects included exercises in solving arithmetical problems, where there were questions aiming to make clear the type of reasoning and arithmetical procedures employed. **Results:** The results of the study showed a relationship between executive functioning and mathematical performance and the following factors of functioning which can be considered crucial to explain the quality of this performance: hypothesis rising, cognitive flexibility, viso-constructive abilities, operational memory, maintenance of cognitive attitude and sustenance of attention. In the cases where the relationship between executive functioning and mathematical performance are not evidenced in statistical and inferential basis, a relationship between factors of the executive functioning and the school performance is identified and measured through the subjects performances in school subjects like mathematics, science and Portuguese. Our results may contribute to school practices in terms of teaching methodology and curricular planning, emphasizing the interest of systematic school activities aiming to promote neuropsychological development as a whole and, more specifically, executive functioning of our students.

**Keywords:** executive functioning, cognitive flexibility, attention, perseveration, and operational memory.

## *Lista de Figuras*

<b>Figura 1</b>	Gráfico das Médias de Proficiência em Matemática – Brasil 1995/2005	31
<b>Figura 2</b>	Níveis de Construção de competências e desenvolvimento de habilidades na resolução de problemas matemáticos – 4ª série	34
<b>Figura 3</b>	Fatores Relevantes no Processo de Aprendizagem da Matemática	37
<b>Figura 4</b>	Quadro referente à Relação entre Funções Executivas e Resolução de Problemas	42
<b>Figura 5</b>	O Cérebro Humano – Face Lateral Direita	47
<b>Figura 6</b>	Quadro referente a uma Visão do Ser Humano Aprendiz como um Sistema	50
<b>Figura 7</b>	Causalidade Sistêmica	52
<b>Figura 8</b>	As Zonas Funcionais segundo Luria	59
<b>Figura 9</b>	Desenvolvimento das redes neurais	72
<b>Figura 10</b>	Quadro de Avaliação das Funções Executivas	100
<b>Figura 11</b>	Quadro referente aos Testes neuropsicológicos sensíveis a prejuízos do funcionamento executivo	101
<b>Figura 12</b>	Quadro da Atividade Matemática	122
<b>Figura 13</b>	Resolução de Problemas Aritméticos: Processo e Produto	132
<b>Figura 14</b>	Quadro referente ao Desenho Geral da Pesquisa	136

<b>Figura 15</b>	Quadro referente às Notas no Teste NAPE das Alunas da Quinta Série, Turma A	138
<b>Figura 16</b>	Quadro das Alunas da Quinta Série, Turma A, selecionadas para a Pesquisa	139
<b>Figura 17</b>	Quadro das Notas no Teste NAPE dos Alunos da Quinta Série, Turma B	139
<b>Figura 18</b>	Quadro dos Alunos da Quinta Série, Turma B, selecionados para a Pesquisa	140
<b>Figura 19</b>	Quadro das Notas no Teste NAPE das Alunas da Quarta Série, Turma C	140
<b>Figura 20</b>	Quadro das Alunas da Quarta Série, Turma C, selecionadas para a Pesquisa	141
<b>Figura 21</b>	Quadro das: Notas no Teste NAPE dos alunos da Quarta Série, Turma D	141
<b>Figura 22</b>	Quadro dos Alunos da Quarta Série, Turma D, selecionados para a Pesquisa	142
<b>Figura 23</b>	Quadro de Distribuição dos Sujeitos selecionados para a Pesquisa em Grupos de Trabalho e Análise	143
<b>Figura 24</b>	Quadro da Matriz de análise das questões – Matemática – caderno 01 – 4ª série 1996	145
<b>Figura 25</b>	Teste das Trilhas / Parte A	150
<b>Figura 26</b>	Teste das Trilhas / Parte B	150
<b>Figura 27</b>	Lâmina 1 do Teste Stroop	151
<b>Figura 28</b>	Lâmina 2 do Teste Stroop	152
<b>Figura 29</b>	Lâmina 3 do Teste Stroop	152

<b>Figura 30</b>	Figura Complexa de Rey	154
<b>Figura 31</b>	Teste Wisconsin	157
<b>Figura 32</b>	Teste Cubos – WISC III	158
<b>Figura 33</b>	Teste Códigos – WISC III (chave	159
<b>Figura 34</b>	Teste Códigos – WISC III (proposta	160
<b>Figura 35</b>	Quadro referente a Relação entre ‘Funções Executivas’, ‘Resolução de Problemas’ e ‘Índices Neuropsicológicos	170
<b>Figura 36</b>	Quadro com a significância estatística de contrastes intergrupos para prova de matemática NAPE, obtida através do teste U de Mann-Whitney, valores bi-caudais. LEGENDA: NS = não significativo; * = significativo com $p < 0,05$	187
<b>Figura 37</b>	Quadro com a significância estatística de contrastes intergrupos para a disciplina escolar Matemática obtida através do teste U de Mann-Whitney, valores bicaudais. LEGENDA: NS = não significativo; (*) Valor próximo do limiar de significância; * = significativo com $p < 0,05$ ; ** = significativo com $p < 0,01$	191
<b>Figura 38</b>	Quadro com a significância estatística de contrastes intergrupos para a disciplina escolar Ciências obtida através do teste U de Mann-Whitney, valores bicaudais. LEGENDA: NS = não significativo; (*) Valor próximo do limiar de significância; * = significativo com $p < 0,05$	193
<b>Figura 39</b>	Quadro com a significância estatística de contrastes intergrupos para a pontuação no teste ‘Raven’ obtida através do teste U de Mann-Whitney, valores bicaudais. LEGENDA: NS = não significativo; * = significativo com $p < 0,05$	197
<b>Figura 40</b>	Quadro com a significância estatística de contrastes intergrupos para a pontuação no teste ‘Trilhas’ obtida através do teste U de Mann-Whitney, valores bicaudais. LEGENDA: NS = não significativo; (*) Valor próximo do limiar de significância; * = significativo com $p < 0,05$	198
<b>Figura 41</b>	Quadro com a significância estatística de contrastes interclasse para a pontuação no teste ‘Trilhas’ (erros) obtida através do teste U de Mann-Whitney, valores bicaudais. LEGENDA: NS = não significativo; * = significativo com $p < 0,05$	199

<b>Figura 42</b>	Quadro com a significância estatística de contrastes intergrupos para a pontuação no teste ‘Cubos’ obtida através do teste U de Mann-Whitney, valores bicaudais. <u>LEGENDA</u> : NS = não significativo; (*) Valor próximo do limiar de significância; * = significativo com $p < 0,05$	201
<b>Figura 43</b>	Quadro com a significância estatística de contrastes intergrupos para a pontuação no teste ‘Wisconsin’ no parâmetro ‘número de respostas perseverativas’ obtida através do teste U de Mann-Whitney, valores bicaudais. <u>LEGENDA</u> : NS = não significativo; (*) Valor próximo do limiar de significância; * = significativo com $p < 0,05$	204
<b>Figura 44</b>	Quadro com a significância estatística de contrastes intergrupos para a pontuação no teste ‘Códigos’ obtida através do teste U de Mann-Whitney, valores bicaudais. <u>LEGENDA</u> : NS = não significativo; (*) Valor próximo do limiar de significância; * = significativo com $p < 0,05$	206
<b>Figura 45</b>	Quadro com a significância estatística de contrastes intergrupos para a pontuação no teste ‘Stroop’, parte A (palavras) obtida através do teste U de Mann-Whitney, valores bicaudais. <u>LEGENDA</u> : NS = não significativo; (*) Valor próximo do limiar de significância; * = significativo com $p < 0,05$	211
<b>Figura 46</b>	Quadro com a significância estatística de contrastes intergrupos para a pontuação no teste ‘Stroop’, parte C (cores e palavras) obtida através do teste U de Mann-Whitney, valores bicaudais. <u>LEGENDA</u> : NS = não significativo; (*) Valor próximo do limiar de significância; * = significativo com $p < 0,05$	212
<b>Figura 47</b>	Quadro com a significância estatística de contrastes intergrupos para a pontuação no teste ‘Stroop’, parte C (erros) obtida através do teste U de Mann-Whitney, valores bicaudais. <u>LEGENDA</u> : NS = não significativo; (*) Valor próximo do limiar de significância; * = significativo com $p < 0,05$	213
<b>Figura 48</b>	Quadro com a significância estatística de contrastes intergrupos para a pontuação no teste ‘Memória Lógica’, (evocação da história) obtida através do teste U de Mann-Whitney, valores bicaudais. <u>LEGENDA</u> : NS = não significativo; (*) Valor próximo do limiar de significância; * = significativo com $p < 0,05$	215
<b>Figura 49</b>	Quadro com a significância estatística de contrastes intergrupos para a pontuação no teste ‘Figura Complexa de Rey’, (cópia) obtida através do teste U de Mann-Whitney, valores bicaudais. <u>LEGENDA</u> : NS = não significativo; (*) Valor próximo do limiar de significância; * = significativo com $p < 0,05$	217
<b>Figura 50</b>	Quadro com a significância estatística de contrastes intergrupos para a pontuação no teste ‘Figura Complexa de Rey’, (evocação) obtida através do teste U de Mann-Whitney, valores bicaudais. <u>LEGENDA</u> : NS = não significativo; (*) Valor próximo do limiar de significância; * = significativo com $p < 0,05$	218
<b>Figura 51</b>	Quadro referente ao Sumário dos Escores do Sujeito 37 em relação aos instrumentos utilizados	240

<b>Figura 52</b>	Quadro referente ao Sumário dos Escores do Sujeito 96 em relação aos instrumentos utilizados	244
<b>Figura 53</b>	Quadro referente ao Sumário dos Escores do Sujeito 6 em relação aos instrumentos utilizados	249
<b>Figura 54</b>	Quadro referente ao Sumário dos Escores do Sujeito 24 em relação aos instrumentos utilizados	253
<b>Figura 55</b>	Quadro referente ao Sumário dos Escores do Sujeito 63 em relação aos instrumentos utilizados	256
<b>Figura 56</b>	Quadro referente ao Sumário dos Escores do Sujeito 64 em relação aos instrumentos utilizados	260
<b>Figura 57</b>	Gráfico dos Fatores Relevantes do Funcionamento Executivo – 5ª Série	269
<b>Figura 58</b>	Gráfico dos Fatores Relevantes do Funcionamento Executivo – 6ª Série	270

## *Lista de Tabelas*



<b>Tabela 1</b>	Médias de Proficiência em Matemática – Brasil 1995/2005	32
<b>Tabela 2</b>	Percentual de estudantes nos estágios de construção de competências, Matemática – 4ª Série EF – Brasil – SAEB 2001 e 2003	33
<b>Tabela 3</b>	Percentual de estudantes nos estágios de construção de competências Matemática – 4ª Série EF – Regiões – SAEB 2001 e 2003	33
<b>Tabela 4</b>	Seleção dos Sujeitos e formação dos Subgrupos da Pesquisa	185
<b>Tabela 5</b>	Idade e Níveis de Escolaridade dos Alunos da Pesquisa	186
<b>Tabela 6</b>	Resultados médios do instrumento de avaliação do desempenho matemático – Prova NAPE	187
<b>Tabela 7</b>	Distribuição das médias dos resultados obtidos pelos subgrupos nas disciplinas escolares (Matemática, Ciências e Português)	190
<b>Tabela 8</b>	Distribuição das médias das disciplinas escolares (matemática, ciências e português) obtidas pelos pares de subgrupos organizados segundo as notas NAPE (maiores e menores notas)	190
<b>Tabela 9</b>	Médias da Pontuação e dispêndio de tempo no teste ‘Raven’ dos sujeitos dos subgrupos participantes	196
<b>Tabela 10</b>	Média de erros dos sujeitos da pesquisa dos dois níveis de escolaridade observados no Teste ‘Trilhas’	199
<b>Tabela 11</b>	Médias da pontuação obtida pelos subgrupos no teste ‘Cubos’	200
<b>Tabela 12</b>	Médias das pontuações obtidas pelos oito subgrupos nos parâmetros de avaliação do teste ‘Wisconsin’	205
<b>Tabela 13</b>	Média da pontuação dos subgrupos participantes obtidas no teste ‘Códigos’	207
<b>Tabela 14</b>	Média da pontuação dos subgrupos participantes obtida no teste ‘Controle Atencional’	208

<b>Tabela 15</b>	Média das pontuações e do número de erros obtida pelos subgrupos no teste ‘Stroop’	209
<b>Tabela 16</b>	Média das pontuações obtidas no teste ‘Stroop’ nas três etapas (palavras, cores e cores e palavras) pelos oito subgrupos organizados segundo as notas NAPE (maiores e menores notas)	209
<b>Tabela 17</b>	Média da Pontuação dos erros no teste ‘Stroop’ por subgrupos da pesquisa segundo notas no NAPE	209
<b>Tabela 18</b>	Médias de pontuação dos sujeitos dos grupos nos itens Interpretação e Evocação do Teste Memória Lógica	215
<b>Tabela 19</b>	Médias de pontuação dos subgrupos nos parâmetros cópia e evocação do teste ‘Figura Complexa de Rey’	219
<b>Tabela 20</b>	Desempenho dos Sujeitos da Pesquisa na Solução do Problema 1 da Tarefa de Resolução de Problemas Aritméticos	220
<b>Tabela 21</b>	Desempenho dos Sujeitos da Pesquisa Distribuídos por Série Escolar quanto a Solução do Problema 1 da Tarefa de Resolução de Problemas Aritméticos	220
<b>Tabela 22</b>	Desempenho dos Sujeitos da Pesquisa na Questão do Problema 1 A – <i>Qual a pergunta do problema?</i>	221
<b>Tabela 23</b>	Desempenho dos Sujeitos da Pesquisa na Questão do Problema 1 B – <i>Quais as informações fornecidas pelo problema?</i>	221
<b>Tabela 24</b>	Desempenho dos Sujeitos da Pesquisa na Questão do Problema 1 C – <i>Como o problema poderá ser resolvido?</i>	222
<b>Tabela 25</b>	Desempenho dos Sujeitos da Pesquisa na Questão do Problema 1 D – <i>Como você explicaria a resolução do problema a um colega?</i>	222
<b>Tabela 26</b>	Desempenho dos Sujeitos da Pesquisa na Solução do Problema 2 da Tarefa de Resolução de Problemas Aritméticos	223
<b>Tabela 27</b>	Desempenho dos Sujeitos da Pesquisa Distribuídos por Série Escolar quanto a Solução do Problema 2 da Tarefa de Resolução de Problemas Aritméticos	223
<b>Tabela 28</b>	Desempenho dos Sujeitos da Pesquisa na Questão do Problema 2 A – <i>Qual a pergunta do problema?</i>	223
<b>Tabela 29</b>	Desempenho dos Sujeitos da Pesquisa na Questão do Problema 2 B – <i>Quais as informações fornecidas pelo problema?</i>	224

<b>Tabela 30</b>	Desempenho dos Sujeitos da Pesquisa na Questão do Problema 2 C – <i>Como o problema poderá ser resolvido?</i>	224
<b>Tabela 31</b>	Desempenho dos Sujeitos da Pesquisa na Questão do Problema 2 D – <i>Como você explicaria a resolução do problema a um colega?</i>	224
<b>Tabela 32</b>	Desempenho dos Sujeitos da Pesquisa na Solução do Problema 3 da Tarefa de Resolução de Problemas Aritméticos	225
<b>Tabela 33</b>	Desempenho dos Sujeitos da Pesquisa Distribuídos por Série Escolar quanto a Solução do Problema 3 da Tarefa de Resolução de Problemas Aritméticos	226
<b>Tabela 34</b>	Desempenho dos Sujeitos da Pesquisa na Questão do Problema 3 A – <i>Qual a pergunta do problema?</i>	226
<b>Tabela 35</b>	Desempenho dos Sujeitos da Pesquisa na Questão do Problema 3 B – <i>Quais as informações fornecidas pelo problema?</i>	226
<b>Tabela 36</b>	Desempenho dos Sujeitos da Pesquisa na Questão do Problema 3 C – <i>Como o problema poderá ser resolvido?</i>	227
<b>Tabela 37</b>	Desempenho dos Sujeitos da Pesquisa na Questão do Problema 3 D – <i>Como você explicaria a resolução do problema a um colega?</i>	227
<b>Tabela 38</b>	Desempenho dos Sujeitos da Pesquisa na Solução do Problema 4 da Tarefa de Resolução de Problemas Aritméticos	228
<b>Tabela 39</b>	Desempenho dos Sujeitos da Pesquisa Distribuídos por Série Escolar quanto a Solução do Problema 4 da Tarefa de Resolução de Problemas Aritméticos	228
<b>Tabela 40</b>	Desempenho dos Sujeitos da Pesquisa na Questão do Problema 4 A – <i>Qual a pergunta do problema?</i>	229
<b>Tabela 41</b>	Desempenho dos Sujeitos da Pesquisa na Questão do Problema 4 B – <i>Quais as informações fornecidas pelo problema?</i>	229
<b>Tabela 42</b>	Desempenho dos Sujeitos da Pesquisa na Questão do Problema 4 C – <i>Como o problema poderá ser resolvido?</i>	229
<b>Tabela 43</b>	Desempenho dos Sujeitos da Pesquisa na Questão do Problema 4 D – <i>Como você explicaria a resolução do problema a um colega?</i>	230
<b>Tabela 44</b>	Fatores de Funcionamento Executivo Identificados na Avaliação dos Sujeitos do Grupo da Sexta Série	264
<b>Tabela 45</b>	Fatores de Funcionamento Executivo Identificados na Avaliação dos Sujeitos do Grupo da Quinta Série	266

# Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	22
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	45
2.1. Fundamentos Neuropsicológicos Básicos.....	46
2.2. Desenvolvimento Neuropsicológico.....	68
2.3. Funções Neuropsicológicas.....	75
2.3.1. Atenção.....	77
2.3.2. Memória.....	79
2.3.3. Funções Executivas.....	81
2.3.4. Desenvolvimento das Funções Executivas.....	89
2.3.5. Avaliação das Funções Executivas.....	93
2.4. Estudos Neuropsicológicos do Desenvolvimento Matemático.....	102
2.4.1. Acalculia.....	111
2.4.2. Estudos Neuropsicológicos sobre Resolução de Problemas.....	115
2.5. Desempenho Matemático.....	119
2.5.1. Conceitualização.....	123
2.5.2. Domínio e Uso de Sistemas Matemáticos Convencionais.....	126
2.5.3. Resolução de Problemas.....	127
3. METODOLOGIA.....	134
3.1. Sujeitos.....	135
3.2. Procedimentos.....	135
3.3. Material.....	144
3.3.1. Aplicação do Instrumento do Desempenho Matemático Escolar.....	144
3.3.2. Aplicação das Técnicas e Testes Neuropsicológicos.....	146
3.3.2.1. Matrizes Progressivas Coloridas Raven.....	147
3.3.2.2. Teste das Trilhas.....	148
3.3.2.3. Teste Stroop.....	150
3.3.2.4. Figura Complexa de Rey.....	153
3.3.2.5. Teste Wisconsin.....	154
3.3.2.6. Teste Cubos – Escala Clínica WISC III.....	157
3.3.2.7. Teste Códigos - Escala Clínica WISC III.....	159
3.3.2.8. Controle Atencional (Diag. Neurops. de Lúria).....	160
3.3.2.9. Teste de Orientação Direita-Esquerda.....	161
3.3.2.10. Memória Lógica.....	162
3.3.2.11. Resolução de Problemas Aritméticos.....	164
3.3.3. Parâmetros de Análise dos Testes Neuropsicológicos.....	166

3.3.3.1.	Teste Trilhas.....	166
3.3.3.2.	Teste Stroop.....	167
3.3.3.3.	Teste Cubos – WISC III.....	167
3.3.3.4.	Teste Códigos – WISC III.....	167
3.3.3.5.	Memória Lógica.....	167
3.3.3.6.	Matrizes Progressivas Coloridas Raven.....	167
3.3.3.7.	Controle Atencional.....	167
3.3.3.8.	Orientação Direita-Esquerda.....	168
3.3.3.9.	Figura Complexa de Rey.....	168
3.3.3.10.	Teste Wisconsin.....	168
3.3.4.	Fatores Neuropsicológicos Envolvidos no Processo de Resolução de Problemas Aritméticos.....	168
3.5.	Índices Neuropsicológicos.....	171
3.5.1.	Levantamento da Hipótese.....	173
3.5.2.	Planejamento da Ação.....	174
3.5.3.	Utilização da Estratégia.....	175
3.5.4.	Organização e Ordenamento dos Procedimentos.....	176
3.5.5.	Monitoramento da Ação.....	176
3.5.6.	Manutenção da Atenção e do Contexto Cognitivo.....	177
3.5.7.	Verificação dos Resultados Obtidos.....	178
4.	<b>ANÁLISE DE DADOS.....</b>	<b>181</b>
4.1.	Análise Inferencial- Quantitativa dos Resultados dos Subgrupos.....	184
4.1.1.	Resultados dos Subgrupos no Instrumento de Avaliação do Desempenho Matemático Escolar – Nota NAPE.....	186
4.1.2.	Resultados dos Subgrupos nas Disciplinas Escolares: Matemática, Ciências e Português.....	190
4.1.3.	Resultados dos Subgrupos no Teste ‘Raven’.....	194
4.1.4.	Resultados dos Subgrupos no Teste ‘Trilhas.....	197
4.1.5.	Resultados dos Subgrupos no Teste ‘Cubos’ (WISC III).....	200
4.1.6.	Resultados dos Subgrupos no Teste ‘Wisconsin’.....	202
4.1.7.	Resultados dos Subgrupos no Teste ‘Códigos’ (WISC III).....	206
4.1.8.	Resultados dos Subgrupos no Teste ‘Controle Atencional’.....	207
4.1.9.	Resultados dos Subgrupos no Teste ‘Stroop’.....	208
4.1.10.	Resultados dos Subgrupos no Teste de ‘Memória Lógica’.....	214
4.1.11.	Resultados dos Subgrupos no Teste ‘Figura Complexa de Rey’.....	216
4.1.12.	Resultados Obtidos na Tarefa de Resolução de Problemas Aritméticos.....	219
4.1.12.1.	Resultados Obtidos em relação à Resolução do Problema 1.....	220

4.1.12.2.	Resultados Obtidos em relação à Resolução do Problema 2.....	223
4.1.12.3.	Resultados Obtidos em relação à Resolução do Problema 3.....	225
4.1.12.4.	Resultados Obtidos em relação à Resolução do Problema 4.....	228
4.2.	Análise Qualitativa de Protocolos de Sujeitos.....	238
4.2.1.	Análise Qualitativa de Sujeitos que Apresentam Relação Direta entre o Funcionamento Executivo e o Desempenho Matemático Escolar.....	238
4.2.1.1.	Bom Funcionamento Executivo associado a Bom Desempenho em Matemática Escolar.....	238
4.2.1.2.	Mau Funcionamento Executivo relacionado a Mau Desempenho em Matemática Escolar.....	242
4.2.2.	Análise Qualitativa de Sujeitos que Apresentam Aspectos do Funcionamento Executivo que Podem Comprometer o Desempenho Matemático no Contexto Escolar.....	247
4.2.2.1.	Alto Índice de Respostas Perseverativas.....	247
4.2.2.2.	Alto Índice de Respostas Perseverativas e Falha na Manutenção da Atenção.....	251
4.2.2.3.	Falhas na Manutenção da Atenção e na Percepção e Orientação Espacial.....	255
4.2.2.4.	Falhas na Elaboração de uma Hipótese de Trabalho, na Manutenção da Atenção e na Velocidade de Processamento de Informações.....	259
4.3.	Fatores do Funcionamento Cognitivo Relevantes para o Desempenho Matemático Escolar.....	262
5.	<b>DISCUSSÃO E CONCLUSÃO</b> .....	271
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	282
	<b>ANEXOS</b> .....	292

“Os historiadores da arte notaram um detalhe curioso em *A criação de Adão*, o grande afresco de Michelângelo, no teto da Capela Sistina. O manto de Deus tem a forma precisa do contorno do cérebro, seus pés pousam no tronco cerebral e sua cabeça está emoldurada pelo lobo frontal. O dedo de Deus, apontado para Adão, e tornando-o humano, projeta-se do córtex pré-frontal. Nas palavras de Meier-Graefe: ‘Há mais gênio no dedo de Deus chamando Adão para a vida do que no conjunto da obra de qualquer precursor de Michelângelo’. Ninguém sabe se a alegoria foi planejada por Michelângelo, ou se a semelhança é mera coincidência (é provável que seja a segunda alternativa). Mas é difícil imaginar um símbolo mais poderoso do profundo efeito humanizador dos lobos frontais. Os lobos frontais são verdadeiramente o órgão da civilização”.

Elkhonon Goldberg<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Goldberg, Elkhonon (2000) O cérebro Executivo. Rio de Janeiro, Imago, pág. 46.

## *1. Introdução*



## 1. Introdução

O presente trabalho de pesquisa buscou investigar a relação existente entre o funcionamento executivo e o desempenho matemático escolar, identificando os fatores deste funcionamento executivo que seriam relevantes no sentido de favorecer ou dificultar este desempenho. Trata-se de um estudo observacional, descritivo e exploratório, à luz da neuropsicologia, que avaliou os fatores do funcionamento executivo, mais expressivos na qualidade do desempenho matemático escolar, estabelecendo alguns parâmetros que possam explicar, em termos neuropsicológicos, as falhas dos estudantes durante o processo de resolução de problemas aritméticos.

Na seção inicial deste trabalho de pesquisa, buscamos esclarecer a situação atual do desempenho matemático escolar dos estudantes brasileiros, evidenciada através dos resultados das avaliações padronizadas e realizadas sistematicamente, tanto em relação às iniciativas brasileiras (Sistema Nacional de Avaliação do Ensino Básico – SAEB), quanto internacionais (Programa Internacional de Avaliação de Alunos – PISA). A partir da explicitação da problemática atual em relação ao desempenho matemático escolar dos estudantes brasileiros, estabelecemos a relevância do nosso trabalho de pesquisa, visando contribuir para a implementação de ações educativas mais eficazes na minimização ou solução, a médio e longo prazo, das dificuldades existentes no processo de aprendizagem da matemática.

O desempenho matemático escolar tem sido estudado por psicólogos, matemáticos, educadores e, mais recentemente, pelos neuropsicólogos, sob enfoques e formas diferenciadas de lidar com o fenômeno estudado. Se quisermos, portanto, discutir e investigar os fenômenos subjacentes a este desempenho, teremos que discutir, primeiramente, sob qual prisma a investigação será realizada. Se, ainda, tal estudo tiver a proposta da interdisciplinaridade, será necessário convocar, sem pretensão de exaustividade, a educação, a psicologia cognitiva, a psicologia educação matemática e a neuropsicologia, dentre outros. Os problemas na

comunicação e na busca do consenso são inevitáveis, pois estas comunidades científicas não compartilham uma terminologia comum, exploram diferentes fenômenos ou enfatizam aspectos diversos dos mesmos fenômenos, buscam objetivos distintos entre si e utilizam metodologias diversas. Não é tarefa simples, portanto, a junção de cientistas e conhecimentos oriundos de áreas diversas como as acima mencionadas, na realização de uma pesquisa, ainda que este processo se mostre, por vezes, permeado de ‘encontros acadêmicos’ referentes a pontos de intersecção nas diferentes focalizações. Como estas questões são pertinentes à nossa pesquisa, enfocamos aspectos teóricos da neuropsicologia, da psicologia cognitiva e da psicologia da educação matemática e, em algum momento deste trabalho, pretendemos vislumbrar focalizações em que estes diferentes pesquisadores reconheçam a unidade de análise do fenômeno estudado como válida, sob o enfoque pretendido.

As discussões em torno do processo ensino-aprendizagem e do desempenho matemático remontam à longa data; já no final do século passado, por exemplo, Edward L. Thorndike, um dos autores de referência na história da psicologia científica, publicava um livro acerca dos fundamentos da aprendizagem em geral e da aprendizagem da aritmética em particular (THORNDIKE, 1932); outro clássico a ser mencionado é o livro de George Polya acerca da resolução de problemas, que naturalmente não poderia deixar de refletir sobre a competência de resolução dos problemas matemáticos (POLYA, 1973).

Tais preocupações e discussões são, portanto, antigas e provocam, invariavelmente, reações diversas, todas elas, entretanto, permeadas de preocupações e questionamentos por parte tanto dos professores, quanto dos pesquisadores e educadores matemáticos. Todos reconhecem a relevância desta área de conhecimento, que é vista como facilitadora para a aprendizagem em outras áreas ou domínios e para a resolução dos mais diversos problemas, contextos ou situações da vida social e profissional. Esta crença se mostra tão pertinente que na apresentação dos Parâmetros Curriculares Nacionais (MEC/SEF, 1997) da área de

matemática, os autores argumentam que “a constatação de sua importância apóia-se no fato de que a matemática desempenha um papel decisivo, pois permite resolver problemas da vida cotidiana, tem muitas aplicações no mundo do trabalho e funciona como instrumento essencial para a construção de conhecimentos em outras áreas curriculares. Do mesmo modo, interfere fortemente na formação de capacidades intelectuais, na estruturação do pensamento e na agilização do raciocínio dedutivo do aluno” (MEC / SEF, 1997, p. 15). Apesar do reconhecimento sobre a importância da construção do conhecimento relativo à matemática, do avanço em termos de pesquisas realizadas e do investimento governamental na busca de melhores resultados nesta área de ensino, as diversas avaliações, com seus respectivos resultados, revelam uma grave situação em relação ao desempenho dos estudantes no que diz respeito à aprendizagem escolar, conforme discutido mais adiante (SAEB – Sistema Nacional de Avaliação do Ensino Básico, <http://www.inep.gov.br/basica/saeb/2005>).

O problema relativo ao desempenho matemático remete tanto ao processo de aprendizagem da matemática vivenciado na educação formal, quanto às questões funcionais frente à demanda da vida cotidiana. Neste sentido, a situação relativa à aprendizagem da matemática é bastante preocupante. Nossos estudantes, em contexto escolar, enfrentam sérias dificuldades em relação ao ‘ser competente’ em matemática, ao ser capaz de realizar operações aritméticas básicas, haja vista os resultados obtidos em alguns sistemas de avaliação do ensino formal, em matemática, utilizados no Brasil (SAEB, PISA) acima referidos e abordados mais detalhadamente no decorrer deste capítulo.

Qualquer pesquisador das áreas de educação, psicologia cognitiva ou psicologia da educação matemática se inquietaria diante da observação do processo de resolução de problemas aritméticos, por exemplo, de um estudante do ensino fundamental II, o qual utiliza, por vezes, estratégias de resolução pouco eficazes e conceitualmente restritas. Isto pode decorrer da: (1) não-aquisição dos chamados fatos numéricos (ex: todo múltiplo de 5 termina

por 0 (zero) ou 5, só é necessário de fato memorizar a tabuada de 1 a 5, porque de 6 em diante não se tem mais nenhuma informação nova:  $6 \times 1$  é igual a  $1 \times 6$ ), (2) das restrições em relação ao cálculo mental, (3) das noções interconectadas de estimativa e ordem de grandeza, etc. Estes aspectos podem levar os estudantes a se apoiarem em procedimentos e estratégias aprendidas em etapas iniciais da aprendizagem formal escolar, como a contagem nos dedos, representação de quantidades através de outros símbolos (desenhos) ou escrevendo toda a ‘tabuada de dois’ para lembrar quanto é duas vezes nove, que podem resultar em erros relativos ao uso de algoritmos aritméticos ou na impossibilidade de resolução dos problemas relativos às operações aritméticas básicas.

Nossos estudantes iniciam a aprendizagem do algoritmo aritmético da adição, por exemplo, ainda na etapa da ‘educação infantil’, mas cometem erros na realização de operações de adição e subtração mesmo na etapa do ensino fundamental II (SAEB, 2005). O que pode estar ocorrendo neste processo? O que acontece, ao longo dos anos, no processo ensino-aprendizagem que dificultaria ou mesmo não possibilitaria a utilização de ‘modos de resolução’ ou estratégias de resolução cada vez mais elaborados ou relacionados às etapas do desenvolvimento cognitivo nas quais tais estudantes estão inseridos? O que poderia dificultar, retardar ou impedir a aquisição de formas de pensar mais competentes? Estas ponderações não direcionam nosso olhar, no que diz respeito à responsabilidade sobre este fenômeno, ao contexto escolar, mesmo porque, compartilhamos do reconhecimento científico de que a escola constitui um local diferenciado no processo de aprendizagem, mas ao próprio desejo de investigação sobre este fenômeno. Valsiner (2000) refere-se ao ensino escolar como um instrumento fundamental de iniciação dos indivíduos em importantes aspectos da cultura coletiva de seu grupo social, em particular no que diz respeito às formas canônicas do conhecimento.

Um estudo sobre desempenho matemático deve abranger um campo científico, ligado à área da matemática, muito mais amplo do que discutir, simplesmente, sobre o domínio dos procedimentos aritméticos: a um diálogo que possa contemplar questionamentos ligados ao pensamento lógico-matemático, ao possuir ferramentas de pensamento apropriadas, ao utilizar estratégias mentais adequadas, ao utilizar ferramentas simbólicas de mediação da cultura – ábacos, planilhas eletrônicas, tabelas, etc. Assim, o desempenho matemático se refere a uma forma específica de conceituar e representar o mundo, estabelecer relações entre elementos e responder adequadamente à demanda da vida cotidiana, incluindo aí a vida acadêmica.

Além da questão que é objeto da nossa pesquisa, desempenho matemático escolar, investigado através de avaliações padronizadas, existe o que se denomina ‘transtorno da matemática’, catalogado pelo DSM IV (Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fourth Edition) e pela CID 10 (Classificação Internacional das Doenças). A forma, os critérios estabelecidos e a compreensão do que constitui a ‘competência matemática’ para o diagnóstico médico do ‘transtorno da matemática’ são bastante diferentes das concepções da ‘psicologia da educação matemática’ e da ‘neuropsicologia’. Trata-se de uma classificação médica, apresentada aqui, não para questionamentos acerca de seus parâmetros, mas como forma de ilustrar o fenômeno estudado sob outro enfoque, o enfoque médico, ressaltando o aspecto interdisciplinar da nossa pesquisa.

Apresentamos, de forma textual, a nomeação, a classificação e os critérios médicos estabelecidos para a dificuldade de aprendizagem em matemática: ‘Transtorno específico de habilidades aritméticas’ (CID – 10) e ‘Transtorno da Matemática’ (DSM – IV). Segundo o DSM – IV, “a característica essencial do Transtorno da Matemática consiste em uma capacidade para a realização de operações aritméticas (medida por testes padronizados, de cálculo e raciocínio matemático, individualmente administrados) acentuadamente abaixo da esperada para a idade cronológica, a inteligência medida e o nível de escolaridade do

indivíduo (critério A). A perturbação em matemática interfere significativamente no rendimento escolar ou em atividades da vida diária que exigem habilidades matemáticas (critério B). Em presença de um déficit sensorial, as dificuldades na capacidade matemática excedem às geralmente a estas associadas (critério C). Diferentes habilidades podem estar comprometidas no ‘Transtorno da Matemática’, incluindo habilidades linguísticas (compreender ou nomear termos, operações ou conceitos matemáticos e transpor problemas escritos para símbolos matemáticos), habilidades perceptivas (reconhecer ou ler símbolos numéricos ou aritméticos e agrupar objetos em conjuntos), habilidade de atenção (copiar corretamente números ou cifras, lembrar de somar os números ‘levados’ e observar os sinais das operações) e habilidades matemáticas (seguir etapas matemáticas, contar objetos e aprender tabuadas de multiplicação). A prevalência do Transtorno da Matemática é difícil de se estabelecer, uma vez que muitos estudos se concentram na prevalência dos estudos dos Transtornos da Aprendizagem, sem o cuidado específico de separar transtornos específicos da Leitura, da Matemática ou da Expressão Escrita. A prevalência do Transtorno da Matemática isoladamente (quando não encontrado em associação com outros Transtornos da Aprendizagem) é estimada como sendo de aproximadamente um em cada cinco casos de Transtorno da Aprendizagem. Estima-se que 1% das crianças em idade escolar têm Transtorno da Matemática” (DSM IV, 2003, págs. 83 – 84).

Ainda que a denominação ‘dificuldade de aprendizagem da matemática’ seja utilizada de forma ampla e generalizada, muitas pesquisas científicas e diversas publicações realizadas no âmbito das dificuldades de aprendizagem revelam que estudantes com ‘dificuldades na aprendizagem da matemática’ (DAM) representam 10 a 15% da população estudantil e que uma parte desta população é compreendida por estudantes que possuem uma dificuldade matemática específica (3 – 7%), caracterizada, inclusive, por uma discrepância entre o funcionamento

cognitivo geral e o nível de desempenho matemático (BADIAN, 1983; BUTTERWORTH, 1999; KOSC, 1977; citados por JOHNSEN, 2000. Acesso em 26 de junho 2007).

Embora a existência desta dificuldade específica seja diagnosticada pelas referências da literatura em termos de saúde mental apropriadas, verifica-se um problema muito mais abrangente e complexo: a população dos estudantes brasileiros do ensino fundamental, sem o diagnóstico de ‘transtorno da aprendizagem da Matemática’, possui uma expressiva restrição na aprendizagem formal da matemática. Vários estudos, diversas pesquisas e avaliações realizadas denunciam um preocupante quadro, referente ao desempenho em matemática, das nossas crianças e adolescentes. Necessitamos investigar o fenômeno existente: estudantes que experimentam uma significativa restrição em relação à aprendizagem formal da matemática sem que se tenha chegado, até hoje, a uma explicação conclusiva sobre o fenômeno.

Uma avaliação realizada pelo Sistema Nacional de Avaliação Escolar de Educação Básica (SAEB–INEP–MEC), em 1995, com estudantes das quartas e oitavas séries do ensino fundamental e do terceiro ano do ensino fundamental, evidenciou que, além de existir um baixo desempenho global em Matemática, as maiores dificuldades são encontradas em questões relacionadas à aplicação de conceitos e à resolução de problemas (MEC / SEF, 1997). Como se estes fatores já não comprometessem suficientemente, foram identificadas evidências de que a matemática ou o ‘saber matemático’ funciona como um “filtro” que seleciona alunos que concluem, ou não, o ensino fundamental e eleva as taxas de retenção nas séries escolares.

Um outro estudo, realizado pelo Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica (SAEB, 2001), mostrou que dois terços dos estudantes brasileiros concluem o ensino médio com ‘nível crítico’ de raciocínio matemático. Ou seja, a maioria dos jovens que chega ao mercado de trabalho não tem condições de resolver cálculos e equações básicas. Este

problema se mostra ainda mais grave, com expressivos desdobramentos; no ano de 2000, o Programa Internacional de Avaliação de Alunos (PISA, sigla em inglês) mediu o desempenho de crianças de quarenta e um países diferentes: o teste mostrava quais delas estavam absorvendo e aplicando, de maneira mais adequada, os conteúdos de matemática e ciências – o Brasil ficou em penúltimo lugar (<http://www.pisa.oecd.org>). Em 2007, novos resultados: num total de cinquenta e sete países, o Brasil ficou em 53º lugar na avaliação relativa à matemática. Na escala do PISA, há seis níveis de conhecimento; o máximo se refere à condição de identificar, explicar e usar evidências científicas consistentes na solução de problemas inéditos. O aluno médio brasileiro está no nível 1, o mais baixo: ele só resolve questões que façam parte de sua rotina ou cuja solução está evidenciada no próprio enunciado. Nosso país tem 27% de alunos que nem sequer chegaram ao patamar mínimo, estes não conseguem nem entender o que está sendo perguntado.

Segundo João Batista Gomes Neto, à época presidente do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais, “o Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica (SAEB), criado em 1990, tem procurado, a partir dos ciclos de avaliação realizados a cada dois anos, oferecer subsídios para que gestores de políticas públicas, em todos os níveis, diretores e professores efetuem as mudanças necessárias à melhoria da qualidade da educação. A partir das informações coletadas pelo SAEB, podem ser definidas ações que possibilitem a correção das distorções ainda evidentes na educação brasileira, reduzindo-se as desigualdades historicamente presentes em nossa sociedade”. (SAEB, <http://www.inep.gov.br/básica/saeb/2003>). (Acesso em 21 de março de 2006).

Os resultados da avaliação da educação básica (relatório de avaliação do SAEB) são apresentados em uma escala de desempenho capaz de descrever, em cada nível, as competências e as habilidades que os alunos são capazes de demonstrar. A escala do SAEB é única para cada disciplina e permite apresentar, em uma mesma métrica, os resultados de

desempenho dos estudantes de todas as séries (4<sup>a</sup> e 8<sup>a</sup> séries do Ensino Fundamental e 3<sup>a</sup> série do Ensino Médio) e anos de aplicação dos testes (1995, 1997, 1999, 2001, 2003 e 2005). Pela escala, pode-se verificar que percentual de alunos já construiu as competências e habilidades desejáveis para cada uma das séries avaliadas, quantos ainda estão em processo de construção, quantos estão abaixo do nível que seria desejável para a série e quantos estão acima do nível que seria esperado. Como cada nível traduz pedagogicamente as habilidades e conhecimentos identificados no processo de avaliação, é importante que gestores, professores e diretores direcionem o olhar não para a média do estado, mas, sim, para o percentual de alunos situado em cada nível. A escala em matemática é mensurada de 0 a 425 pontos. Uma média satisfatória para os respectivos níveis de escolarização deve estar, pelo menos em 200 pontos. Apresentamos, abaixo, o desempenho dos estudantes brasileiros da 4<sup>a</sup> e 8<sup>a</sup> séries do Ensino Fundamental e do 3<sup>o</sup> ano do ensino médio, avaliado de 1995 a 2005.

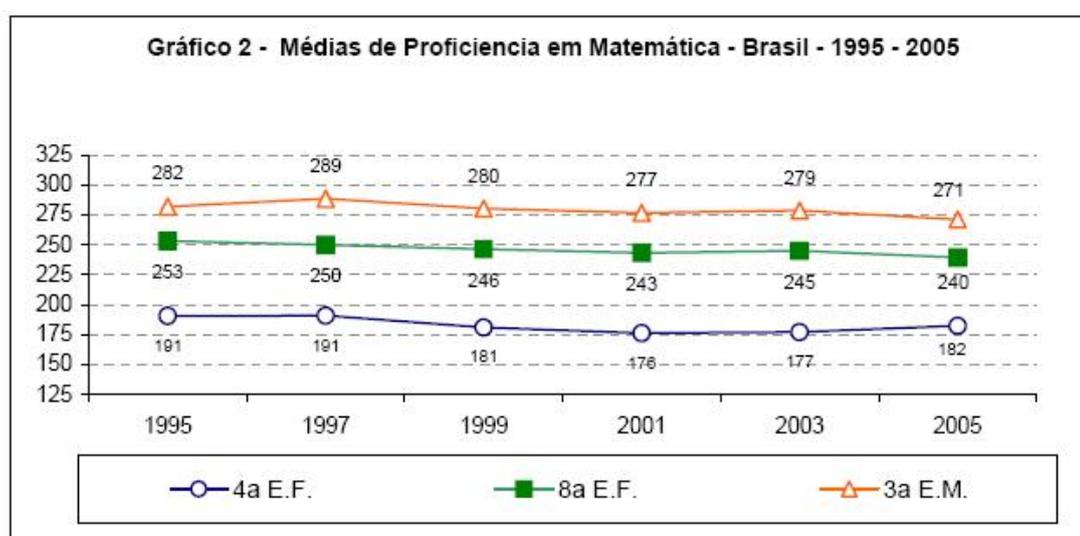


Figura 1. Gráfico das Médias de Proficiência em Matemática – Brasil 1995/2005

**Tabela 1. Médias de Proficiência em Matemática – Brasil 1995/2005****LEGENDA: \* = significativo**

Série Escolar	1995	1997	1999	2001	2003	2005	DIF.
4ª Série Ensino Fundamental I	190,6	190,8	181,0	173,6	177,1	182,4	5,3 *
8ª série Ensino Fundamental II	253,2	250,0	246,4	243,4	245,0	239,5	- 5,5 *
3º Ano do Ensino Médio	281,9	288,7	280,3	276,7	278,7	271,3	- 7,4 *

Os dados reportados pela tabela e pelo gráfico, apresentados acima, impressionam e engendram várias possibilidades de questionamento acerca do processo de aprendizagem da matemática dos nossos estudantes. Desde a primeira avaliação do SAEB, em 1995, os estudantes brasileiros apresentam pontuações com tendência global de queda, a despeito de todas as intervenções governamentais, a criação dos Parâmetros Curriculares Nacionais e algumas iniciativas municipais, estaduais e particulares. Apenas os resultados da 4ª série do ensino fundamental mostraram uma elevação da pontuação, conferindo uma diferença significativa de 5,3 pontos, em termos do resultado da avaliação de 2005 na comparação com o resultado de 2003. Os resultados obtidos pelos estudantes da 8ª série do ensino fundamental II e do 3º ano do ensino médio, por outro lado, revelam um rebaixamento significativo na pontuação alcançada em 2005 na comparação com os resultados de 2003 (– 5,5 e – 7,4, respectivamente).

O relatório SAEB permite outro tipo de análise de resultados, denominado ‘estágios de construção de competências’, que abordaremos, desta vez, só em relação, aos resultados dos estudantes da 4ª série do Ensino Fundamental I e na comparação entre os anos de 2001 e 2003, de uma vez que os resultados deste tipo de análise não foram apresentados no relatório SAEB mais recente (2005):

**Tabela 2. Percentual de Estudantes nos Estágios de Construção de Competências Matemáticas – 4ª Série EF – Brasil – Saeb 2001 e 2003**

Estágio	2001	2003
Muito Crítico	12,5	11,5
Crítico	39,8	40,1
Intermediário	40,9	41,9
Adequado	06,8	06,4
Total	100,00	100,00

**Tabela 3. Percentual de Estudantes nos Estágios de Construção de Competências Matemáticas – 4ª Série EF – Regiões – SAEB 2001 e 2003**

Estágio	Norte		Nordeste		Sudeste		Sul		Centro-Oeste	
	2001	2003	2001	2003	2001	2003	2001	2003	2001	2003
Muito Crítico	13,34	13,84	19,76	18,18	8,82	8,34	5,83	5,74	10,58	7,91
Crítico	52,99	52,26	49,62	51,20	30,33	30,51	33,64	34,85	42,70	39,76
Intermediário	31,59	31,86	28,33	28,02	49,69	50,68	51,87	52,66	41,20	46,69
Adequado	2,08	2,03	2,30	2,61	11,15	10,47	8,67	6,75	5,52	5,65
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Para que possamos ponderar sobre a relevância destes resultados, é preciso tomar conhecimento do que é característico de cada um destes estágios de competência e hipotetizar, paralelamente, a repercussão desta questão na vida escolar dos estudantes e nas possibilidades de resposta à demanda da vida cotidiana.

<b>Muito Crítico</b>	Não conseguem transpor para uma linguagem matemática específica, comandos operacionais elementares compatíveis com a série. (Não identificam uma operação de soma ou subtração envolvida no problema ou não sabem o significado geométrico de figuras simples).
<b>Crítico</b>	Desenvolvem algumas habilidades elementares de interpretação de problemas aquém das exigidas para o ciclo. São capazes de reconhecer partes de um todo em representações geográficas e calcular áreas de figuras desenhadas em malhas quadriculadas contando o número de lados: resolvem problemas do cotidiano envolvendo pequenas quantias em dinheiro.
<b>Intermediário</b>	Desenvolvem algumas habilidades de interpretação de problemas, aproximando-se do esperado para a 4ª série. Entre outras habilidades, resolvem problemas do cotidiano envolvendo adição de números racionais com o mesmo número de casas decimais, calculam o resultado de uma adição e subtração envolvendo números de até três algarismos, inclusive com recurso e reserva, de uma multiplicação com um algarismo.
<b>Adequado</b>	Interpretam e sabem resolver problemas de forma competente. Apresentam as habilidades compatíveis com a série. Reconhecem e resolvem operações com números racionais, de soma, subtração, multiplicação e divisão. Além das habilidades descritas para os estágios anteriores, resolvem problemas que utilizam a multiplicação envolvendo a noção de proporcionalidade, envolvendo mais de uma operação, incluindo o sistema monetário e calculam o resultado de uma divisão por número de dois algarismos, inclusive com resto.

**Figura 2. Níveis de Construção de competências e desenvolvimento de habilidades na resolução de problemas matemáticos – 4ª série (extraído do Relatório SAEB – 2003)**

A partir dos dados fornecidos pela Tabela 2, verificamos que uma grande parte dos estudantes brasileiros da 4ª série no ano de 2001 (40,9 %) e 2003 (41,9 %) se encontrava no estágio ‘intermediário’ e, um grupo um pouco menor, no estágio ‘crítico’ 39,8% (2001) e 40,1 % (2003), em relação à construção de competências e habilidades matemáticas. A Tabela 3 nos fornece dados relativos a cada região brasileira; os resultados das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste não são bons, mas, explicitam que a maioria dos estudantes, nestas regiões se enquadra nos níveis ‘intermediário’ e ‘adequado’. Nas regiões Norte e Nordeste, o quadro é, seguramente,

mais problemático. Embora o desempenho dos alunos do Norte e Nordeste se mostre mais rebaixado, a análise dos dados não relaciona os índices obtidos com nível sócio-econômico ou precariedade das condições da escola.

Preocupante e, extremamente, instigante! Nossos estudantes da quarta série do ensino fundamental I não conseguiram alcançar, nestes anos, o patamar médio da avaliação nacional. Se analisarmos os resultados dos estudantes do Brasil como um todo, poderemos nos questionar sobre o que acontece entre os intervalos de avaliação? Como está sendo o processo ensino-aprendizagem da matemática, uma vez que não há melhora significativa a cada avaliação sistemática?

O quadro é preocupante e, acreditamos, reconhecido por alguns segmentos da área de educação (professores, diretores, coordenadores pedagógicos, secretários de educação, etc.) e pouco conhecido pela população em geral. Nesse contexto, torna-se importante ponderar acerca de algumas questões ligadas à reação social ao desempenho na atividade matemática.

Existe por parte do governo e da população como um todo, uma preocupação com o analfabetismo, com o número de analfabetos existentes no país e com as possibilidades de intervenção, social e governamental, na resolução desta questão. Existem, inclusive, grupos de voluntários, por todo o Brasil, tentando minimizar o problema, alfabetizando crianças e adultos. Reconhecemos, também, a necessidade de luta contra o analfabetismo, pois é deprimente pensar num cidadão que não consegue exercer seu direito de cidadania por não saber ler e escrever. Como atender às demandas cotidianas da vida com tal impedimento? Como exercer sua cidadania?

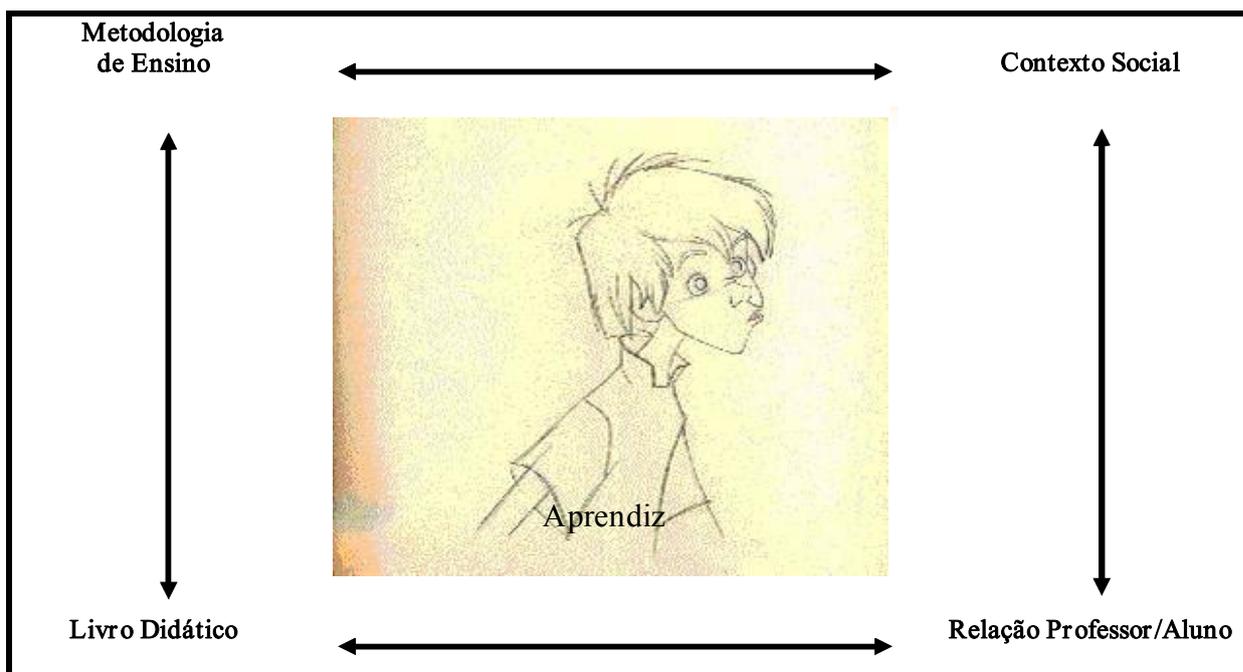
Mas, o que dizer em relação à matemática? Nossa sociedade apresenta um nível de tolerância dilatado, uma aceitação bastante elástica em relação às dificuldades em matemática; quando a pessoa não consegue realizar cálculos simples ou operações aritméticas básicas se diz que 'ela não é boa em matemática'. Se por um lado, não saber ler e escrever se constitui um

impeditivo, por outro lado, não realizar operações aritméticas básicas não se refere a um problema de gravidade equivalente, não é um impeditivo, apenas uma habilidade não desenvolvida ou mal desenvolvida – como se esta condição não impedisse ou limitasse o nosso estudante na capacidade de responder adequadamente à demanda escolar e, por vezes à vida cotidiana. Como controlar gastos e a mesada, realizar pagamentos, conferir troco, realizar estimativas em relação à receita e despesas a efetuar, etc. sem utilizar o ‘saber matemático’? Como desconsiderar a atividade matemática nas circunstâncias da vida cotidiana se nós vivemos numa cultura que, em suas trocas sociais do dia a dia, privilegia o saber realizar operações aritméticas básicas ou ter ‘competência matemática’? Como pensar em transtorno de aprendizagem da matemática sem antes tecer considerações, ou melhor, sem ter a compreensão do fenômeno ‘aprender matemática’ ou ‘ter um bom desempenho em matemática’?

Uma grande parcela da população estudantil não se mostra apta, ou melhor, não se mostra competente em termos dos patamares mínimos institucionalmente estabelecidos para a competência matemática esperada. Isto poderia estar relacionado a problemas com a escola? Com o tipo de prática educacional? Ou seria um problema relativo aos alunos? O que caracterizaria uma pessoa capaz de aprender matemática? Que condição pessoal específica propiciaria ou facilitaria esta aprendizagem? Por que algumas crianças aprendem matemática com relativa facilidade e outras enfrentam tantas restrições, tantos fracassos? Estas são perguntas que comportam um estudo amplo e aprofundado em vários campos de conhecimento. Apesar de termos feito, na realização da nossa pesquisa, a opção pela investigação do desempenho matemático escolar sob o enfoque da neuropsicologia, algumas reflexões acerca das variáveis envolvidas no processo de aprendizagem da matemática, que consideramos imprescindíveis e relevantes para este processo, são necessárias, a fim de evitar um equívoco, no que diz respeito a um reducionismo em relação a este processo: buscar, no estudante, as possíveis explicações para o problema de aprendizagem e desempenho matemático, identificado

através das avaliações escolares sistemáticas, deixando de lado questões pertinentes e, por vezes, determinantes neste processo de aprendizagem.

Iniciamos nossa discussão sobre as questões envolvidas no processo de aprendizagem da matemática apresentando uma representação, abaixo, das variáveis mais relevantes neste processo.



**Figura 3. Fatores Relevantes no Processo de Aprendizagem da Matemática**

Como podemos observar, na representação acima, existem, na relação do aprendiz com o seu processo de aprendizagem, variáveis que interferem maximizando ou minimizando as possibilidades de êxito deste processo: livro didático, relação professor-aluno, condição profissional do professor, metodologia de ensino, tipo e qualidade da escola, contexto social, família, etc. Todos nós, brasileiros, conhecemos a diversidade cultural e a magnitude da desigualdade social existente no país; por conta desta desigualdade, todas as questões relativas às oportunidades escolares, às vivências acadêmicas, ao acesso ao conhecimento são diferentes, propiciando processos de aprendizagem diversificados e específicos a cada circunstância de vida.

Apesar de não ser este o foco do nosso estudo, uma análise do contexto escolar se mostra relevante para expandirmos nossas possibilidades de compreensão acerca da existência das dificuldades de aprendizagem e dos baixos índices de desempenho dos alunos. Possuímos diversos tipos de escola no Brasil: escolas particulares, escolas públicas (municipais, estaduais e federais), escolas dos grandes centros urbanos, escolas das cidades do interior e escolas da zona rural. Cada um destes tipos de escola, possui características específicas com relação ao ambiente, físico e humano, qualidade do material disponível para uso do professor, biblioteca, livro didático, formação dos professores e tipo de clientela (alunos, família e sociedade). Possuímos escolas com equipamento didático de ‘última geração’ e escolas onde faltam bancas escolares, escolas que possuem professores formados e que investem em aperfeiçoamento e reciclagem profissional e escolas que carecem de professores com uma boa formação profissional, escolas que estabelecem uma boa relação com as famílias dos alunos e com a comunidade e escolas que não conseguem manter um bom nível de contato com pais e sociedade, escolas que investem nos relacionamentos interpessoais (entre os professores, entre professores e coordenação e direção, entre os alunos) e escolas nas quais o corpo docente e o discente, apenas, convivem juntos, escolas estabelecidas num ambiente com uma infraestrutura ambiental (moradia, água e esgoto, transporte, agências de saúde, etc.) satisfatória e escolas localizadas em ambientes desprovidos das mínimas condições relativas aos parâmetros citados.

O Brasil teve avanços recentes no sistema de educação, através da universalização do ensino básico, mas ainda falta alcançar níveis mínimos de qualidade de ensino. Nosso sistema escolar mostra, há algum tempo, sinais de esgotamento, é preciso uma revisão de estrutura curricular, uma qualificação e valorização dos professores, uma reforma na escola para que possa ser considerada ‘ambiente favorável de educação sistemática’, a elaboração de livros didáticos mais adequados e investimento na relação ‘escola-família-sociedade’. Com relação à

competência do professor no ensino da matemática, por exemplo, podemos verificar que, em muitas circunstâncias, por conta da organização do sistema escolar (o professor regente, até a quarta série do ensino fundamental I, ensina todas as matérias do currículo escolar), o professor tenha que lidar com esta demanda (ensinar matemática) sem o suficiente domínio sobre o conteúdo desta disciplina; todo o processo de ensino e aprendizagem e da construção de conhecimento matemático, por parte do aluno, conseqüentemente, vai ser permeado por este ‘fator desfavorável’ – não há construção de aprendizagem que resista a um professor que não domine do que está ensinando. Nossos melhores professores, aqueles que gostam de ensinar, que possuem formação profissional adequada, que dominam o conteúdo das matérias que irá lecionar, que investem no aperfeiçoamento pessoal, deveriam estar na ‘educação infantil’. A médio e longo prazo, os resultados seriam vistos nas avaliações sistemáticas, no vínculo estabelecido entre o aluno e a escola e da educação social mais ampla (educação e desenvolvimento social).

Este estudo não tem a pretensão de resolver o problema do baixo rendimento dos nossos alunos nas avaliações educacionais sistemáticas, de explorar a problemática da escola como promotora de conhecimento ou encontrar, no aluno, a razão para tal desempenho. Desejamos estabelecer mais um parâmetro de contribuição na prática escolar, em relação às atividades sistemáticas que possam promover desenvolvimento neuropsicológico, enfocando funções neuropsicológicas específicas que possuem relação direta com a capacidade de aprendizagem da matemática.

Partimos do ponto de vista segundo o qual a discussão sobre a didática, fatores sócio-econômicos, aspectos filosóficos, relacionamento interpessoal, livro didático, relacionamento professor-aluno, família e sociedade, além das características emocionais do aluno relativas ao processo ensino-aprendizagem da matemática não pode prescindir da consideração de aspectos neuropsicológicos do aprendiz. A psicologia há muito se posiciona frente aos demais profissionais

envolvidos na área de saúde e da educação como uma ciência que enfatiza ‘o olhar’ para o sujeito psíquico. A neuropsicologia, por sua vez, enfatiza que tal sujeito psíquico não pode ser considerado em detrimento de um organismo, de sistemas complexos em um cérebro cuja consideração é importante para o avanço na compreensão de características particulares de funcionamento cognitivo. De acordo com a neuropsicologia, aprender envolve, necessariamente, o cérebro, no que diz respeito à sua estrutura e funcionamento.

É muito interessante contrastar o que neuropsicólogos e psicólogos da educação matemática abordam sobre a competência matemática. Do ponto de vista da psicologia da educação matemática, os neuropsicólogos ‘conhecem pouco’ sobre o desempenho matemático, reduzindo-o, por vezes, em termos de avaliação deste desempenho, à capacidade de se realizar cálculos aritméticos. Por outro lado, do ponto de vista da neuropsicologia, os psicólogos da educação matemática ainda não teriam dado suficiente ênfase à contribuição central da neuropsicologia, que consiste em um esforço de aprofundamento do vínculo entre substrato orgânico e função psicológica. O presente trabalho de tese busca, portanto, contribuir para a construção desse diálogo; pesquisar e investigar o desempenho matemático no âmbito da neuropsicologia e da psicologia da educação matemática.

A partir das ponderações apresentadas na discussão sobre as variáveis envolvidas no processo de aprendizagem e das observações pessoais ao longo de vários anos trabalhando com crianças com dificuldades de aprendizagem em matemática, consideramos que, apesar da crença que não existe um só caminho ou uma só abordagem em relação à aprendizagem da matemática, o recurso ao processo de resolução de problemas mostra-se bastante propício. Como já discutimos em trabalho anterior sobre o processo de resolução de problemas aritméticos (VASCONCELOS, 1990), o trabalho de resolução de problemas deve ser visto como uma circunstância de aprendizagem da matemática e não como uma aplicação de um conteúdo do ensino da

aprendizagem da matemática, pois proporciona o contexto favorável, no qual pode-se aprender conceitos e procedimentos e desenvolver o raciocínio lógico-matemático.

Consideramos, portanto, que o desempenho matemático pode ser analisado como o enfoque de uma atividade de resolução de problemas. Durante o processo de resolução de problemas, numa situação acadêmica, a criança deve: identificar ou escolher que ‘coisas’ devem constituir o foco da sua atenção, qual o objetivo da proposta, quais informações estão sendo fornecidas e quais devem ser buscadas, quais destas informações devem ser relacionadas e manipuladas, aquelas que devem ser lembradas ou evocadas, quais procedimentos aritméticos podem ser utilizados e em que ordem de execução, na relação entre as informações, para que seja possível a solução da tarefa e a verificação dos resultados obtidos.

Um processo bastante complexo, sem dúvida alguma. Durante a resolução de problemas aritméticos o que nós, de fato, observamos é um típico ‘exercício executivo’, ou seja, para a adequada resolução do problema é preciso um ‘gerenciamento’ de todas as atividades cognitivas envolvidas, relacionadas à identificação, organização, execução e verificação dos dados e procedimentos necessários. Na realidade, este processo de resolução de problemas aritméticos se refere ao exercício ou à explicitação do funcionamento executivo. Para demonstrar esta forma de conceber a relação entre funcionamento executivo e resolução de problemas aritméticos, elaboramos um quadro-resumo, onde realizamos uma comparação da relação, etapa por etapa, entre os diversos passos da ‘atividade cognitiva’ envolvida tanto nas funções executivas, quanto na resolução de problemas aritméticos. A proposta em relação ao funcionamento executivo foi elaborada e apresentada por Goldberg (2002); a proposta em relação à resolução de problemas aritméticos foi elaborada a partir de nossos estudos e pesquisas e apresentada no trabalho ‘Funções executivas e Resolução de Problemas Aritméticos’ (VASCONCELOS, 2004), explicitando a nossa forma de entendimento sobre a questão. O quadro expõe, segundo nossas

concepções, a identificação do trabalho cognitivo subjacente e imprescindível à tarefa de resolução de problemas aritméticos sob o enfoque da neuropsicologia.

<b>Funções Executivas</b>	<b>Resolução de Problemas</b>
Percepção da situação–problema / o comportamento deve ser iniciado	Compreensão do enunciado do problema / identificação de uma situação a resolver
O objetivo deve ser identificado, a meta da ação formulada	Identificação do elemento desconhecido / a meta a ser alcançada
Um plano de ação deve ser forjado de acordo com a meta	Identificação da relação entre os dados do problema e da estratégia adequada
Os meios pelos quais, o plano pode ser realizado devem ser selecionados numa sequência temporal apropriada	A partir da estratégia selecionada, realizar os procedimentos necessários
Os vários passos do plano devem ser executados numa ordem apropriada com uma transição homogênea passo a passo	Ordenar os procedimentos com base nas relações estabelecidas entre os dados do problema
Uma comparação deve ser feita entre o objetivo e o resultado da ação: o resultado corresponde ao objetivo? Se não corresponde, então em que etapa e em que aspecto da tarefa?	Verificação do acerto a partir da relação entre os dados, a hipótese levantada e o resultado obtido
Uma nova hipótese de trabalho deve ser elaborada e colocada à verificação	Caso não haja correspondência entre a relação estabelecida e o resultado, uma nova hipótese deve ser elaborada.

**Figura 4. Quadro referente à Relação entre Funções Executivas e Resolução de Problemas**

Assim, na avaliação do desempenho matemático escolar, medido através de um instrumento padronizado, como é o caso desta pesquisa, subjacente a todas as questões pertinentes, as quais dizem respeito à compreensão, análise, reconhecimento e aplicação do conhecimento matemático, existe um ‘processo de resolução de problemas’: entender o enunciado, identificar a meta a ser alcançada e os dados fornecidos pelo enunciado, elaborar

uma hipótese de trabalho a partir da relação dinâmica estabelecida entre os dados fornecidos, escolher uma estratégia de resolução, as operações aritméticas adequadas, coordenar e executar as etapas necessárias à resolução, verificar o resultado obtido e relacioná-lo com a meta identificada. Este processo diz respeito, sob o enfoque da neuropsicologia, às funções executivas, às quais estão implicadas: no raciocínio hipotético-dedutivo, na flexibilidade cognitiva, na manutenção da atenção e do contexto cognitivo, na memória operacional, imediata e de longo prazo, na focalização, alternância e sustentação da atenção, no automonitoramento, na motivação, nas habilidades viso-construtivas, na velocidade de processamento das informações, na aprendizagem associativa e no uso da linguagem (compreensiva e expressiva).

Mas, como aprendemos matemática? Por que uma determinada criança aprende matemática com relativa facilidade e outras, ao contrário, enfrentam tantas dificuldades? Existiria uma relação entre determinados fatores do funcionamento executivo como a sustentação da atenção, a memória de trabalho, a flexibilidade cognitiva e a aprendizagem da matemática? Que áreas cerebrais estariam envolvidas na aprendizagem da matemática? Que funções neuropsicológicas propiciariam uma aprendizagem eficaz?

Eis aí nosso objetivo de pesquisa. Nosso estudo diz respeito à identificação da relação existente entre o funcionamento executivo e o desempenho matemático; desejamos investigar quais os fatores do funcionamento executivo, expressão mais sofisticada do funcionamento neuropsicológico, podem se constituir como facilitadores neuropsicológicos no desempenho matemático escolar.

Ao longo do nosso trabalho discutiremos as questões teóricas consideradas mais relevantes para a efetivação da pesquisa: desempenho matemático escolar, resolução de problemas, desenvolvimento neuropsicológico, avaliação neuropsicológica, funções executivas (definição, relação com a estrutura cerebral, desenvolvimento, avaliação

neuropsicológica, sua relevância para o funcionamento cognitivo e a sua importância com relação à aprendizagem da matemática) e a relação entre o funcionamento executivo e a desempenho matemático escolar.

A pesquisa se refere à identificação dos fatores do funcionamento executivo que possam explicar, favorecer ou minimizar o desempenho matemático. Se identificarmos estes fatores, um perfil das funções executivas capaz de engendrar uma adequada capacidade de aprendizado referente à matemática, teremos, conseqüentemente, os desdobramentos cabíveis em relação ao ensino formal da matemática: o estabelecimento de experiências que favoreçam e estimulem o desenvolvimento das funções executivas e, principalmente, o entrelaçamento das diversas vivências da aprendizagem da matemática com o desenvolvimento desta função neuropsicológica. O processo ensino-aprendizagem da matemática poderá levar em consideração o desenvolvimento neuropsicológico, o funcionamento neuropsicológico do aprendiz.

Se conseguirmos comprovar a relação entre os fatores do funcionamento executivo e o desempenho matemático, teremos, verdadeiramente, identificado ‘aquilo’ que o Henri Poincaré, na citação com a qual iniciamos este capítulo, denominou de ‘fato novo’: a explicação acerca dos fatores do funcionamento neuropsicológico envolvido e imprescindível ao desempenho matemático escolar. O fato novo – fatores do funcionamento executivo – unirá elementos conhecidos há longa data (capacidade de aprendizado, processo de aprendizagem da matemática, aparato cognitivo, prática escolar), possibilitando um novo olhar sobre um antigo problema, um fenômeno há algum tempo considerado desconcertante – o desempenho matemático escolar.

## *2. Fundamentação Teórica*



## 2. Fundamentação Teórica

*“Tem sido dito que a beleza está nos olhos do observador. Como uma hipótese... esta afirmação aponta diretamente para o problema central da cognição... um mundo de experiências é produzido por quem as experimenta... Existe certamente um mundo real de árvores, de pessoas, de carros, e até de livros e este tem muito a ver com a nossa experiência desses objetos. No entanto, não temos acesso imediato direto ao mundo, nem a nenhuma de suas propriedades... Tudo aquilo que sabemos acerca da realidade foi mediado não apenas pelos órgãos dos sentidos, mas por sistemas complexos que interpretam e reinterpretem as informações sensoriais... O termo cognição se refere a todos os processos pelos quais a entrada sensorial é transformada, reduzida, elaborada, armazenada, recuperada e utilizada”.*

Ulric Neisser (1967, citado por Kandel, Schwartz e Jessell, 1997, p. 255)

Para realizar o nosso trabalho de pesquisa, a relação entre o funcionamento executivo e o desempenho matemático escolar, precisamos de um respaldo teórico abrangente, referente, principalmente, à neuropsicologia, à psicologia da educação matemática e à psicologia cognitiva. Um campo de conhecimento bastante amplo, por isto se faz necessário fazer um recorte nos fundamentos científicos de cada uma destas áreas e utilizar aqueles que nos são mais pertinentes.

Nesta seção referente a fundamentação teórica relevante ao nosso trabalho de pesquisa, abordaremos tópicos relativos aos pressupostos básicos da neuropsicologia, ao desenvolvimento neuropsicológico, às funções neuropsicológicas, às funções executivas (conceito, desenvolvimento e avaliação), competência matemática escolar, estudos neuropsicológicos do desempenho matemático e avaliação neuropsicológica.

### 2.1. Fundamentos Neuropsicológicos básicos

No final do século XX, na década de 90, ocorreu um grande número de pesquisas e um avanço considerável em relação à compreensão sobre o funcionamento cerebral. Esta última década ficou conhecida como a ‘década do cérebro’, o que possibilitou um grande avanço das

neurociências. Dentro das neurociências existem várias áreas, ainda que todas compartilhem o mesmo ponto de partida: o estudo do cérebro, do tronco cerebral e do cerebelo. O órgão sobre o qual Susan Greenfield (2000, p.17) apresenta uma descrição bastante interessante: “imagine que você está segurando um cérebro em suas mãos: o que você está segurando é um objeto enrugado, de coloração creme, pesando um pouco mais de um quilo, na média mais ou menos 1,3 Kg. A primeira coisa que você notaria é que o objeto de aparência estranha, suficientemente pequeno para ser sustentado na palma da mão, é constituído de regiões distintas de texturas e formas específicas que se dobram umas em torno das outras e se encaixam em concordância com um grande esquema que somente agora estamos começando a discernir. O cérebro tem a consistência de um ovo mole, com um planejamento geral que é sempre o mesmo. Há metades bem distintas, chamadas hemisférios, que parecem estar dispostas em torno de uma espécie de haste grossa (o tronco encefálico). Este tronco encefálico vai ficando mais fino até a medula espinhal. Na parte de trás há uma extrusão em forma de couve-flor, um pequeno cérebro (cerebelo) que se projeta para trás do cérebro principal (cerebrum)”. Abaixo, apresentamos uma representação do cérebro, com suas principais divisões, ainda que não tenhamos a intenção de nos deter sobre as questões estruturais e sim os aspectos funcionais deste cérebro.

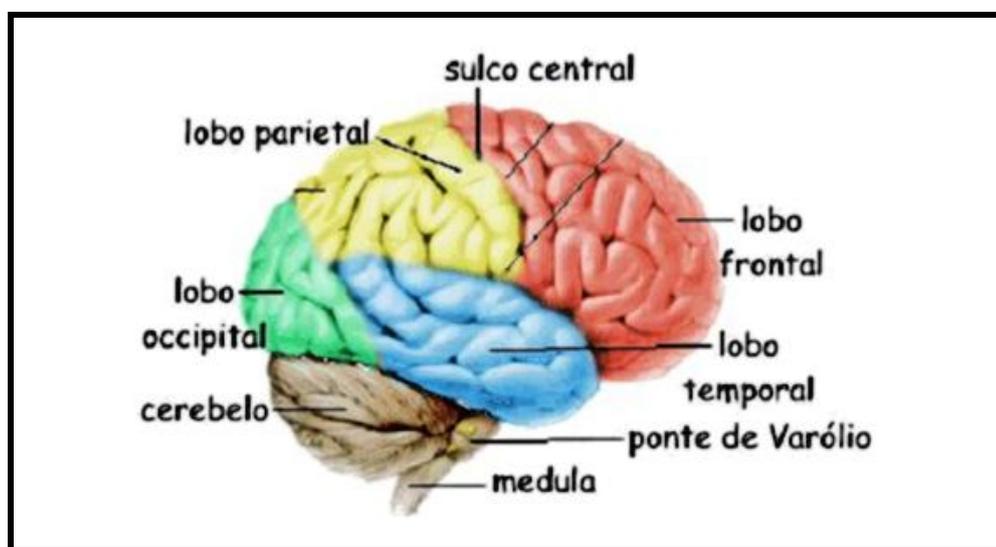


Figura 5. O Cérebro Humano – Face Lateral Direita

A diferença entre estas diversas áreas das neurociências diz respeito às especificidades que cada uma detém. Atualmente, são estas as principais áreas das neurociências: neuroanatomia, neurociência da cognição, neurociência da computação, neurociência do desenvolvimento, neurocirurgia, neuroetologia, neurofarmacologia, neurofisiologia, neuropatologia, neuropsicologia, neuroquímica, psicofisiologia e as ciências cognitivas. Assim, existem diversas áreas compondo as ‘neurociências’, algumas mais expressivas, outras um pouco menos, cabendo a cada uma sua parcela de contribuição no avanço sobre o conhecimento acerca da estrutura e funcionamento cerebral. Dentre as áreas que compõe as neurociências, a neuropsicologia ocupa um lugar de destaque: trata-se da área que privilegia o estudo das relações entre os processos cognitivos, o comportamento e o funcionamento cerebral. E é nesta área que trabalhamos nesta pesquisa.

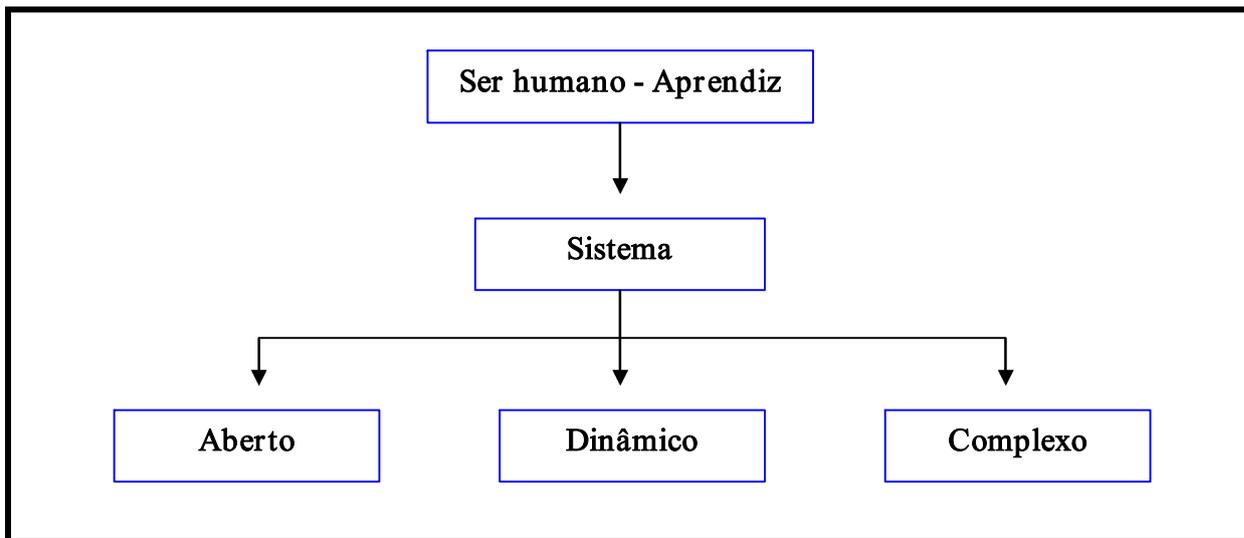
O termo ‘neuropsicologia’ surgiu no século XX, através de Osler (MADER, 1996), como uma ciência interdisciplinar que busca explicar os processos mentais que ocorrem no cérebro. Atualmente, a neuropsicologia comporta duas vertentes de trabalho: (a) neuropsicologia clínica que se ocupa do estudo das inter-relações entre o funcionamento cerebral e o comportamento ou cérebro-mente (cognição) e sua manifestação no ser humano, (b) neuropsicologia cognitiva, como área metodológica ou experimental, ocupando-se do estudo da correlação anátomo-clínica do cérebro ‘pós-mortem’ ou ‘in vivo’ (neuroimagens) em sua estrutura e funcionalidade. Sendo assim, a neuropsicologia faz parte da ciência neural cognitiva, que, segundo Kandel et al (1997), tem a tarefa de fornecer explicações do comportamento em termos de atividade cerebral, de explicar como milhões de células neurais individuais atuam para produzir o comportamento e como, por sua vez, são influenciadas pelo meio ambiente, inclusive pela interação com outras pessoas.

Atualmente as pesquisas neuropsicológicas abrangem diversos campos, entre eles, o estudo da expressão cognitiva e comportamental da atividade mental, a avaliação neuropsicológica e a reabilitação neuropsicológica, nas disfunções cerebrais, nos distúrbios cognitivos, nos déficits cognitivos, nas lesões cerebrais, etc. A neuropsicologia é considerada uma área de pesquisa e intervenção interdisciplinar, pois agrega diversos profissionais e áreas de atuação (respeitando-se as especificidades profissionais e questões legais), sem pretensão de exaustividade, como: psicologia, medicina, terapia ocupacional, fonoaudiologia, pedagogia, linguística, filosofia da mente, ciência da computação.

A neuropsicologia configura o foco de interesse e o eixo de organização teórica do nosso estudo; ela define os pressupostos básicos, o fenômeno investigado e a metodologia passível de aplicação. Esta será, portanto, nossa base teórica sobre a qual estruturamos a nossa pesquisa.

Hoje, em pleno século XXI, estamos, finalmente, conforme discute Antônio Damásio, superando a “herança cartesiana” em relação à compreensão do ser humano, nas suas diversas possibilidades e vicissitudes (DAMÁSIO, 1996; 2004). A partir das mais diversas contribuições das chamadas neurociências, trabalha-se contemporaneamente com um ‘conceito de homem’ que diz respeito a um organismo, um sistema complexo, dinâmico e aberto, em interdependência com o meio ambiente.

O ser humano pode ser caracterizado, por sua disponibilidade à aprendizagem, como um ser em permanente construção; de acordo com sua motivação e circunstâncias de vida, modifica tanto a sua estrutura cerebral, quanto se mostra capaz de modificar o ambiente circundante, num processo constante de trocas e estruturação. Partindo deste pressuposto, poderíamos elaborar o seguinte diagrama:



**Figura 6. Quadro referente a uma visão do Ser Humano Aprendiz como um Sistema**

Sistemas complexos são sistemas formados por muitas unidades simples, porém interligadas entre si, de modo que uma influencia o comportamento das outras. A complexidade do todo decorre desse entrelaçamento de influências mútuas à medida que o sistema evolui dinamicamente (OLIVEIRA, 2003). Segundo o autor, ao longo da evolução dinâmica de um sistema complexo, cada unidade tenta adaptar seu estado, de acordo com as solicitações das outras unidades às quais está ligada, com o objetivo de otimizar algum parâmetro particularmente importante. Como essas várias solicitações (ou influências) que recebe são, em geral, conflitantes, cada unidade é obrigada a adotar uma solução de compromisso e satisfazer apenas algumas delas em detrimento de outras. É o fenômeno da ‘frustração’, denominação usual da física.

Tal sistema é considerado aberto porque nele existe, sempre, a possibilidade de emergência do novo, a partir das possibilidades de trocas efetivas com o meio; o sistema sobrevive, se mantém e se desenvolve a partir destas trocas. O ser humano vai se tornando cada vez mais diferenciado, ímpar em sua espécie, singular em sua forma de atender a demanda de sua própria vida.

Tal sistema é, igualmente, considerado dinâmico porque as trocas e/ou interações constantes propiciam o caráter dinâmico do funcionamento, ou seja, é sempre possível o desenvolvimento; este desenvolvimento é visto como a formação de novas estruturas, da mais simples para a mais complexa, que, por sua vez, permitem um modo de funcionamento mais sofisticado, uma estrutura mais complexa frente às necessidades de respostas ao meio circundante. Ambientes diferentes geram cérebros e mentes diversas, propiciam a singularidade do ser humano.

Finalmente, trata-se de um sistema complexo, tendo em vista que o funcionamento do sistema é de grande complexidade; o funcionamento do todo é, sempre, maior do que a soma do funcionamento de cada uma das suas partes. Trata-se de um estado biológico, um funcionamento neuropsicológico constantemente reconstruído, possuindo uma complexidade tal que se torna difícil o estudo de seus componentes tanto em relação às particularidades de cada unidade, quanto de inter-relação entre estes componentes, que resulta no funcionamento do todo.

Segundo Nussenzveig (1999), organizador do livro ‘Complexidade e Caos’, o cérebro é, provavelmente, o sistema mais complexo conhecido. Almeida (1999), autor participante do livro acima citado, afirma que algumas habilidades do cérebro podem ser consideradas como propriedades emergentes e que o cérebro se comporta como um sistema complexo de muitas unidades interagindo de forma não-linear. Esta forma de estudar o fenômeno ‘funcionamento cerebral’ parece-nos bastante pertinente à nossa pesquisa, por isto decidimos por uma inclusão sucinta acerca de ‘sistemas complexos’ na nossa fundamentação teórica: trata-se de uma forma elucidativa, relacionada a alguns pressupostos teóricos relevantes e autores ligados, especificamente, à neuropsicologia.

Valsiner (1997), em seu livro ‘Culture and the Development of Children’s Action’, no capítulo referente às concepções básicas subjacentes à pesquisa psicológica, apresenta uma

discussão acerca das ‘concepções de causalidade’ e evidencia um modelo de ‘causalidade sistêmica’ que enfatiza o relacionamento funcional entre diferentes partes de um sistema causal. Trata-se de uma possibilidade de explicação causal baseado no relacionamento funcional entre as variáveis do sistema. Durante o curso de desenvolvimento, um determinado sistema A é influenciado pelo ambiente e modifica-se, alterando o seu funcionamento, tornando-se B; ao mesmo tempo, este sistema influencia o ambiente e, mais uma vez, modifica-se, tornando-se C e, assim sucessivamente, tornando-se D, E, mas sem deixar de ser o mesmo organismo. O que acontece é uma frequente modificação no funcionamento desse sistema de uma forma menos diferenciada para uma outra forma mais diferenciada, no curso do desenvolvimento desse sistema.

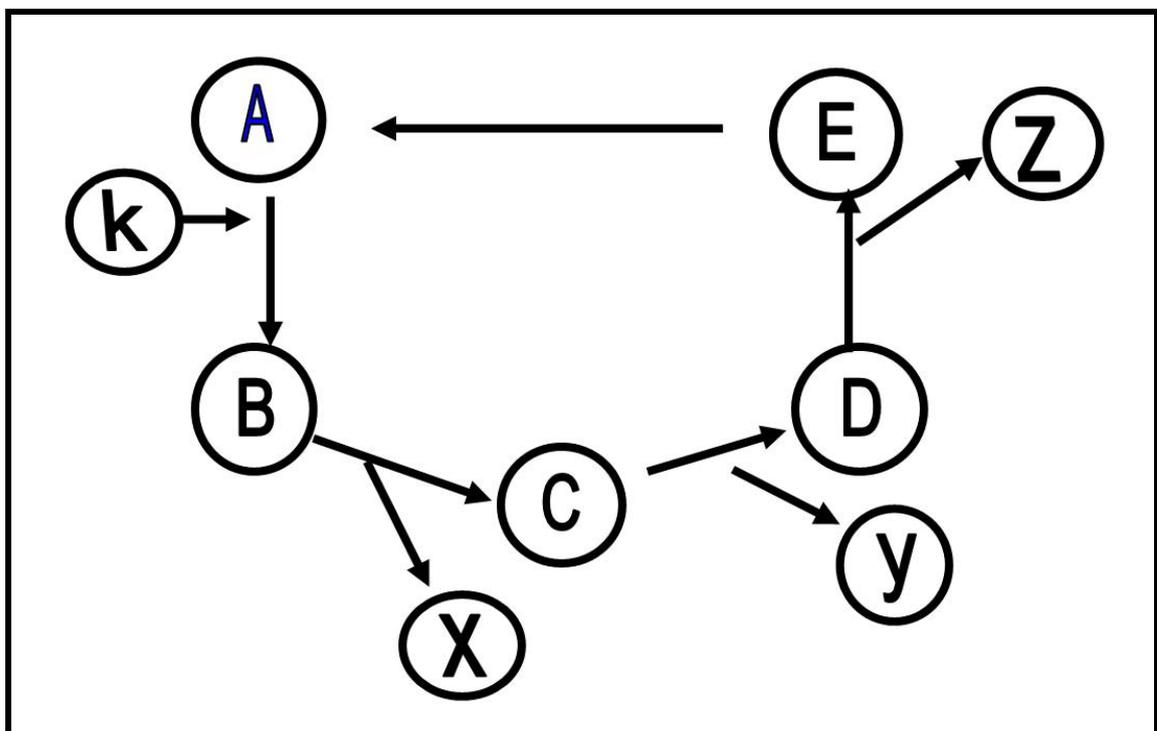


Figura 7. Causalidade Sistêmica (reproduzido de Valsiner, 1997, p. 42)

Esta visão sistêmica do ser humano se apóia nas contribuições de várias áreas científicas, entre elas a física, e de vários autores, entre eles aqueles que são mais relevantes para a nossa pesquisa, como Luria, Vygotsky, Maturana e Varela e Damásio.

Outro aporte teórico bastante interessante e significativo para a compreensão do ‘humano’ como um sistema, se refere à contribuição de Maturana e Varela (2001); segundo os autores, os seres vivos se caracterizam por, literalmente, produzirem de modo contínuo a si próprios, o que caracterizaria a organização que os define de ‘organização autopoietica’.

Os seres vivos são diferentes e se distinguem porque têm estruturas distintas, mas são iguais em sua organização. A característica mais peculiar de um sistema autopoietico, ainda segundo os autores (2002, p. 55), é que “ele se levanta por seus próprios cordões, e se constitui como diferente de seu meio por sua própria dinâmica, de tal modo que ambas as coisas são inseparáveis”. O conceito de organização se refere às relações que devem ocorrer entre os componentes de algo, para que seja possível reconhecê-lo como membro de uma classe específica e o conceito de estrutura diz respeito aos componentes e relações que constituem, concretamente, uma unidade particular e configuram sua organização. Quando, num organismo, existe um sistema nervoso tão rico e vasto como o do homem, seus domínios de interação permitem a geração de ‘novos fenômenos’, ao possibilitar novas dimensões de acoplamento estrutural.

Todo ser vivo inicia com uma estrutura inicial que condiciona o curso de suas interações (modo de funcionamento / modo de interagir) e delimita as modificações estruturais que estas interações desencadeiam nele. Maturana e Varela (2001) consideram que entre as duas estruturas, operacionalmente independentes entre si – ser vivo e o meio, estabelece-se uma congruência necessária – congruência estrutural – e que nesta ‘congruência estrutural’, uma perturbação do meio não contém, em si, uma especificação dos seus efeitos sobre o ser vivo. As mudanças que ocorrerão como respostas à perturbação constituída serão

determinadas pelo próprio ser vivo, através de suas estruturas. O que, de fato, ocorre é uma interação entre a estrutura e a perturbação do meio.

*“Esta interação não é instrutiva, porque não determina quais serão seus efeitos. Por isso, usamos a expressão desencadear um efeito e, com ela, queremos dizer que as mudanças que resultam da interação entre o ser vivo e o meio são desencadeadas pelo agente perturbador e determinadas pela estrutura do sistema perturbado. O mesmo vale para o meio ambiente: o ser vivo é uma fonte de perturbações e não de instruções”.*

Maturana e Varela (2001, p.109)

Num sistema dinâmico estruturalmente determinado, sua a estrutura está em contínua mudança, seus domínios estruturais, portanto, também sofrerão variação, mas a cada momento sempre estarão especificados por sua estrutura presente. Essa contínua e incessante modificação estrutural ocorre na unidade a cada momento e de muitas maneiras, ou como uma alteração desencadeada por interações provenientes do meio onde ela se encontra ou como resultado de sua dinâmica interna. Assim, a coerência e a harmonia nas relações e interações estabelecidas entre os componentes de cada organismo específico se devem, na dinâmica do desenvolvimento individual, a fatores genéticos e ontogênicos que demarcam a plasticidade estrutural de seus componentes.

Partindo do pressuposto da compreensão do ser humano como um ‘sistema complexo’, poderemos, dando prosseguimento às nossas questões teóricas, adentrarmos nas questões mais específicas, àquelas da neuropsicologia. O interesse pelo estudo dos mecanismos cerebrais pertinentes ao estudo do funcionamento executivo e suas inter-relações com o desempenho matemático nos levou a estudar e buscar subsídios nas obras de autores consagrados, entre eles, um autor reconhecido na literatura neuropsicológica – Lev Vygotsky, com o qual começaremos nossas discussões mais específicas da neuropsicologia.

Segundo afirma Luria em três de suas publicações (1965, 1968, 1979, citado por MANGA, 1991), a investigação realizada por Vygotsky possibilitou o surgimento da nova

disciplina – a neuropsicologia. Estas investigações se concentraram no desenvolvimento das funções psicológicas superiores, na alteração deste desenvolvimento em caso de lesão cerebral e na desintegração destas funções em condições de dano cerebral. Vygotsky, ao introduzir as funções psicológicas superiores como tarefa básica da psicologia, enfrentou as posições dominantes da psicologia dos anos vinte e as posições dominantes da neurologia, com a localização cortical de tais funções no cérebro humano. A psicologia estudava com êxito, naquele tempo, funções psicofisiológicas relativamente elementares, mas se mostrava incapaz de uma análise científica das funções psíquicas superiores do homem e, também, incapaz de uma interpretação causal das mesmas.

Para Vygotsky, a psicologia deveria se converter numa ciência que tivesse por objeto de estudo os processos psíquicos superiores, que os estudasse do mesmo modo que estudava a sensação elementar e a reação motora simples. O método consistia em decompor o comportamento em elementos simples, decompô-lo em unidades que conservassem a especificidade psíquica humana. Assim, o método seria de ‘análise por unidade’, sendo a unidade básica que conserva as propriedades do todo, o emprego de ferramentas para lidar com o meio externo e, por continuidade, regular seu próprio comportamento.

A utilização de ferramentas, segundo o autor, permite governar o mundo material externo, enquanto que a utilização de signos permite ao homem dirigir seus próprios processos psicológicos; ferramentas e signos são as unidades formadoras das funções psicológicas superiores do homem. Tal formação é de origem social e origina-se, portanto do meio exterior ao organismo biológico, em contraposição aos cientistas que atribuíam sua origem no cérebro. As funções psicológicas superiores não poderiam ser consideradas funções isoladas e sim como sistemas funcionais complexos, formados historicamente, além de passarem por um processo de mudança num processo de desenvolvimento ontogenético. Assim, Vygotsky (1991a) apresentava uma nova forma de lidar com a localização cerebral, com o substrato

neuronal das funções psicológicas superiores: sociais em sua origem, sistêmicas em sua natureza e dinâmicas em seu desenvolvimento.

O cérebro humano, segundo o autor, possui novos princípios de localização em comparação com o cérebro animal; estes princípios de localização, além de serem novos, possuem um caráter cronogenético, por sua vinculação com as etapas de desenvolvimento psíquico. A localização das funções psicológicas superiores teria que ser entendida como cronogenética ou como o resultado do desenvolvimento psicológico; o desenvolvimento mental da criança não supõe um simples amadurecimento de traços inatos, mas ocorre num processo de relação com os objetos externos e com as pessoas adultas. É desta maneira que a criança chega a dominar o emprego de ferramentas, conhecimento acumulado ao longo da história do homem e como chega ao uso dos meios externos – como os signos – para a organização de sua própria conduta específica. Desta forma, no cérebro humano as inter-relações complexas de diferentes zonas corticais são o resultado do desenvolvimento e existem diferentes inter-relações nas etapas precoces e tardias do desenvolvimento. Vygotsky estabeleceu três princípios acerca da localização funcional das funções psíquicas superiores (organização cerebral):

1. princípio da origem sócio-cultural das funções: novas funções que podem surgir no processo de desenvolvimento histórico fariam aparecer novos órgãos funcionais e novos sistemas funcionais, permitindo, assim, o desenvolvimento ilimitado do cérebro humano, porque os órgãos funcionais não precisam de grupos diferentes e/ou novos de neurônios. O cérebro humano é, graças a este princípio de organização, funcionalmente, resultado da cultura, não necessitando da criação de um aparato morfológico novo a cada vez que a história cultural demanda a criação de uma função nova;

2. princípio da estrutura sistêmica das funções: parte da concepção do cérebro possuindo inter-relações funcionais plásticas e, portanto, sujeitas a mudanças, além de abordar o problema da atividade do todo e das partes em relação ao funcionamento cerebral. Qualquer função específica nunca se baseia na atividade de uma zona limitada, senão no produto de uma atividade integral de um complexo de zonas separadas, muito diferenciado e hierarquicamente construído. Diferenciação e integração não são contraditórios, são interconectados e incluídos num mesmo processo.
3. princípio cronogenético: o caráter dinâmico e passível de mudança das funções psicológicas superiores no desenvolvimento. Estas funções são sistemas dinâmicos complexos considerados como o resultado da integração de funções elementares. Este princípio de organização cerebral refere-se a relação de unidades estruturais e funcionais nas alterações que ocorrem no desenvolvimento da criança e na dissolução das funções do cérebro adulto por lesões focais.

O nosso segundo autor consagrado, também soviético – Alexander Romanovich Luria deixou sua marca na neuropsicologia e é citado, na grande maioria dos trabalhos desenvolvidos nesta área; a neuropsicologia desenvolvida por Luria na União Soviética se diferencia numa trajetória psicofisiológica preocupada, primordialmente, com as relações cérebro-comportamento nos seres humanos, sendo os processos psíquicos complexos o objeto principal de atenção e estudo. A psicofisiologia de Luria (MANGA, 1991) considera o cérebro ativo e plástico na sua função adaptativa ‘filontogenética’, com especial interesse pelo desenvolvimento ontogenético.

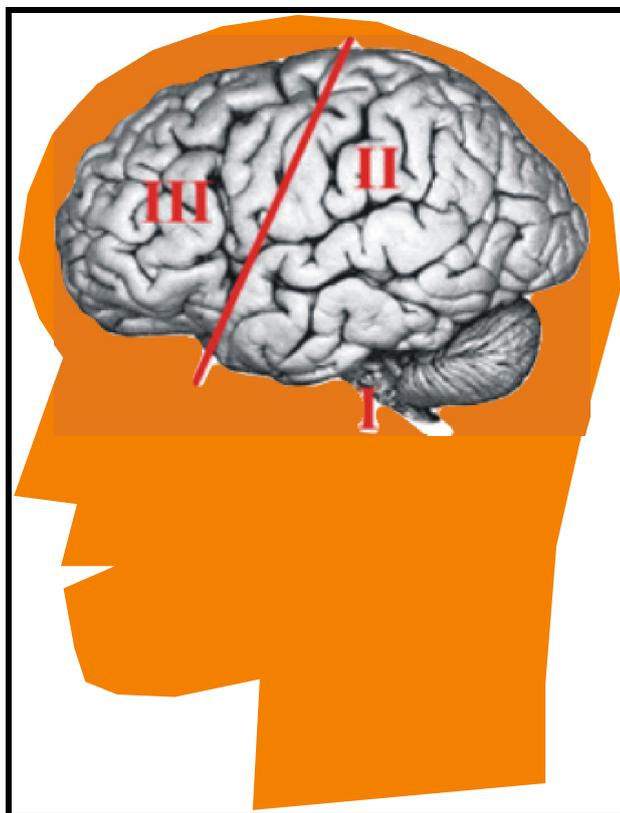
Desde o nascimento, o cérebro estabelece uma constante evolução através de sua inter-relação com o meio. O desenvolvimento psíquico investigado à luz das concepções de Luria

constituiu-se como um marco na neuropsicologia; trata-se de uma perspectiva dinâmica, que demonstra, como ele mesmo pensava, o cérebro em ação. Segundo ele, a investigação neuropsicológica permite conhecer a estrutura interna dos processos psicológicos e da conexão interna que os une, além de possibilitar realizar um exame pormenorizado das alterações que surgem nos casos de lesões cerebrais e as diversas maneiras pelas quais os processos psicológicos são alterados por essas lesões. Ele estabelece as relações entre as funções psicológicas e o funcionamento cerebral a partir de unidades funcionais (LURIA,1981).

A visão de Luria sobre a organização neurológica das funções superiores no córtex cerebral constitui uma das suas mais valiosas contribuições: a compreensão dos aspectos funcionais da estrutura cerebral. Este autor parte da consideração de que as funções psíquicas superiores constituem sistemas funcionais complexos que necessitam da ação combinada de todo o córtex cerebral, apesar de que sua base estaria situada em grupos de células, topograficamente dispersas, que atuam conjuntamente interagindo entre si. Desta forma a atividade psíquica superior estaria baseada no funcionamento conjunto de todo o cérebro; mas, esse cérebro deve ser considerado como um sistema altamente diferenciado cujas partes distintas asseguram cada um dos diferentes aspectos do conjunto. Além disso, em função das distintas interconexões dinâmicas que se formam durante o desenvolvimento ontogênico da pessoa, as diferentes funções psíquicas superiores não têm uma estrutura única invariável: o cérebro pode efetuar uma mesma tarefa mediante distintos sistemas de conexões intercambiáveis entre si, dentro dos limites de determinadas regras de funcionamento cerebral.

Os processos comportamentais complexos, portanto, não são ‘localizados’, mas distribuem-se por todo o cérebro em ‘sistemas funcionais’, os quais se organizam de forma tal que cada zona cortical contribui para o comportamento de um modo específico, de acordo com sua posição hierárquica e os princípios que a governam. A atividade nervosa superior se

faz à custa de estruturas conjugadas que podem ser observadas em três unidades funcionais, que explicam o dinamismo do sistema funcional, onde cada parte do cérebro tem seu papel na realização dos atos cognitivos. Cada uma dessas unidades básicas exibe, ela própria, uma estrutura hierarquizada e consiste em pelo menos três zonas corticais construídas uma acima da outra: as áreas primárias – de projeção, que recebem impulsos da periferia ou os enviam para ela; as secundárias – de projeção-associação, onde as informações que chegam são processadas ou programas são preparados e, finalmente, as terciárias – zonas de superposição (LURIA, 1981).



**Figura 8, As Zonas Funcionais segundo Luria**  
Fonte: Hilton Losant – Design – (81)9132-3118

### **Primeira Unidade Funcional**

A primeira unidade mantém o tono cortical e o estado de vigília, regulando-os de acordo com as demandas atuais com as quais o organismo se confronta. Relaciona-se com a unidade primária: a formação reticular, as regiões superiores do tronco cerebral, a região talâmica e o sistema límbico.

### **Áreas Primárias**

- relacionam-se diretamente com a sensibilidade ou com a motricidade.
- a cada tipo de sensibilidade especial corresponde uma área primária enquanto todas as formas de sensibilidade geral convergem para uma só área: a área somestésica.
- áreas corticais primárias: área visual; área analítica; área olfatória; área vestibular; área gustativa; área somestésica e área motora primária.

### **Segunda Unidade Funcional**

A segunda unidade obtém, armazena e processa informações. Localiza-se nas regiões laterais do neocórtex na superfície dos hemisférios e ocupa as regiões posteriores, incluindo as regiões visuais (occipitais), auditivas (temporais) e sensorio-gerais (parietais).

### **Áreas de Associação Secundárias**

- são áreas unimodais, relacionam-se, ainda que indiretamente, com alguma modalidade de sensação ou com a motricidade, estando, geralmente, justapostas às áreas primárias correspondentes.
- áreas de associação secundárias sensitivas: área somestésicas secundárias; área visual secundária; área auditiva secundária.
- áreas de associação secundárias motoras; área motora suplementar; área pré-motora; área de Broca.

### **Terceira Unidade Funcional**

A terceira unidade programa regula e verifica a atividade mental. Suas estruturas localizam-se nas regiões anteriores dos hemisférios cerebrais anteriores ao giro pré-central, regiões frontais.

### **Áreas de Associação Terciárias**

- ocupam o topo da hierarquia funcional no córtex cerebral.
- são supramodais, ou seja, não se relacionam isoladamente com nenhuma modalidade sensorial.
- recebem e integram as informações sensoriais já elaboradas por todas as áreas secundárias e são responsáveis, também, pela elaboração das diversas estratégias comportamentais.

- são áreas de associação terciárias: área pré-frontal; área temporoparietal; áreas límbicas.
- estão envolvidas com atividades psíquicas superiores.

Desta forma, determinam-se os vários níveis estruturais dos processos mentais:

- nível de reações sensório-motoras
- nível de organização mnêmica
- nível de operações complexas

Todas as habilidades e competências cognitivas são integradas em um nível superior, mediante um sistema executivo; isto permite determinar objetivos, elaboração de planejamentos e estratégias, além da organização e controle das tarefas. Além disso, o trabalho coordenado de todas as áreas corticais responsáveis pelos elementos de um ato comportamental complexo é necessário para que o ato seja realizado de forma precisa e harmônica. Segundo Luria, a fim de obter um conhecimento sobre as áreas corticais e suas funções inter-relacionadas e coordenadas, deve-se lançar mão do único meio eficaz, através da análise qualitativa dos processos psicológicos.

Luria demonstrou as implicações clínicas de seus pontos de vista teóricos a partir de observações meticolosas de casos clínicos, estabelecendo bases para a compreensão do funcionamento cerebral e para a reabilitação dos transtornos observados em seus pacientes, a partir da geração das hipóteses formuladas durante a avaliação clínica, o diagnóstico e o tratamento neuropsicológico.

Um autor contemporâneo, um neurocientista que muito tem contribuído para o avanço na compreensão da estrutura e funcionamento cerebral, bem como dos seus correlatos

neuropsicológicos é Antônio Damásio, autor dos clássicos ‘O mistério da consciência’ e ‘O erro de Descartes’.

Para Damásio (1996), os processos cognitivos não dependem de um único centro cerebral, mas de vários sistemas cerebrais que funcionam de forma concentrada ao longo de muitos níveis de organização neuronal e que este funcionamento deriva da concepção de organismo assim explicitado:

1. o cérebro humano e o resto do corpo constituem um organismo indissociável, formando um conjunto integrado por meio de circuitos reguladores bioquímicos e neurológicos mutuamente interativos, incluindo componentes endócrinos, imunológicos e neurais autônomos;
2. o organismo interage com o ambiente como um conjunto: a interação não é nem exclusivamente do corpo nem do cérebro;
3. as operações fisiológicas que denominamos por mente derivam desse conjunto estrutural e funcional e não apenas do cérebro: os fenômenos mentais só podem ser cabalmente compreendidos no contexto de um organismo em interação com o ambiente que o rodeia.

A ideia de que o organismo inteiro, e não apenas o corpo, ou o cérebro, interage com o meio ambiente (como a apresentada acima, a partir das concepções de Damásio) é, com frequência menosprezada; no entanto, quando enxergamos, ouvimos ou respondemos, em termos cognitivos, à demanda da vida cotidiana, o cérebro e o corpo participam dessa interação com o meio ambiente. O nosso desenvolvimento neuropsicológico poderia, então, ser concebido como o resultado das constantes inter-relações com o meio ambiente: de um lado, nosso aparato biológico e do outro, nossas circunstâncias de vida, aquilo que a nossa

existência pode nos proporcionar. Assim, nosso aparato biológico seria resultante da carga genética, das nossas condições de nascimento (gestação, condições orgânicas da mãe e processo de nascimento) e das interações estabelecidas com o meio ambiente. Dessa forma podemos, com segurança, afirmar que a relação de interdependência com o meio ambiente, estabelece, mantém e desenvolve nosso organismo, nossa estrutura mental, nosso funcionamento neuropsicológico.

O organismo altera-se, desenvolve-se e interage, de modo a obter a melhor relação e/ou interface possível. Segundo Damásio, a razão pela qual o organismo interage com o meio ambiente deve-se ao fato de que este necessita que estas relações ocorram a fim de manter a homeostase, ou seja, um estado de equilíbrio funcional.

*“Enquanto os acontecimentos mentais são o resultado da atividade nos neurônios do cérebro, a história prévia e imprescindível que os neurônios do cérebro têm de contar é a do esquema e do funcionamento do corpo”.*

Antônio Damásio (1996, p.259)

De acordo com os achados científicos da neurociência, quando o cérebro humano se desenvolve, bilhões de neurônios fazem, cada um, milhares de sinapses para sua integração em circuitos neurais específicos. Para que essas conexões se estabeleçam é necessário que, inicialmente, células neurais sejam geradas por sucessivas divisões celulares e se diferenciem em neurônios e, depois, em distintas populações neuronais. Em seguida, após a migração neuronal, os neurônios de uma região devem estender axônios ao longo de trajetórias específicas para regiões-alvo apropriadas, formando, assim, partes interligadas de um sistema funcional; porém, o formato inicial das conexões é, frequentemente, impreciso. O terceiro passo é o refinamento dessas conexões, para formar os padrões específicos da conectividade que caracterizam o cérebro adulto. Este padrão específico de conectividade de redes estabelecidas caracteriza o ser humano em sua espécie, identifica um tipo de funcionamento

neuropsicológico específico, capaz de responder a demanda cotidiana de uma maneira singular, ainda que semelhante, em alguns aspectos, com relação aos seus pares.

Para Damásio (1996) as principais características desta interconectividade, desses arranjos são: (a) o que um neurônio faz depende do conjunto dos outros neurônios vizinhos no qual o primeiro se insere; (b) o que os sistemas fazem dependem de como os conjuntos se influenciam mutuamente numa arquitetura de conjuntos interligados e, (c) a contribuição de cada um dos conjuntos para o funcionamento do sistema a que pertence depende da sua localização nesse sistema. Assim, a especialização do cérebro é uma consequência do lugar ocupado por esses conjuntos de neurônios no seio de um sistema de grande escala.

Embora o cérebro seja um conjunto de módulos, nenhum deles pode funcionar sozinho. Ainda hoje, os neurocientistas continuam mapeando o cérebro; eles se dedicam a definir as fronteiras dos agrupamentos nervosos e a seguir as projeções de neurônios de um agrupamento para outro (ZIMMER, 2004). Na efetivação de qualquer tarefa mental, as informações reverberam em uma ampla rede de regiões; “estas redes estão em constante mutação, no espaço de segundos, minutos e décadas. As conexões tornam-se mais fortes ou mais fracas; velhos modos desaparecem substituídos por outros” (ZIMMER, 2004). Essa flexibilidade se torna crucial e determinante; segundo os especialistas, neurocientistas, a atividade de um único neurônio gasta tanta energia que menos de um por cento deles pode atuar simultaneamente no córtex. Assim, na relação entre o tanto de energia de que dispõe e a quantidade gasta nas diversas atividades mentais, o cérebro não é capaz de absorver todas as informações disponíveis a seus sentidos, pelo meio ambiente. O funcionamento cerebral necessita, portanto, para suprir esta ‘deficiência de energia’ da utilização de estratégias cognitivas sofisticadas no sentido de que a escolha do que deve ser percebido deve ser direcionada para o que, de fato, seja relevante. Mas, o que é relevante em um dado momento, de acordo com as circunstâncias e demanda ambiental, por exemplo, pode perder a

importância no minuto seguinte (mudança da circunstância ou da demanda) e este aspecto faz com que o cérebro tenha que, continuamente, reorganizar suas redes, redirecionando sua atenção e capacidade de codificar as informações para o que seja, no momento específico, necessário e imprescindível à execução da tarefa ou a resposta à demanda da situação da realidade imediata.

Uma contribuição, também, relevante para a nossa pesquisa diz respeito a perspectiva sócio-histórica do psiquismo humano. Um dos autores representantes desta perspectiva sócio-histórica é Alexis Leontiev. Para Leontiev (n.d.), as aptidões e funções psíquicas formadas no decurso do desenvolvimento sócio-histórico são reproduzidas pelos indivíduos não devido à hereditariedade biológica, mas às aquisições no decurso da própria vida. Ao mesmo tempo em que se formam na criança os processos psíquicos superiores, especificamente humanos, aparecem igualmente os órgãos funcionais do cérebro que os realizam. Segundo este autor, são estas as características dos órgãos funcionais que aparecem no decurso da vida:

- uma vez formados, funcionam como um órgão global;
- apresentam uma relativa estabilidade, embora estes sistemas funcionais resultem da formação de ligações reflexas condicionais;
- são susceptíveis de reorganização e os seus diferentes componentes podem ser substituídos por outros, contanto que o sistema funcional considerado se mantenha como um todo.

O psiquismo do homem, segundo Leontiev (n.d.), é a função das suas estruturas cerebrais superiores que se formam na ontogênese durante o processo de apropriação das formas historicamente constituídas da sua atividade relativa ao mundo humano que o rodeia; este aspecto do desenvolvimento dos homens, que se traduz psicologicamente pela

reprodução, modificação e complexidade destas estruturas nas gerações sucessivas, representa o processo de desenvolvimento histórico do psiquismo. As propriedades psíquicas do homem, tanto gerais quanto especializadas, não representam a manifestação de algumas propriedades particulares postas biologicamente nele, de que não se poderia constatar senão a presença ou ausência, mas que elas se formam durante o processo de desenvolvimento e da educação,

Podemos verificar, através das diversas considerações teóricas apresentadas acima que somos seres em permanente construção, semelhante ao nosso funcionamento cerebral e o nosso funcionamento neuropsicológico. A experiência, as limitações e desafios originados no meio ambiente, têm a capacidade de modificar o comportamento dos seres inteligentes e a respectiva manutenção dos novos padrões comportamentais indica que fenômenos plásticos acontecem no sistema nervoso.

O desenvolvimento das funções neuropsicológicas se dá, essencialmente, na própria vida, nas condições nas quais se vive, na interdependência permanente entre o indivíduo e o meio ambiente, permeados pelos processos internos e solicitações externas. Mas, o desenvolvimento não é uma mera soma de experiências, atividades, contextos e apropriações: ele se dá em termos de mudanças estruturais, em termos de esquemas de funcionamento cada vez mais sofisticados. A forma de funcionar cognitivamente ou o modo de responder à demanda da vida cotidiana explicita a estrutura interna, o nível de funcionamento cerebral alcançado, o substrato cognitivo existente.

A inclusão dos autores de referência e as explicações teóricas retratam nosso intuito de explicitar a visão do funcionamento cerebral, sobre o qual fundamentaremos os achados científicos. Acreditamos que o próximo passo deva dizer respeito às considerações teóricas acerca do ‘lobo frontal’, área cerebral principal no desenvolvimento da nossa pesquisa. Além das questões neuropsicológicas do lobo frontal e das suas funções neuropsicológicas correspondentes – ‘funções executivas’, consideramos pertinente discutir, um pouco, as

questões referentes ao desenvolvimento neuropsicológico, haja vista a faixa etária da nossa clientela, crianças dos onze aos treze anos.

## **2.2. Desenvolvimento Neuropsicológico**

Durante muito tempo, o sistema nervoso central foi considerado com sendo um órgão estático e inflexível. Devido ao investimento científico, as pesquisas realizadas e os conhecimentos adquiridos pela neurofisiologia e neurobiologia molecular, verificou-se que o mesmo poderia ser considerado um órgão sensível, passível de alterações, ainda que limitadas, propiciadas pelas interações com os estímulos ambientais.

As alterações se processam através da plasticidade cerebral, do aumento das sinapses, das conexões neurais, da mudança estrutural do cérebro. A neuroplasticidade cerebral se refere à ‘alterações vitalícias’ na estrutura do cérebro que acompanham a experiência (KOLB e WHISHAW, 2002). Segundo estes autores, os cérebros, expostos a diferentes experiências ambientais, desenvolvem-se de maneiras diferentes; a experiência altera a estrutura de neurônios no cérebro, especialmente no córtex. Aparentemente, o maior número de sinapses resulta de maior processamento sensorial em um ambiente complexo e estimulante; a plasticidade não se deve apenas à resposta a eventos externos ao organismo, mas também à resposta a eventos internos incluindo efeitos hormonais, lesões e genes anormais.

O conceito de plasticidade não é único, não existe uma teoria unificadora dos fenômenos neuroplásticos, as abordagens experimentais são múltiplas e os resultados, muitas vezes, conflitantes. Ainda assim, a contribuição dos diversos conceitos se mostra significativa. A plasticidade neuronal é a capacidade de as conexões sinápticas de um neurônio serem substituídas, aumentadas ou diminuídas em quantidade e de modificarem a atividade funcional. Esta plasticidade neuronal não ocorre apenas em processos patológicos, mas

assume funções importantes no desenvolvimento normal do organismo. Podem ser citadas as importantes conexões nervosas (KOLB e WHISHAW, 2002) que têm lugar durante o período embrionário e ontogenético do indivíduo, que, inicialmente, são determinadas apenas por um programa genético e, mais tarde, suas funções neuronais de adaptação dependerão de condições do ambiente. De acordo com Lundy-Ekman (2000, citado por FORMIGA, TUDELLA e MEDEIROS, 2002), a neuroplasticidade pode ser definida como qualquer modificação do sistema nervoso que não seja periódica e que tenha duração maior que poucos segundos.

Pesquisas em neurobiologia têm comprovado que a plasticidade do sistema nervoso é uma característica única em relação a todos os outros sistemas orgânicos. Conforme Degroot (1994, citado por FORMIGA e al., 2002), a plasticidade neural é a propriedade do sistema nervoso que permite o desenvolvimento de alterações estruturais em resposta a experiências e como adaptação a condições mutantes e a estímulos repetidos. Desta forma, a plasticidade assume funções no desenvolvimento normal do organismo.

Uma das implicações mais importantes em termos de funcionamento neuropsicológico seria que à medida que o cérebro desenvolve, os neurônios ficam conectados de modo cada vez mais complexo; essas conexões mais complexas, por sua vez, suportam uma crescente complexidade comportamental. A neuroplasticidade pode ser considerada como a tendência do sistema nervoso a ajustar-se perante influências ambientais durante o desenvolvimento e estabelecer ou restaurar funções desorganizadas por condições patológicas ou experimentais (RAFFINI, 1999, citado por FORMIGA e al., 2002)

Uma primeira forma de plasticidade nervosa (FORMIGA et al. 2002) é denominada amadurecimento estímulo-dependente do sistema nervoso central e uma segunda forma é o processo de aprendizagem, no qual são considerados o aprendizado motor inconsciente (automatismo) e o consciente (memória). Os dois processos baseiam-se em mecanismos

fisiológicos semelhantes e constituem a base para uma organização normal do sistema nervoso e para a reorganização após processos lesionais, que são direcionados por atividade neural e, por conseguinte, são influenciados pela estimulação periférica, uma vez que todas as percepções do nosso corpo e do meio que nos rodeia são captadas e conduzidas ao neuro-eixo por meio dos sentidos.

Os estudos sobre a plasticidade sináptica sugerem que existem três estágios sobrepostos no curso do desenvolvimento sináptico e em sua manutenção subsequente. O primeiro desses estágios, o da formação das sinapses, ocorre nas etapas precoces do desenvolvimento, comumente as interações célula-célula. O segundo estágio, a afinação das sinapses recém-desenvolvidas, ocorre durante os períodos críticos iniciais do desenvolvimento, exigindo um padrão apropriado de atividade neuronal, que é em geral fornecido pela estimulação ambiental. O terceiro estágio, a regulação da eficácia sináptica, tanto a transitória como a longo prazo, ocorre diariamente durante o curso posterior da vida e é também determinado pela experiência.

Uma das implicações dessa hipótese é a de que as potencialidades para todo o comportamento de uma pessoa sejam criadas por mecanismos genéticos e do desenvolvimento atuando sobre o cérebro. Os fatores ambientais e o aprendizado poderiam exteriorizar capacidades específicas pela modificação da eficiência e as conexões anatômicas de vias preexistentes. Desse argumento segue-se que tudo o que ocorre no cérebro – desde os pensamentos mais íntimos até os comandos para os atos motores – não pode prescindir de processos biológicos.

A maturação do Sistema Nervoso Central inicia-se no período embrionário e só termina na vida extra-uterina, sendo influenciado, portanto, pelos fatores genéticos, do microambiente fetal e, também, do ambiente externo sendo, este último, imprescindível para o seu adequado desenvolvimento. Existem determinados períodos no desenvolvimento cerebral

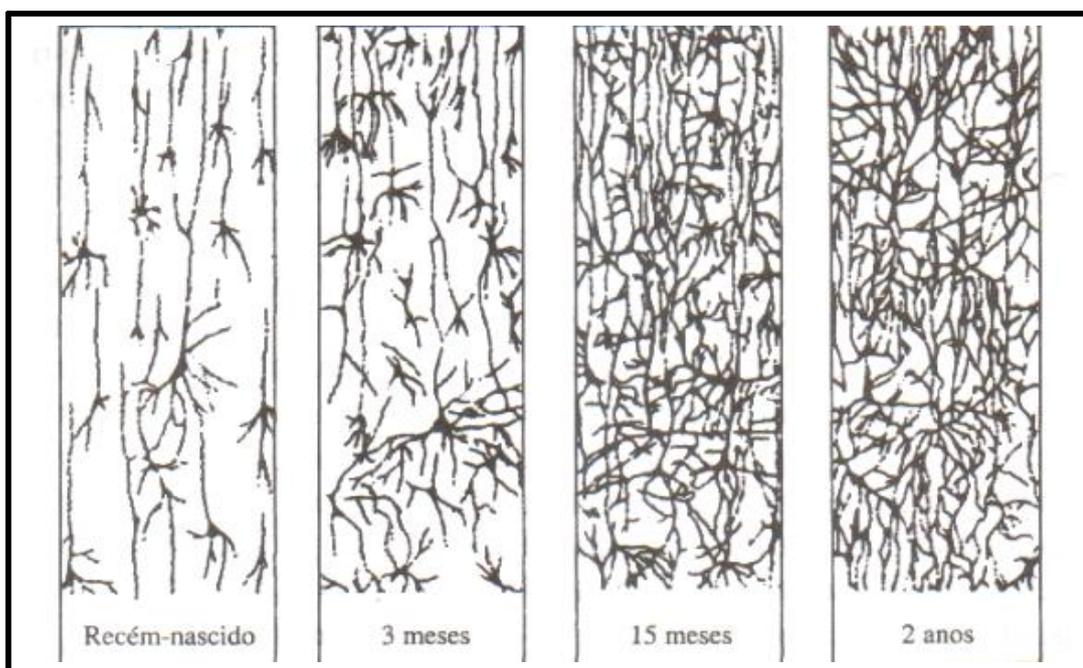
quando experiências específicas são muito importantes para o desenvolvimento normal, denominados ‘períodos críticos’. Segundo Kandel et al. (1997), o ‘período crítico’ seria um período, no curso do desenvolvimento, com duração variável, em diferentes regiões cerebrais, no qual os padrões geneticamente determinados dos circuitos cerebrais ficam, particularmente, sujeitos ao refinamento ambiental. O período crítico representaria um típico exemplo de interação entre os genes e o ambiente durante o desenvolvimento; a ausência da experiência sensorial adequada durante um período crítico pode resultar no desenvolvimento anormal do cérebro, levando a um comportamento anormal ou poderíamos pensar num prejuízo funcional que pode perdurar até mesmo na idade adulta.

O desenvolvimento do cérebro, mesmo após o nascimento, não se dá de maneira uniforme; em vez disso, ele tende a ‘crescer em massa’ durante períodos de ocorrência irregular comumente chamado de “surto de crescimento cerebral”. Com relação a este aspecto, existe a análise de um estudo realizado por Herman Epstein, apresentado por Kolb e Whishaw (2002) sobre proporção cérebro x peso/corpo, como forma de análise do desenvolvimento cerebral, no qual foram identificados surtos de crescimento cerebral entre 3 e 10 meses e nos períodos compreendidos entre 2 a 4, 6 a 8, 10 a 12 e 14 a 16 anos de idade. O aumento no peso cerebral foi cerca de 5 a 10% em cada um desses períodos bienais de vida. Uma implicação neuropsicológica importante diz respeito aos desdobramentos, em termos de funcionamento cognitivo, acarretados por estes ‘surto’, os quais, sem dúvida alguma devem ocorrer, modificando a estrutura cerebral e, conseqüentemente, o comportamento e/ou o desempenho neuropsicológico.

Este crescimento cerebral, segundo os estudos realizados, ocorre sem o aumento concomitante no número de neurônios. Portanto, isso se deve ao desenvolvimento das células gliais e das sinapses. Embora as sinapses ofereçam pouca probabilidade de adicionar muito peso ao cérebro, o crescimento das mesmas é acompanhado pelo crescimento das demandas

metabólicas, o que faz com que os neurônios fiquem maiores, novos vasos sanguíneos se formem e novos astrócitos sejam produzidos.

A figura 9, adiante, ilustra um aspecto do desenvolvimento neuropsicológico, o aumento das conexões neurais a partir das relações e/ou trocas estabelecidas com o meio ambiente – a criação contínua de redes neurais.



**Figura 9. Desenvolvimento das redes neurais (reproduzido de Greenfield, 2000, pag.105)**

A partir deste aumento na complexidade do córtex, ocorrem alterações significativas quer quantitativas, quer qualitativas no funcionamento cognitivo durante cada um destes surtos, gerando comportamentos cada vez mais complexos. Uma das dificuldades de vincular os surtos de crescimento cerebrais ao desenvolvimento cognitivo é, segundo Kolb e Wishaw (2002), que os surtos de crescimento são medidas superficiais das alterações que ocorrem no cérebro; os cientistas precisariam saber, por exemplo, quais eventos neurais estão contribuindo para o crescimento cerebral ou onde, exatamente, eles estão ocorrendo.

Mesmo admitindo esta restrição na precisão da medida, os autores apresentam uma relação entre os primeiros quatro surtos de crescimento do cérebro e os quatro estágios do desenvolvimento cognitivo descritos por Piaget (sensório-motor, pré-operacional, operações concretas e operações formais). Esta correspondência, segundo os resultados do estudo realizado pelos autores, sugere duas possibilidades: (a) que ocorrem alterações significativas no funcionamento neural com o início de cada um dos estágios de Piaget, (b) as diferenças individuais na idade em que surgem os vários avanços cognitivos identificados por Piaget podem ser causadas pelas diferenças nas taxas de desenvolvimento cerebral, ou ainda pela taxa na qual grupos específicos de neurônios amadurecem. Embora Piaget não tenha identificado um quinto estágio de desenvolvimento cognitivo, se a correspondência for válida, no final da adolescência, a presença de um surto de crescimento sugeriria a sua existência.

Parece-nos interessante relacionar as idades nas quais ocorrem os ‘surtos de crescimento’ com as diversas etapas da experiência escolar. Podemos observar que os quatro últimos ‘surtos de crescimento’ correspondem, aproximadamente, a períodos relevantes e conflitivos vivenciados pelas crianças e adolescentes no ensino formal. O primeiro deles, vivenciado no início da vida escolar, o segundo na etapa de alfabetização, o terceiro no período compreendido entre o final do ‘ensino fundamental I’ e o início do ‘ensino fundamental II’ e o último, entre o término do ‘ensino fundamental II’ e o início do ‘ensino médio’. Todos os períodos se referem às etapas do ensino formal nas quais, frequentemente, ocorrem ‘crises’, tais como, uma significativa ‘queda’ no nível de desempenho escolar e o surgimento e/ou agravamento de muitos tipos de ‘dificuldades de aprendizagem’. O que poderia estar ocorrendo? Que relação existiria entre os ‘surtos de crescimento cerebral’ e o ‘desempenho escolar’?

Nossa hipótese explicativa é que, a partir de um ‘surto de crescimento cerebral’, o organismo necessitaria de tempo e circunstâncias para se ‘reestruturar’; ou seja, deve existir

um intervalo de tempo onde o organismo desenvolveria alguns processos para se reestruturar e, neste período, o seu rendimento cognitivo seria afetado. As mudanças estruturais propiciam, desta forma, mudanças no ‘funcionamento neuropsicológico’, mas esta mudança e as suas consequências funcionais não são automáticas; o organismo necessita compor uma nova estrutura e isso deve levar algum tempo, talvez o tempo correspondente à queda no desempenho escolar. Seria, mais ou menos, assim: ocorrendo o surto de crescimento cerebral, uma ‘desarrumação neuropsicológica temporária’ é engendrada, o organismo inicia um processo de ‘reorganização neuropsicológica’, o desempenho cognitivo é, momentaneamente atingido, podendo causar uma baixa na capacidade de atender à demanda da vida cotidiana (escolar, pessoal e social), para, posteriormente ser restabelecido, ou melhor, voltar a funcionar adequadamente (segundo repertório anterior), ainda que não seja uma correspondência exata, já que o novo padrão de funcionamento deverá ser mais sofisticado e, portanto, propiciar um desempenho neuropsicológico mais eficiente. Seria, portanto, a ‘criação’ de uma nova estrutura cerebral, que, por sua vez, acarretaria um, também novo, funcionamento neuropsicológico, mais diferenciado e mais apto para responder às necessidades pessoais e sociais, de acordo com sua idade cronológica e nível de escolaridade. Assim, finalmente, a ‘crise escolar’ passaria e, de novo, veríamos um padrão de desempenho semelhante ao anterior: o estudante, caso fosse um ‘bom estudante’, voltaria a se mostrar desta forma; retornaria a correspondência entre o seu funcionamento neuropsicológico e o desempenho escolar.

Este é um aspecto teórico, extremamente, relevante tanto para a nossa pesquisa, quanto para as reflexões acerca do processo de aprendizagem dos nossos estudantes. A investigação da relação entre as ‘crises’ no desempenho escolar com os surtos de crescimento cerebral e seu impacto na aprendizagem da matemática pode propiciar informações preciosas acerca do papel do funcionamento neuropsicológico infantil e nas possibilidades de

aprendizado. O esclarecimento dos aspectos neuropsicológicos e funcionais envolvidos nesta relação poderá engendrar um novo tipo de intervenção pedagógica fundamentada numa relação entre funcionamento neuropsicológico, conteúdo didático e prática pedagógica.

Torna-se evidente, a partir de toda a exposição acima, que se as experiências complexas e diversificadas podem estimular o desenvolvimento cerebral e influenciar o comportamento posterior; parece, igualmente, explícito que experiências muito restritas ou inadequadas possam interferir negativamente no desenvolvimento cerebral, no comportamento e no aprendizado. Existe, portanto, uma inter-relação entre experiências vivenciadas, favoráveis ou desfavoráveis, desenvolvimento cerebral, funcionamento neuropsicológico e capacidade de aprendizado. Se estamos falando em aprendizado, podemos, paralelamente, falar em aprendizagem formal ou desempenho escolar – esta é a nossa conexão de pesquisa: funcionamento neuropsicológico, com ênfase nas funções executivas, discutidas na próxima seção, e um aspecto da aprendizagem escolar, sendo expresso em termos de desempenho matemático.

### **2.3 Funções Neuropsicológicas**

O avanço científico da neuropsicologia nestas últimas décadas se mostra permeado pelo interesse em compreender o funcionamento cognitivo como um todo, as funções neuropsicológicas, as diferenças entre o funcionamento neuropsicológico normal e o patológico e os substratos neurais dos processos cognitivos mais complexos. Assim, num crescente interesse científico, se têm buscado o ‘padrão-ouro’ do funcionamento cognitivo (MUÑOZ CÉSPEDES e TIRAPU-USTÁRROZ, 2004); este padrão de funcionamento cognitivo diz respeito àquilo que nos diferencia dos demais animais, nos torna humanos e

que mais reflete nossa especificidade: a maneira de operar aspectos tão complexos como a consciência, o raciocínio, a linguagem, a tomada de decisões, a resolução de problemas ou o juízo social e ético.

A cognição nos permite responder à demanda da vida cotidiana; refere-se à condição, segundo Teixeira (2004), de selecionar o que, dentre os vários estímulos do ambiente, necessita ser, durante um certo período de tempo, o foco de nossa atenção, engendrando possibilidades de escolha de estratégias de ação, apreensão e retenção de novas informações e de esquemas de comportamento, o uso de esquemas verbais no intuito de comunicação e expressão, com o fim último de resolução dos problemas complexos. A cognição humana é composta de várias funções neuropsicológicas, denominadas de funções corticais superiores, tais com: inteligência, atenção, memória, linguagem, habilidades viso-construtivas e viso-perceptivas, percepção e funções executivas.

O nosso estudo tem como objetivo identificar os fatores do funcionamento executivo mais relevantes no desempenho matemático escolar, por isto envolve, na sua execução, a avaliação das funções executivas e de algumas das principais funções neuropsicológicas que estabelecem relação com este funcionamento, entre elas a atenção, a memória, as habilidades viso-construtivas e a linguagem. Precisamos, portanto, conceituar, segundo a literatura pertinente à área, as funções neuropsicológicas principais em nosso estudo, atenção, memória e funções executivas, sem pretensão de exaustividade com relação às questões de funcionamento e bases biológicas das mesmas, para melhor compreensão da análise e discussão dos nossos resultados.

### 2.3.1. Atenção

Estar atento significa focalizar a consciência, concentrando os processos mentais em uma única tarefa principal e colocando as demais em segundo plano. Esta ação focalizadora só se torna possível porque conseguimos sensibilizar seletivamente um conjunto de regiões cerebrais que executam a tarefa principal inibindo as demais. Isto significa que a atenção tem dois aspectos principais: a criação de um estado geral de sensibilização, conhecido como 'alerta' e a focalização desse estado de sensibilização sobre certos processos mentais neurobiológicos – a atenção propriamente dita (IZQUIERDO, 2002).

Esta função, atenção, possui estreita relação com todas as outras funções neuropsicológicas e com a capacidade de aprendizado. Os processos atencionais têm sido apontados como componentes essenciais para os processos cognitivos e/ou de aprendizagem; Steckler (1996) salientava que um organismo pode aprender através da percepção dos estímulos ambientais, das associações realizadas entre estes estímulos e do armazenamento das informações relevantes. A associação entre os estímulos relevantes depende da capacidade de discriminação das diferenças entre os mesmos, enquanto que o armazenamento depende da decodificação e alocação das novas informações. A motivação, atenção, memória e experiência prévia constituem fatores determinantes na eficiência da aprendizagem.

A atenção é definida como um fenômeno pelo qual se processa ativamente uma quantidade limitada de informações do enorme montante disponível através dos nossos sentidos, de nossa memória armazenada e de outros processos cognitivos. Esta captação perceptiva pode estar em diferentes modalidades sensoriais, auditiva ou visual (STERNBERG, 2000).

Segundo Treisman (1969), a atenção refere-se ao conjunto de operações que permitem ao organismo identificar estímulos relevantes do ambiente, focar-se nesses estímulos e não noutros (atenção seletiva), sustentar o foco nestes estímulos até que sejam processados (atenção

sustentada e vigilância) e permitir a transferência dos estímulos por níveis mais complexos de processamento de informações. De acordo com o autor, a atenção é considerada como o conjunto de operações que asseguram ao organismo a identificação de estímulos relevantes no ambiente, a focagem e a sua manutenção nesses estímulos e o re-direcionamento destes para os processos cognitivos de alta ordem.

A atenção está na origem do conhecimento e da ação; a condução básica para se fazer uso da atenção é a vigília e esta reação da vigília está na base dos processos atentos que permitem ao organismo executar uma reação de orientação em vista de estímulos recebidos. A atenção pressupõe ao mesmo tempo, orientação e concentração mental dirigidas para uma tarefa e inibição de atividades concorrentes. A distrabilidade, a contaminação das tarefas por estímulos vindos do meio ambiente ('efeito de campo', Luria), mostram as dificuldades de atenção dos sujeitos com lesão frontal. O poder atento sofre flutuações quanto à qualidade dos seus processos a depender dos fatores:

**Esforço Mental:** as tarefas que requerem grande esforço mental demandam grande parte da capacidade total da atenção;

**Destreza:** a aquisição da destreza na realização de uma tarefa, como resultado da prática, reduz a demanda da atenção, de modo que existe 'atenção disponível' para outras tarefas;

**Motivação e Estado de Consciência:** aumentam a capacidade total disponível para a focalização da atenção.

Além da interferência da demanda da atividade na qualidade da atenção, precisamos referir a classificação dos tipos de atenção aceita pela comunidade científica da área:

**Atenção Seletiva:** implica em orientar-se para alguns estímulos sensoriais específicos e inibir àqueles irrelevantes.

**Atenção Alternada:** o processo deste tipo de atenção implica na condição de alternar, continuamente, o foco de atenção.

**Atenção Dividida:** este processo ocorre quando a atenção está comprometida com duas atividades concorrente e de nível de complexidade semelhante, ao mesmo tempo.

**Atenção Sustentada:** implica em manter a atenção nos estímulos relevantes até a conclusão da tarefa pretendida. Depende dos mecanismos atentos internos, incluindo o nível de excitação e alerta e externos, como o interesse ou necessidade com relação àquela situação ou conjunto de estímulos. O período máximo de tempo que o indivíduo pode sustentar a atenção é chamado de ‘duração da atenção’.

### 2.3.2. Memória

De acordo com Izquierdo (2002), memória é a aquisição, a formação, a conservação e a evocação das informações. A aquisição é também chamada de aprendizagem: só se grava aquilo que foi aprendido. A evocação é também chamada de recordação: só lembramos aquilo que gravamos, aquilo que foi aprendido.

A memória é o meio pelo qual se reconhece as experiências passadas a fim de usar estas informações no presente. É um processo de mecanismos dinâmicos associados à retenção e a recuperação da informação sobre a experiência passada (STERNBERG, 2000).

As classificações da memória são de acordo com a sua função, com o tempo que duram e com o seu conteúdo. Há dois tipos de memória de acordo com a função: memória operacional e memória imediata. A memória operacional é breve, serve para manter durante alguns segundos, no máximo poucos minutos, a informação que está sendo processada no momento e para gerenciar a realidade. Este tipo de memória diferencia-se das demais porque não deixa traços e não produz arquivos e é processada, fundamentalmente, pelo córtex pré-

frontal, a porção mais anterior do lobo frontal. Muitos autores não consideram a memória operacional como um verdadeiro tipo de memória, mas como um sistema gerenciador central, que mantém a informação 'viva' pelo tempo suficiente para poder, eventualmente, entrar ou não na memória propriamente dita (IZQUIERDO, 2002). Raciocínio e compreensão são tarefas que, basicamente, dependem da memória operacional. A memória operacional não se restringe ao armazenamento temporário das informações, mas se refere à integração temporal e a manipulação de vários tipos de informação relevantes para a ação imediata (KRAMMER et al., 1997). O outro tipo de memória existente quanto à função é a memória imediata, que tem a duração de alguns minutos e é considerada, por muitos autores da área, como um termo sinônimo da memória operacional.

Os tipos de memória quanto ao seu conteúdo são: declarativas e procedurais; as quais requerem, para o seu bom funcionamento, quer na aquisição, quer na formação ou evocação, uma boa memória de trabalho. As declarativas são as que registram fatos, eventos ou conhecimentos, entre elas, as referentes a eventos aos quais assistimos ou dos quais participamos e que são denominadas episódicas e as de conhecimento gerais são chamadas de semânticas; as memórias episódicas são autobiográficas. Denominam-se memórias procedurais ou memórias de procedimento as memórias de capacidades ou habilidades motoras ou sensoriais, as quais, geralmente, chamamos de hábitos. Estes dois tipos de memória citados acima podem ser classificados como memórias implícitas e explícitas, de acordo com a forma com que são adquiridas: de maneira consciente ou de forma automática, sem que o sujeito perceba, de maneira clara, o que está aprendendo.

As memórias segundo o tempo de duração são classificadas em: memória de curta duração e memória de longa duração. A memória de curta duração é aquela que dura poucas horas, requer as mesmas estruturas nervosas que a de longa duração, mas envolve mecanismos próprios e distintos; é bastante resistente a muitos dos agentes internos ou

externos (drogas, traumatismos cranianos, eletrochoques) que afetam os mecanismos da consolidação da memória de longa duração. As memórias de longa duração levam tempo para serem consolidadas, não ficam estabelecidas em sua forma de maneira estável ou permanente imediatamente depois da sua aquisição; o processo que leva à sua fixação definitiva de maneira em que mais tarde poderão ser evocadas, nos dias ou anos seguintes, denomina-se consolidação. Estas memórias de longa duração também são denominadas de memórias remotas.

### **2.3.3. Funções Executivas**

Dentre as funções cognitivas de alto nível (funcionamento cortical superior, segundo Luria) que mais têm gerado pesquisas, artigos científicos e investigação são as denominadas 'funções executivas'. Muitos neurocientistas têm dado uma contribuição científica significativa no que se refere ao esclarecimento da funcionalidade e substratos neuronais das referidas 'funções executivas', como Stuss e Benson (1986), Lezak (1983), Cummings (1993), Damásio (1994), Baddeley (1996) e Shallice (2002), entre outros.

Segundo Jódur-Vicente, a associação entre funções intelectuais superiores e a região do lobo frontal têm sido descrita há, aproximadamente, 2000 anos, tanto na Grécia quanto em Roma. Segundo o autor, no século XIV, um italiano, Guido Lampranchi, foi o primeiro a descrever uma sequela clínica a partir de uma lesão no lobo frontal e, após algum tempo, no final do século XVII e princípio do século XVIII, Swedenborg escreveu que os lobos frontais se relacionam intimamente com as funções cognitivas superiores.

Segundo Jódur-Vicente (2004), o início do conhecimento mais substancial acerca da funcionalidade do lobo frontal se efetivou no século XIX, quando ocorreram dois episódios

importantes: a teoria localizacionista de Gall (frenologia), por um lado, na qual se atribuíam, ao lobo frontal, qualidades mentais superiores tais como, a curiosidade humana, o idealismo, o perfeccionismo, a capacidade para imitar, a medida do tempo ou sistema de ordenação e, por outro lado, a descrição do caso clínico Phineas Gage, que se tornou o grande ponto de partida do conhecimento atual acerca da implicação do lobo frontal na inibição e no controle do comportamento. Outro marco histórico, em relação às pesquisas da funcionalidade do lobo frontal, foram os estudos realizados com amostras mais amplas de sujeitos, em meados do século XX, por conta da necessidade de atendimento aos feridos da primeira e segunda guerra mundial e, posteriormente, durante a guerra do Vietnam.

O lobo frontal não atua como uma unidade funcional, mas como o conjunto de distintas regiões cuja arquitetura, filogenia, especificidade funcional e interconexões são diferentes. Uma forma de dividir as diferentes regiões do lobo frontal se dá em função de suas conexões com as regiões talâmicas; cada uma destas regiões (JÓDAR-VICENTE, 2004), que se diferenciam na sua citoarquitetura, filogenia e ontogenia, estão envolvidas, também, em funções cognitivas diferenciadas: córtex pré-central (córtex motor primário), córtex pré-motor (área motora suplementar e área de Broca) e córtex pré-frontal (órbito-frontal e dorsolateral).

Lezak (1983), considerada como a autora que cunhou este termo, definiu as funções executivas como a capacidade para levar a cabo uma conduta eficaz, criativa e socialmente aceita.

Em neuropsicologia as 'funções executivas' são definidas, em termos gerais, como uma gama de operações cognitivas que guardam, entre si, uma relação de interdependência. Neste conceito se incluem habilidades vinculadas à capacidade de planejar e organizar uma tarefa, selecionar apropriadamente os objetivos, dar início ao plano e sustentá-lo na mente enquanto o executa, inibição das distrações, mudança de estratégias de modo flexível, quando necessário, auto-regulação e controle do curso da ação para assegurar-se que a meta proposta

será alcançada. Em outras palavras, organização, antecipação, planejamento, inibição dos estímulos irrelevantes, manutenção da atenção, memória de trabalho, flexibilidade, auto-regulação e controle de conduta: estes fatores constituem requisitos importantes para resolver problemas de maneira eficaz e eficiente.

McCloskey (2004) realizou um estudo sobre as funções executivas – ‘visão geral das funções executivas’ – bastante relevante para o nosso estudo. O autor, neste artigo, apresenta os posicionamentos de um grupo de neurocientistas, inclusive ele próprio, que pesquisam sobre esta função neuropsicológica.

Segundo McCloskey (2004), as funções executivas podem ser pensadas como módulos processadores múltiplos, trabalhando em conjunto para dirigir a atividade cognitiva, incluindo funções associadas com: a habilidade de se engajar em um comportamento intencional, organizado, estratégico, auto-regulado e dirigido a uma meta. Estes módulos desempenham funções relacionadas à supervisão de outros processos cognitivos; para o autor, os processos das ‘funções executivas’ incluem, ainda que não sejam limitados a:

- Inibição de respostas impulsivas
- Interromper e, posteriormente, retornar a uma atividade em andamento
- Interagir e, seletivamente, dirigir processos de atenção, inibindo interferências e sustentando a atenção
- Iniciar o esforço, julgando a intensidade do esforço requerido para completar a tarefa e sustentá-lo; a sustentação do esforço deve ser suficiente para, efetivamente, completar a tarefa
- Demonstrar flexibilidade cognitiva para focalizar novas demandas ou responder a novas condições de informação
- Dirigir o uso e as alterações no processamento de padrões e de detalhes

- Monitorar e regular a velocidade de processamento da informação
- Monitorar o desempenho quanto à eficiência e precisão
- Supervisionar a seleção dos mecanismos de processamento (abstrato / concreto, verbal / não verbal)
- Dirigir a função motora, alterando o desempenho conforma a retro-alimentação
- Dirigir, com eficiência, o raciocínio fluido
- Dirigir o uso da memória de trabalho
- Dirigir a produção, fluência e eficiência da linguagem
- Estruturar as informações na memória de longo prazo
- Coordenar a recuperação das informações da memória de longo prazo
- Regular o comportamento social
- Possibilitar a auto-análise e a auto-observação
- Fazer uso da previsão e da visão anterior em relação ao processo em andamento
- Possibilitar a capacidade de ‘ter uma perspectiva do outro’ a fim de deduzir como o outro está se sentindo ou pensando em um dado momento no tempo

Apesar do autor não detalhar o que significa cada um destes processos das funções executivas, ele afirma que se mostra mais produtivo pensar nestas funções como um agregado indefinido de módulos de processamento, do que considerá-las como uma construção unificada. Através forma de análise, as ‘funções executivas’ não poderiam ser definidas como o processo cognitivo com o qual pensamos e agimos, mas como os processos cognitivos que dirigem ou indicam a utilização dos necessários processos com os quais pensamos e agimos.

Com relação aos distúrbios cognitivos relacionados aos lobos frontais, Cummings (1993, citado por BOLOGNANI e RODRIGUES, 2000), agrupou os distúrbios chamados frontais, correlacionando-os a regiões que podem ser distintas funcional e anatomicamente, identificando três síndromes principais:

- Síndrome dorso lateral: caracterizada por déficits das funções executivas, dificuldades para: planejar e iniciar as ações, executar comportamentos de acordo com os objetivos, verificar e monitorar o próprio desempenho, julgar adequadamente as situações e sua própria condição, mudar, de forma flexível, as estratégias de ação ou a linha de pensamento;
- Síndrome do cíngulo anterior: observam-se, predominantemente, a abulia, a apatia, a lentidão na emissão de respostas e a diminuição da espontaneidade;
- Síndrome órbito-frontal: as alterações de personalidade são o principal déficit, caracterizando-se por comportamento socialmente inapropriado, intimidade excessiva, labilidade de humor e dificuldade na condição de empatizar com sentimentos alheios.

Duffy, Campbell e Salloway (1994, citados por BOLOGNANI e RODRIGUES, 2000), descreveram, de outra forma, os três subtipos das disfunções frontais, nomeando cada um deles a partir de sua característica predominante: tipo desorganizado, tipo apático e tipo desinibido. Segundo os autores, é comum que os pacientes apresentem uma mistura de sintomas de cada subtipos, porém o que se observa na prática clínica é uma predominância de um dos grupos de sintomas.

Baddeley (1986, citado por BOLOGNANI e RODRIGUES, 2000) descreveu a ‘síndrome desexecutiva’, que inclui alta distrabilidade, dificuldades de realizar tarefas

complexas e lidar com situações novas. Segundo este autor, tais déficits seriam originados por uma falha no componente executivo central da memória operacional, ou seja, uma dificuldade na supervisão atencional que a memória necessita para realizar operações mentais imediatas, simultâneas e dirigidas a um objetivo. Num contexto clínico, Baddeley, definiu uma constelação de alterações cognitivo-comportamentais relacionadas com a ‘síndrome desexecutiva’, que compreende os seguintes elementos:

- Dificuldade para concentrar-se em uma tarefa e finalizá-la sem o controle externo;
- Presença de um comportamento rígido, perseverante e, por vezes, com conduta estereotipada;
- Dificuldades no estabelecimento de novos repertórios de comportamento, aliado a uma falta de capacidade para utilizar estratégias operativas;
- Limitações na produtividade e na criatividade, com falta de flexibilidade cognitiva;
- Incapacidade para a abstração e dificuldades para antecipar as consequências do seu comportamento.

A caracterização das síndromes e subtipos possibilitou maior esclarecimento sobre as diferentes funções desempenhadas pelo lobo frontal (BOLOGNANI e GOUVEIA, 2002), auxiliando a compreensão clínica dos fenômenos e o estudo de subgrupos com maior homogeneidade de sintomas. Existe uma multiplicidade de manifestações clínicas e demasiada discordância entre os estudiosos da área com relação às manifestações cognitivas e comportamentais das disfunções executivas ligadas ao lobo frontal; assim, quando os cientistas se referem às disfunções executivas, se referem a quase todas as patologias que afetam o sistema nervoso central. Quando se deseja estabelecer, portanto, uma relação entre

estrutura, função, cognição e conduta, não se pode contar, ainda, com um modelo ou uma descrição compartilhada por todos os pesquisadores que se referem ao conceito em questão.

Por tratar-se de um, considerado, construto teórico multidimensional, torna-se difícil realizar uma classificação ordenada das numerosas técnicas propostas para a avaliação do funcionamento neuropsicológico das funções executivas. Para tentar simplificar esta questão, Lezak (1995, citado por SOPRANO, 2003) propõe dividir o conceito em áreas restritas e sugere alguns recursos para investigar cada uma delas. O autor considera quatro aspectos:

- **Volição:** refere-se a um processo complexo que permite determinar o 'que se necessita ou o que se deseja' e conceber algum tipo de realização futura dessa necessidade ou desejo. Requer a capacidade de formular um objetivo ou uma intenção. A conduta volitiva tem duas importantes pré-condições; a motivação (habilidade para iniciar a atividade) e a consciência de si mesmo (psicológica e física na relação com o ambiente).

Não existem provas formais para investigar este aspecto, os dados são obtidos a partir da observação direta do examinando e das informações fornecidas por familiares, profissionais e professores.

- **Planejamento:** significa a capacidade de identificar e organizar os passos e elementos necessários para levar a cabo uma intenção ou alcançar um objetivo. Para planejar se necessita conceber mudanças a partir das circunstâncias presentes, analisar alternativas, fazer escolhas, um bom controle sobre os impulsos, adequado nível de memória e de sustentação da atenção.

Estes aspectos podem ser avaliados através dos testes: Cubos, Construção de orações – Binet, Figura Complexa de Rey, Bender, Labirintos, Teste de Torres (Londres, Hanói, Toronto).

- **Ação Intencional:** transformar uma intenção ou plano numa atividade produtiva, que requer iniciar, manter, modificar e sustentar seqüências de conduta complexa de uma maneira ordenada e integrada.

A realidade para regular a própria conduta se examina através das provas de flexibilidade, que requerem que o sujeito modifique o curso do pensamento ou da ação de acordo com a demanda da situação.

A inflexibilidade de respostas se evidencia através das condutas não adaptadas, perseverações, estereotípias e dificuldades em regular e modificar os atos motores; pode-se investigar através da aplicação do teste de uso de objetos e teste de uso alternativo, as tarefas de fluência verbal e fluência de desenhos.

A tendência a perseveração pode ser evidenciada através do teste de Bender, do teste de retenção visual de Benton e da cópia de letras, números ou palavras. Para estimar a capacidade de controle e regulação motora se usa o paradigma ‘go – no go’.

Outro aspecto que se deve atentar se refere à capacidade para manter uma atividade motora. A inabilidade para sustentar uma ação pode dever-se tanto a problemas de distração como a falhas em relação ao autocontrole. Investiga-se através de ordens simples, como manter os olhos fechados, colocar a língua para fora com os olhos fechados e com os olhos abertos, manter a boca aberta, manter o som ‘a’, etc., tarefas similares se encontram no ENE (exame neurológico evolutivo), no PANESS (physical and neurological examination for soft signs) ou em baterias neuropsicológicas com a ‘NEPSY’.

- **Execução efetiva:** uma execução é efetiva quando a ação se efetua de modo correto quanto à regulação, auto monitorização, autocorreção, tempo e intensidade. Apesar da carência de testes concebidos com este propósito, na realidade todos os testes de execução ou manipulativos fornecem informação sobre como o sujeito responde, a natureza de erros, distorções idiossincráticas e esforços compensatórios, todos os dados úteis para se levar em consideração.

A avaliação das funções executivas não constitui uma tarefa fácil, existindo muitos problemas ainda por resolver. Como já foi dito, trata-se de um ‘construto teórico multidimensional’ cujos componentes ainda não estão nem identificados nem delimitados claramente. Os processos neuropsicológicos que se interconectam sob o nome de ‘Funções Executivas’ podem ser bastante diversificados e desenvolvidos em tempos evolutivos diferentes. Isto permite explicar, talvez, grande número e variabilidade de testes que investigam as ‘Funções Executivas’, maior do que se registra em relação aos testes de inteligência.

#### **2.3.4. Desenvolvimento das Funções Executivas**

As funções executivas, segundo a literatura neuropsicológica atual, se referem a um conjunto de funções cognitivas que permite a antecipação e o estabelecimento de metas, o desenho de plano e programas, o início das atividades e das operações mentais, a auto-regulação e a auto-monitorização da realização das tarefas, a seleção dos comportamentos e condutas, a flexibilidade no trabalho cognitivo e sua organização no tempo e no espaço.

Trata-se, portanto, de uma função complexa que, para a eficiência e operacionalidade depende de fatores múltiplos, tais como a natureza da tarefa cognitiva, a formação acadêmica, as destrezas automatizadas, a demanda de outras tarefas simultâneas ou sequenciais e a identificação dos estímulos relevantes da tarefa.

As funções executivas se referem, portanto, a uma série de fatores organizadores e ordenadores subjacentes a todas as demais atividades cognitivas e, por isto, são consideradas como as funções neuropsicológicas mais sofisticadas do ser humano.

O desenvolvimento das funções executivas transcorre, semelhantemente a todas as outras funções neuropsicológicas, a depender do desenvolvimento do organismo como um todo, numa visão sistêmica, na sua relação de interdependência constante com o meio.

As funções executivas se mostram estritamente relacionada ao desenvolvimento da função reguladora da linguagem e a maturação das zonas pré-frontais do cérebro. Os processos maturativos neuropsicológicos compreendem uma multiplicidade de elementos tais como a mielinização, o crescimento dendrítico, o crescimento celular, o estabelecimento de novas rotas sinápticas e a ativação de sistemas neuroquímicos.

O córtex pré-frontal segue um prolongado curso de desenvolvimento, que se completa até o final da adolescência ou até o início da vida adulta. Por conta deste longo período de desenvolvimento, o córtex pré-frontal se torna, especialmente, vulnerável ao surgimento de disfunções durante toda a infância, o que se reflete na forma do elevado número de transtornos do neurodesenvolvimento que apresentam algum tipo de disfunção frontal como o transtorno do déficit de atenção, o autismo ou a síndrome de la Tourette.

O córtex pré-frontal, ontogeneticamente, é uma das últimas regiões cerebrais a completar o seu desenvolvimento, devido ao fato de que a maturação cerebral segue um modelo hierárquico que tem como último estágio, as áreas de associação. Os dois processos maturativos mais implicados em ‘esculpir a anatomia fina do cérebro’ (CAPILLA-

GONZÁLEZ, FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, CAMPO, MAESTÚ, FERNÁNDEZ-LUCAS, MULAS e ORTIZ, 2004) são a eliminação seletiva das sinapses menos eficientes que, segundo o autor, parece produzir uma diminuição no volume da substância cinzenta, e a mielinização, que contribui para aumentar o volume da substância branca.

O volume da substância cinzenta, no córtex pré-frontal, alcança seu pico máximo em torno dos doze anos e, a partir deste momento, começa a diminuir até estabilizar-se na fase adulta. Por outro lado, o volume da substância do lobo frontal aumenta, linearmente dos quatro aos treze anos, ainda que seu processo de mielinização não se complete até a idade adulta. Segundo Ortiz e col. (2004), o córtex pré-frontal mantém um importante número de conexões recíprocas com estruturas subcorticais e com outras regiões corticais, formando parte de circuitos frontoestriatais, frontotalâmicos, frontolímbicos e frontoparietais, entre outros; o processo de mielinização pode ser um fenômeno maturativo chave na otimização da efetividade destas conexões.

O período de maior desenvolvimento das funções executivas ocorre entre os seis e oito anos; neste período, as crianças adquirem a capacidade de auto-regular seus comportamentos e condutas, podem estabelecer metas e antecipar-se aos eventos, sem depender da orientação e/ou determinação externa, ainda que certo grau de descontrole e impulsividade ainda esteja presente.

Provavelmente, por conta deste período no curso do desenvolvimento das funções executivas, em que a condição de tomar conta de si mesmo ou monitorar o seu próprio comportamento não se mostra suficientemente propícia ou eficiente, nossas crianças necessitem de um ‘lobo frontal auxiliar’ – as mães e professoras; àquele ‘lobo frontal auxiliar’ suficientemente desenvolvido, quando for o caso, capaz de monitorar as atividades cognitivas, a inserção na sociedade e a adequação do comportamento. Para que um satisfatório curso de desenvolvimento das funções executivas, assim como para o

desenvolvimento de todas as funções neuropsicológicas, deve existir o meio ambiente propício, capaz de fornecer circunstâncias de desenvolvimento (situações de trocas e estimulação cognitiva), base afetiva e oportunidades de mudança em termos de estrutura neuropsicológica – promover desenvolvimento, permitir a diferenciação de raciocínio, comportamento e adequação social, a passagem contínua e incessante, através das relações de interdependência com o meio, de um estado menos diferenciado para um mais diferenciado: estas condições podem ser consideradas geradoras de desenvolvimento.

Aos doze anos, as crianças, geralmente, já apresentam uma organização cognitiva muito semelhante a que se observa nos adultos; o desenvolvimento completo das funções executivas, entretanto, se estabelece em torno dos dezesseis anos. Esta questão nos remete ao que, geralmente, acontece durante a adolescência, as crianças começam a abandonar o uso do seu ‘lobo frontal auxiliar’, não mais dependendo inteiramente dele para a consecução de sua atuação familiar, social e acadêmica; vão, paulatinamente usando o seu ‘próprio lobo frontal’, abandonando a dependência exacerbada dos pais, professores e figuras significativas em relação ao seu espaço vital.

Podemos pensar na relação destes achados neuropsicológicos referentes ao desenvolvimento das funções executivas com a aprendizagem escolar; algumas questões ligadas ao conteúdo programático das séries escolares do ensino fundamental podem não estar em sintonia com o processo de desenvolvimento ou com a condição neuropsicológica do sujeito aprendiz, com o funcionamento neuropsicológico dos nossos estudantes. Faz-se necessário atenção a estes achados e melhor aproveitamento, pela comunidade da educação, da contribuição científica das pesquisas e estudos realizados pela neuropsicologia, pela psicologia cognitiva e pela psicologia da educação matemática.

### 2.3.5. Avaliação das Funções Executivas

A avaliação neuropsicológica consiste no exame das diferentes funções cognitivas, a inteligência, a atenção, a memória, as habilidades viso-construtivas, a capacidade de cálculo, o planejamento, a capacidade de abstração, as habilidades viso-motoras e viso-construtivas, as funções da linguagem, a velocidade de processamento das informações, a inteligência, o raciocínio hipotético-dedutivo, entre outras. Através de uma avaliação neuropsicológica é possível se obter algumas correlações funcionais e topográficas de determinados tipos de comportamento; uma suposição cabível e, ao mesmo tempo audaciosa, seria a de que a avaliação neuropsicológica, na verdade, investiga o funcionamento das diversas áreas cerebrais, na medida em que estas se relacionam, diretamente, com as funções cognitivas investigadas ou na medida em que cada função cognitiva corresponde a um determinado sistema no cérebro. A neuropsicologia busca, segundo Mauro Muszkat (1998), fornecer uma correlação cerebral e funcional para o comportamento e para os aspectos cognitivos, propiciando informações que visam delimitar até que ponto determinadas estruturas neurais são envolvidas em determinadas tarefas ou desafios cognitivos, numa visão integrada que situa o cérebro enquanto transdutor deste ou daquele sintoma ou comportamento. A neuropsicologia lida, segundo Cambier (1998), com as funções cognitivas superiores, nas relações que as mesmas estabelecem com as estruturas cerebrais, utilizando a linguagem da psicologia, pois sua semiologia é avaliada em termos de comportamento, e da neurologia, pois ela necessita, para o seu objetivo, da referência constante à lesão ou à desorganização fisiológica responsável pelas alterações.

Partindo do pressuposto de que toda técnica de avaliação é uma ferramenta, um instrumento da ciência que estabelece uma relação entre o modelo teórico e os fenômenos empíricos que tenta estudar ou analisar, podemos concluir que o instrumento utilizado deve refletir o corpo teórico da ciência da qual faz parte. Assim, o instrumento 'avaliação

neuropsicológica' reflete um corpo teórico relativo à psicologia, no qual as funções cognitivas superiores possuem um substrato biológico, uma correlação com a estrutura e funcionamento cerebral.

A neuropsicologia propõe uma nova forma de abordagem, uma nova forma de análise dos distúrbios; não se restringe a uma análise sindrômica, que considera apenas a presença ou ausência de diferentes sinais, mas uma análise interpretativa, que identifica a existência de déficits cognitivos, que levanta hipóteses sobre o funcionamento neuropsicológico, que busca a correlação neurológica, assim como indica sobre as possibilidades de recuperação, a partir de um processo de reabilitação. O exame neuropsicológico vem corresponder, portanto, a demanda advinda de diversas áreas afins, tais como, a neurologia, a psiquiatria, a fonoaudiologia, a linguística, a psicopedagogia, entre outras especialidades, otimizando uma avaliação sobre a gravidade a natureza dos sintomas cognitivos e comportamentais, se valendo de testes específicos organizados em baterias. Existem muitos instrumentos de avaliação neuropsicológica, testes e técnicas, que são classificados em três grandes categorias:

- instrumentos de rastreio cognitivo: são testes breves, de fácil aplicação, que requerem um tempo limitado para a sua apuração e são capazes de discriminar entre uma situação normal e patológica;
- baterias neuropsicológicas gerais: compostas de vários testes, necessitam de várias horas para a sua aplicação e apuração, informam sobre a condição cognitiva em profundidade, analisando minuciosamente cada função cognitiva e o funcionamento neuropsicológico como um todo;
- testes específicos das diversas funções cognitivas: os testes são selecionados e utilizados a partir da identificação da função comprometida e do distúrbio a ser investigado.

Quanto ao processo avaliatório, na neuropsicologia, verifica-se a existência de três abordagens em relação à investigação clínica e ao uso dos testes específicos.

- A utilização de uma bateria fixa, onde se administra uma série de testes, antecipadamente determinada, independentemente da patologia, a todos os pacientes.

Rao (1996, citado por VASCONCELOS, 2001) cita as vantagens e desvantagens do uso da bateria fixa: são abrangentes, mas não econômicas, enfatizam mais os dados quantitativos, não são interativas e, algumas vezes, pouco adequadas a um tipo determinado paciente.

- A utilização de uma bateria flexível: os testes são selecionados a partir da observação inicial do paciente, dos dados da anamnese e das informações fornecidas pelo profissional solicitante. De acordo com uma hipótese do distúrbio evidenciado, inicia-se um exame baseado em tarefas específicas relativas a compreensão das funções cognitivas envolvidas, que nem sempre constam das baterias fixas.

Nas baterias flexíveis, o neuropsicólogo com sua experiência e conhecimento, faz uma seleção de testes que enfatizam dados quantitativos e qualitativos. Atualmente, a maioria dos neuropsicólogos tenta criar um protocolo para determinadas patologias que, além do tempo mais curto, torna o exame menos cansativo e pode se referir, essencialmente, às funções mais prejudicadas, as quais se tenta investigar. Depende, nesses casos, de protocolos muito bem planejados, baseados em pesquisas e estudos teóricos da patologia.

- A investigação se daria de forma a aprofundar o exame de um distúrbio específico, seja ele relativo à abstração, funções viso-espaciais, gnosias, praxias, linguagem, memória, etc.

Segundo nossas concepções, talvez a maior contribuição da avaliação neuropsicológica se refira aos casos considerados ‘funcionais’, em que não sejam identificados nenhum dano cerebral estrutural e/ou neurológico; naqueles casos em que toda a investigação neurológica, clínica e de neuroimagem, se mostra incapaz de explicar o inadequado funcionamento cognitivo da pessoa: quando não existe nenhum comprometimento neurológico comprovado e, ainda assim, existe um disfunção neuropsicológica. Isto ocorre, muito frequentemente, nos casos relativos às dificuldades de aprendizagem: o número de casos de pessoas com um funcionamento neuropsicológico comprometido, nas quais a neurologia ou psiquiatria não identificou nenhum dano, lesão ou doença é, consideravelmente, elevado, daí tantos questionamentos, pesquisas, estudos.

A avaliação neuropsicológica parte dos resultados obtidos nos diversos testes utilizados e da análise dinâmica entre estes resultados, a fim de responder respostas sobre o processamento cognitivo, sobre o funcionamento neuropsicológico com suas potencialidades e deficiências. Durante o exame das variadas funções que dependem da compreensão de ordens, atenção sustentada ou memória das instruções, podem surgir alguns tipos de problemas e/ou falhas e, como sugere Luria (1981) em relação ao exame neuropsicológico, “o modo de errar é que vai ser analisado, com o cuidado de se aprofundar na compreensão dos erros que indicam a qualificação do distúrbio, que precisa ser cuidado”. A análise dos erros se revela fundamental, pois o que interessa não é só o que se fez, o resultado final em termos de pontuação alcançada, mas o desempenho de uma forma ampla ou o processo neuropsicológico estabelecido: a resposta fornecida, a qualidade dessa resposta, o tipo de erro identificado, a

escolha do procedimento, a forma de responder e de atentar às solicitações da avaliação – dados que o profissional deve perseguir na realização do exame. Desta maneira podemos definir duas formas de avaliação – quantitativa e qualitativa:

- Avaliação Quantitativa: utiliza provas padronizadas visando uma condição clínica mais objetiva e a possibilidade de re-aplicação do exame. Uma das vantagens se refere ao fato de que os resultados podem tanto ser analisados por outros examinadores, como serem contrastados com os resultados de outras provas para estabelecer a confiabilidade. A experiência clínica requerida para estabelecer o diagnóstico, nesse caso, é menor do que a necessária na realização da avaliação qualitativa.
- A Avaliação Qualitativa requer três níveis de análise dos resultados:
  1. Nível Psicométrico: tenta estabelecer uma pontuação das destrezas e definir se uma determinada execução corresponde ou não a um parâmetro normal para a faixa etária e escolaridade. Esta análise é extremamente importante para a neuropsicologia, pois, geralmente, a pontuação diretamente obtida nas provas, se converte em dados significativos ou pontuação referencial para a elaboração do ‘perfil’ de funcionamento neuropsicológico.
  2. Análise dos Fatores Cognitivos: corresponde a primeira etapa de aproximação clínica dos resultados; trata-se de definir quais são as operações cognitivas necessárias para realizar uma tarefa específica e qual ou quais são àquelas responsáveis pela pontuação obtida.
  3. Análise Neuropsicológica do Fator Subjacente aos Erros: refere-se a etapa clínica mais avançada pois requer a significação e classificação

dos erros cometidos pelo paciente em avaliação, independente das destrezas e habilidades identificadas. Nesse momento deve-se levantar hipóteses e construtos explicativos para os signos, erros observados, e definir a existência das chamadas ‘síndromes neuropsicológicas’.

A identificação da condição cognitiva permite fazer uma predição em relação às possibilidades de atuação, as perdas e/ou limitações existentes, a relação entre condição neurológica e/ou orgânica (substrato neuronal) e as funções neuropsicológicas, ao tipo de problemas e/ou situações que, supostamente, podem ser resolvidos, quais fatores cognitivos determinam a dificuldade existente, quais processos cognitivos são realizados efetivamente ou a condição neuropsicológica existente e a forma específica de responder à demanda da vida cotidiana.

Torgesen (2007) discute as questões sobre dificuldades de aprendizagem enfocando as relações entre estas dificuldades e a existência de dano neurológico, estrutural ou funcional, defendendo a ideia de que “se nenhuma anomalia funcional ou estrutural for encontrada (sistema nervoso central), isto deverá levar ao desenvolvimento de uma teoria adicional a nível psicológico” (Acesso em 29 de novembro de 2007). O autor explica o dano classificado como estrutural (diferenças na distribuição, organização ou densidade nas células nervosas ou redes neurais ou presença de formações anômalas), mas não esclarece, o suficiente, o que considera um dano funcional. Lidamos, em neuropsicologia, com questões ligadas, principalmente, às funções neuropsicológicas, que refletem o funcionamento cognitivo do indivíduo. A maioria dos clientes apresentando dificuldades de aprendizagem, em neuropsicologia, já passou por consultas e exames neurológicos (neuroimagem), sem que ‘nada’ tivesse sido evidenciado em termos estruturais; nestes casos, a questão diz respeito a um problema funcional: não foi

identificado nenhum problema estrutural, mas, ainda assim, o funcionamento é inadequado frente às solicitações da vida cotidiana de acordo com a idade e nível de escolaridade. Aqui, temos que pensar em duas hipóteses explicativas: (1) ainda não possuímos instrumentos de exame que possam dar conta de questões funcionais, explicar o funcionamento cognitivo do indivíduo a partir do funcionamento do sistema nervoso central, (2) tratando-se de funções e não de substância cerebral, sempre existirá questões explicáveis no nível funcional. A melhor possibilidade de verificar o funcionamento neuropsicológico de um organismo é vê-lo funcionando, é propor uma tarefa cognitiva e verificar o processo de execução e o resultado alcançado: aspectos metodológicos utilizados, também, pelo processo de avaliação neuropsicológica.

Torna-se evidente, a partir das considerações apresentadas acima, que o desenvolvimento progressivo de estudos e pesquisas acerca da relação entre o substrato neuronal e o funcionamento neuropsicológico deverá propiciar, além da compreensão desta relação, subsídios para a elaboração de adequados instrumentos de avaliação que possam, de fato, medir a condição neuropsicológica existente, bem como a sua padronização em relação à nossa população, para o processo de reabilitação e para a promoção, em termos sistemáticos e adequados, do desenvolvimento neuropsicológico.

A clientela do nosso trabalho de pesquisa é constituída de sujeitos na faixa etária de dez a doze anos e a função neuropsicológica avaliada se refere às funções executivas; por isto apresentamos, abaixo, um quadro extraído do livro 'Neuropsicologia Hoje', no qual são apresentadas as principais técnicas e testes utilizados para esta investigação.

Testes neuropsicológicos sensíveis a prejuízos de funções executivas	
Funções	Avaliação Neuropsicológica
Consciência de si próprio	Observação do comportamento, entrevista com familiares. Testes: Análise de Figuras Temáticas e Teste de Compreensão
Sequência de Respostas	Entrevistas com o paciente. Arranjo de Figuras.
Monitoração e Planejamento	Observar dificuldades para seguir as instruções da tarefa. Teste de Cartões de Wisconsin; Testes de Labirinto, Torre de Hanói, Torre de Londres, Torre de Toronto; Figura Complexa de Rey.
Testes neuropsicológicos sensíveis a prejuízos de funções executivas	
Funções	Avaliação Neuropsicológica
Memória Operacional	Span de Dígitos. Teste de cartões de Wisconsin.
Atenção e Inibição	Trail Making. Testes de Cancelamento, Span de Dígitos, Stroop, Go-no-Go.
Linguagem	Fala espontânea, repetição, compreensão da fala, nomeação, leitura e escrita, Fluência verbal fonológica.
Motricidade	Go-no-Go, Teste Bender-Gestáltico, cópia de figuras alternadas, cópia de figuras geométricas, imitação sob comando.
Personalidade	Entrevista com familiares. Questionários específicos e avaliação psiquiátrica para depressão, esquizofrenia e transtorno obsessivo-compulsivo.

**Figura 10. Quadro de Avaliação das Funções Executivas (cf. Santos, 2004, p. 131)**

Nosso estudo diz respeito à investigação dos fatores do funcionamento executivo relevantes ao desempenho escolar; assim, a seleção dos testes e técnicas foi subordinada a identificação da relação das funções executivas e o desempenho matemático escolar, abordado, também, a partir do processo de resolução de problemas aritméticos. Por isto

selecionamos os testes utilizados na avaliação neuropsicológica que são passíveis de serem aplicados na nossa cultura, alguns ainda não possuem padronização para a população brasileira, e que sejam sensíveis à investigação do funcionamento executivo.

Funções	Avaliação Neuropsicológica
Atenção: focalização, alternância e sustentação Inibição dos estímulos irrelevantes	Teste Stroop
Habilidades Viso-perceptivas e Viso-construtivas	Teste Cubos; Figura Complexa de Rey
Linguagem: compreensão e expressão	Memória Lógica, fala espontânea e compreensão de enunciados e instruções
Memória Operacional	Teste Wisconsin; Teste das Trilhas; Teste Stroop; Teste Códigos, Memória Lógica
Atenção e Inibição	Teste das Trilhas, Controle Atencional; Teste Stroop
Raciocínio Hipotético-dedutivo, flexibilidade cognitiva e manutenção da atenção e do contexto cognitivo	Teste Wisconsin
Motricidade	Figura Complexa de Rey; Teste Cubos

Consciência de si próprio	Observação do comportamento, entrevistas e nível de compreensão das solicitações e de sua condição de aprendizagem escolar e do desempenho frente às solicitações da avaliação da pesquisa
Inteligência	Matrizes Progressivas Coloridas Raven
Aprendizagem associativa e Velocidade de processamento de Informações	Teste Códigos
Velocidade de processamento de Informações	Teste Cubos; Teste Stroop; Teste das Trilhas
Monitoração e Planejamento	Observar dificuldades para seguir as instruções da tarefa; Teste Wisconsin; Figura Complexa de Rey; Teste Cubos

**Figura 11. Quadro referente aos Testes neuropsicológicos sensíveis a prejuízos do funcionamento executivo**

## 2.4 Estudos Neuropsicológicos do Desempenho Matemático

*“Está claro que o nosso Cérebro Matemático está localizado no Lobo Parietal esquerdo”*

Butterworth (1999, citado por Alonso e Fuentes, 2001, p. 193)

Algumas das pesquisas desenvolvidas, mais recentemente, pela neuropsicologia foram dedicadas à área da matemática, ainda que, mais especificamente, à habilidade de realizar cálculos. Os dados existentes, decorrentes destas pesquisas, entretanto, não são nem conclusivos, nem abrangentes o suficiente para permitir o esclarecimento acerca de como

aprendemos matemática, que áreas cerebrais estariam envolvidas nesta aprendizagem ou quais as funções neuropsicológicas implicadas no desempenho matemático.

Os avanços na compreensão dos aspectos neuropsicológicos envolvidos na atividade matemática são provenientes, na sua grande maioria, do estudo de casos clínicos realizados com pacientes com lesão cerebral, através da neuropsicologia cognitiva, com recursos das modernas técnicas de imageamento cerebral. Existem, segundo Luria (1981), dois aspectos na análise da alteração em processos psicológicos nos casos de lesão cerebral local: (1) ela revela o substrato neurológico ao qual se vincula uma atividade particular e, assim, aprofunda o nosso conhecimento de sua estrutura psicofisiológica interna, (2) ela revela as estruturas gerais que existem em processos psicológicos diferentes e, desse modo, ela pode abrir mais uma via para a análise sindrômica.

Para os neurocientistas, muitos processos cognitivos interferem e/ou contribuem no desempenho matemático tais como, memória operacional, atenção, velocidade de processamento, organização viso-espacial, processamento sequencial e simultâneo e funções executivas. Este desempenho pode ser afetado tanto em consequência de alterações cerebrais globais, quanto em quadros específicos como na demência, quadros confusionais, afasia, alexia, agrafia, etc.

A neuropsicologia cognitiva tem descrito vários casos de pacientes com dificuldades nas habilidades aritméticas, especialmente com relação ao cálculo; o estudo destes pacientes tem fornecido informações relevantes acerca dos processos cognitivos implicados na compreensão e produção dos números e do cálculo aritmético (SALGUEIRO-ALCAÑIZ, LORCA-MARIN, ALAMEDA-BAILÉN, 2003).

O termo chave da neuropsicologia cognitiva é a ‘dissociação’; por consequência de uma lesão cerebral, uma função (X) pode se mostrar deteriorada, enquanto que uma outra função (Y) pode permanecer intacta. Quando duas funções neuropsicológicas aparecem

dissociadas, com frequência, se pode inferir que sistemas neurais distintos estão, parcialmente, implicados. A primeira função (X) está deteriorada porque requer a contribuição de uma área cerebral que foi lesionada. A segunda (Y) permanece preservada porque a lesão não atingiu a área ou as redes neurais envolvidas na sua funcionalidade. Os neuropsicólogos são conscientes, entretanto, que existem outras implicações, outras possibilidades de explicação. As tarefas X e Y, por exemplo, poderiam estar utilizando circuitos neurais idênticos e a tarefa X ser mais difícil que a Y, ou o paciente poderia ter reaprendido a tarefa Y depois de ter sofrido a lesão, mas não a tarefa X. Quando, entretanto, se pode descartar estas possibilidades de ocorrência, a neuropsicologia cognitiva consegue fornecer informações relevantes sobre a organização e funcionamento cerebrais. A descrição das dissociações nos pacientes estudados permite determinar qual processo cognitivo se mostra comprometido e qual mostra-se preservado, o que esclarece qual deles atua de forma autônoma ou independente no sistema cognitivo estudado.

Os resultados obtidos através destes estudos podem servir de respaldo e/ou de motivação para as mais diversas pesquisas em relação às funções cognitivas, para gerar modelos explicativos acerca do processamento numérico relacionados à aprendizagem e desempenho matemático.

A finalidade da neuropsicologia cognitiva (SALGUEIRO-ALCAÑIZ et al., 2003) é conhecer o funcionamento do sistema cognitivo normal a partir dos dados obtidos através dos estudos da alteração cognitiva nos pacientes que tenham sofrido uma lesão cerebral. Esta forma de investigação obriga o uso de uma metodologia tipo ‘estudo de caso clínico’ que, segundo a neuropsicologia cognitiva, é a única maneira de conhecer, detalhadamente, que processos cognitivos estão associados, isto é, dependem funcionalmente das mesmas estruturas cerebrais e quais se dissociam, são, por isto, independentes estruturalmente.

Para Dobato e col. (2006) (Acesso em 28 de outubro de 2006), o cálculo aritmético, do ponto de vista neuropsicológico, é uma função muito complexa. Numa operação aritmética simples, uma grande quantidade de mecanismos neurocognitivos está envolvida: processamento verbal ou gráfico da informação, percepção, reconhecimento e/ou produção da caligrafia e ortografia numérica e algébrica, representação número/símbolo, discriminação viso-espacial memória, raciocínio sintático e manutenção da atenção.

Nos estudos que relacionam, por exemplo, o cálculo aritmético e a memória verificam-se algumas questões interessantes: (a) quando se realiza alguma operação de cálculo mentalmente se faz necessário manter a informação numérica, as regras de cálculo e os fatos numéricos na mente enquanto se operacionaliza a resolução, ainda que se possa utilizar um apoio gráfico; (b) a memória de longo prazo intervém nas funções de cálculo. Fornecendo informação tanto acerca das regras gerais de uma operação, quanto dos fatos matemáticos aprendidos.

Para Mac Closkey (1985, citado por DOBATO, 2006), todas as funções cognitivas envolvidas no sistema de cálculo se agrupariam em dois grandes sistemas:

- Sistema de processamento numérico: encarregado da compreensão e produção de números gráficos e verbais, junto às regras de valor de quantidades e de dígitos (valor de lugar) em função de sua situação num determinado número (algarismos), segundo o sistema decimal utilizado na nossa cultura.
- Sistema de cálculo: encarregado da (a) compreensão e recordação de símbolos e princípios das operações matemáticas, (b) recordação dos fatos matemáticos e execução dos processos matemáticos.

Segundo Fayol (1996), há, aproximadamente, dez anos que uma série de pesquisas vindas da neuropsicologia contribuíram para esclarecer os problemas agrupados sob a denominação de ‘acalculia’ (incapacidade de realizar cálculos aritméticos). Duas equipes segundo o autor, trabalharam, nesta direção, e desenvolveram teses e métodos de abordagem bastante semelhantes: Caramazza e Mc Closkey em Baltimore (USA) e Deloche e Seron em Paris e Louvain-la-Neuve e desenvolveram teses e métodos de abordagem bastante semelhantes. Ainda recorrendo a Fayol, o conjunto de pesquisas desenvolvidas organizava-se sobre três ideias centrais:

- As capacidades aritméticas não podem ser tratadas como um fenômeno unitário, elas decorrem de um ‘juízo’ efetuado através de uma análise de componentes elementares, constituindo, cada um, um módulo de tratamento autônomo, capaz de ser tomado de maneira isolada e específica. Estes componentes se encontram articulados em um sistema cognitivo organizado de acordo com uma arquitetura precisa;
- O estudo dos casos patológicos apresenta mais do que um interesse clínico ou terapêutico; ele guarda um interesse fundamental para a compreensão da arquitetura e do funcionamento do sistema cognitivo ‘normal’. Todo comportamento patológico é tido como resultante de falha em um ou mais módulos autônomos;
- O método de abordagem dos problemas do desempenho matemático é, de maneira privilegiada, o ‘estudo de casos clínicos’ e até, mais precisamente, o ‘estudo de casos puros’ – considerados como casos que apresentam uma disfunção muito

específica, incidindo sobre um único módulo. Por exemplo, um problema que afeta somente a compreensão dos sinais aritméticos escritos.

A partir destas ideias centrais, os autores consideraram uma organização cognitiva que comporta, no que diz respeito ao tratamento numérico, três módulos de base (MC CLOSKEY e CARAMAZZA, 1987; MC CLOSKEY, CARAMAZZA e BASILI, 1985, citados por FAYOL, 1996):

- Um sistema compreensivo;
- Um sistema de produção;
- Um sistema de cálculo.

Os dois primeiros módulos se subdividem em dois subsistemas: um relativo aos números arábicos e o outro às denominações verbais orais ou escritas; o terceiro módulo comporta três componentes: um diz respeito ao conhecimento dos símbolos das operações, o segundo aos procedimentos de cálculos e o último é relativo aos fatos numéricos estocados na memória de longo prazo. Logicamente, estas distinções não são arbitrárias, provém da observação de casos patológicos e das tentativas em relacioná-los com os quadros de um sistema cognitivo modular mais integrado.

Salomon Henschen, neurologista que trabalhou no Instituto Karolinska, em Estocolmo, até o final da década de 1920, foi quem cunhou (ALONSO e FUENTES, n.d.) (Acesso em 04 de setembro de 2001) o termo ‘acalculia’, definida como incapacidade para realizar cálculos aritméticos. De um total de 1300 pacientes estudados, coletou dados de 260 pacientes neurológicos que tinham algum tipo de déficit em suas habilidades numéricas. A

partir desta base de dados, concluiu que “no cérebro existe um sistema subjacente aos processos aritméticos e que é independente, ou quase independente, dos sistemas para a fala e a música”. Na mesma publicação, afirmou que “a habilidade para cálculo é uma função cerebral altamente complexa que resulta do trabalhoconjunto de várias áreas do hemisfério esquerdo”.

Outro neurologista, o alemão Josef Gerstmann (1940, citado por ALONSO e FUENTES, 2001) foi o primeiro a descobrir, em três dos seus pacientes, um conjunto (quatro) de déficits que poderiam ser produzidos por uma lesão na região parietal inferior esquerda: acalculia ou discalculia, agrafia ou disgrafia, incapacidade para nomear os dedos da mão ou identificar um deles quando se solicita (agnosia digital) e incapacidade de distinguir entre direita e esquerda. Dehaene (1997, citado por ALONSO e FUENTES, 2001) conseguiu identificar uma relação entre ‘números, letras, dedos e espaço’. Segundo Dehaene, estes quatro sintomas primários que formam a denominada ‘Síndrome de Gerstmann’ refletem o agrupamento de uma variedade de módulos cerebrais independentes na mesma região cortical. Durante décadas, os pesquisadores têm observado que os quatro elementos constituintes da ‘síndrome’, ainda que com frequência apareçam juntos, também podem dissociar-se. Alguns pacientes, pouco frequentemente, apresentam acalculia sem deterioramento da capacidade para distinguir seus dedos ou vice-versa. Portanto, a região parietal inferior esquerda, provavelmente, está subdividida em micro-regiões altamente especializadas para números, letras, dedos e espaço.

Dehaene, no referido estudo, expõe uma grande quantidade de dados que apóiam a ideia de que existe uma estreita relação entre ‘número e espaço’: as pessoas tendem a representar mentalmente os números inteiros numa linha reta orientada da esquerda para a direita e isto representa um papel importante na nossa intuição numérica, além do fato de que existe uma forte correlação entre o talento matemático e as habilidades espaciais. A partir

destes achados, infere que a região parietal inferior abriga circuitos neuronais dedicados a representação da informação espacial contínua, que se mostra necessária para a codificação da linha numérica. Anatomicamente, esta área se localiza no cume de uma pirâmide de áreas occipitoparietais, as quais constroem representações abstratas da disposição espacial dos objetos do entorno. “O número emergiria, portanto, como a mais abstrata representação dos objetos no espaço” (DAHAENE, citado por ALONSO e FUENTES n.d.). A relação entre os números e os dedos se mostra, relativamente, óbvia: as crianças, de todas as culturas, aprendem a contar utilizando os seus dedos; ao longo do desenvolvimento, portanto, é muito provável que as representações dos números e dos dedos se localizem em zonas cerebrais próximas e intimamente relacionadas.

Ao longo do tempo, este enfoque modular foi recebendo um amplo apoio empírico por meio de vários estudos sobre as habilidades numéricas em animais, crianças, adultos sãos e pacientes com lesões cerebrais, tanto ao nível cognitivo, quanto anatômico, confirmando que as áreas parietais são cruciais para o processamento numérico. As lesões nesta região, portanto, podem deixar o paciente totalmente incapaz de executar tarefas de cálculo, inclusive operações simples como  $3 - 1$  ou  $7 \times 8$  (WARRINGTON, 1982; TAKAYAMA, SUGISHITA, KIMURA, 1994; DEHAENE e COHEN, 1997, citados por ALONSO e FUENTES, 2001).

Dada a complexidade dos mecanismos neuropsicológicos envolvidos na atividade matemática, seria pertinente concluir que lesões encefálicas extensas, capazes de produzir demência, afasia ou alterações no nível de alerta e atenção, afetem, também, a capacidade de cálculo, as chamadas ‘acalculias secundárias’; no caso das ‘acalculias primárias’, a lesão cerebral pode ser muito mais discreta. Dobato, Hernandez-Lain e Caminero (2006), apresentam alguns estudos desenvolvidos por Hécaen os quais referem-se a casos de alexia e agrafia numéricas em lesões na região temporo-parietal-esquerda, de acalculia viso-espacial

em lesões na região parietal direita, de anaritmética por lesões na região parieto-temporal-direita ou esquerda, com predomínio destas últimas e de acalculia viso-espacial em lesões na região parieto-temporal esquerda. Existem, também, descrições de lesões frontais e subcorticais, com alteração na recordação dos fatos numéricos e na atividade matemática, mas com a conservação da leitura e escrita de números, independente da lesão ser parietal, frontal ou subcortical esquerda. Parece existir, segundo os autores acima citados, uma grande rede relacionando as habilidades numéricas, nas quais estariam envolvidas tanto estruturas corticais, quanto subcorticais. Estas estruturas englobariam os níveis frontal, parietal, temporal e gânglios de base, especialmente no hemisfério dominante ou com influência bi-hemisférica, como demonstram os estudos realizados através do fluxo cerebral em voluntários normais durante a resolução de operações aritméticas mentalmente. Alguns autores argumentam que a memória de trabalho para as operações aritméticas se encontraria localizada no ‘lobo parietal esquerdo’. Desta forma, a lesão mais ou menos localizada em alguns destes componentes produziria uma alteração na capacidade aritmética de maneira, relativamente, isolada, sem que, até este momento, se tenha descrito um padrão seletivo de dano correspondente à lesão de alguma dessas estruturas de forma conclusiva.

Como podemos verificar, a partir do exposto acima, a neuropsicologia cognitiva, enquanto área científica, trabalha, na maioria das vezes, com informações provenientes do acompanhamento de pacientes com lesões cerebrais, objetivando um melhor conhecimento acerca dos módulos ou redes neuronais subjacentes aos diversos processos cognitivos envolvidos na atividade matemática. Para os neurocientistas, a investigação neuropsicológica realizada com pacientes com lesão cerebral, os chamados “experimentos da natureza” (Alonso e Fuentes, 1999), oferecem a possibilidade de melhor compreender o funcionamento cerebral.

### 2.4.1. Acalculia

Acalculia, termo cunhado por Henschen (DOBATO et al. 2006), para designar um transtorno adquirido na habilidade de realizar cálculos aritméticos associado à lesão cerebral. Mesmo para os neuropsicólogos, está claro que a habilidade de cálculo é influenciada por fatores sócio-culturais, ainda que os vários estudos desenvolvidos pela neuropsicóloga não utilizem estes fatores como variáveis a serem investigadas.

A perda da habilidade de calcular, segundo a neuropsicologia, poucas vezes é total, por isso alguns autores preferem chamá-la de ‘discalculia’: perda da habilidade de calcular previamente adquirida, secundária a lesões estruturais; distingue-se das alterações da aprendizagem das capacidades aritméticas, alguns estudiosos utilizam o termo ‘discalculia’ de forma similar ao termo ‘dislexia’ para as alterações na aprendizagem da leitura, frente a ‘alexia’ para a perda desta habilidade.

Em relação a acalculia, Hécaen (1961, citado por HEILMAN e VALENSTEIN, 1993), classificou-a em três tipos:

Alexia e agrafia numérica: alterações da leitura e escrita de números, que pode apresentar-se isolada ou associada com alexia e agrafia de letras e palavras;

Acalculia espacial: alteração da organização espacial, na qual as regras de colocação dos dígitos no espaço estariam alteradas, podendo ocorrer associada a outros distúrbios da organização espacial.

Anaritmética: incapacidade primária de cálculo, não decorrente das alterações anteriormente descritas. Correspondem a acalculia primária de Berger. Em um sentido amplo, uma alexia e agrafia numérica isolada e uma acalculia espacial sem alterações em outras áreas da percepção e raciocínio espacial.

Segundo Dobato e cols. (2006), poderia se combinar a classificação de Hécaen, apresentada acima com o modelo de Mc. Closkey, processamento numérico, para uma nova classificação dos pacientes com acalculia da seguinte maneira:

*Déficits no Sistema de Processamento Numérico*

- Alexia e agrafia numérica
- Acalculia Viso-espacial

*Déficits no Sistema de Cálculo – Anaritmética*

- Alteração da compreensão de símbolos e conceitos das operações matemáticas
- Alteração na recordação dos fatos matemáticos
- Alteração na execução das tarefas matemáticas

Quando a perda ou prejuízo na habilidade de realizar cálculos matemáticos é secundária a uma lesão cerebral, como já explicado nesta seção, esta condição é denominada de acalculia ou discalculia. As dificuldades de aprendizagem da matemática que apresentam ‘sintomas’ semelhantes à discalculia, mas sem a evidencia de uma lesão cerebral, são denominadas de discalculia desenvolvimental (HUGHES, KOLSTAD e BRIGGS, 1994, citados por MUNRO, 2003).

Os estudantes com ‘discalculia desenvolvimental’ tem dificuldades em lembrar os fatos numéricos e em realizar cálculos aritméticos. Eles apresentam ‘dificuldades crônicas’ com o processamento numérico, tais como, falhas no reconhecimento de símbolos numéricos, na escrita de números, na leitura de números escritos e na aplicação dos procedimentos aritméticos adequados (GORDON, 1992, citado por MUNRO, 2003).

Mas, logicamente, nem todos os estudantes que apresentam um baixo desempenho em matemática possuem ‘discalculia desenvolvimental’; as dificuldades ligadas à aprendizagem

da matemática podem ter causas diversas, ligadas ao âmbito escolar, à cultura, às condições pessoais e familiares, aos fatores emocionais, à condição neuropsicológica, à didática de ensino, ao relacionamento professor-aluno, à capacidade profissional do professor, a qualidade do livro didático, etc.

Kosc (1974) identificou seis tipos de ‘discalculia desenvolvimental’. Posteriormente, outros investigadores, entre eles, Rosselli e Ardila (1997, citado por MUNRO, 2003) validaram estes tipos:

- dificuldade em usar conceitos matemáticos e ao seus relacionamentos numa linguagem oral
- dificuldade em manipular material concreto ou em enumerar quantidades: converter o conhecimento aritmético em ação ou procedimentos para relacionar quantidades
- dificuldades na leitura de símbolos numéricos, tais como os numerais
- dificuldades em escrever símbolos numéricos
- dificuldades em compreender as ideias matemáticas e as relações entre elas
- dificuldade em executar específicas operações matemáticas.

Segundo Munro (2003), anormalidades em ambos os hemisférios podem levar a uma ‘discalculia desenvolvimental’. Disfunções no hemisfério direito condicionam dificuldades de compreender as propriedades das quantidades e de problemas espaciais e uso do conhecimento matemático para resolver os problemas da vida cotidiana. As disfunções no hemisfério esquerdo, por outro lado, propiciam dificuldades na compreensão do ‘significado abstrato’ dos números, sequenciamento numérico e operações matemáticas.

Os estudos mais recentes desenvolvidos pela neuropsicologia, na investigação das habilidades matemáticas, tentam encontrar a relação entre: memória operacional e habilidades aritméticas, atenção e habilidades matemáticas, memória operacional e capacidade de realizar cálculos aritméticos, etc. Bull e Johnston (1997) realizaram uma pesquisa com crianças (sete anos) que apresentavam dificuldades na aprendizagem da matemática. Os pesquisadores investigaram a relação entre a aprendizagem da matemática e algumas funções neuropsicológicas, como memória de curto prazo, velocidade de processamento e memória operacional. Os resultados indicaram que as crianças com dificuldades em matemática apresentavam um rebaixamento na velocidade de execução das operações aritméticas (identificação de números, escrita de números ou símbolos, performance perceptual-motora e procedimentos aritméticos). Os desdobramentos dos resultados obtidos referem-se à restrições na automatização dos fatos numéricos e um rebaixamento na velocidade de processamento das informações.

A neuropsicologia, ao estudar a atividade matemática, o faz de maneira bastante um tanto diferente da psicologia cognitiva. Em primeiro lugar, esta atividade é expressa e compreendida, quase sempre, como a habilidade de realizar cálculos, em segundo lugar, existe uma tentativa de 'desmembrar' a atividade estudada em componentes (processos cognitivos envolvidos), os quais compõem o todo da atividade em questão e, em terceiro lugar, busca fazer a correspondência anátomo-clínica do fenômeno estudado; assim, a identificação do fenômeno, a forma de investigá-lo e a metodologia empregada se mostram diferentes. Existe, frequentemente, uma tentativa de identificar o componente cognitivo que está prejudicado e o substrato neuronal subjacente a este prejuízo funcional.

#### 2.4.2. Estudos Neuropsicológicos sobre Resolução de Problemas

Podemos verificar, através de algumas considerações realizadas por Luria (1981), quando ele discute uma das possibilidades de investigação do funcionamento neuropsicológico dos pacientes com lesão cerebral, a resolução de problemas aritméticos, considerando-o como o teste mais revelador do pensamento discursivo. Luria utilizava esta técnica numa tentativa de analisar um dos problemas que considerava mais difíceis: a natureza dos sistemas cerebrais envolvidos com a construção de formas mais complexas da atividade intelectual.

Para Luria, um problema aritmético sempre consiste: numa meta, a colocação do problema na forma de uma pergunta para a qual não se dispõe de nenhuma resposta já pronta, e nas condições, a partir das quais um esquema para a solução pode ser preparado mediante análise ou, alternativamente, pode-se decidir por uma estratégia que conduza a solução requerida. Essa estratégia expressa como uma hipótese, inicia buscas das operações individuais que serão usadas para obter os resultados necessários. O processo de resolução de problemas termina com uma comparação entre o método usado e o resultado obtido, por um lado, e a pergunta e as condições do problema, por outro. Na dependência de haver ou não acordo entre a solução e as condições do problema, a atividade intelectual cessará ou novas tentativas serão feitas para se achar um caminho que leve à solução adequada.

Segundo Luria, os problemas com algoritmos complexos, que requerem um procedimento que consiste em uma série de componentes sucessivos, se mostram muito mais difíceis, principalmente se os componentes do programa podem ser encontrados, apenas, após uma análise minuciosa das condições do problema e a elaboração de uma estratégia específica. Estes problemas incluem os 'testes prototípicos' que demandam recodificação das condições e a introdução de novos elementos componentes, ou aqueles denominados

‘conflitantes’, nos quais o método correto de solução envolve a inibição do método direto impulsivo, tais como:

- Havia dezoito livros em duas prateleiras; havia duas vezes mais livros em uma prateleira do que na outra. Quantos livros havia em cada prateleira?
- Uma vela tem 15 cm de comprimento; a sombra da vela é 45 cm mais comprida; quantas vezes a sombra é mais comprida do que a vela?

O esquema de resolução destes problemas exige, segundo Luria, uma série de ‘ações psicológicas’ cada vez mais complexas. Esta forma de compreender e de estudar o fenômeno, análise estrutural das solicitações e da solução dos problemas de estrutura diferentes, fornece uma abordagem ao estudo das alterações neste processo de resolução, quando certas condições vinculadas ao funcionamento de sistemas cerebrais particulares são danificadas ou removidas. Assim, segundo o autor, estas alterações fornecem uma chave para o entendimento da organização cerebral desse complexo processo.

Nos estudos desenvolvidos por Luria, ele verificou que ‘lesões na região temporal esquerda’, perturbam a memória audioverbal e que, naturalmente, levam à dificuldade na retenção das condições do problema e são acompanhadas por incapacidade para envolver os necessários componentes de fala, intermediários nos mecanismos de solução. O processo pode ser facilitado, até certo ponto, se o problema for apresentado por escrito, mas mesmo nesses casos, a deficiência de componentes de fala intermediários, usados como elementos para a solução de problemas, prejudica gravemente todo o processo discursivo.

As dificuldades na solução de problemas experimentadas por pacientes com lesões dos sistemas da região parieto-occipital esquerda, segundo Luria, são mais interessantes. Nestes casos, a lesão causa um grave prejuízo de sínteses simultâneas (espaciais) e isto se manifesta

tanto no comportamento direto, concreto, como na esfera simbólica. Como resultado de um tal distúrbio, torna-se impossível operar com sistemas lógico-gramaticais ou com sistemas de operações numéricas, de forma que a solução normal de problemas complexos é impedida.

Em pacientes com lesões nas zonas frontais, o distúrbio no processo de resolução de problemas difere, completamente, em sua estrutura. Luria distingue duas características essenciais do distúrbio da atividade intelectual nestes pacientes:

- se lhe dermos um problema por escrito, eles não o percebem como um problema, ou seja, não o percebem como um sistema de elementos mutuamente subordinados da condição que deve levar à solução do problema; em um paciente com uma síndrome frontal pronunciada, está faltando a condição básica, a saber, a existência do próprio problema, de modo que não pode haver a intenção de solucioná-lo (LURIA, 1981).
- a segunda característica consiste em que estes pacientes não fazem nenhuma tentativa de investigação preliminar das condições do problema e, como resultado, sem qualquer análise preliminar das condições e sem a identificação de seus componentes, eles, imediatamente, começam a buscar soluções de forma impulsiva, usualmente mediante combinação dos números especificados pelas condições e realização de uma série de observações fragmentárias totalmente desvinculadas do contexto dos problemas e, conseqüentemente sem nenhum plano.

Assim, para o autor, a investigação neuropsicológica encontra profundas diferenças na natureza do distúrbio na atividade de resolução de problemas aritméticos em pacientes com lesões em diferentes partes do cérebro. Esta investigação revela que, enquanto as zonas posteriores dos hemisférios (que formam a segunda unidade funcional do cérebro) são responsáveis pelas condições operantes para a execução da atividade intelectual, os lobos

frontais, que formam a terceira unidade funcional, se referem ao aparelho essencial para a organização da atividade intelectual como um todo, incluindo a programação do ato intelectual e a verificação da sua execução.

Este posicionamento de Luria nos é muito relevante e precioso, pois indica, exatamente, a direção da nossa pesquisa: nossa busca se refere à investigação do nível I da atividade matemática relacionado às condições operantes para a execução da atividade intelectual de resolução de problemas. Não estamos direcionando nossos esforços para o estudo da capacidade de realizar cálculos aritméticos, mas para a investigação dos fatores organizadores e ordenadores subjacentes a todas as demais atividades cognitivas – as funções executivas, que encontram respaldo estrutural e funcional nos lobos frontais.

Existem duas abordagens nas pesquisas em neuropsicologia, as quais constituem uma tensão metodológica: uma parte dos pesquisadores da área acredita que lições valiosas sobre o funcionamento cerebral podem ser extraídas de análise estatísticas que envolvam um grande número de pacientes; a outra parte dos pesquisadores defende a posição de que a análise neuropsicológica minuciosa de um único paciente pode fornecer um grande número de informações e possibilitar novas pesquisas e direcionamentos, utilizando, inclusive, um maior número de sujeitos. Um estudo neuropsicológico que utilize um número reduzido de sujeitos pode propiciar, através de seus achados e indagações geradas a partir dos resultados, informações relevantes sobre o funcionamento neuropsicológico humano capazes de servir de base para novas pesquisas, desta vez podendo utilizar um maior número de sujeitos, que possa permitir análises estatísticas significativas.

Não existe, ainda, dentre as ferramentas de avaliação neuropsicológica, uma que se refira à investigação do raciocínio lógico-matemático, entendendo-o à luz da psicologia cognitiva, que enumere os diversos processos cognitivos pertinentes, que identifique os déficits responsáveis pelo comprometimento no desempenho, quando evidenciado, e que faça a

correlação anátomo-clínica com as zonas cerebrais envolvidas. A nossa pesquisa se constitui num primeiro passo nesta direção: compreender o desempenho matemático escolar à luz da neuropsicologia; os passos seguintes se referem a construção de instrumentos mais adequados de avaliação neuropsicológica deste desempenho e de um programa de reabilitação neuropsicológica direcionado às dificuldades de aprendizagem da matemática.

## 2.5 Desempenho Matemático

*“É preciso entregar-se à evidência: o conceito de número não se reduz nem ao critério da conservação, nem à atividade de enumeração, nem à resolução de uma classe de problemas, nem a alguns procedimentos automatizáveis, nem à compreensão e à manipulação de sinais no papel. Mas é desse conjunto de elementos diversos que emerge, com a ajuda do ambiente familiar e escolar, uma das construções cognitivas mais impressionantes”.*

Gérard Vergnaud (1991)

Definir, investigar e avaliar o que se denomina desempenho matemático é uma tarefa bastante ampla, difícil e que envolve várias reflexões, que, por sua vez, ligam-se a vários outros campos de conhecimento, tais como, lógica, desenvolvimento cognitivo, conceitualização, raciocínio, resolução de problemas, etc.

O desempenho matemático tem sido estudado por psicólogos, matemáticos, educadores e pelos neuropsicólogos. Estes pesquisadores têm identificado inúmeras questões relevantes a este desempenho e, muito frequentemente, a escola tem se beneficiado dos achados científicos explicitados pelas diversas pesquisas. Ainda assim, o problema relacionado ao baixo desempenho escolar dos alunos nesta área de conhecimento é expressivo e tem sido retratado através de baixos índices alcançados por nossos estudantes nas avaliações padronizadas de matemática, nacionais e internacionais. Não é nossa pretensão apresentar uma descrição

conclusiva do que seja este desempenho, mas tecer algumas considerações, definir alguns parâmetros, originados na literatura pertinente, com os quais podemos relacionar o desempenho matemático escolar com o funcionamento executivo, objetivo deste estudo de pesquisa.

Estudar desempenho matemático abrange um campo científico muito maior do que discutir sobre domínio dos procedimentos aritméticos, diz respeito a tecer considerações sobre pensamento lógico-matemático, ferramentas de pensamento, estratégias mentais, desenvolvimento neuropsicológico. Assim, o desempenho matemático se relaciona ao possuir uma forma específica de conceituar e de representar o mundo, de estabelecer relações entre elementos e de responder à demanda social a partir destas representações e relações.

Desempenho matemático não é sinônimo de realizar cálculos aritméticos, diz respeito ao conhecer os sistemas matemáticos de representação utilizados como ferramentas, ao ser capaz de pensar sobre situações e estabelecer relações numéricas e espaciais recorrendo às convenções da cultura. Deste modo, segundo Nunes e Bryant (1997), não é suficiente aprender procedimentos, é necessário transformar esses procedimentos em ferramentas de pensamento. Segundo estes autores, para pensar matematicamente precisamos conhecer os sistemas matemáticos de representação que utilizamos como ferramentas; estes sistemas devem ter significado, ou seja, devem manter uma relação com as situações de uso. Para que isto ocorra é necessário que sejamos capazes de entender a lógica destas situações, os invariáveis, para que nos seja possível escolher as formas apropriadas do 'fazer matemático'.

A questão da aprendizagem da matemática refere-se ao desenvolvimento do raciocínio lógico-matemático, o qual implica no acesso a novos meios de pensar, a formas de raciocínio mais sofisticadas em termos cognitivos, que possam dar conta de responder à demanda da vida cotidiana em situações, tais como, lidar com a mesada, participar de jogos que incluam número de pontos ganhos ou perdidos, dividir um pacote de biscoitos com os colegas, estimar distâncias e valores, comparar quantidades (figurinhas, miniaturas) e ter um desempenho satisfatório no

âmbito escolar. O desempenho matemático é visto, segundo os autores dos Parâmetros Curriculares Nacionais – Matemática (1997), como um conhecimento facilitador para a aprendizagem em outras áreas, para a resolução de situações da vida social, escolar e profissional e condição de interferir no desenvolvimento das capacidades intelectuais, na estruturação do pensamento e na agilização do pensamento dedutivo. Na atividade matemática, destacam-se dois aspectos básicos: o primeiro consiste em relacionar observações do mundo real com representações (esquemas, tabelas, figuras), o segundo em relacionar essas representações com princípios e conceitos matemáticos. Segundo os autores acima citados, a aprendizagem da matemática está ligada à compreensão, isto é, à apreensão do significado; apreender o significado de um objeto ou acontecimento pressupõe vê-lo em suas relações com outros objetos e acontecimentos. O estabelecimento de relações é tão importante quanto a exploração dos conceitos matemáticos.

Existe uma convergência de opiniões da comunidade científica da área em relação à aprendizagem da matemática, vista como uma construção da criança e não como resultado de um simples processo de transmissão de conhecimentos; em lugar da memorização e da utilização automática de algoritmos, visa-se, com as atividades de ensino, promover a compreensão de princípios e relações matemáticas por parte da criança. Torna-se, cada vez mais, evidente que o desempenho matemático tem importantes dimensões sociais, culturais e históricas que precisam ser melhor compreendidas; muitas das questões básicas no desenvolvimento da compreensão matemática dizem respeito ao estabelecimento de relações entre representações em diversos sistemas simbólicos.

A psicologia do desenvolvimento há muito reconhece a importância das experiências da criança e de suas interações com o mundo para o desenvolvimento do raciocínio lógico-matemático. Existem conceitos matemáticos básicos adquiridos independentemente da instrução escolar, por meio de ações e reflexões da criança sobre as consequências dessas ações

sobre objetos e situações do contexto em que vive. Assim, em relação à aprendizagem da matemática, precisamos, principalmente, considerar que: (a) as crianças desenvolvem, independentemente da instrução escolar, um corpo de conhecimento matemático relativamente rico; (b) existe uma relação entre as situações e contextos de aprendizagem e os aspectos lógico-matemáticos pertinentes; (c) as possibilidades de aprendizagem aumentam quando as tarefas são apresentadas em contextos naturais, semelhantes à vida cotidiana, e significativos; (d) a manipulação de materiais concretos não garante a compreensão e o uso adequado do sistema simbólico e formal da matemática – é preciso uma atenção para a necessidade de se estabelecer a relação entre as ações no material concreto e a formalização matemática. As ações lógico-matemáticas do sujeito podem, num dado momento, dispensar a aplicação aos objetos físicos, interiorizando-se em operações simbolicamente manipuladas.

Mas, é na escola que as crianças têm acesso sistemático aos vários sistemas de representação simbólica como: símbolos escritos, diagramas, gráficos, etc., que podem e devem ampliar as oportunidades para a compreensão das relações entre situações, inclusive àquelas aparentemente não relacionadas.

Da Rocha Falcão (2005) apresenta um modelo da atividade matemática, identificando dois níveis de funcionamento, interligados e interdependentes, que constituem os aspectos centrais da matemática e a própria atividade como um todo.

NÍVEL I		
Modelização	Resolução de Problemas	Demonstração
NÍVEL II		
Algoritmo	Fatos Numéricos	Habilidades percepto-cognitivas

Figura 12. Quadro da Atividade Matemática (extraído de Da Rocha Falcão, 2005)

Segundo o modelo, os níveis de funcionamento I e II são interligados e interdependentes para a atividade matemática global: o nível I é mais complexo e é ele que conecta o fazer matemático escolar e a matemática de referência, o nível II é imprescindível para o funcionamento matemático, escolar e extra-escolar, mas admite ferramentas auxiliares culturais que suprem várias deficiências. O nível I demanda competências de gestão metacognitiva que têm de ser desenvolvidas pelo aluno.

Como o modelo explicita, o nível I demanda competências metacognitivas construídas pelo aluno; a partir deste modelo e das considerações descritas nesta seção, esta competência pode ser entendida como uma condição estabelecida a partir da transformação, ao longo do desenvolvimento – processo de construção pessoal, dos procedimentos matemáticos em ‘ferramentas de pensamento’. A posse desta ‘ferramenta de pensamento torna possível o ‘fazer matemático’, ainda que o recurso à utilização das ferramentas culturais seja ou possa ser utilizado. A atividade matemática envolve: conceitualização, domínio e uso de sistemas matemáticos convencionais e resolução de problemas.

### **2.5.1. Conceitualização**

Conceito diz respeito a inferências mentais de abrangência, em algumas circunstâncias generalizadoras e, em outras, específicas, baseadas na extração de um conjunto de aspectos definidores (*conceito-substância*) ou na detecção de relações sistêmicas no contexto de um modelo (*conceito-relação*). Os conceitos se constituem em aspectos centrais na compreensão das competências cognitivas escolares e extra-escolares, ainda que as competências cognitivas não possam se restringir a conceitos explícitos. Assim, no contexto da vida diária, um conceito não pode, evidentemente, ser eficaz a não ser quando se torna objeto de uma apreensão adequada da realidade ou de uma representação adequada da realidade. É na

interação social, nas trocas significativas que o conceito é adquirido (compreendido e internalizado), sendo utilizado nas diversas formas de representação da realidade.

Para Da Rocha Falcão (2003), em consonância com a perspectiva teórica de Gérard Vergnaud, se faz necessário considerar os três aspectos que dão ao conceito o seu estatuto de ferramenta psicológica: o conjunto de situações que dão sentido funcional a determinado conceito, os invariantes operatórios, aos quais tais conceitos se associam e o conjunto de significantes que permitem representá-los. Desta forma, os conceitos são, sempre, modelos mentais, construídos pelo sujeito, de acordo com sua estrutura cognitiva, construída a partir de sua história pessoal, de suas experiências e ao longo de seu processo de desenvolvimento, e não o somatório de dados empíricos acumulados, basicamente, via percepção e memória.

Cabe, ainda, considerar que “a representação do real tem como suporte uma rede semântica complexa e dinâmica, no contexto da qual nenhuma situação é abordável recorrendo-se a um único conceito e nenhum conceito é privativo de uma única situação, donde a proposição de campos conceituais” (VERGNAUD, 1991). Para o autor, não se pode entender separadamente o desenvolvimento cognitivo e o aprendizado de um conceito; desenvolvemos conceitos e representamos objetos e pensamentos por meios de suas características gerais para enfrentar situações. E sempre há uma variedade enorme de situações envolvidas na formação de um conceito e, também, uma variedade de conceitos envolvidos no entendimento de uma situação. Juntos, eles formam sistemas progressivamente organizados, que devem ser estudados ao mesmo tempo.

A representação, segundo Vergnaud, só pode ser considerada operatória se refletir a realidade de maneira pertinente e homomorfa, e só pode ser considerada funcional se refletir os aspectos relevantes da realidade e se permitir, ao pensamento, operar sobre significados e significantes. Homomorfismo significa mesma forma ou mesma estrutura; para o autor, um homomorfismo é uma função de um conjunto em outro, que respeita certas estruturas

relacionais do conjunto de partida e do conjunto de chegada. A representação busca estabelecer relação com a realidade, constituindo-se em um instrumento de simulação desta e, conseqüentemente, um meio para prever efeitos reais e determinar as ações que se devam realizar para provocá-las ou evitá-las, ou seja, toda representação funcional deve responder a dois critérios:

- Um critério de ordem semântica: deve refletir certos aspectos da realidade
- Um critério de ordem sintática: deve prestar-se a operações, ao ‘cálculo relacional’, definido mais adiante.

Segundo Vergnaud, a análise racional consiste em definir, rigorosamente, as diferentes classes de transformações e os invariantes qualitativos, quantitativos e relacionais que estão associados a estas classes. Para ele “a noção de invariante é o núcleo mais sólido que se pode encontrar na análise da noção de conceito”. A noção de invariante operatório se refere ao mesmo problema da função simbólica, quer dizer, a passagem da realidade à representação.

Assim, ao pensarmos nos conceitos e, mais precisamente, nos conceitos matemáticos temos que considerar três aspectos: os invariantes, a lógica do conceito e as convenções usadas em matemática, ou seja, os sistemas de representação e de sinais que utilizamos para pensar e falar sobre matemática: as situações nas quais a matemática é utilizada. A compreensão dos conceitos matemáticos, portanto, é generalizadora e sofre mudanças durante o desenvolvimento, através das constantes e contínuas trocas entre o organismo e o meio. O desenvolvimento conceitual em matemática advém da compreensão de novos invariantes, da capacidade de utilizar novas formas de representação matemática e de conectar formas antigas às novas situações que as tornarão mais sofisticadas.

### 2.5.2. Domínio e uso de sistemas matemáticos convencionais:

Dominar um procedimento geral, frequentemente, não nos diz quando o procedimento é uma boa escolha para resolver um problema: temos que entender a situação-problema a fim de pensar matematicamente sobre ela; por conta desta relação, encontramos, com relativa frequência, crianças que apresentam domínio sobre o uso dos algoritmos aritméticos, ainda que, paralelamente, não consigam resolver problemas aritméticos, mesmo aqueles considerados como apresentando um reduzido nível de dificuldade.

Atualmente, as diversas orientações dadas, tanto pela psicologia da educação matemática quanto pelos parâmetros curriculares nacionais, dizem respeito a um trabalho diferenciado com relação ao cálculo aritmético. O cálculo não é a parte mais enfatizada em si mesma; o que ocorre é um afastamento da ênfase no cálculo para, posteriormente, voltar a ele de uma maneira mais adequada, sob a forma de ‘cálculo relacional’ (VERGNAUD, 1991).

Segundo Vergnaud, o ‘cálculo relacional’ está no centro do funcionamento da inteligência e do conhecimento e é próprio da atividade matemática. Esta noção propicia uma análise matemática de muitos outros campos, além do numérico, e a distinguir, no interior do campo numérico, uma variedade de operações muito maior do que o domínio das quatro operações da matemática elementar.

A noção de relação e de cálculo relacional é uma noção básica e geral. O conhecimento consiste, em grande parte, na condição de estabelecer relações e em organizá-las em sistemas. Podemos pensar diversos tipos de relações, como entre objetos no espaço, entre quantidades físicas, entre fenômenos, entre estados, etc.

A atividade matemática, seguindo a linha de raciocínio de Vergnaud, implica em deduções, inferências e construções. Nesta atividade, uma forma de dedução consiste em deduzir novas relações a partir de relações verificadas ou aceitas; a esta identificação das

relações existentes, às deduções e inferências possíveis e às construções necessárias que o indivíduo é capaz de realizar diante de uma tarefa matemática, se dá o nome de ‘cálculo relacional’. Ou seja, o cálculo, a identificação da operação matemática ou do algoritmo necessário, se dá através das relações estabelecidas entre os dados fornecidos pela situação-problema.

### 2.5.3. Resolução de problemas

*“O ponto de partida da atividade matemática não é a definição, mas o problema. No processo ensino e aprendizagem, conceitos, ideias e métodos matemáticos devem ser abordados mediante a exploração de problemas, ou seja, de situações em que os alunos precisem desenvolver algum tipo de estratégia para resolvê-las”.*

PCN – Matemática, 1997

As pesquisas que investigam como as crianças resolvem problemas aritméticos, ao longo de tempo, têm permitido uma melhor caracterização desses problemas, assim como, a compreensão de como as crianças os resolvem e por que alguns são mais difíceis do que outros (RILLEY, GREENO e HELLER, 1983; VERGNAUD, 1984; CARPENTER e MOSER, 1985, citados por VASCONCELOS, 1990). As estratégias que as crianças usam para resolver os problemas aritméticos têm sido documentadas a fim de tornar possível a identificação dos principais estágios na aquisição das habilidades de somar e subtrair, especialmente em crianças mais jovens (HUGHES, 1981; BAROODY e GINSBURG, 1982; CARPENTER e MOSER, 1985; CARRAHER e BRYANT, 1987, citados por VASCONCELOS, 1990). Mais recentemente, modelos têm sido construídos numa tentativa de caracterizar os processos cognitivos internos, capazes de explicar o comportamento das crianças durante a resolução de problemas (RILEY, GREENO e HELLER, 1983; VERGNAUD, 1984; RESNICK, 1987, citados por VASCONCELOS, 1990).

Os procedimentos de resolução de problemas utilizados pelas crianças nas primeiras séries do ensino fundamental continuam a ser fonte de estudos, controvérsias, debates e pesquisas. As dificuldades surgem na primeira série e se ‘arrastam’ pelas séries seguintes e são intensificadas na medida em que a escola, ainda, dá ênfase excessiva ao cálculo numérico necessário à resolução dos problemas, o qual constitui a formalização final da situação-problema (VASCONCELOS, 1990). A prática escolar em relação ao ensino de resolução de problemas caracteriza-se, em geral, pelos seguintes aspectos: (a) há ênfase excessiva no cálculo numérico necessário para a resolução, o qual constitui a formalização final da situação-problema; (b) trabalha-se com palavras-chave, a partir de regras fornecidas para a criança; (c) não se dá a ênfase necessária ao trabalho de exploração do enunciado do problema; (d) não se identificam nem se analisam as diferenças existentes entre os diversos tipos de enunciados de problemas; (e) utiliza-se, por vezes, indiscriminadamente, o material concreto como recurso auxiliar, sem a suficiente análise sobre a sua contribuição.

O estudo dos procedimentos de resolução de problemas realiza-se através de três grandes vertentes: a primeira consiste em utilizar protocolos combinando observações comportamentais e entrevistas constituídas por questões, mais ou menos, definidas ‘a priori’, a segunda recorre a medidas de tempo de resolução, sem nenhuma consideração às verbalizações do sujeito e à consciência que ele tem dos fenômenos em jogo, a terceira procede a partir dos erros cometidos no decorrer das resoluções. Após tantos anos de pesquisa com este conteúdo específico, foi possível um consenso em relação à descrição e evolução dos processos utilizados pelas crianças para resolver os problemas aritméticos, é preciso um conhecimento sobre: os processos cognitivos e as operações de pensamento envolvidas na resolução de problemas, as estratégias utilizadas pelas crianças durante o processo de resolução, os modelos teóricos propostos para explicar os processos cognitivos necessários à resolução, os possíveis estágios no desenvolvimento das habilidades de somar, subtrair, multiplicar e dividir e a caracterização dos

diversos tipos de problemas e as razões que fazem com que alguns sejam, para a criança, mais fáceis que outros.

O nosso objetivo não se refere ao estudo das dificuldades e procedimentos utilizados pelas crianças na resolução de problemas aritméticos e sim ao próprio processo de resolução de problemas aritméticos na relação que estabelece com o funcionamento executivo. Dos três aspectos pertencentes ao nível I da atividade matemática, citados anteriormente, a resolução de problemas se mostra mais indicativa do desempenho matemático medido no âmbito escolar e utilizada, por esta pesquisa, para evidenciar a relação do desempenho matemático e funcionamento executivo.

No processo de resolução de problema, a operação aritmética constitui a formalização final da situação-problema. Mas, para que a criança chegue a esta etapa, existe todo um percurso de operações cognitivas, existe todo um raciocínio anterior, toda uma gama de aspectos lógico-matemáticos implícitos nesta formalização final, necessários e imprescindíveis à resolução.

Resolver problemas aritméticos não se refere, portanto, ao domínio dos algoritmos matemáticos; os problemas são apresentados num formato de enunciado, onde se faz necessário: uma interpretação dos dados, uma representação mental do problema, a identificação das informações relevantes, a relação dinâmica entre os dados, a manutenção das informações durante a manipulação destes dados, a identificação de uma estratégia de resolução, a recordação dos fatos e algoritmos aritméticos, a dedução da operação aritmética adequada à resolução, a verificação do resultado e a estimativa de acerto (VASCONCELOS, 2004). Para resolver um problema aritmético é preciso compreendê-lo e para compreendê-lo é necessário um trabalho de exploração do enunciado deste problema: identificar o elemento desconhecido, a situação envolvida, os dados fornecidos e o relacionamento entre estes dados do problema.

Analisando, sob o enfoque neuropsicológico, o processo de resolução de problemas se refere à investigação de todas as funções neuropsicológicas envolvidas na tarefa cognitiva a

executar, tais como: linguagem receptiva, atenção, memória, funções executivas (identificação de um objetivo a realizar, elaboração de uma hipótese de trabalho, uso de estratégia, planejamento, manutenção da atitude cognitiva, monitoramento do próprio desempenho, verificação do resultado obtido e sua relação com o objetivo proposto), percepção e orientação espacial, organização temporal e memória operacional.

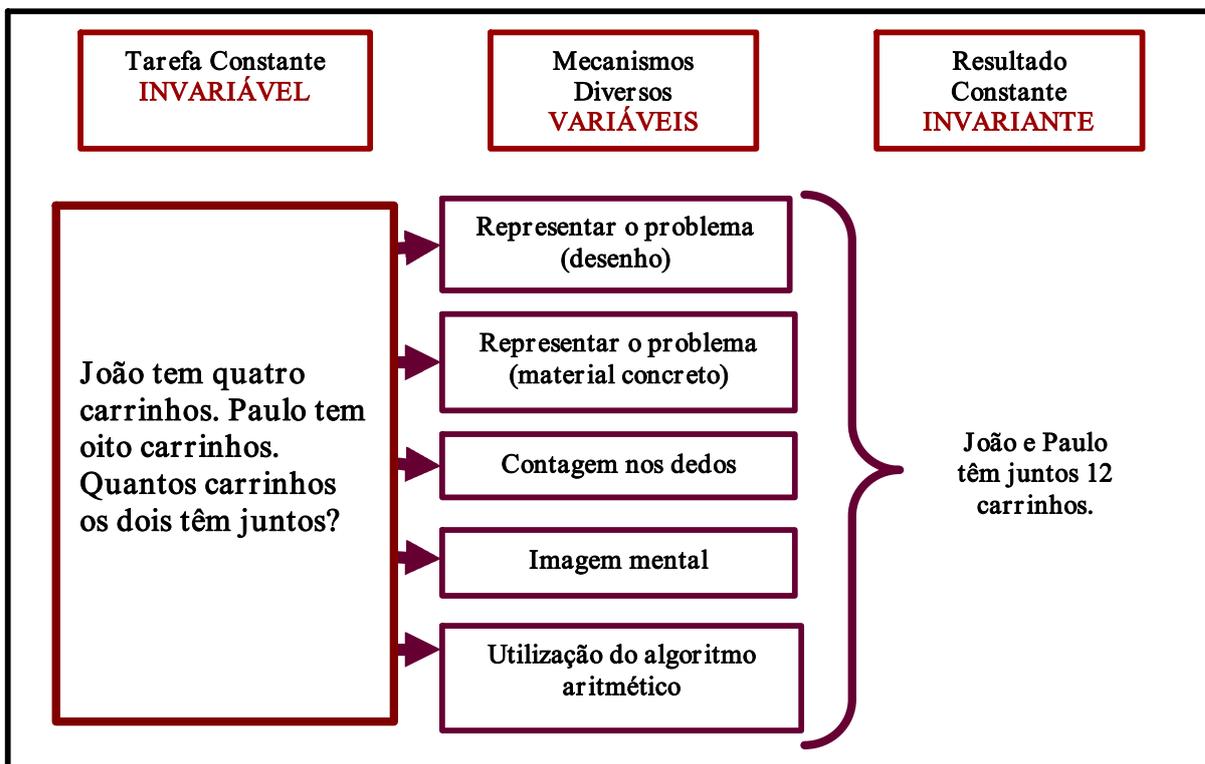
Numa tarefa de aprendizagem, na resposta à demanda da vida cotidiana ou, mais especificamente, à vida acadêmica, algumas das funções cognitivas são solicitadas e funcionam de uma maneira específica, segundo a condição pessoal de cada um. Esta forma de aprender e de atender à demanda da vida reflete o funcionamento neuropsicológico, a estrutura cognitiva interna disponível. Assim, na atividade matemática, na resolução de problemas, por exemplo, a criança tem que identificar e/ou escolher que ‘coisas’ devem constituir o seu foco da atenção, devem ser lembradas ou evocadas, que informações devem ser relacionadas, manipuladas e como devem ser trabalhadas a ponto de ser possível o alcance da resolução. Todo este percurso cognitivo é estabelecido por ocasião da solicitação acadêmica e realizado segundo o aparato neuropsicológico disponível.

Assim, a aprendizagem da matemática é um processo singular e intransferível; todas as pessoas aprendem matemática, mas cada uma vai aprender de um jeito particular, a depender da escola que frequenta, da competência do professor, das condições sociais e familiares e do funcionamento neuropsicológico que possui e que possibilita esta aprendizagem. Uma investigação acerca das dificuldades de aprendizagem de um determinado aluno deveria ser iniciada pela análise da comunidade (condições e qualidade de vida), depois a escola (condições físicas, corpo docente, direção e coordenação, metodologia, relacionamento professo-aluno, qualidade do livro didático, competência do professor) e, finalmente, avaliar o aluno: um processo inverso ao que normalmente se realiza; o primeiro movimento é, sempre, identificar no aluno a falha existente no processo ensino-aprendizagem.

Em relação ao nível I de funcionamento da atividade matemática – resolução de problemas, uma área cerebral se mostra implicada de forma direta: lobos frontais na relação que estabelece com as funções executivas. Luria fez uma análise detalhada sobre o processo de solução e de resolução de problemas. Em relação à solução do problema, segundo o autor, o indivíduo deve atentar para a estrutura gramatical do enunciado, de uma vez que a análise adequada do mesmo propicia a obtenção das informações acerca das relações lógicas existentes e do vínculo entre estas relações e as operações matemáticas; este processo culmina com a comparação, por um lado, entre o procedimento utilizado e os resultados obtidos e, por outro lado, entre a pergunta e as condições fornecidas pelo problema. Em relação ao processo de resolução do problema se deve começar pela análise do modo como o sujeito resolveu o problema, se ele identificou os dados relevantes, relacionando-os adequadamente ou se os percebeu como fragmentos isolados, sem ordená-los num sistema único; esta verificação da resposta obtida e a confrontação deste resultado com os dados iniciais do problema representa, sempre, uma etapa essencial da atividade intelectual (LURIA e TSVERTKOVA, 1981). Se, neste processo, se explicita uma correspondência entre o procedimento utilizado, as operações aritméticas realizadas, os resultados obtidos e os dados iniciais do problema, a atividade está concluída; se não há correspondência entre os elementos indicados, a atividade continua e o processo de resolução permanece até que uma resposta adequada em relação aos dados iniciais seja obtida.

Esta questão é relevante para o nosso trabalho de pesquisa, a possibilidade de investigação do processo de resolução do problema aritmético, não nos fixando, apenas no resultado obtido. Apresentamos, abaixo, uma representação de possibilidades de resolução, a depender da condição neuropsicológica do sujeito, de um problema aritmético. Estes aspectos caracterizadores do funcionamento cognitivo dos indivíduos, demonstrados na figura 13, a seguir, diante de uma tarefa de resolução de problemas em geral, foram propostos inicialmente

por Luria e retomados por Terezinha Nunes (2000), numa tentativa de explicitar os processos cognitivos subjacentes a demanda desta tarefa.



**Figura 13. Resolução de Problemas Aritméticos: Processo e Produto**

Todas as estratégias de resolução (representar o problema através de um desenho, representar o problema através de material concreto, contar as séries, relativas às quantidades, nos dedos, representar mentalmente a situação-problema, utilizar o algoritmo da adição) podem levar à solução do problema. Mas, existem diferenças qualitativas na escolha da estratégia a utilizar. Este é um aspecto relevante num processo de avaliação neuropsicológica, na investigação da qualidade e nível de desenvolvimento cognitivo do indivíduo, na avaliação das funções neuropsicológicas; resolver o problema através de uma representação – desenho dos objetos (carrinhos) ou através de uma representação mental do problema reflete uma diferença no processo cognitivo subjacente à resolução.

Em relação ao nosso trabalho de pesquisa, o desempenho matemático estudado, a resolução dos problemas aritméticos, evidenciará, através do procedimento utilizado, entrevista, observação e questionamentos acerca do processo de solução, esta condição cognitiva subjacente, explicitando a qualidade do funcionamento executivo.

Esta escolha da estratégia sofre modificações e influências ao longo do processo de desenvolvimento e do percurso escolar. “O indivíduo, ao ter acesso ao conhecimento sistematizado historicamente acumulado, tem a possibilidade de apropriar-se desse conhecimento enquanto conteúdo e processo de pensamento, já que a apropriação do saber escolar implica, necessariamente, na apropriação de um pensamento complexo, que garanta a apropriação desse conteúdo que daí advém” (GIARDINETTO, 1999, p.49).

A prática escolar promove desenvolvimento cognitivo, o acesso a formas mais sofisticadas de raciocinar e representar a realidade. Podemos relacionar esta questão, por exemplo, com as frequentes críticas em relação à prática escolar no que diz respeito a contextualização do ensino da matemática: o fato de a matemática escolar avançar em níveis muito além da associação direta com a realidade imediata não denota descontextualização; o fato de a matemática não estar, sempre, diretamente vinculada à realidade imediata, não quer dizer que ela não é válida como conhecimento. O conhecimento matemático atinge um nível de desenvolvimento que a relação entre a realidade e a produção de conhecimento matemático passa, progressivamente, a se desenvolver para além de uma vinculação imediata; no interior desse desenvolvimento, a linguagem matemática é um produto histórico-social que garante o acesso às formas mais abstratas que aquelas restritas ao concreto-imediato. O indivíduo precisa se apropriar de conceitos matemáticos que podem não apresentar, naquele momento, uma relação imediata com as necessidades da vida cotidiana; estes conceitos propiciam ou podem propiciar o desenvolvimento de formas de pensamento mais abstratas e sofisticadas em termos de estratégias mentais.

### ***3. Metodologia***



### **3. Metodologia**

O presente estudo tem como objetivo, como já abordado em seção anterior, investigar a relação existente entre o funcionamento executivo em seus diversos fatores e o desempenho matemático escolar em alunos do segundo ciclo do ensino fundamental. Para a operacionalização de tais objetivos, foram seguidos caminhos metodológicos que são descritos nas seções seguintes:

#### **3.1. Sujeitos**

Para investigar a relação entre o funcionamento executivo e o desempenho matemático escolar foram avaliadas, em termos neuropsicológicos e com ênfase nas funções executivas, trinta e duas crianças de ambos os sexos (dezesesseis meninos e dezesesseis meninas), cursando a quinta e sexta série do ensino fundamental II, de uma escola da rede particular de ensino da cidade do Recife, estado de Pernambuco. Estas crianças pertenciam a um mesmo estrato socioeconômico (famílias de classe média, residindo no mesmo bairro da cidade) e faixa etária entre dez anos e treze anos.

#### **3.2 Procedimento**

A coleta de dados da pesquisa foi iniciada em 2006, com a aplicação de teste de desempenho escolar em matemática desenvolvido pelo Núcleo de Avaliação e Pesquisa Educacional (NAPE) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Trata-se de um instrumento padrão, elaborado a partir de um projeto intermunicipal de avaliação de rede, por

iniciativa das secretarias de educação das capitais do nordeste. Foi coordenado, inicialmente, pela Secretaria de Educação e Cultura de Recife, após algum tempo, pela UNDEME (União dos Dirigentes municipais de Educação) e, posteriormente, pelo NAPE (Núcleo de Avaliação e Pesquisa Educacional) – UFPE (Universidade Federal de Pernambuco), articulando os municípios das capitais do Nordeste e outras cidades de médio porte da Região. Os autores procuraram formular questões com base em situações-problema que fossem significativas para o aluno quanto ao conteúdo, à linguagem utilizada e ao contexto situacional (NEVES e SOUZA, 1997). Este instrumento foi utilizado a partir de 1996, na avaliação de rede das capitais do nordeste, nas áreas de português (não contemplada pela nossa pesquisa) e matemática.

Este instrumento foi aplicado em três turmas de quarta série (Ensino Fundamental I) e duas turmas de quinta série do Ensino Fundamental II da escola da rede privada de Recife (PE). Tal escola se caracteriza por uma clientela, em sua maioria, de classe média, com alunos dentro da faixa etária esperada para cada série escolar.

A realização dessa pesquisa contemplou dez etapas, desde esta primeira sondagem (aplicação do teste NAPE) que propiciou a seleção prévia dos sujeitos até a discussão e conclusão dos resultados.

Tais etapas são apresentadas de forma esquemática no quadro abaixo:

Etapas	Atividades
01	Aplicação do instrumento de avaliação do desempenho matemático escolar (NAPE) em cinco turmas de quarta e quinta série do ensino fundamental de escola da rede privada do Recife / PE
02	Seleção das turmas da quarta e quinta série que participaram da pesquisa

03	Análise estatística dos resultados do NAPE para a seleção dos sujeitos participantes, oriundos das turmas da quarta e quinta série e formação de oito grupos de trabalho (conforme descrição operacional mais adiante)
04	Entrevista e Aplicação do teste de inteligência (Raven)
05	Aplicação das técnicas/testes neuropsicológicos (Trilhas, Figura Complexa de Rey, Stroop, Wisconsin, Cubos (WISC III), Códigos (WISC III), Controle Atencional (Luria), Memória Lógica, Orientação Direita-Esquerda)
06	Aplicação do Exercício de Resolução de Problemas Aritméticos
07	Levantamento dos dados coletados / Apuração e tratamento estatístico dos testes e instrumentos de avaliação aplicados
08	Análise qualitativa dos resultados
09	Análise integrativa e discussão dos Resultados
10	Conclusões

**Figura 14. Quadro referente ao Desenho Geral da Pesquisa**

A partir desta primeira fase da pesquisa, aplicação do teste NAPE em seis turmas de quarta e quinta séries, foram escolhidas, junto com a coordenadora de ensino, duas turmas de alunos, uma da quarta série e uma da quinta série do ensino fundamental II, segundo critérios relativos a turno (mesmo turno – manhã), número de alunos em sala (entre cinquenta e sessenta alunos) e professor (interesse na pesquisa e na melhor compreensão das dificuldades dos seus alunos). A reunião realizada com a supervisora e coordenadoras do colégio esclareceu os objetivos e possibilidades de contribuição da nossa pesquisa e estas informações, também, foram fornecidas às professoras. Assim, pudemos contar com o interesse e disponibilidade das duas professoras (foram voluntárias, a partir da própria

identificação com as possibilidades de esclarecimento dos resultados da pesquisa) das turmas escolhidas.

A partir desta primeira seleção de sujeitos potenciais, foram calculadas médias e dispersão de resultados (desvios-padrão) no instrumento de avaliação em matemática, o que permitiu o estabelecimento de oito grupos de sujeitos. Nosso objetivo foi, incluir nesta seleção, os alunos com altas e baixas pontuações. Assim, a partir da média do grupo-classe e um desvio padrão acima desta média, selecionamos os sujeitos considerados com pontuações altas e, paralelamente, a partir de um desvio padrão abaixo da média, foram classificados os sujeitos com pontuações baixas. Como queríamos quatro sujeitos em cada grupo de pesquisa, selecionamos da forma descrita acima e acrescentamos mais dois sujeitos, os quais obtiveram um ponto a mais ou a menos no resultado do NAPE, resumido nos quadros abaixo:

Índices	Valores
Média	13,57
Moda	15
Desvio Padrão	3,32
Nota mínima	9
Nota máxima	20
N	30

Figura 15. Quadro das Notas no Teste NAPE das Alunas da Quinta Série, Turma A.

Referência	Nota de referência resultante	Sujeitos escolhidos em função da nota de referência
<b><u>Categoria 1:</u></b> 01 (um) desvio padrão acima da média (13,57 + 3,32).	16,89 (17)	4 e 6
<b><u>Categoria 2:</u></b> dois sujeitos com notas imediatamente acima dos sujeitos da categoria 1.	19	2 e 3
<b><u>Categoria 3:</u></b> 01 (um) desvio padrão abaixo da média (13,57 - 3,32).	10,25 (10)	24 e 26
<b><u>Categoria 4:</u></b> dois sujeitos com notas imediatamente abaixo dos sujeitos da categoria 3.	9	28 e 30

Figura 16. Quadro das Alunas da Quinta Série, Turma A, selecionadas para a Pesquisa.

Índices	Valores
Média	13,17
Moda	12
Desvio Padrão	4,11
Nota mínima	6
Nota máxima	20
N	30

Figura 17. Quadro das Notas no Teste NAPE dos Alunos da Quinta Série, Turma B.

Referência	Nota de referência resultante	Sujeitos escolhidos em função da nota de referência
<b><u>Categoria 1:</u></b> 01 (um) desvio padrão acima da média (13,17 + 4,11).	17,28 (17)	37 e 38
<b><u>Categoria 2:</u></b> dois sujeitos com notas imediatamente acima dos sujeitos da categoria 1.	18	34 e 36
<b><u>Categoria 3:</u></b> 01 (um) desvio padrão abaixo da média (13,17 – 4,11).	9,06 (9)	54 e 55
<b><u>Categoria 4:</u></b> dois sujeitos com notas imediatamente abaixo dos sujeitos da categoria 3.	8	56 e 57

Figura 18. Quadro dos Alunos da Quinta Série, turma B, selecionados para a Pesquisa.

Índices	Valores
Média	14,44
Moda	13
Desvio Padrão	2,04
Nota mínima	11
Nota máxima	18
N	18

Figura 19. Quadro das Notas no Teste NAPE das Alunas da Quarta Série, Turma C

Referência	Nota de referência resultante	Sujeitos escolhidos em função da nota de referência
<b><u>Categoria 1:</u></b> 01 (um) desvio padrão acima da média (14,44 + 2,04).	16,48 (16)	64 e 66
<b><u>Categoria 2:</u></b> dois sujeitos com notas imediatamente acima dos sujeitos da categoria 1.	17	62 e 63
<b><u>Categoria 3:</u></b> 01 (um) desvio padrão abaixo da média (14,44 – 2,04).	12,40	73 e 74
<b><u>Categoria 4:</u></b> um sujeito com notas imediatamente abaixo dos sujeitos da categoria 3.	12	76
<b><u>Categoria 5:</u></b> um sujeito com notas imediatamente abaixo dos sujeitos da categoria 4.	11	78

Figura 20. Quadro das Alunas da Quarta Série, Turma C, selecionadas para a Pesquisa.

Índices	Valores
Média	13,52
Moda	18
Desvio Padrão	4,04
Nota mínima	6
Nota máxima	19
N	21

Figura 21. Quadro das Notas no Teste NAPE dos Alunos da Quarta Série, Turma D.

Referência	Nota de referência resultante	Sujeitos escolhidos em função da nota de referência
<b><u>Categoria 1:</u></b> 01 (um) desvio padrão acima da média (13,52 + 4,04).	17,56 (18)	81 e 82
<b><u>Categoria 2:</u></b> dois sujeitos com notas imediatamente acima dos sujeitos da categoria 1.	19	79 e 80
<b><u>Categoria 3:</u></b> 01 (um) desvio padrão abaixo da média (13,52 – 4,04).	9,48 (9)	96
<b><u>Categoria 4:</u></b> um sujeito com nota imediatamente abaixo do sujeito da categoria 3.	8	97
<b><u>Categoria 5:</u></b> um sujeito com nota imediatamente abaixo do sujeito da categoria 4.	7	98
<b><u>Categoria 6:</u></b> um sujeito com nota imediatamente abaixo do sujeito da categoria 3.	6	99

**Figura 22. Quadro dos Alunos da Quarta Série, turma D, selecionados para a Pesquisa.**

É preciso ressaltar que, como a investigação neuropsicológica do funcionamento executivo dos sujeitos selecionados pela pesquisa foi realizada em 2007, alguns meses após a aplicação do instrumento NAPE e tratamento estatístico (2006), os alunos escolhidos já estavam na quinta e sexta série e um ano mais velhos. Assim, considerando o início da avaliação em março de 2007, tivemos uma modificação em relação às séries escolares, que passaram a ser quinta e sexta séries, respectivamente.

As crianças foram distribuídas em oito grupos segundo os parâmetros relativos à série escolar (quinta e sexta séries), gênero (masculino e feminino) e desempenho matemático

(pontuação alta e baixa no teste de matemática – NAPE), com os quais pudemos analisar diferenças em relação ao funcionamento executivo e desempenho matemático, quanto à estes mesmos parâmetros, série, gênero e nota no NAPE, além da comparação com as notas escolares. A constituição dos grupos de pesquisa é ilustrada pelo quadro a seguir:

Pontuação no instrumento de avaliação em matemática ⬇	Gênero dos sujeitos			
	Feminino		Masculino	
	Sexta série	Quinta série	Sexta série	Quinta série
Alta	G1	G5	G3	G7
Baixa	G2	G6	G4	G8

**Figura 23. Quadro de Distribuição dos Sujeitos selecionados para a Pesquisa em Grupos de Trabalho e Análise.**

Após a distribuição dos sujeitos da pesquisa (alunos da quinta e sexta séries), ao iniciarmos a investigação neuropsicológica do ‘funcionamento executivo’ destes alunos, realizamos uma entrevista com os mesmos, com o objetivo de esclarecimento de suas relações com a escola, com o ato de estudar e com a aprendizagem da matemática. Neste primeiro contato, também, nos inteiramos sobre sua idade e nível de inteligência (neste último caso através da aplicação do teste de inteligência – Matrizes Progressivas Coloridas Raven). Esta identificação com relação à idade e pontos obtidos em teste de inteligência infantil – Matrizes Progressivas Coloridas RAVEN não constituiu uma forma de controle ou de exclusão de sujeitos, por outro lado, nos serviu para obtenção da caracterização dos alunos e para possíveis análises qualitativas, como, por exemplo, identificar fatores que possam interferir, contribuir ou impossibilitar nossas ponderações de pesquisa acerca deste aluno específico.

### 3.3. Material

#### 3.3.1. Aplicação do Instrumento de Desempenho Matemático Escolar

Conforme aludido anteriormente, a seleção dos sujeitos participantes da pesquisa e posterior distribuição em oito grupos distintos foi feita através dos resultados obtidos na aplicação do instrumento de avaliação do desempenho matemático escolar (instrumento NAPE), em cruzamento com os dois níveis de escolaridade considerados. Tal instrumento avaliativo abarca os seguintes percentuais de questões em função de domínios de conteúdo em matemática fundamental:

- 60% números naturais e operações
- 15% números racionais
- 15% medidas
- 10% geometria

Quanto à classificação dos itens foi adotada, como eixo de orientação, a taxonomia de Bloom et al, assim contemplada no caderno de teste:

- 20% de questões de reconhecimento
- 40% de questões de compreensão e/ou análise
- 40% de aplicação

A figura abaixo apresenta a distribuição dos itens do instrumento avaliativo em relação ao conteúdo, objetivo e classificação das questões propostas. Uma cópia do instrumento avaliativo é apresentada no Anexo I.

**Legenda:** H = habilidade; Q = questão; rec. = reconhecimento; comp. = compreensão; apl. = aplicação

H	Conteúdo	Q	Objetivo
comp.	Sistema Numérico Decimal e Operações Fundamentais	06	Representa um número utilizando a linguagem numérica
comp.		10	Compreende que cada elemento contado numa coleção corresponde a uma unidade e que dez unidades de uma ordem formam uma ordem superior
comp.		14	Representa um número utilizando a linguagem numérica
comp.		02	Utiliza algoritmos para efetuar as operações
apl.		04	Resolve situação-problema de estrutura multiplicativa envolvendo relação quaternária
comp.		09	Resolve situação-problema de estrutura multiplicativa envolvendo relação quaternária
apl.		12	Resolve situação-problema de estrutura multiplicativa envolvendo combinatória
apl.		16	Resolve situação-problema de estrutura aditiva envolvendo composição de quantidades
apl.		17	Utiliza cálculo aproximado para resolução de problemas
comp.		19	Utiliza algoritmos para efetuar as operações
apl.		20	Resolve situação-problema de estrutura aditiva envolvendo transformação de quantidades
	<b>Total</b>	<b>11</b>	
comp.	Números Racionais	03	Identifica a relação parte-todo
apl.		08	Resolve situação-problema envolvendo números racionais
comp.		11	Utiliza a escrita fracionária correspondente a sua representação gráfica ou vice-versa

	Total	03	
apl.	Medidas	05	Aplica o conceito de medir em diferentes situações
apl.		07	Reconhece instrumentos de medições adequados à grandeza que se quer medir
comp.		13	Estabelece relações entre unidades e padrões de medição de mesma grandeza
	<b>Total</b>	<b>03</b>	
comp.	Geometria	01	Localiza um elemento numa disposição conhecendo as suas coordenadas
análise		15	Associa sólido a suas vistas
comp.		18	Compõe e decompõe formas geométricas
	<b>Total</b>	<b>03</b>	
<b>Total de questões</b>		<b>20</b>	

Figura 24. Quadro da Matriz de Análise das Questões – Matemática – caderno 01 – 4ª série 1996.

### 3.3.2. Aplicação das Técnicas e Testes Neuropsicológicos

A avaliação do funcionamento executivo foi realizada através da aplicação dos mais representativos testes, na atualidade, desta função neuropsicológica. Como, ainda, não existe uma padronização brasileira dos testes aplicados, à exceção dos testes ‘figura complexa de Rey e Wisconsin’, a nossa análise se processou através dos aspectos qualitativos (análise dinâmica dos dados) e comparativos (comparação dos resultados brutos dos sujeitos dos oito grupos). A aplicação desta avaliação do funcionamento executivo foi realizada em duas sessões, sempre no horário da manhã.

### 3.3.2.1. Matrizes Progressivas Coloridas Raven

O instrumento escolhido para a avaliação do nível de inteligência foi o ‘Matrizes Progressivas Coloridas – Raven’. Trata-se de um teste de inteligência não-verbal, autorizado pelo Conselho Federal de Psicologia e que possui uma padronização para a população brasileira. Busca avaliar os processos intelectivos de crianças na faixa etária de cinco anos a onze anos e oito meses. Esta escala contém três séries – A, AB e B, cada uma das quais com doze problemas (RAVEN, 1987), com uma exploração acentuada da percepção e relações espaciais.

Embora com mais de 40 anos de uso, tornou-se um instrumento clássico para avaliação de aspectos importantes do potencial intelectual e tem servido como paradigma para outros testes. Constitui-se num teste que revela a capacidade que um indivíduo possui, no momento de fazer a prova, para apreender figuras sem significado que se submetem a sua observação, descobrir as relações que existem entre elas, imaginar a natureza da figura que completaria o sistema de relações implícito e, fazê-lo desenvolver um método sistemático de raciocínio (RAVEN, 2003).

Descrição: a escala consta de trinta e seis problemas divididos em três séries com doze problemas cada uma. Em cada série, o primeiro problema tem solução óbvia. Os problemas sucessivos aumentam paulatinamente suas dificuldades. A ordem dos itens facilita um treinamento uniforme no método de trabalho. As três séries fornecem oportunidades para compreender o método e apreciações progressivas da capacidade de um indivíduo para a atividade intelectual. Para estimular a manutenção do interesse e prevenir a fadiga, todas as figuras foram desenhadas com traços vigorosos e nítidos e, tanto quanto possível visualmente agradáveis.

O sujeito recebe as séries na ordem; pede-se que trabalhe em seu próprio ritmo, sem interrupções, do começo ao fim. O examinador explica que em cada página há um desenho ao qual lhe falta uma parte e orienta para que o sujeito complete o desenho apresentado. Assim o examinador vai registrando na folha de resposta o número da figura indicada pelo sujeito.

Escore: o escore é igual ao número de acertos, que, todavia, poderá não corresponder à potencialidade do indivíduo se este não tiver trabalhado com tranquilidade em todas as séries do começo ao fim. De acordo com o escore total, espera-se um determinado número de acertos em cada série, conforme se especifica nas tabelas existentes no caderno de teste. Obtendo-se a diferença, em cada coluna, entre os acertos reais e os esperados, pode-se determinar a consistência do trabalho do indivíduo.

A opção pelo uso de um teste de inteligência visou controlar a variável ‘potencial intelectual’, nas ponderações acerca da relação investigada entre competência matemática e o funcionamento executivo. Como o uso do teste de inteligência não foi utilizado como critério de seleção dos sujeitos, não utilizamos a identificação de percentis ou níveis de classificação, mesmo porque algumas crianças possuem idades superiores às incluídas nas tabelas de padronização estabelecidas pelo manual.

### **3.3.2.2. Teste das Trilhas**

**Objetivo:** visa medir velocidade de processamento, atenção, flexibilidade mental, processamento simultâneo e sequencial das informações, acuidade visual e coordenação visomotora. Este instrumento acessa a capacidade de manutenção do engajamento mental, o rastreamento visual, a destreza motora e a memória operacional (KELLAND et al., 1992; REITAN, 1979).

**Descrição:** originalmente construído em 1938, como um teste de ‘atenção dividida’ (PARTING e LEITER, 1949), como parte da bateria ‘Army Individual Teste Battery’ (1944) foi, posteriormente, adicionado, por Reitam, à bateria ‘Halstead Battery’.

O teste é dividido em duas partes:

Parte A: requer que a pessoa ligue, através de linhas feitas com um lápis, em ordem crescente, vinte e cinco números escritos dentro de círculos, randomicamente arranjados numa página de papel (ver figuras 25 e 26 abaixo).

Parte B: a pessoa deverá ligar vinte e cinco números e letras, de forma alternada (número / letra); os números em ordem crescente e as letras em ordem alfabética. A ordem de ligamento é, sempre alternada: um número, uma letra.

**Escore:** Para as duas partes, o escore é expresso em termos de tempo (minutos e segundos) utilizado e número de erros cometidos para completar a Parte A e a Parte B. Utiliza-se, também, a medida referente à diferença de tempo de execução entre a Parte A e a Parte B.

**Relação com o funcionamento executivo:** A Parte B é, explicitamente, a parte mais sensível do teste e, frequentemente, relacionada com as funções executivas. Algumas análises são realizadas com a utilização da diferença de tempo gasto na Parte A e na Parte B; as análises apontam que tais diferenças indicam dificuldades na habilidade de executar e modificar um plano em ação (Annlies et al, 1980, Eson et al, 1978) ou na manutenção de duas linhas de raciocínio ao mesmo tempo, as quais possibilitam a relação com disfunção e/ou lesão do lobo frontal. Lezac (1983), Bertan (1971) e Libon et al. (1994) relataram que a Parte B se mostra, significativamente, relacionada com outros testes que avaliam as funções executivas; por esta razão, eles sugerem que o teste seja considerado como uma medida de função/disfunção do lobo frontal.

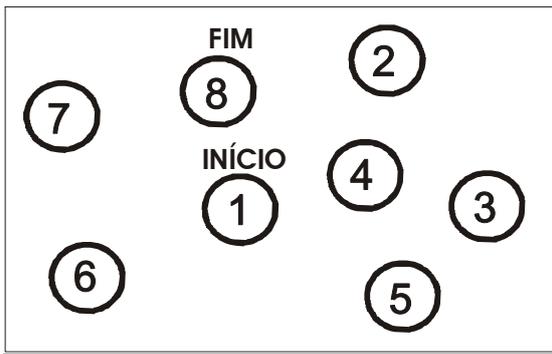


Figura 25. Teste das Trilhas / Parte A

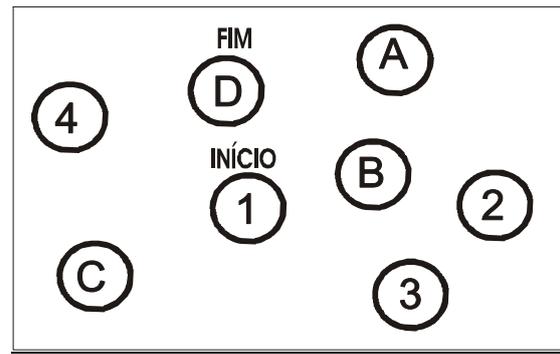


Figura 26. Teste das Trilhas / Parte B

### 3.3.2.3. Teste Stroop

**Objetivo:** avalia a capacidade de focalização, manutenção e alternância da atenção, além da capacidade de utilização das informações provenientes do ‘entorno’ e dos estímulos da proposta, ao mesmo tempo em que o examinando reage e/ou responde segundo estas informações. Além disto, existem outras dimensões básicas avaliadas pelo Stroop Test, que se referem a flexibilidade cognitiva, resistência à interferência procedente de estímulos externos e atenção (GOLDEN, 2001).

**Descrição:** a versão normatizada (espanhola) consta de três lâminas, cada qual contendo cem elementos distribuídos em cinco colunas de vinte elementos. Na primeira lâmina, estes elementos são formados pelas palavras ‘vermelho’, ‘verde’ e ‘azul’, ordenadas ao ‘acaso’ e impressas em tinta preta numa folha de papel tamanho A4 (conforme ilustrado pela figura 27 abaixo). Na segunda lâmina os elementos são constituídos de grupos da letra X (XXXX) impressos em tinta vermelha, verde e azul (conforme ilustrado pela figura 28 abaixo). Na terceira lâmina aparecem as palavras da primeira lâmina impressas nas cores da segunda lâmina, mescladas item por item; o primeiro item é a cor do item 1 da primeira lâmina, impresso na tinta da cor do item 1 da segunda lâmina; não há coincidência, em

nenhum caso, entre a cor da tinta e a palavra (significado/cor) escrita (conforme ilustrado pela figura 29).

Na primeira lâmina o sujeito deve ler em voz alta, o mais rápido que puder, as palavras escritas em colunas, na segunda lâmina deve dizer a cor da tinta que o grupo de **XXXX** foi escrito e na terceira lâmina, dizer a ‘cor da tinta’ (vermelha, verde ou azul) com a qual a palavra (vermelho, verde ou azul) foi escrita. Abaixo, apresentamos um pequeno trecho de cada lâmina, como ilustração representativa do teste.

**Escore:** o tempo é controlado para a apresentação das três lâminas (45”) e o escore é obtido através da contagem dos elementos de cada lâmina, que foram lidos (identificados) pela pessoa e número de erros cometidos. O escore contém os resultados das lâminas I. II. e III. Quando o sujeito ‘erra’, o examinador deve fazer a observação e o sujeito deve corrigir seu erro.

VERMELHO	AZUL	VERDE	VERMELHO	AZUL
VERDE	VERDE	VERMELHO	AZUL	VERDE
AZUL	VERMELHO	AZUL	VERDE	VERMELHO
VERDE	AZUL	VERMELHO	VERMELHO	AZUL
VERMELHO	VERMELHO	VERDE	AZUL	VERDE
AZUL	VERDE	AZUL	VERDE	VERMELHO

Figura 27. Lâmina 1 do Teste Stroop

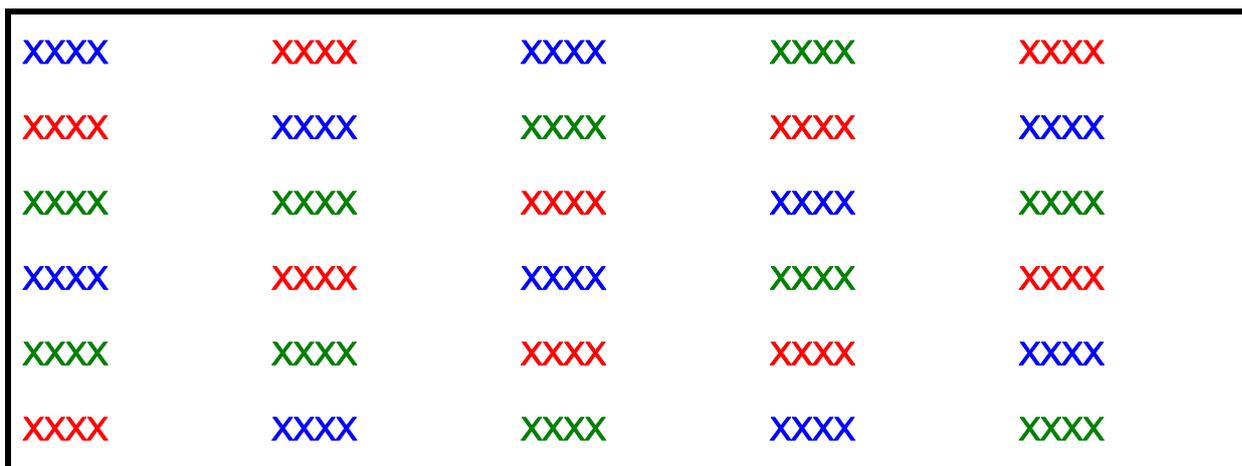


Figura 28. Lâmina 2 do Teste Stroop



Figura 29. Lâmina 3 do Teste Stroop

**Relação com o funcionamento executivo:** o teste requer uma capacidade de atenção (focalização, alternância e sustentação) seletiva a uma dimensão, relativamente, menos saliente do estímulo e, ao mesmo tempo, inibir uma resposta mais automática (mais saliente); a medida de interferência gerada é explicitada pelo número de erros e maior tempo de reação, reconhecido como 'efeito Stroop'. A habilidade básica medida pelo Stroop Teste se refere à habilidade para selecionar, de forma flexível, informação relevante do entorno e, portanto, adaptar-se a novas circunstâncias e para estabelecer uma atuação mais efetiva (GOLDEN, 2001).

#### 3.3.2.4. Figura Complexa de Rey

**Objetivo:** avaliar a atividade perceptiva e a memória visual; em suas duas fases, de cópia e de reprodução de memória, seu objetivo é verificar o modo como o sujeito apreende os dados perceptivos que lhe são apresentados e o que foi conservado espontaneamente pela memória.

**Descrição:** o teste consiste em copiar e, depois, reproduzir de memória (pequena pausa – três minutos) um traçado geométrico complexo (conforme ilustrado pela figura 30 abaixo). A figura escolhida reúne três relevantes propriedades: ausência de significação evidente, realização gráfica fácil e estrutura do conjunto suficientemente complicada para solicitar uma atividade perceptiva analítica e organizadora.

**Escore:** a aferição da prova é feita através de três parâmetros: tempo de execução, tipo de cópia e exatidão de cópia. A figura é dividida em dezoito unidades (elementos que compõe a figura), cada uma recebendo uma pontuação (0, 0,5, 1 e 2) dependendo da exatidão e localização em relação à própria figura.

**Relação com o funcionamento executivo:** segundo o manual deste teste, a percepção é uma gnose por definição. A figura foi escolhida de modo a não evocar, no seu conjunto, nenhum objeto determinado; ela é uma reunião arbitrária de elementos geométricos que podem ser denominados e mantêm entre si relações topográficas. A figura, portanto, só pode ser conhecida graças a uma atividade analítica que separe e hierarquize as formas componentes (REY, 1999). A adequada cópia desta figura só é possível se a pessoa consegue, através de sua capacidade de análise e síntese, perceber o todo e as suas partes constituintes e organizar o seu trabalho, via processamento sequencial e monitoramento de sua execução. Estes aspectos cognitivos se referem a uma atividade executiva, correspondendo a uma função atribuída ao lobo frontal.

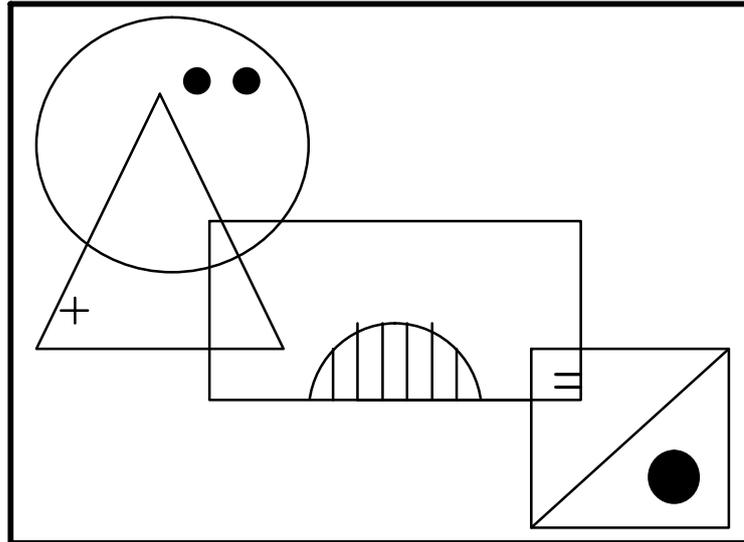


Figura 30. Figura Complexa de Rey

#### 3.3.2.5. Teste Wisconsin

**Objetivo:** avaliar o raciocínio hipotético-dedutivo, formação de conceito, elaboração de hipóteses e a capacidade de mudar as estratégias cognitivas em resposta a eventuais modificações ambientais. Identifica, também, a existência de rigidez cognitiva, índice de perseveração e manutenção da atitude cognitiva. Este instrumento requer, para a sua adequada realização, que o sujeito utilize capacidade de abstração, formulação e teste de hipótese, flexibilidade mental e a capacidade para alterar as respostas baseando-se nas respostas fornecidas pelos estímulos da proposta e pelo examinador (MESULAN, 2002).

**Descrição:** o WCST é formado por quatro cartões-estímulo e cento e vinte e oito cartões-resposta (organizados em dois conjuntos) que contém figuras de algumas formas (cruz, círculo, triângulo e estrela), cores (vermelho, azul, amarelo e verde) e número de figuras (uma, duas, três e quatro). A prova consiste em colocar os quatro cartões-estímulo à frente do sujeito, organizando-os da esquerda para a direita (em relação ao sujeito) da forma seguinte: um triângulo vermelho, duas estrelas verdes, três cruces amarelas e quatro

círculos azuis. Depois se entrega ao sujeito, o primeiro conjunto de sessenta e quatro cartões-resposta e lhe instrui dizendo que o mesmo deve ‘associar ou combinar’ (de qualquer modo que lhe pareça possível) cada um destes cartões do conjunto com um dos cartões-estímulo que estão na sua frente. Cada vez que o sujeito coloca um cartão-resposta o examinador lhe dirá se está certo ou errado, sem, no entanto, dizer qual é a categoria que está sendo utilizada. Quando o sujeito tiver fornecido um número determinado (dez) de respostas ‘corretas consecutivas’ de acordo com a categoria estabelecida inicialmente (cor), se muda a categoria de classificação, passando para forma e, posteriormente, para número, sem nenhum aviso ao examinando; isto requer que o sujeito utilize o ‘feedback’ que recebe do examinador para estabelecer uma nova estratégia de verificação da classificação. A aplicação avança desta forma, com mudanças no critério de categorização (cor, forma, número, cor, forma, número) utilizado até que o examinando tenha completado as seis séries ou que, apesar de não ter conseguido completar as possibilidades do teste, os dois conjuntos de cartões-resposta tenham se esgotado (HEATON et al., 1997).

**Escore:** segundo o manual, cada resposta do sujeito deve ser considerada como se ocorresse em três dimensões separadas e, portanto, avaliada em cada uma delas; estas dimensões são: correta-incorreta, ambígua-não ambígua, perseverativa – não perseverativa. Além destas dimensões, avaliam-se outros parâmetros: número de categorias completas, tentativas para completar a primeira categoria, porcentagem de erros perseverativos, falhas para manter a atitude cognitiva, porcentagem de respostas de nível conceitual e aprender a aprender.

**Relação com o funcionamento executivo:** este teste é considerado complexo por aferir dimensões cognitivas múltiplas e relacionadas às funções executivas. As mais conhecidas compreendem: (a) a capacidade de abstração de um princípio geral de

categorização (denominado 'set') dentre outros igualmente plausíveis, (b) manter este princípio em mente face à distração sensorial e (c) abstrair novos princípios de categorização quando determinadas contingências ambientais variam. Segundo Souza e al. (2001), no caso do Teste Wisconsin, o princípio geral de categorização refere-se a propriedades sensoriais das figuras que compõe os quatro cartões-estímulo: cor, forma e número. O dado crítico é que o princípio de categorização a ser abstraído pelo indivíduo não faz parte do ambiente sensorial do teste, devendo ser inferido a cada nova escolha com base nas respostas 'certo' ou 'errado' do examinador e análise do seu próprio trabalho (o critério pensado e o resultado obtido). Além disto, este princípio muda sem aviso e escolhas, previamente, corretas tornam-se incorretas de modo, aparentemente, casual, exigindo que o sujeito mude o princípio de categorização, pelo menos, cinco vezes, ou seja, que demonstre flexibilidade cognitiva. O oposto desta característica – perseveração, na literatura neuropsicológica, representa um dos sinais típicos de comprometimento hemisférico difuso ou pré-frontal. O desempenho normal neste teste se associa à ativação bilateral do córtex orbital e dorsolateral inferior do lobo parietal inferior e do giro temporal médio. Ativações focais e simétricas do sulco frontal inferior e do lobo parietal inferior estão diretamente relacionadas à flexibilidade e à abstração dos princípios de categorização e pouco se modificam por exposições repetidas ao teste no mesmo indivíduo.

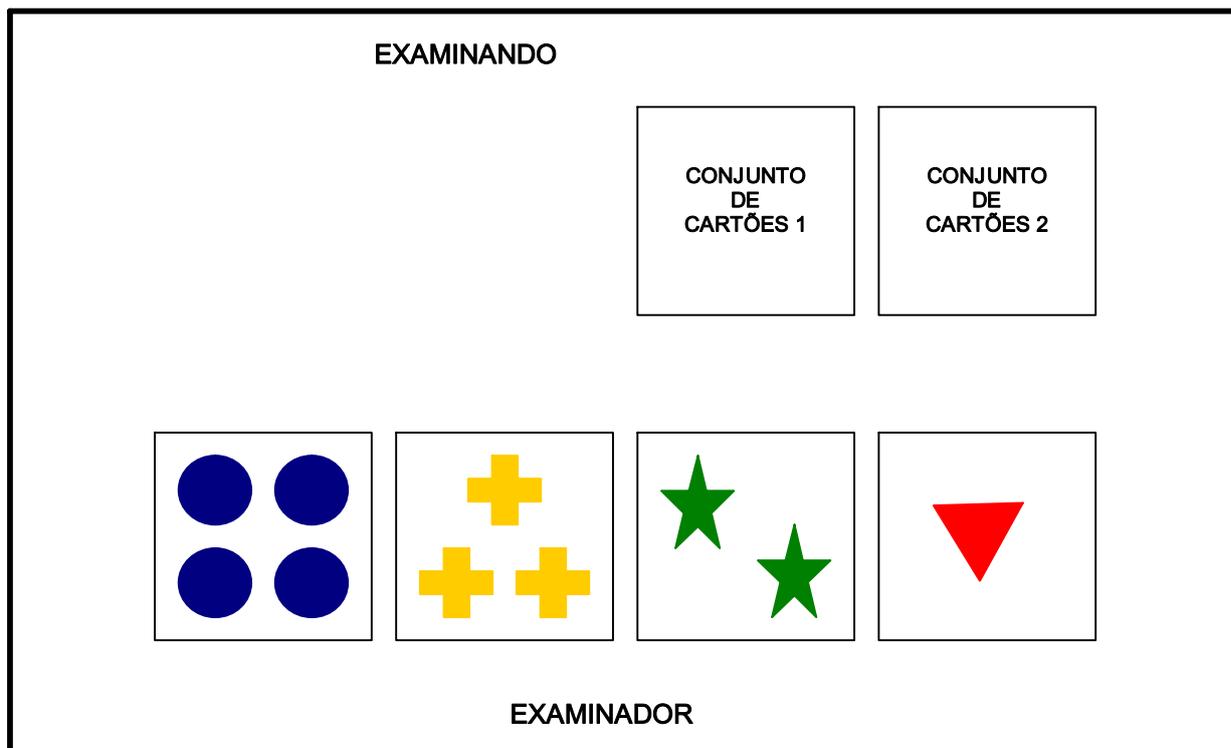


Figura 31. Teste Wisconsin

### 3.3.2.6. Teste Cubos – Escala Clínica WISC III

**Objetivo:** avalia aspectos lógicos e de raciocínio, assim como a formação de conceitos não verbais que refletem, por sua vez, uma manipulação verbal não explícita, percepção e orientação espacial, análise e síntese, reprodução de desenhos abstratos e velocidade de processamento das informações. Identifica, também, a existência de rigidez cognitiva e índice de perseveração.

**Descrição:** são usados nove cubos e o livro de estímulos: um conjunto de padrões geométricos bidimensionais que a criança reproduz usando cubos; cada cubo tem dois lados brancos, dois lados vermelhos e dois lados de duas cores, sendo metade da cor vermelha e metade da cor branca. É apresentado, à criança, um conjunto de desenhos bidimensionais – cartões-estímulos, os quais a mesma deve reproduzir, um a um destes desenhos, através dos cubos que lhe

foram entregues. A reprodução se restringe a face superior dos cubos, existindo desenhos que utilizam dois, quatro e nove cubos, os quais se diferenciam em níveis crescentes de dificuldade.

**Escore:** a criança trabalha diretamente a partir do modelo dos cubos que o examinador constrói (modelos 1 e 2) e a partir dos cartões com os modelos impressos no livro de estímulos (modelos 3 a 12); para evitar que o sujeito olhe para os lados dos cubos, coloca-se os padrões em frente ao mesmo de uma forma que seja levado a baixar o olhar diretamente sobre eles. Segundo os parâmetros de avaliação, a pontuação se constitui tanto em relação à correção da execução, quanto ao tempo despendido para esta execução. Assim, de acordo com o tempo utilizado, a pontuação pode ser maior ou menor, ou seja, nos casos em que a reprodução esteja correta, quanto mais rápido for o desempenho, maior a pontuação. Um modelo é considerado incorreto quando há erros na construção, quando há rotação de 30 graus ou mais nesta construção em relação ao modelo ou quando termina o tempo limite.

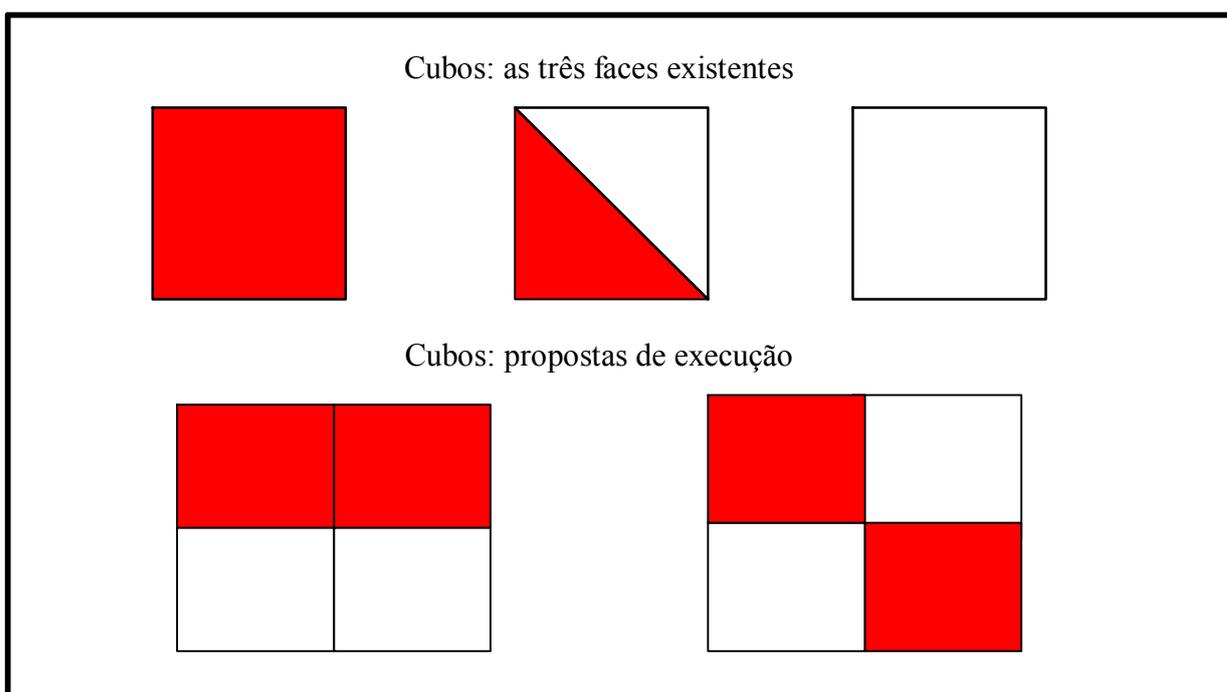


Figura 32. Teste Cubos – WISC III

**Relação com o funcionamento executivo:** este teste encontra relação com o funcionamento executivo na medida em que exige, para a sua correta execução, manutenção da atenção, controle da ação, organização e planejamento, verificação do resultado obtido (relação entre o objetivo e o alcance do resultado), velocidade do processamento das informações e flexibilidade na resolução de problemas.

### 3.3.2.7. Teste Códigos – Escala Clínica WISC III

**Objetivo:** este teste da escala clínica de inteligência – WISC III se mostra uma forte medida de rapidez de processamento cognitivo, além de permitir uma exploração rápida da capacidade para aprender um tipo de tarefa nova, da memória operacional, da destreza visomotora, da aprendizagem associativa e da manutenção da atenção.

**Descrição:** neste teste, a criança copia símbolos simples que são pareados com formas geométricas simples (código A) ou com números (código B) conforme a idade da criança. Tendo como modelo uma chave, a criança desenha cada símbolo embaixo do seu número correspondente. Esta prova visomotora requer atenção sustentada e resistência à fadiga. Para Cunha et al. (1993), pode-se observar erros por distorção, simplificação, inversão de símbolos, dificuldade de concentração e irritação pela monotonia da tarefa.

**Escore:** o escore da criança é determinado pelo número de símbolos correspondentes desenhados em cento e vinte segundos (dois minutos).

1	2	3	4	5	6	7	8	9
• —	)	+	┌	└	V	(	—•	—┌

Figura 33. Teste Códigos – WISC III (chave)

3	9	1	4	3	6	5	8	7

**Figura 34. Teste Códigos – WISC III (proposta)**

**Relação com o funcionamento executivo:** este teste encontra relação com o funcionamento executivo na medida em que exige, para a sua correta execução, manutenção da atenção, controle da ação, memória operacional, verificação do resultado obtido (relação entre o objetivo e o alcance do resultado), aprendizagem associativa e velocidade do processamento das informações.

### 3.3.2.8. Controle Atencional (Diagnóstico Neuropsicológico de Luria)

Este teste da bateria de diagnóstico neuropsicológico de adultos (Luria) foi utilizado com o objetivo de verificação da existência de déficits atencivos ligados à impulsividade, de uma vez que o teste explora este controle sobre a impulsividade e sobre a resposta mais saliente frente ao estímulo apresentado. Segundo o manual, os itens se destinam a avaliar o funcionamento da atenção e do controle atencional, na exploração das áreas viso-espaciais e de linguagem. Avalia a atenção/concentração mediante respostas de ‘contrários’, verbais e não-verbais, tendo que inibir outras respostas mais fáceis e automatizadas, além de explorar a associação de respostas ou a sua omissão frente à solicitação feita pela instrução; o sujeito tem que emitir respostas que entram em conflito com as habituais.

Exemplos dos itens do teste, com suas respectivas instruções: (a) se eu der uma batida na mesa, você dá duas batidas e seu eu der duas, você dá uma batida, (b) quando eu levantar a

mão, você levanta o dedo indicador, quando eu levantar o dedo, você levanta a mão. Analisando estes dois itens do teste, podemos verificar que a intenção se refere à verificação da capacidade atenta, velocidade de processamento (a resposta tem que ser dada de forma imediata) e controle da impulsividade ao responder. Embora não seja um teste utilizado para crianças, mas na falta de um correspondente à nossa clientela, em termos de faixa etária, tivemos a curiosidade de verificar se evidenciaria dados relevantes. Em relação aos nossos sujeitos de pesquisa, este teste não forneceu dados expressivos (nossos estudantes não apresentaram dificuldades em realizar a proposta: a maioria acertou todos os itens – quatorze alunos –, onze alunos erraram um item, seis alunos erraram dois itens-relativos ao tempo gasto para responder – e um aluno errou quinze itens – três deles relativos ao tempo gasto para responder); não exploramos os dados quantitativos deste teste para análise.

### 3.3.2.9 Teste de Orientação Direita – Esquerda

**Objetivo:** este teste tenta explorar a capacidade da criança de, rapidamente, identificar ‘direita e esquerda’ em relação a si mesmo, em relação ao outro e reconhecimento da posição relativa entre três objetos. É descrito por René Zazzo, no Manual para o Exame Psicológico da Criança e foi adaptado de um teste elaborado por Piaget, que ‘acreditava tratar-se não de testar uma orientação no espaço, mas de testar a lógica das relações, com a finalidade de mostrar ‘a relatividade progressiva das noções’ (citado por ZAZZO, 1981, p. 128).

**Descrição:** este teste consiste em três etapas: (1) a criança deve, à solicitação do examinador e uma por vez, identificar a sua mão direita e a sua mão esquerda; (2) a criança deve, conforme solicitação, apontar para a mão direita e, após, para a mão

esquerda do examinador; (3) a criança deve, conforme solicitação do examinador, identificar a localização (direita ou esquerda) entre três objetos colocados à sua frente (mesa de estudo).

**Escore:** o escore da criança é determinado pelo acerto na identificação correta das solicitações do examinador. Esta prova requer atenção e condição de ‘orientação direita-esquerda’ (reconhecimento sobre si mesmo, reconhecimento sobre o outro e reconhecimento da posição relativa de três objetos). Este teste foi utilizado apenas para verificação de possíveis restrições ou dificuldades por parte dos alunos avaliados, sem constituir-se num instrumento para análises estatísticas, principalmente porque não foi registrado um número de erros elevado (no máximo, um erro em cada protocolo).

#### 3.3.2.10. Memória Lógica

**Objetivo:** avaliar a capacidade atenta, linguagem compreensiva e expressiva, memória operacional e memória de curto prazo sob a forma de informações fornecidas verbalmente e apresentadas dentro de um contexto (uma história).

**Descrição:** esta história é muito utilizada na avaliação neuropsicológica como forma de avaliar linguagem compreensiva e expressiva, além das questões ligadas à memória imediata e de curto prazo. Existe uma versão utilizada pelos profissionais da área (que nós utilizamos) sem, entretanto, haver padronização deste instrumento. Uma história é lida e, imediatamente após, o examinando deve reproduzi-la, também, verbalmente. O pressuposto básico se refere ao fato de que as informações fornecidas para o examinando são apresentadas sob a forma de uma história e este contexto facilitaria a organização dos dados e, conseqüentemente, a posterior armazenagem e evocação.

**Escore:** a história é apresentada verbalmente, mas dividida em trinta partes (como mostrado abaixo); o examinando deve recontar a história, usando, inclusive, as mesmas palavras utilizadas pelo examinador. A cada parte da história que for lembrada e dita, o examinando recebe um ponto, podendo ter, no máximo, trinta pontos.

Três /homens/ roubaram /o carro /do Sr. João/, mas eles não sabiam/ que o cachorro dele/, Rex, /estava lá dentro./ Rex deitou/ atrás do banco /e ficou bem quietinho/. Os ladrões dirigiram / por um longo caminho/, estacionaram o carro/ numa rua/ quieta/ e foram almoçar./ Rex escapou/ e se escondeu /numa praça./ Uma senhora/ encontrou ele / e ligou / para o número/ que estava na coleira./ O Sr. João veio/ com a polícia./ Eles prenderam os ladrões/ e o Sr. João dirigiu para casa com Rex/.

**Relação com o funcionamento executivo:** diz respeito à manutenção da atenção e à memória operacional, haja vista a necessidade de manter a atenção e manipular as informações para responder a solicitação feita. Esta técnica, além de nos dar informações sobre os fatores mencionados acima, foi selecionada como forma de controle sobre a possibilidade de existir alguma restrição ligada à linguagem expressiva ou compreensiva. Assim, pudemos observar a leitura realizada pelos alunos (feita após a aplicação da leitura pelo examinador, evocação pelo examinando e respostas às perguntas formuladas), a atenção, a capacidade de evocação dos dados e de interpretação, pois incluímos sete perguntas sobre o conteúdo da história da história, as quais foram respondidas após a etapa da evocação. As perguntas foram as seguintes:

- 1 – Quais são os personagens da história?
- 2 – Quem estava dentro do carro na hora em que foi roubado?
- 3 – Quantos ladrões eram?
- 4 – Por que os ladrões estacionaram o carro na rua?

5 – Quem encontrou o Rex? O que ela fez?

6 – Como terminou a história?

7 – Como a polícia conseguiu prender os ladrões?

### **3.3.2.11. Resolução de Problemas Aritméticos**

Ao término das duas sessões de avaliação neuropsicológica do funcionamento executivo dos alunos selecionados, utilizamos a aplicação de um exercício contendo quatro problemas aritméticos (estruturas aditivas) com o objetivo de investigar como cada aluno desenvolve o processo de resolução dos mesmos. Além de resolver os problemas, os alunos tinham que, após a resolução de cada um deles, responder quatro questões acerca do seu processo de resolução: a identificação do elemento desconhecido e dos dados fornecidos, a relação dinâmica entre estes dados e a dedução da operação aritmética necessária.

#### **Problemas Aritméticos**

1. Em uma loja, o preço de uma bicicleta à vista é R\$ 127,00. A prazo, esta bicicleta é vendida em três prestações de R\$48,50 cada uma. Qual o preço da bicicleta vendida a prazo?
2. Três metros de tecido custam R\$ 45,00. Quanto pagarei por sete metros deste tecido?
3. Um ônibus vai de Jaboatão dos Guararapes até Olinda passando por Recife. Na partida ele levava 27 passageiros. Em Recife desceram 18 e subiram 29 passageiros.

Antes de chegar a Olinda, desceram 12 passageiros. Com quantos passageiros o ônibus chegou em Olinda?

4. João gosta de jogar com bolinhas de gude. Ontem ele jogou com seus amigos. No início da manhã ele tinha 32 bolinhas de gude; ele jogou duas partidas com seus amigos. Ele não lembra o que ocorreu no segundo jogo, mas, no primeiro, ele ganhou 15 bolinhas de gude. Ao final das duas partidas ele estava com 35 bolinhas. O que pode ter havido no segundo jogo do João?

**Perguntas:**

Qual a pergunta do problema?

Quais as informações fornecidas pelo problema?

Como você explicaria, a um colega seu, a forma de resolver este problema?

Como o problema poderá ser resolvido?

**Relação com o funcionamento executivo:** o nosso pressuposto teórico de partida diz respeito a uma correspondência entre cada passo do processo de resolução dos problemas aritméticos e os fatores pertinentes ao funcionamento executivo (fatores pertencentes às funções executivas). Desta forma, para dar prosseguimento a esta investigação, precisávamos de um instrumento que explicitasse questões e procedimentos, por parte dos alunos, da existência desta relação. Assim, através da investigação do processo de resolução de problemas de cada aluno, poderíamos levantar uma hipótese e verificar a sua pertinência entre um determinado fator do funcionamento executivo e sua expressão no desempenho matemático, comentados mais adiante, na seção de ‘discussões e conclusões’.

### **3.3.3. Parâmetros de Análise dos Testes Neuropsicológicos**

Cada teste neuropsicológico utilizado possui uma relação com o funcionamento executivo como um todo, além de uma forma específica de expressar os diferentes aspectos deste funcionamento através do desempenho apresentado por uma pessoa num determinado instrumento. Assim, explicitaremos, a seguir, os diversos aspectos técnicos, em cada teste, considerados como indicadores de aspectos relevantes relacionados ao funcionamento executivo:

#### **3.3.3.1. Teste Trilhas**

- tempo de execução – parte A
- tempo de execução – parte B
- diferença do tempo de execução entre a parte A e a parte B ( $B - A$ )
- erros cometidos na parte A
- erros cometidos na parte B

#### **3.3.3.2. Teste Stroop**

- pontuação alcançada nas três partes (cores, palavras, palavras e cores)
- número de erros cometidos em cada etapa

#### **3.3.3.3. Teste Cubos – WISC III**

- pontuação alcançada

#### **3.3.3.4. Teste Códigos – WISC III**

- pontuação alcançada

#### **3.3.3.5. Memória Lógica**

- pontuação alcançada
- número de itens de interpretação respondidos corretamente

#### **3.3.3.6. Matrizes Progressivas Coloridas Raven**

- pontuação alcançada

#### **3.3.3.7. Controle Atencional**

- pontuação alcançada

#### **3.3.3.8. Orientação Direita-Esquerda**

- pontuação alcançada

### **3.3.3.9. Figura Complexa de Rey**

- exatidão da cópia (pontuação alcançada)
- exatidão da evocação (pontuação alcançada)

### **3.3.3.10. Teste Wisconsin**

- número de cartões utilizados
- número de categorias completas
- respostas corretas
- respostas erradas
- respostas de nível conceitual
- respostas perseverativas
- tentativas para completar a primeira categoria
- falhas em manter a atitude cognitiva

### **3.3.4. Fatores Neuropsicológicos Envolvidos no Processo de Resolução de Problemas Aritméticos**

Esta análise, apresentada acima, já está posta na literatura e é própria de cada matemático escolar (nota instrumento de avaliação. Mas, a partir de nossas concepções acerca da existência de uma significativa correlação entre o adequado funcionamento executivo e o desempenho matemático, realizamos um procedimento e/ou forma de análise que pudesse explicitar esta relação. Partindo das considerações apresentadas na seção referente à ‘fundamentação teórica’, as quais evidenciam nossa compreensão de que a atividade matemática seja, basicamente, uma atividade de resolução de problemas e que o

processo de resolução de problemas se refere ao exercício ou à explicitação do funcionamento executivo; pretendemos acrescentar, à nossa análise dos resultados obtidos na pesquisa, uma relação entre estas duas questões, resolução de problemas e funcionamento executivo, e um fator neuropsicológico pertinente, que indique ou que diferencie o bom e o mau desempenho na aprendizagem matemática, verificada através do desempenho NAPE e resolução de problemas aritméticos).

Assim, apresentamos abaixo, um quadro-resumo, onde realizamos uma relação entre os ‘parâmetros’ do funcionamento executivo e da resolução de problemas. A proposta em relação ao funcionamento executivo foi apresentada por Goldberg (2002) em seu livro ‘Cérebro Executivo’ e o encadeamento dos passos referentes à resolução de problemas explicita a nossa forma de entendimento (VASCONCELOS, 2004) e reconhecimento do trabalho cognitivo subjacente e imprescindível a esta tarefa. Acrescentamos, à organização proposta por Goldberg, três fatores, ao nosso ver, importantes a ponto de necessitarem explicitação e mensuração: manutenção da atitude cognitiva, aproveitamento das pistas fornecidas pelos estímulos da proposta e inibição dos estímulos irrelevantes da tarefa. Desta forma, nossa próxima etapa de recurso metodológico se refere à identificação, para cada aspecto ressaltado das funções executivas e da resolução de problemas, de um ‘fator neuropsicológico’ fornecido pelas variáveis do procedimento de avaliação dos testes utilizados na investigação do funcionamento executivo das crianças da pesquisa. A Figura que mostra o quadro abaixo, explicita as relações estabelecidas e o parâmetro de análise:

Funções Executivas	Resolução de Problemas	Índices Neuropsicológicos
Percepção da situação-problema / o comportamento deve ser iniciado	Compreensão do enunciado do problema / identificação de uma situação a resolver	<p><b>WCST:</b> elaboração de uma hipótese de trabalho (tentativas para completar a primeira categoria; número de categorias completas)  <b>FCR:</b> exatidão da cópia (pontuação)</p>
O objetivo deve ser identificado, a meta da ação formulada	Identificação do elemento desconhecido / a meta a ser alcançada	
Um plano de ação deve ser forjado de acordo com a meta	Identificação da relação entre os dados do problema e da estratégia adequada	<p><b>Trilhas</b> (parte B): diferença (B – A) e número de erros cometidos na parte B  <b>FCR:</b> exatidão da cópia X exatidão da evocação (pontuação)</p>
Os meios pelos quais, o plano pode ser realizado, devem ser selecionados numa sequência temporal apropriada	A partir da estratégia selecionada, realizar os procedimentos necessários	<p><b>FCR:</b> exatidão de cópia (pontuação)  <b>Trilhas</b> (parte B): diferença (B – A) e número de erros cometidos na parte B  <b>Cubos:</b> pontuação alcançada</p>
Os vários passos do plano devem ser executados numa ordem apropriada com uma transição homogênea passo a passo	Ordenar os procedimentos com base nas relações estabelecidas entre os dados do problema	<p><b>WCST:</b> número de categorias completas; respostas corretas e respostas de nível conceitual  <b>Cubos:</b> pontuação alcançada  <b>Códigos:</b> pontuação alcançada</p>
Funções Executivas	Resolução de Problemas	Índices Neuropsicológicos
Uma comparação deve ser feita entre o objetivo e o resultado da ação: o resultado corresponde ao objetivo?	Verificação do acerto a partir da relação entre os dados, a hipótese levantada e o resultado obtido	<p><b>WCST:</b> número de respostas perseverativas x número de respostas corretas x respostas erradas</p>

<p>Uma nova hipótese de trabalho deve ser elaborada e colocada à verificação</p>	<p>Caso não haja correspondência entre a relação estabelecida e o resultado, uma nova hipótese deve ser elaborada.</p>	<p><b>WCST:</b> número de categorias completas; respostas perseverativas x respostas de nível conceitual <b>Cubos:</b> pontuação alcançada</p>
<p>Manutenção da atividade cognitiva</p>	<p>Manter o tipo de raciocínio utilizado até a conclusão da tarefa</p>	<p><b>WCST:</b> falhas na manutenção da atitude cognitiva <b>Trilhas (parte B):</b> número de erros e tempo de execução <b>Códigos:</b> pontuação alcançada <b>Stoop:</b> pontos e erros na</p>
<p>Aproveitamento das pistas fornecidas pelos estímulos da proposta</p>	<p>Identificar as informações relevantes do enunciado e relacioná-las com a estratégia escolhida</p>	<p><b>WCST:</b> porcentagem de respostas perseverativas X porcentagem de respostas de nível conceitual</p>
<p>Inibição dos estímulos irrelevantes da tarefa</p>	<p>Não cometer ‘erros’ provocados por episódios de distração (utilizar informações irrelevantes) interrompendo a continuação da hipótese estabelecida</p>	<p><b>Stroop:</b> erros na parte C (cores e palavras) <b>Códigos:</b> pontuação alcançada <b>Trilhas:</b> erros na parte B <b>WCST:</b> falhas na manutenção da atitude cognitiva</p>

Figura 35. Quadro referente a Relação entre ‘Funções Executivas’, ‘Resolução de Problemas’ e ‘Índices Neuropsicológicos

### 3.5 Índices Neuropsicológicos

Como já propomos em trabalho anterior (VASCONCELOS, 1990), o ensino da matemática pode e deve ser realizado através do exercício de resolução de problemas. O processo de resolução de problemas aritméticos não deve ser considerado ‘um conteúdo

programático da disciplina matemática’ e sim, uma condição de ensino propícia para a aprendizagem da matemática. Neste exercício, que consideramos de extrema importância para a aprendizagem da matemática, desenvolvem-se operações cognitivas, tais como, o raciocínio hipotético-dedutivo, a possibilidade de verificação de hipótese, a focalização e manutenção da atenção, a identificação dos dados relevantes e inibição, simultânea, do que seja irrelevante, a memória operacional, a flexibilidade cognitiva, a condição de dar início ao trabalho cognitivo (iniciativa e motivação) e de mantê-lo até o término do trabalho. Todo este ‘conjunto de operações cognitivas’ constitui a explicitação do funcionamento executivo, se analisarmos sob a ótica da neuropsicologia.

Os parâmetros curriculares nacionais situam a aprendizagem da matemática ou o desempenho matemático como um ‘filtro escolar’ capaz de explicitar tanto o abandono escolar, quanto à facilidade ou dificuldade na aprendizagem em outras áreas de conhecimento; não temos dados de pesquisa para a confirmação deste caráter de exclusão da disciplina matemática durante o ensino fundamental, mas temos condição de inferir algumas considerações acerca do desempenho matemático, sob o enfoque na neuropsicologia, com ênfase no funcionamento executivo, na relação que estabelece com a capacidade de aprendizado como um todo e com o próprio processo de desenvolvimento neuropsicológico, com os devidos desdobramentos em relação à aprendizagem da matemática e das outras disciplinas escolares.

Cada um dos instrumentos neuropsicológico nos forneceu ‘fatores do funcionamento executivo’ ou ‘parâmetros de análise’ em relação ao processo de resolução de problemas; hipotetizamos que alguns destes parâmetros de análise poderiam ser utilizados como ‘índices neuropsicológicos’ na avaliação dos processos cognitivos envolvidos no processo de resolução de problemas aritméticos ou no desempenho matemático.

Para tornar nossa discussão mais objetiva, identificamos, a seguir, os índices que explicitam fatores do funcionamento executivo, identificados por nós, os quais, acreditamos, apresentem uma correspondência com as etapas cognitivas necessárias à resolução de problemas aritméticos.

### **3.5.1. Levantamento da Hipótese**

Teste Wisconsin: Em relação ao teste Wisconsin, o número de tentativas para completar a primeira categoria e o número de categorias completas indica um procedimento baseado numa hipótese de trabalho e não um acerto através do acaso, por tentativa e erro. A pessoa, para realizar adequadamente o teste e conseguir realizar as seis categorias propostas pela testagem, deve elaborar uma hipótese de trabalho e testá-la, utilizando as pistas fornecidas pelo próprio estímulo e pela resposta à sua iniciativa; a cada tentativa (cartão utilizado), o examinando tem a oportunidade de verificar sua hipótese de trabalho através da comprovação do que ele pensou na comparação com o próprio estímulo – cartão – (e a respectiva resposta fornecida pelo examinador).

Figura Complexa de Rey: para realizar adequadamente a proposta do teste copiar a figura e, depois, reproduzi-la por memória, é necessário perceber a figura como um todo ao mesmo tempo em que identifica suas partes constituintes; esta condição de percepção permite que, diante da solicitação da evocação da figura, o sujeito possa reproduzi-la. Para evocar a figura, o sujeito deve ter elaborado uma hipótese relativa a esta figura, durante a cópia da mesma, no que diz respeito à percepção da relação entre o todo e suas partes (dados do problema), o que torna possível um bom desempenho nesta etapa de evocação da figura.

Relação com o processo de resolução de problemas aritméticos: é necessário identificar os dados fornecidos pelo enunciado do problema e relacionar estes dados para ser possível levantar uma hipótese de trabalho. Através da análise dos dados do enunciado do problema (identificar os dados e o elemento desconhecido, relacionando-os), hipotetizar a possibilidade de resolução (utilização do raciocínio hipotético-dedutivo).

### **3.5.2. Planejamento da Ação**

Trilhas: o tipo de tarefa proposta (realizar duas séries – números e letras – simultaneamente) exige que o sujeito se organize em termos cognitivos, verifique como vai dar conta da demanda da testagem, como deve proceder para conseguir seguir a série numérica e a série alfabética, deve planejar a execução do seu trabalho.

Figura Complexa de Rey: o tipo de cópia empregado pelo sujeito explicita, em primeiro lugar, a capacidade de estabelecer uma relação entre o todo e suas partes constituintes e, em segundo lugar, a condição de planejamento de sua execução. Assim, o sujeito deve partir, na sua cópia e evocação, da estrutura base da figura, planejando o processo de execução, o que deve desenhar e como deve desenhar.

Relação com o processo de resolução de problemas aritméticos: o aluno deve, após o levantamento da hipótese de trabalho, planejar sua ação cognitiva; deve identificar, diante da análise dos dados e hipótese levantada, planejar como resolver a situação-problema.

### 3.5.3. Utilização da Estratégia

Teste Wisconsin: o número de respostas corretas, o número de respostas de nível conceitual e o número de tentativas para completar a primeira categoria indicam a existência de uma estratégia de resolução, pois deve existir uma proximidade percentual entre estes dois parâmetros (respostas corretas e respostas de nível conceitual) e um número limitado de tentativas para completar a primeira categoria (existe uma média esperada para cada faixa etária) indicando a condição, por parte do sujeito, de utilização de uma estratégia e da sua verificação de validade. Além disto, o número de categorias completas evidencia, também, a realização da proposta através do uso de uma estratégia: com o intuito de descobrir o critério de classificação que está sendo utilizado na etapa do teste, o examinando necessita elaborar uma hipótese e utilizar uma estratégia para testá-la, confirmando-a ou refutando-a a partir das pistas fornecidas pelos estímulos e pelo examinador e, assim, conseguir completar as categorias dentro do número de cartões fornecidos.

Relação com o processo de resolução de problemas aritméticos: diz respeito ao momento em que o aluno deve fazer a escolha de uma estratégia capaz de resolver a situação-problema, deve deduzir as operações aritméticas necessárias à resolução. Isto permite a resolução do problema aritmético através do raciocínio hipotético-dedutivo e da verificação da validade de sua hipótese, fazendo com que o aluno possa se desprender do recurso da utilização da palavra-chave, que nem sempre é indicativa da operação necessária à resolução do problema aritmético.

#### **3.5.4. Organização e Ordenamento dos Procedimentos**

Trilhas: a elevação do nível de dificuldade encontrada na parte B da testagem, duas séries realizadas simultaneamente, exige tanto a manutenção da atitude cognitiva, quanto o monitoramento em relação às etapas necessárias à resolução, dentro de um tempo esperado para a sua faixa etária.

Cubos: a pontuação alcançada no teste explicita a condição neuropsicológica relativa tanto à percepção e orientação espacial, quanto à capacidade de organização e ordenamento de procedimentos, de uma vez que a tarefa a cumprir exige a observação dos componentes (partes da construção com os cubos), à sua organização espacial e a definição da ordem de colocação dos cubos.

Figura Complexa de Rey: a partir da condição de percepção e orientação espacial, o sujeito deve ordenar o procedimento, os passos a seguir (partes que compõe a base, os detalhes externos, as partes ou detalhes internos).

Relação com o processo de resolução de problemas aritméticos: faz-se essencial, após a exploração dos dados, o planejamento e a escolha de estratégia, organizar o procedimento como um todo – as operações aritméticas necessárias e a ordem de execução das mesmas até a conclusão da tarefa, a resolução do problema.

#### **3.5.5. Monitoramento da Ação**

Teste Wisconsin: o elevado índice de respostas perseverativas indica quer a escassa condição de aproveitamento das pistas fornecidas pelos estímulos da proposta e pelo examinador, quer o reduzido controle sobre as ações efetuadas; na medida em que o sujeito

revela uma rigidez cognitiva, se mostrando incapaz de modificar a qualidade de suas respostas, de abandonar uma hipótese que já se mostrou inadequada, de elaborar uma outra hipótese e de fornecer uma resposta que contemple esta outra possibilidade de trabalho .

Trilhas: o índice de erros cometidos na parte B do teste explicita tanto o escasso controle exercido sobre o próprio desempenho, na medida em que, não sustentando a atitude cognitiva, falha na monitoração dos atos necessários à resolução da proposta, quanto a existência de déficits atentos, falhas na alternância e manutenção do foco da atenção. A dilatação do tempo despendido para a execução da parte B, também, pode revelar uma dificuldade em relação à qualidade da própria ação, pois, para manter a qualidade do seu trabalho, necessita aumentar o tempo de resposta.

Relação com o processo de resolução de problemas aritméticos: ao realizar tarefas de resolução de problemas aritméticos, o aluno deve, primeiramente, ter a iniciativa e intenção de resolvê-lo, depois deve realizar os passos já descritos acima (exploração do enunciado, levantamento de hipótese de trabalho, planejamento da ação, organização e monitoramento dos procedimentos) e, continuar a sua tarefa, monitorando sua ação cognitiva até que o resultado seja alcançado e a sua verificação efetuada; o auto-monitoramento faz parte do adequado funcionamento executivo.

### **3.5.6. Manutenção da Atenção e do Contexto Cognitivo**

Teste Stroop: o número de erros cometidos na parte três do teste (cores e palavras) reflete a dificuldade tanto em manter a atenção na tarefa cognitiva até a sua conclusão, quanto de inibir os estímulos irrelevantes à mesma e atentar para o que, de fato, se constitui relevante. Para realizar a proposta é necessário inibir a reação mais saliente (ler as palavras) e estabelecer o procedimento solicitado (dizer a cor).

Teste Wisconsin: o parâmetro ‘falhas na manutenção da atitude cognitiva’ corresponde ao estado em que o examinando demonstra (através das suas respostas ao teste) que elaborou uma hipótese de trabalho, utilizando-a adequadamente, até que, por um episódio de ‘distração’, perde o raciocínio estabelecido, passando a fornecer respostas erradas, não conseguindo, assim, concluir a categoria iniciada e tendo que recomeçar a respectiva categoria; este procedimento faz com que o sujeito leve mais tempo para a conclusão do teste, utilize maior número de cartões e corra o risco de não conseguir concluir as seis séries de possibilidades (categorias), haja vista o ‘desperdício de cartões’ verificado.

Código: a realização deste teste propicia a verificação da capacidade de aprendizagem associativa, velocidade de processamento de informações e manutenção da atenção e da atitude cognitiva; quanto mais atento, melhor condição para memorizar os símbolos utilizados e para manter a atitude cognitiva, propiciando uma maior velocidade de realização e, conseqüentemente, maior pontuação alcançada.

Relação com o processo de resolução de problemas aritméticos: alguns problemas aritméticos, para a sua resolução, necessitam de maior tempo na realização da tarefa, implicando em maior poder de manutenção da atenção e do tipo de raciocínio utilizado, pois envolvem muitos dados (relevantes e irrelevantes), duas ou três operações aritméticas processadas numa ordem específica e o acompanhamento de cada um desses passos até a conclusão da proposta.

### **3.5.7. Verificação dos Resultados Obtidos**

Teste Wisconsin: a relação entre as respostas corretas, as respostas de nível conceitual e as respostas perseverativas do teste indicam tanto o monitoramento do próprio desempenho e a verificação de sua hipótese, quanto o aproveitamento das pistas fornecidas pelos estímulos

da tarefa e pelo examinador. Além disto, a baixa porcentagem de respostas perseverativas evidencia uma flexibilidade cognitiva, a condição de atentar para as questões relevantes da tarefa e a capacidade de monitorar o próprio desempenho e verificar os resultados obtidos.

Cubos: a pontuação alcançada no teste explicita a condição neuropsicológica relativa tanto à percepção e orientação espacial e à capacidade de organização e ordenamento de procedimentos, quanto à possibilidade de monitoramento e de verificação dos resultados de sua ação; a tarefa a cumprir exige a observação dos componentes (partes da construção com os cubos), à sua organização espacial, a definição da ordem de colocação dos cubos e a verificação do seu acerto, que se dá através da comparação do resultado da sua execução e o modelo da testagem apresentado.

Relação com o processo de resolução de problemas aritméticos: este fator, verificação dos resultados obtidos, se mostra de extrema relevância para o desempenho matemático. No processo de resolução de um problema aritmético, está incluso, além do trabalho de exploração do enunciado (identificação dos dados do problema, estabelecimento da relação entre estes dados e a dedução das operações aritméticas necessárias à resolução), levantamento de hipótese, planejamento da ação, utilização da estratégia, organização dos procedimentos, monitoramento da ação e manutenção da atenção e da atitude cognitiva, a verificação do resultado alcançado; é preciso verificar o resultado obtido e se este resultado responde a questão do problema e se corresponde a todo o raciocínio estabelecido durante o processo de resolução deste problema.

Assim, após a análise quantitativa e qualitativa dos resultados obtidos pelos grupos de pesquisa nos diversos instrumentos de avaliação neuropsicológica das 'funções executivas', tentaremos verificar uma correspondência entre os passos deste processo cognitivo (resolução de problemas) e um fator neuropsicológico, que possa elucidar, mais objetivamente, onde

reside a dificuldade, restrição ou impossibilidade de obtenção de um bom desempenho matemático por parte do aluno.

## *4. Análise dos Dados*



#### 4. Análise dos Dados

Conforme aludido em capítulos anteriores, o presente trabalho de pesquisa buscou estabelecer as relações existentes entre o funcionamento executivo e o desempenho matemático escolar e a identificação dos fatores deste funcionamento mais relevantes na qualidade deste desempenho. Na busca desta relação, procedemos a uma investigação neuropsicológica da referida função – funções executivas, identificando alguns fatores deste funcionamento como um todo, que possam esclarecer os aspectos envolvidos na expansão, na superação ou na redução qualitativa deste desempenho em matemática.

Os dados obtidos foram analisados de forma a contribuir para o avanço na compreensão de aspectos do funcionamento executivo dos estudantes selecionados. A análise acima referida abrangeu comparações de indicadores psicométricos tratados estatisticamente, juntamente com a abordagem de aspectos dinâmicos deste funcionamento, analisados de forma clínico-qualitativa, o que permitiu obter informações adicionais em relação a comparações das médias entre os grupos de sujeitos.

A primeira etapa da análise categorial-quantitativa, após a coleta dos dados, foi a apuração de todos os testes aplicados em cada um dos sujeitos da pesquisa, enquanto que a segunda etapa pretendeu estabelecer diferenças estatisticamente avaliadas entre os grupos de sujeitos em função das variáveis em estudo (gênero, nível de escolaridade e desempenho matemático). Sabíamos que o nosso baixo efetivo de sujeitos limitaria o uso do tratamento estatístico, com riscos de erro de tratamento estatístico tipo dois<sup>3</sup>, mas ainda assim, aspectos importantes foram evidenciados por este tipo de abordagem, devidamente complementada por investigação clínica do desempenho medido dos nossos estudantes.

Com tal cruzamento de caminhos de análise, buscamos estabelecer conclusões mais

---

<sup>3</sup> O erro de tratamento estatístico tipo dois consiste na aceitação da hipótese nula (não-significância das diferenças observadas) quando tais diferenças poderiam configurar situação de refutação da hipótese nula, caso o efetivo fosse maior (cf. Da Rocha Falcão & Régnier, 2002).

amplas acerca das relações entre o funcionamento executivo e o desempenho escolar em matemática, o que permitiu ainda contribuir com algumas sugestões em relação à vida escolar desta clientela.

Pudemos verificar que os estudantes que apresentam um bom desempenho matemático (nota NAPE) podem apresentar falhas significativas no funcionamento executivo, ao mesmo tempo em que alunos que apresentam um mau desempenho matemático podem possuir um satisfatório funcionamento executivo. Mas nossa pesquisa mostrou mais do que isto: identificou aspectos do funcionamento executivo que podem favorecer ou dificultar o desempenho matemático escolar.

Conforme discutido anteriormente, o funcionamento executivo envolve vários fatores: raciocínio hipotético-dedutivo, incluindo a capacidade de elaborar uma hipótese de trabalho e testá-la de forma sistemática, refutando-a ou confirmando-a; a condição de se utilizar e/ou aproveitar as pistas fornecidas pelos estímulos da tarefa; a inibição dos estímulos irrelevantes à proposta; a capacidade de manter a atenção e o contexto cognitivo (tipo e conteúdo de raciocínio) até o final da tarefa; o planejamento e organização das etapas e do trabalho como um todo; a flexibilidade cognitiva; a memória operacional; o automonitoramento e a velocidade de processamento das informações.

Cada um destes aspectos possui, como já foi abordado anteriormente, correspondência com as etapas envolvidas na resolução de problemas aritméticos. Assim, as questões que nos pareceram especialmente importantes a considerar dizem respeito não apenas às pontuações alcançadas, mas às possibilidades explicativas, do ponto de vista da neuropsicologia e enfatizando as funções executivas, em relação às falhas, êxito ou fracasso do desempenho matemático medido através da resolução de problemas. Isto nos foi possível graças à identificação, dentre os parâmetros de análise dos testes neuropsicológicos existentes e utilizados na nossa pesquisa, de quais aqueles que

poderiam nos fornecer subsídios para a especificidade do desempenho de cada sujeito, do seu padrão de funcionamento executivo, com suas falhas e possibilidades de aprendizagem. Esta análise foi discutida no capítulo Metodologia, no item referente aos ‘fatores neuropsicológicos envolvidos no processo de resolução de problemas aritméticos’, no item 3.4 deste trabalho.

Buscando subsídios para o estabelecimento das relações entre os aspectos do funcionamento neuropsicológico, acima aludidos, e aspectos relacionados ao desempenho em matemática, fizemos uma análise inferencial-quantitativa a partir dos parâmetros de desempenho escolar dos sujeitos comparando-se os grupos da pesquisa e, posteriormente, analisamos de forma clínico-interpretativa os resultados alcançados por quatro sujeitos, aqueles cujo desempenho nos pareceram mais relevantes e ilustrativos para a verificação da validade de nossa hipótese de trabalho – a relação existente entre Funcionamento Executivo e Desempenho Matemático em tarefas do tipo escolar. Passamos a descrever abaixo, em detalhes, estes dois momentos de análise.

#### **4.1. Análise Inferencial-Quantitativa dos Resultados dos Subgrupos**

Conforme explicado no capítulo anterior, Metodologia, os sujeitos participantes da presente pesquisa foram subdivididos em oito subgrupos, em conformidade com o nível de escolaridade e notas obtidas no instrumento de avaliação de desempenho em matemática NAPE. A descrição de tais subgrupos é resumida na tabela abaixo:

**Tabela 4. Seleção dos Sujeitos e formação dos Subgrupos participantes da Pesquisa**

Subgrupos	Níveis escolares	Gênero dos sujeitos	Parâmetros de desempenho no teste NAPE
1	Sexta série	Meninas	Notas mais altas: 19, 19, 17 e 17
2			Notas mais baixas: 10, 10, 9 e 9
3		Meninos	Notas mais altas: 18, 18, 17 e 17
4			Notas mais baixas: 9, 9, 8 e 8
5	Quinta série	Meninas	Notas mais altas: 17,17,16 e 16
6			Notas mais baixas: 13,13,12 e 11
7		Meninos	Notas mais altas: 19, 19, 18 e 18
8			Notas mais baixas: 9,8,7 e 6

A variável idade dos alunos não foi controlada sistematicamente como critério de distribuição dos sujeitos pelos subgrupos, servindo, apenas, para a caracterização da amostra. Identificamos a idade dos alunos envolvidos na pesquisa durante a etapa da entrevista, que antecedeu a avaliação do funcionamento executivo, na qual procedemos a uma coleta de informações sobre algumas questões relativas a vida escolar atual (se gosta de estudar, se gosta de matemática, quanto tempo estuda no colégio, nível de escolarização dos pais, etc.). Conforme aludido anteriormente, como a avaliação neuropsicológica do funcionamento executivo dos alunos selecionados foi realizada em 2006, alguns meses após a aplicação do instrumento NAPE, os alunos escolhidos já estavam na quinta e sexta série e cada um deles um ano mais velho. Assim, considerando o início da avaliação em março de 2006, obtivemos a seguinte caracterização de idades entre os subgrupos:

**Tabela 5. Idade e Níveis de Escolaridade dos Alunos Participantes da Pesquisa**

Sujeitos ⓪	Subgrupos							
	Sexta-série				Quinta-série			
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	12	13	12	13	11	12	11	11
2	13	13	12	13	12	11	12	12
3	13	13	13	13	12	12	11	12
4	12	13	13	13	11	12	11	12

Conforme se pode observar, os subgrupos se caracterizaram por distribuição homogênea de idade.

Nossa análise dos dados obtidos inicia-se com relação aos resultados do teste NAPE, instrumento caracterizado, nesta pesquisa, como ilustrativo do desempenho em matemática de acordo com os parâmetros esperados para o final do primeiro ciclo do ensino fundamental (1ª a 4ª série). Em seguida, serão apresentados dados referentes a todos os demais testes realizados.

#### **4.1.1. Resultados dos Subgrupos no Instrumento de Avaliação do Desempenho Matemático Escolar – Nota NAPE**

A tabela abaixo resume as médias dos oito subgrupos neste instrumento:

**Tabela 6. Resultados médios dos subgrupos do instrumento de avaliação do desempenho matemático – Prova NAPE**

	Subgrupos							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Médias	18	9,5	17,5	8,5	16,5	12,3	18,5	7,5

O quadro mostrado pela figura abaixo, por sua vez, resume os dados de contraste intergrupos em termos de desempenho matemático escolar – nota NAPE:

Subgrupos	1	2	3	4	5	6	7	8
1	-							
2	* 1>2	-						
3	NS	* 3>2	-					
4	* 1>4	NS	* 3>4	-				
5	NS	* 5>2	NS	* 5>4	-			
6	* 1>6	* 6>2	* 3>6	* 6>4	* 5>6	-		
7	NS	* 7>2	NS	* 7>4	* 7>5	* 7>6	-	
8	* 1>8	NS	* 3>8	NS	* 5>8	* 6>8	* 7>8	-

**Figura 36: Quadro com a significância estatística de contrastes intergrupos para prova de matemática NAPE, obtida através do teste U de Mann-Whitney, valores bicaudais. LEGENDA: NS = não significativo; \* = significativo com  $p < 0,05$ .**

Os indicativos de significância entre os resultados no instrumento NAPE, obtidos e resumidos no quadro acima identificam alguns aspectos interessantes: (a) com relação aos subgrupos de maiores notas, não se constatou diferença significativa entre os subgrupos 1 e 3 da

sexta série e 5 da quinta série; (b) se constata uma diferença significativa entre o subgrupo 5 (quinta série, feminino, maiores notas) e o subgrupo 7 (quinta série, masculino, maiores notas); (c) a média do subgrupo 1 (sexta série – feminino) foi significativamente mais alta em relação aos quatro subgrupos de menores notas (2 e 4 da sexta série, 6 e 8 da quinta série); (d) a média do subgrupo 3 (sexta série – masculino) foi significativamente mais alta em relação aos quatro subgrupos de menores notas (2 e 4 da sexta série, 6 e 8 da quinta série); (e) a média do subgrupo 5 (quinta série – feminino) foi significativamente mais alta em relação aos quatro subgrupos de menores notas (2 e 4 da sexta série e 6 e 8 da quinta série); (f) a média do subgrupo 7 (quinta série – masculino) foi significativamente mais alta em relação aos quatro subgrupos de menores notas (2 e 4 da sexta série, 6 e 8 da quinta série); (g) o subgrupo 2 (menores notas, sexta série, feminino) só apresentou diferença significativa, na comparação com os outros subgrupos de menores notas, como o subgrupo 6 (quinta série, menores notas, quinta série, feminino) –  $6 > 2$ ; (h) o subgrupo 4 (menores notas, sexta série, masculino) só apresentou diferença significativa, com relação aos outros subgrupos de menores notas, como o subgrupo 6 (quinta série – feminino); (i) o subgrupo 6 (menores notas, quinta série, feminino) apresentou diferença significativa –  $6 > 2$ ,  $6 > 4$ ,  $6 > 8$  – na comparação com todos os outros subgrupos de menores notas (2 e 4 sexta série e 8 quinta série).

A partir da análise dos resultados do instrumento NAPE ressaltados no parágrafo, acima, existe uma diferença em termos de desempenho matemático que distinguiu três subgrupos de maiores notas (1, 3 e 5), evidenciando um resultado semelhante entre os mesmos, revelando tanto não existir diferenças significativas (entre estes três subgrupos) entre gênero ou a série cursada, quanto uma diferença significativa entre estes subgrupos (diferença a favor dos subgrupos 1,3 e 5) e todos os subgrupos de menores notas (2, 4, 6 e 8). O subgrupo 7 (maiores notas, quinta série masculino) saiu, um pouco, do padrão estabelecido pelos outros três subgrupos comentados anteriormente, pois apresentou uma diferença significativa, com relação

a um dos outros subgrupos de maiores notas, com o subgrupo 5 (maiores notas, feminino, quinta série) –  $7 > 5$ . Outra questão relevante é que, quando comparamos um subgrupo de maiores notas com um subgrupo de menores notas, existe, sempre, uma diferença significativa entre o resultado destes a favor dos subgrupos de maiores notas. O subgrupo 6 (quinta série, feminino, menores notas) se destacou quanto à existência de diferença significativa quando comparado em relação aos outros três subgrupos de menores notas ( $6 > 2$ ,  $6 > 4$  e  $6 > 8$ ); ou seja, os sujeitos deste subgrupo, ainda que caracterizados como o subgrupo feminino da quinta série de menores notas, se destacam por apresentar um desempenho acima dos outros três subgrupos da mesma categoria (menores notas NAPE).

Analisando os dados obtidos como um todo, verificamos que: a) gênero não é uma variável diferenciadora relevante para este tipo de dado, o que é confirmado pelo fato de que a análise de desempenho no NAPE para toda a amostra, considerando apenas o gênero como variável diferenciadora, mostra não haver diferenças significativas entre o desempenho de meninas e meninos (U de Mann-Whitney = 113,  $p > 0,05$ ); c) série escolar também não tem significância (U de Mann-Whitney = 127,  $p > 0,05$ ). Em resumo, constata-se apenas diferenciação em função dos níveis de desempenho previamente estabelecidos, independente do gênero e da turma.

#### 4.1.2. Resultados dos Subgrupos nas Disciplinas Escolares: Matemática, Ciências e Português

**Tabela 7. Distribuição das médias dos resultados obtidos pelos subgrupos nas disciplinas escolares (Matemática, Ciências e Português)**

Disciplinas Escolares	Subgrupos							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Matemática	8,8	4,2	6,6	5,0	7,5	6,5	7,2	4,7
Português	8,3	6,9	6,9	5,5	7,3	7,1	7,1	5,9
Ciências	8,8	5,5	6,9	5,8	6,8	6,8	6,9	5,4

**Tabela 8. Distribuição das médias das disciplinas escolares (Matemática, Ciências e Português) obtidas pelos pares de subgrupos organizados segundo as notas NAPE (maiores e menores notas)**

Subgrupos	Média Matemática	Média Português	Média Ciências
1 e 3 (sexta série)	15,4	15,2	15,7
5 e 7 (quinta série)	14,7	14,4	13,7
2 e 4 (sexta série)	9,2	12,4	11,3
6 e 8 (quinta série)	11,2	13,0	12,2

A análise das notas escolares, médias finais em matemática, português e ciências, nos mostra, também, certa proximidade em termos de pontuação entre os subgrupos: 1 e 3 (maiores notas – sexta série) em relação ao 5 e 7 (maiores notas – quinta série) e 2 e 4 (menores notas – sexta série) em relação ao 6 e 8 (menores notas – quinta série). O subgrupo 1 destaca-se, em relação a este item, estabelecendo médias acima (no mínimo, um ponto a mais) de todos os outros subgrupos do estudo.

O quadro mostrado pela figura abaixo resume as significâncias dos contrastes entre os subgrupos no que diz respeito ao desempenho escolar na disciplina matemática:

Subgrupos	1	2	3	4	5	6	7	8
1	-							
2	* 1>2	-						
3	* 1>3	NS	-					
4	* 1>4	NS	NS	-				
5	NS	(*) 5>2 p=0,057	NS	NS	-			
6	NS	NS	NS	NS	NS	-		
7	NS	NS	NS	NS	NS	NS	-	
8	* 1>8	NS	NS	NS	* 5>8	NS	NS	-

**Figura 37. Quadro com a significância estatística de contrastes intergrupos para a disciplina escolar Matemática obtida através do teste U de Mann-Whitney, valores bicaudais. LEGENDA: NS = não significativo; (\*) Valor próximo do limiar de significância; \* = significativo com  $p < 0,05$ ;**

Observa-se uma diferença estatisticamente significativa entre: o subgrupo 1 (maiores notas NAPE, sexta série, feminino), com os três subgrupos da sexta série (2: feminino, menores notas NAPE, 3: masculino, maiores notas NAPE, 4: masculino, menores notas NAPE) a favor do subgrupo 1 (1>2, 1>3 e 1>4) e com o subgrupo 8 (menores notas NAPE, quinta série, masculino) a favor do subgrupo 1 (1>8); entre o subgrupo 5 (maiores notas NAPE, quinta série, feminino) e o subgrupo 8 (menores notas NAPE, quinta série, masculino) a favor do subgrupo 5 (5>8); uma diferença próxima do limiar de significância foi encontrada entre o subgrupo 5 (maiores notas NAPE, quinta série, feminino) e o subgrupo 2 (menores notas NAPE, sexta série, feminino) a favor do subgrupo 5 (5>2). Assim, verificamos que a frequência de diferenças significativas entre

as médias finais em matemática na comparação entre os grupos foi baixa, à exceção do subgrupo 1 em relação aos demais subgrupos da sexta série (verifica-se que é o subgrupo da pesquisa que apresenta maior média final em matemática) e do subgrupo 8 da quinta série.

Analisando os dados obtidos no quadro e tabelas acima, verificamos que não existe uma ‘tendência ou direção’ dos resultados que apontem para a interferência da variável sexo ou da variável série escolar; constata-se, apenas, diferenciação em função dos níveis de desempenho estabelecido por algum subgrupo (subgrupo 1, por exemplo) em comparação com um ou alguns subgrupos, independente do gênero e da turma destes últimos.

Com o intuito de comparar o desempenho dos sujeitos participantes da pesquisa nos dois instrumentos de avaliação em matemática utilizados, foi feita uma comparação entre os escores de cada sujeito participante no teste NAPE e na avaliação em matemática escolar, através do teste Wilcoxon para amostras relacionadas. Para isso, se procedeu a tratamento prévio dos escores em ambas as escalas de medida, obtendo-se escores transformados Z (Z-scores), tendo em vista a natureza díspar de cada escala (0 a 20 no NAPE e 0 a 100 na avaliação escolar em matemática). Uma vez homogeneizadas as escalas, a verificação através do teste Wilcoxon evidenciou leve tendência a um melhor desempenho no teste escolar em relação ao instrumento NAPE, diferença essa de natureza estatisticamente não-significativa ( $Z$  de Wilcoxon = 0,374,  $p = 0,708$ , bi-caudal).

O quadro mostrado pela figura a seguir resume os dados de contraste intergrupos no que diz respeito à disciplina escolar em Ciências:

Subgrupos	1	2	3	4	5	6	7	8
1	-							
2	* 1>2	-						
3	(*) 1>3 p=0,057	NS	-					
4	NS	NS	NS	-				
5	(*) 1>5 p=0,057	NS	NS	NS	-			
6	NS	NS	NS	NS	NS	-		
7	NS	NS	NS	NS	NS	NS	-	
8	* 1>8	NS	NS	NS	NS	NS	NS	-

**Figura 38. Quadro com a significância estatística de contrastes intergrupos para a disciplina escolar Ciências obtida através do teste U de Mann-Whitney, valores bicaudais. LEGENDA: NS = não significativo; (\*) Valor próximo do limiar de significância; \* = significativo com  $p < 0,05$ .**

Observa-se um resultado, no que diz respeito às notas finais em Ciências dos oito grupos, um desempenho bastante semelhante entre os subgrupos da pesquisa, ocorrendo, mais uma vez, discrepância significativa entre os subgrupos: subgrupo 1 (maiores notas NAPE, sexta série, feminino) e subgrupos 2 (menores notas NAPE, sexta série, feminino) e 8 (menores notas NAPE, quinta série, masculino) a favor do subgrupo 1 ( $1 > 2$  e  $1 > 8$ ) e diferenças próximas do limiar de significância para os contrastes entre o subgrupo 1 (maiores notas NAPE, sexta série, feminino) e os subgrupos 3 (maiores notas NAPE, sexta série, masculino) e 5 (maiores notas NAPE, quinta série, feminino) a favor do subgrupo 1 ( $1 > 3$  e  $1 > 5$ ). Verifica-se que os quadros de contrastes entre os oito subgrupos no que diz respeito às médias finais em matemática e em ciências (desempenho escolar) ficaram próximos, o que é confirmado pelo índice de correlação estatística obtido entre os escores escolares dos sujeitos participantes dos subgrupos nestas duas disciplinas: tal correlação, coeficiente de correlação

de Spearman, para dados não paramétricos, apresentou índice alto e estatisticamente significativo:  $r_s = 0,879$  com  $p < 0,001$ . Isso mostra que o desempenho escolar desses sujeitos em matemática e em ciências se mostrou fortemente correlacionado. Dando prosseguimento à análise, verificou-se ainda uma boa correlação entre a nota escolar em matemática e nota obtida no teste NAPE ( $r_s = 0,608$  com  $p < 0,001$ ). Além disto, obtivemos correlações igualmente altas e estatisticamente significativas entre as notas escolares em matemática e em português ( $r_s = 0,828$  com  $p < 0,001$ , trabalhando-se aqui também com escores previamente transformados em notas reduzidas Z para ambas as escalas de medidas), e correlação ainda alta e estatisticamente significativa entre as notas em português e ciências ( $r_s = 0,756$  com  $p < 0,001$ ). Tais dados evidenciam homogeneidade de desempenho escolar dos sujeitos participantes da presente pesquisa ou situação semelhante para as três disciplinas analisadas em termos de contraste intergrupos.

#### **4.1.3. Resultados dos Subgrupos no Teste ‘Raven’**

O teste ‘Matrizes Progressivas Coloridas Raven’ (inteligência) foi aplicado durante a etapa de avaliação neuropsicológica do funcionamento executivo e utilizado como controle, de forma a se evitar eventual viés de análise decorrente de diferenças quanto ao nível de inteligência geral. Vale salientar que não foram obtidos percentis ou classificação dos sujeitos testados (algumas crianças excediam a faixa etária indicada para o teste) e que a seleção dos sujeitos (aplicação do NAPE e divisão em subgrupos) foi feita um semestre antes. Aspectos a destacar na análise dos dados referentes aos escores dos subgrupos neste teste:

- todos os integrantes do subgrupo 1 obtiveram a pontuação máxima; por conta disso, como se verifica no quadro da figura 39, de significância de contrastes, abaixo, houve diferença significativa dos escores 'Raven' a favor do subgrupo 1 quando comparado aos subgrupos 3, 4, 5, 6, 7 e 8. Na comparação com o subgrupo 2, não foi encontrada diferença significativa.
- os integrantes dos subgrupos 2, 3 e 4 (sexta série) obtiveram pontuações semelhantes (média destes subgrupos 32,7); em face disso, os contrastes entre tais subgrupos não foram significativos (cf. quadro da figura 39).
- o subgrupo 7 obteve uma pontuação baixa por causa do desempenho do sujeito 82, pertencente a este subgrupo, que acertou onze itens das trinta e seis possibilidades (11 / 36), rebaixando a média geral deste subgrupo. Na análise dos erros encontramos um problema relativo à 'consistência da pontuação', que diz respeito a uma diferença entre os totais parciais obtidos em cada série e os totais parciais esperados com aquela determinada pontuação (pontuação alcançada pelo aluno). Segundo a apuração do teste, nenhuma diferença pode ser maior que dois, pois isto indicaria que o resultado não corresponderia ao real potencial ou uma estimativa válida da capacidade intelectual do sujeito, tendo ocorrido interferência de alguma variável durante a aplicação (escasso interesse, precipitação ou pressa em concluir, menosprezo em relação à dificuldade do teste). A diferença encontrada na apuração do teste do aluno foi acima de dois pontos. Mesmo assim, resolvemos permanecer com este sujeito no subgrupo, o problema referente à consistência da pontuação, necessariamente, não indicaria problemas relativos ao potencial intelectual.
- o subgrupo 8 obteve menores pontuações no teste de inteligência de todo o grupo da pesquisa; neste sentido, observa-se um fenômeno inverso àquele verificado com o subgrupo 1; além deste aspecto, os contrastes com o subgrupo 8 foram

significativos com todos os outros subgrupos e a favor destes, exceto em relação ao contraste com o subgrupo 7, tendo em vista a queda de média deste subgrupo, acima comentada.

Verifica-se que os subgrupos 1 e 8 contrastam fortemente com os demais grupos da pesquisa, estabelecendo uma diferença quantitativa, em termos de pontuação no teste ‘Raven’, que pode ser considerada, quando pertinente, nas análises qualitativas que, posteriormente, serão feitas. A tabela abaixo resume, de forma sistemática, as médias por subgrupo, e a figura 39 resume a significância dos contrastes obtidos:

**Tabela 9. Médias da Pontuação e dispêndio de tempo no teste ‘Raven’ dos sujeitos dos subgrupos participantes.**

Subgrupos	1	2	3	4	5	6	7	8
Pontos	36	31,8	33	33,3	33,8	33,3	27,3	27,5
Tempo	405,5''	307,5''	280,3''	372,5''	398,5''	459,5''	308,5''	295,3''

Na análise dos níveis de significância dos contrastes intergrupos, observa-se diferença estatisticamente significativa na pontuação alcançada pelos sujeitos dos subgrupos, obtida através da verificação estatística entre o subgrupo 1 (maiores notas NAPE, sexta série, feminino) e todos os demais subgrupos, à exceção do subgrupo 2 (menores notas NAPE, sexta série, feminino) a favor do subgrupo 1 em todas as relações analisadas. Com relação ao subgrupo 8 (menores notas NAPE, quinta série, masculino), observa-se, também, uma diferença estatisticamente significativa na pontuação alcançada na comparação com todos os outros subgrupos, a favor destes (1>8, 2>8, 3>8, 4>8, 5>8 e 6>8), à exceção da comparação com o subgrupo 7 (maiores notas NAPE, quinta série, masculino).

Subgrupos	1	2	3	4	5	6	7	8
1	-							
2	NS	-						
3	* 1>3	NS	-					
4	* 1>4	NS	NS	-				
5	* 1>5	NS	NS	NS	-			
6	* 1>6	NS	NS	NS	NS	-		
7	* 1>7	NS	NS	NS	NS	NS	-	
8	* 1>8	* 2>8	* 3>8	* 4>8	* 5>8	* 6>8	NS	-

**Figura 39. Quadro com a significância estatística de contrastes intergrupos para a pontuação no teste ‘Raven’ obtida através do teste U de Mann-Whitney, valores bicaudais. LEGENDA: NS = não significativo; \* = significativo com  $p < 0,05$ .**

#### 4.1.4. Resultados dos Subgrupos no Teste ‘Trilhas’

Com relação à significância estatística de contrastes intergrupos para os parâmetros avaliados no teste ‘Trilhas’ obtida através do teste U de Mann-Whitney, verificamos:

1. Parte A (tempo despendido): foi encontrado um contraste próximo da significância ( $p = 0,057$ ) entre o subgrupo 3 (maiores notas NAPE, sexta série, masculino) e o subgrupo 8 (menores notas NAPE, quinta série, masculino)
2. Parte A (erros): nenhum contraste intergrupos foi encontrado em termos de significância

3. Parte B (tempo despendido): nenhum contraste intergrupos foi encontrado em termos de significância
4. Parte B (erros): o quadro mostrado pela figura abaixo resume as significâncias de contrastes intergrupos:

Subgrupos	1	2	3	4	5	6	7	8
1	-							
2	NS	-						
3	NS	NS	-					
4	NS	NS	NS	-				
5	NS	NS	NS	NS	-			
6	NS	NS	NS	NS	NS	-		
7	NS	NS	NS	NS	NS	NS	-	
8	NS	(*) 8>2 p=0,057	NS	(*) 8>4 p=0,057	(*) 8>5 p=0,057	NS	(*) 8>7 p=0,057	-

**Figura 40. Quadro com a significância estatística de contrastes intergrupos para a pontuação no teste ‘Trilhas’ obtida através do teste U de Mann-Whitney, valores bicaudais. LEGENDA: NS = não significativo; (\*) Valor próximo do limiar de significância; \* = significativo com  $p < 0,05$ .**

Como podemos verificar, a partir do quadro acima, apenas o subgrupo 8 (menores notas NAPE, quinta série, masculino) estabeleceu diferença significativa na comparação com os outros subgrupos (2 e 4 – sexta série e 5 e 7 – quinta série). Isto é interessante na medida em que revela não existir nenhuma tendência, em termos de direção, em relação aos resultados expostos, pois o subgrupo 8, já referido acima, estabeleceu diferença significativa com dois subgrupos da quinta série (5 e 7) e com dois subgrupos da sexta

série (2 e 4), ao mesmo tempo em que estabeleceu diferença significativa com dois subgrupos femininos (2 e 5) e dois subgrupos masculinos (4 e 7).

A comparação dos resultados obtidos no teste ‘Trilhas’ pelos sujeitos da quinta série e da sexta série, indica um maior tempo despendido pelos alunos da quinta série, tanto na parte A (M = 49,9’’), quanto na parte B (M = 100,6’’) em relação aos da sexta série (parte A / M = 44,0’’ e parte B / M = 91,1’’), observando-se diferença estatisticamente significativa no tempo despendido na parte B entre os sujeitos das duas séries (U de Mann-Whitney = 73, p (bi-caudal) = 0,038). Outra questão relevante e diferencial em relação aos grupos diz respeito ao número de erros observados, conforme tabela abaixo:

**Tabela 10. Média de erros dos sujeitos da pesquisa dos dois níveis de escolaridade observados no Teste ‘Trilhas’**

5ª Série	6ª Série
Parte A (erros) - 0,65	Parte A (erros) - 0,12
Parte B (erros) - 1,20	Parte B (erros) - 0,45

5ª Série / 6ª Série	5ª Série / 6ª Série
Parte A (tempo) - NS	Parte A (erros) - NS
Parte B (tempo) - (*) Tempo Despendido pela 5ª série > 6ª série	Parte B (erros) - (*) Pontuação de erros da 5ª série > 6ª série

**Figura 41. Quadro com a significância estatística de contrastes interclasse para a pontuação no teste ‘Trilhas’ (erros) obtida através do teste U de Mann-Whitney, valores bicaudais. LEGENDA: NS = não significativo; \* = significativo com p < 0,05.**

Assim, identificamos um melhor desempenho, em termos quantitativos, nos alunos da sexta série, notadamente na Parte B do teste (parte mais relevante para a identificação do funcionamento executivo), onde a diferença de erros entre sujeitos dos dois níveis de escolaridade apresenta-se estatisticamente significativa (U de Mann-Whitney = 77,0 , bi-caudal,  $p = 0,032$ ); os alunos de sexta série revelam, portanto, maior velocidade de processamento de informações, melhor condição de sustentação da atenção e da memória operacional e da capacidade de realizar duas tarefas cognitivas ao mesmo tempo (série de letras e de números), o que propicia um reduzido número de erros cometidos em relação ao grupo da quinta série.

#### 4.1.5. Resultados dos Subgrupos no Teste ‘Cubos’ (WISC III)

A análise das pontuações obtidas no teste ‘Cubos’ (WISC III) revela um melhor e estatisticamente significativo desempenho dos sujeitos da sexta série ( $M = 52,8$ ) em relação aos da quinta série ( $45,7 / U$  de Mann-Whitney = 73,0, bi-caudal,  $p = 0,038$ ), evidenciando uma melhor condição em relação à percepção e organização espacial, organização e planejamento do trabalho e velocidade de processamento das informações destes alunos (sexta série). A tabela 11, abaixo, resume as médias dos subgrupos no teste em questão e é complementada pelo quadro da figura 42, que resume as significâncias de contrastes intergrupos:

**Tabela 11. Médias da pontuação obtida pelos subgrupos no teste ‘Cubos’:**

	Gr 1	Gr 2	Gr 3	Gr 4	Gr 5	Gr 6	Gr 7	Gr 8
Pontos	51,8	52,8	56,5	50,3	46,3	47,3	46,3	42,8

Subgrupos	1	2	3	4	5	6	7	8
1	-							
2	NS	-						
3	NS	(*) 3>2 P = 0,053	-					
4	NS	NS	* 3>4	-				
5	NS	NS	NS	NS	-			
6	* 1>6	(*) 2>6 P = 0,059	* 3>6	NS	NS	-		
7	NS	NS	NS	NS	NS	* 7>6	-	
8	* 1>8	NS	* 3>8	NS	NS	NS	NS	-

**Figura 42. Quadro com a significância estatística de contrastes intergrupos para a pontuação no teste ‘Cubos’ obtida através do teste U de Mann-Whitney, valores bicaudais. LEGENDA: NS = não significativo; (\*) Valor próximo do limiar de significância; \* = significativo com  $p < 0,05$ .**

O quadro contido na figura acima explicita, mais objetivamente, a diferença, em termos de desempenho no teste ‘Cubos’, dos alunos dos oito subgrupos da pesquisa: existe uma diferença estatisticamente significativa entre o subgrupo 1 (maiores notas NAPE, sexta série, feminino) e os subgrupos 6 e 8 (menores notas NAPE, quinta série, feminino e masculino respectivamente) a favor do subgrupo 1 (1>6 e 1>8); entre o subgrupo 3 (maiores notas NAPE, sexta série, masculino) e os subgrupos 4 (menores notas NAPE, sexta série, masculino), 6 (menores notas NAPE, quinta série, feminino) e 8 (menores notas NAPE, quinta série, masculino) a favor do subgrupo 3 (3 >4, 3>6 e 3>8); entre o subgrupo 7 (maiores notas NAPE, quinta série, masculino) e o subgrupo 6 (menores notas NAPE, quinta série, feminino) a favor do subgrupo 7 (7>6); próximo do limiar de significância entre o subgrupo 3 (maiores notas NAPE, sexta série, masculino) e o subgrupo 2 (menores notas NAPE, sexta série, feminino) a favor do subgrupo 3 (3>2) e entre o subgrupo 2 (menores notas NAPE,

sexta série, feminino) e o subgrupo 6 (menores notas NAPE, quinta série, feminino) a favor do subgrupo 2 (2>6). Aqui, nós verificamos algumas diferenças significativas entre alguns subgrupos das duas séries (1>6, 1>8, 2>6, 3>6, 3>8), entre subgrupos da mesma série (3>2, 3>4, 7>6) e entre subgrupos femininos e masculinos (3>2 e 7>6); podemos, também, verificar que, à exceção da relação entre o subgrupo 2>6 (dois subgrupos de menores notas NAPE), as relações significativas são estabelecidas entre um subgrupo de maiores notas NAPE e um subgrupo de menores notas NAPE, a favor dos primeiros (1>6, 1>8, 3>2, 3>4, 3>6, 3>8 e 7>6). O subgrupo 1 é feminino e os subgrupos 3 e 7 são masculinos, não direcionando os resultados para diferença de gênero.

#### **4.1.6. Resultados dos Subgrupos no Teste ‘Wisconsin’**

Quanto ao teste ‘Wisconsin’, a análise se faz de forma diferente, pois o mesmo não possui um índice único e sim, vários parâmetros que se prestam à elucidação do potencial referente ao raciocínio hipotético-dedutivo, à sustentação da atenção, à memória operacional, à inibição dos estímulos irrelevantes, à flexibilidade cognitiva, ao aproveitamento das pistas fornecidas pelos estímulos da tarefa e à manutenção da atitude cognitiva. Os parâmetros com os quais trabalhamos são: número de categorias completas, número de cartões utilizados, tentativas para completar a primeira categoria, falhas em manter o contexto cognitivo, respostas corretas, respostas erradas, respostas de nível conceitual e respostas perseverativas.

Com relação à significância estatística de contrastes intergrupos para os parâmetros avaliados no teste ‘Wisconsin’ obtida através do teste U de Mann-Whitney, verificamos:

1. Número de Categorias Completas: nenhum contraste intergrupos foi encontrado em termos de significância
2. Tentativas para Completar a Primeira Categoria: foi encontrado um contraste próximo da significância ( $p = 0,057$ ) entre o subgrupo 3 (maiores notas NAPE, sexta série, masculino) e o subgrupo 5 (maiores notas NAPE, quinta série, feminino) a favor do subgrupo 5 ( $5 > 3$ ).
3. Falhas em Manter o Contexto Cognitivo: foi encontrado um contraste próximo da significância ( $p = 0,057$ ), entre o subgrupo 7 (maiores notas NAPE, quinta série, masculino) e o subgrupo 8 (menores notas NAPE, quinta série, masculino) a favor do subgrupo 8 ( $8 > 7$ ).
4. Número de Cartões Utilizados: foi encontrado um contraste próximo da significância ( $p = 0,057$ ) entre o subgrupo 4 (menores notas NAPE, sexta série, masculino) e o subgrupo 6 (menores notas NAPE, quinta série, feminino) e entre o subgrupo 4 (menores notas NAPE, sexta série, masculino) e o subgrupo 8 (menores notas NAPE, quinta série, masculino) a favor do subgrupo 6 ( $6 > 4$ ).
5. Número de Respostas Corretas: nenhum contraste intergrupos foi encontrado em termos de significância
6. Número de Respostas Erradas: foi encontrado um contraste próximo da significância ( $p = 0,057$ ), entre o subgrupo 4 (menores notas NAPE, sexta série, masculino) e o subgrupo 8 (menores notas NAPE, quinta série, masculino) a favor do subgrupo 8 ( $8 > 4$ ).
7. Número de Respostas de Nível Conceitual: nenhum contraste intergrupos foi encontrado em termos de significância
8. Número de Respostas Perseverativas: o quadro da figura abaixo resume as significâncias de contrastes intergrupos:

Subgrupos	1	2	3	4	5	6	7	8
1	-							
2	NS	-						
3	NS	NS	-					
4	NS	NS	NS	-				
5	NS	NS	NS	NS	-			
6	NS	NS	NS	NS	(*) 6>5 p = 0,057	-		
7	NS	NS	NS	NS	(*) 7>5 p = 0,057	NS	-	
8	NS	NS	NS	(*) 8>4 p = 0,057	NS	NS	NS	-

**Figura 43. Quadro com a significância estatística de contrastes intergrupos para a pontuação no teste ‘Wisconsin’ no parâmetro ‘número de respostas perseverativas’ obtida através do teste U de Mann-Whitney, valores bicaudais. LEGENDA: NS = não significativo; (\*) Valor próximo do limiar de significância; \* = significativo com  $p < 0,05$ .**

Em relação aos resultados apresentados acima, podemos observar que, além dos resultados estarem próximos do nível de significância, três deles se estabelecem entre os subgrupos da quinta série (5, 6 e 7), de ambos os gêneros (os subgrupos 5 e 6 são femininos e o subgrupo 7 é masculino); os subgrupos 4 e 8 são masculinos e da sexta e quinta séries respectivamente. Não podemos, a partir dos resultados obtidos nos diversos parâmetros do teste ‘Wisconsin’, verificar nenhuma variável que possa diferenciar um subgrupo em relação aos demais, no que diz respeito aos contrastes intergrupos.

Na observação quanto às médias alcançadas, apresentadas na tabela abaixo, verifica-se que, através das pontuações, os alunos da quinta série demoram mais tempo para elaborar uma hipótese de trabalho, perseveraram mais em suas respostas, falharam mais em manter a atitude cognitiva, se beneficiaram menos das pistas fornecidas pelo examinador ou pelos

estímulos da proposta e utilizaram um maior número de cartões para a conclusão da tarefa. Logicamente, estes fatores concorrem para um rebaixamento na qualidade do desempenho executivo; estes alunos necessitam de maior tempo e maior número de cartões para a conclusão da tarefa, além de se utilizarem mais do procedimento ‘tentativa, acerto e erro’, ao invés de elaborar uma hipótese de trabalho e utilizá-la adequadamente, a partir das pistas fornecidas pela proposta.

**Tabela 12. Médias das pontuações obtidas pelos oito subgrupos nos parâmetros de avaliação do teste ‘Wisconsin’:**

Parâmetros	Subgrupos							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Número de Categorias Completas	4,5	4,3	6	6	6	4,8	4,5	4,3
Tentativas para completar a 1ª categoria	11,8	15,5	10,8	11	15,5	13,5	12	13,3
Falhas em manter o contexto cognitivo	0,5	0,8	0,5	0,5	0	1,3	0,3	1,3
Respostas Corretas	68,3	66,8	74,3	72,5	73,8	73	64	71,8
Respostas Erradas	39	45,8	26,3	12,8	25,5	44,5	55	49,8
Respostas Perseverativas	19	24,5	14,5	8,5	14	25,5	25,8	23,8
Respostas de Nível Conceitual	54,3	51	66,3	67,8	65,3	61,8	51,5	58,8
Número de Cartões Utilizados	107,3	112,5	100,5	85,3	99,3	117,5	121,5	119

#### 4.1.7. Resultados dos Subgrupos no Teste ‘Códigos’ (WISC III)

Quanto à verificação das diferenças, em termos de desempenho no teste ‘Códigos’, entre os oito subgrupos da pesquisa, observam-se dois contrastes próximos do nível de significância: entre o subgrupo 2 (menores notas NAPE, sexta série, feminino) e o 3 (maiores notas NAPE, sexta série, masculino) a favor do subgrupo 2 (2>3) e entre o subgrupo 3 (maiores notas NAPE, sexta série, masculino) e o 7 (maiores notas NAPE, quinta série, masculino) a favor do subgrupo 3 (3>7). Mais uma vez, nossos resultados não estabelecem uma tendência em termos de interferência de alguma variável (sexo ou série escolar) a não ser o próprio desempenho de um subgrupo no teste utilizado.

Subgrupos	1	2	3	4	5	6	7	8
1	-							
2	NS	-						
3	NS	(*) 2>3 p=0,057	-					
4	NS	NS	NS	-				
5	NS	NS	NS	NS	-			
6	NS	NS	NS	NS	NS	-		
7	NS	NS	(*) 3>7 p = 0,057	NS	NS	NS	-	
8	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	-

Figura 44. Quadro com a significância estatística de contrastes intergrupos para a pontuação no teste ‘Códigos’ obtida através do teste U de Mann-Whitney, valores bicaudais. **LEGENDA:** NS = não significativo; (\*) Valor próximo do limiar de significância; \* = significativo com  $p < 0,05$ .

Em relação aos resultados do teste ‘Códigos’ (WISC III), podemos observar, quanto às médias alcançadas, pontuações mais altas dos alunos da sexta série em relação aos da quinta série, conforme a tabela abaixo:

**Tabela 13. Média da pontuação dos subgrupos participantes obtidas no teste ‘Códigos’:**

	Subgrupo 1	Subgrupo 2	Subgrupo 3	Subgrupo 4	Subgrupo 5	Subgrupo 6	Subgrupo 7	Subgrupo 8
Pontos	51,8	52,8	56,5	50,3	46,3	47,3	46,3	42,8

Tais diferenças globais entre alunos de quinta e sexta mostraram-se fortemente significativas em favor dos alunos de sexta série (U de Mann-Whitney = 51,5, uni-caudal,  $p = 0,003$ ), evidenciando que os alunos da sexta série, através dos resultados obtidos, revelam melhores condições cognitivas em relação à coordenação visomotora, aprendizagem associativa, atenção, memória operacional e velocidade de processamento das informações.

#### **4.1.8. Resultados dos Subgrupos no Teste ‘Controle Atencional’**

A aplicação do teste ‘Controle Atencional’ da bateria neuropsicológica de Luria teve como objetivo a identificação da capacidade de sustentação da atenção e condição de controle da impulsividade ou de contenção da precipitação ao responder. Neste teste, as diferenças entre o desempenho das crianças de quinta e sexta série foram muito reduzidas, fazendo supor que esta condição é semelhante entre os sujeitos da pesquisa ou que o teste não se mostrou sensível quanto a este aspecto (controle da impulsividade ou sustentação da atenção), de uma vez que, como já informamos anteriormente, não se trata de um teste utilizado na faixa etária

com a qual trabalhamos. As médias dos subgrupos, mostradas abaixo explicitam nossas ponderações e exibem a proximidade das pontuações dos nossos sujeitos.

**Tabela 14. Média da pontuação obtida pelos subgrupos participantes no teste ‘Controle Atencional’:**

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7	Grupo 8
Pontos	19,8	18,8	19,5	19,3	18,5	19,8	19,3	18,3

#### **4.1.9. Resultados dos Subgrupos no Teste ‘Stroop’**

A utilização do teste ‘Stroop’ teve como objetivo avaliar a capacidade atenciva, no que diz respeito à focalização, alternância e sustentação; trata-se de um referencial neste tipo de informação neuropsicológica, que está sendo padronizado para a população brasileira. Os parâmetros de avaliação do teste ‘Stroop’ com os quais trabalhamos são: parte A (palavras), parte A (erros), parte B (cores), parte B (erros), parte C (cores e palavras), parte C (erros). Fizemos alguns tipos de comparação entre os resultados: média dos subgrupos, média da pontuação dos subgrupos organizados segundo a série e a nota NAPE e média dos erros cometidos pelos subgrupos organizados segundo a série e notas NAPE. As tabelas, abaixo, mostram os resultados alcançados nos três tipos de comparação entre médias.

A tabela 15 nos mostra a média alcançada pelos subgrupos em relação à pontuação e número de erros:

Tabela 15. Média das pontuações e do número de erros dos subgrupos no teste ‘Stroop’:

Pontuação/ Erros	Subgrupos							
	1	2	3	4	5	6	7	8
A Pontos	78,5	85,0	80,3	78,8	73,8	85,5	68,5	72,8
A Erros	0,8	0,5	0,3	0	0,5	0	0	0
B Pontos	57,3	63,5	64	57,5	57,5	56,5	55	47
B Erros	0,5	0,8	0	0,5	1,3	0,8	0,3	0,8
C Pontos	37	38,8	37,3	21,8	33,3	32,8	27,8	26
C Erros	1	1,3	0,3	0,8	2,6	0,3	1,5	0,8

Tabela 16: Média das pontuações obtidas no teste ‘Stroop’ nas três etapas (palavras, cores e cores e palavras) pelos oito subgrupos organizados segundo as notas NAPE (maiores e menores notas):

Subgrupos	Parte A (palavras)	Parte B (cores)	Parte C (cores e palavras)
1 e 3 (sexta série)	79,4	60,6	37,1
5 e 7 (quinta série)	71,1	56,2	30,4
2 e 4 (sexta série)	81,9	60,5	30,3
6 e 8 (quinta série)	79,1	51,7	29,4

Tabela 17: Média da Pontuação dos erros no teste ‘Stroop’ por subgrupos da pesquisa segundo notas no NAPE:

Subgrupos	Parte A (palavras)	Parte B (cores)	Parte C (cores e palavras)
1 e 3 (sexta série)	0,5	0,2	0,6
5 e 7 (quinta série)	0,2	0,8	2,0
2 e 4 (sexta série)	0,2	0,7	1,0
6 e 8 (quinta série)	0,0	0,8	0,5

Nos resultados relativos a este teste não houve um padrão de desempenho em relação a um subgrupo específico ou uma tendência de aproximação entre alguns subgrupos em termos de pontuação, existindo oscilações, entre os oito grupos, tanto em relação aos pontos obtidos, quanto ao número de erros observados. Interessante observar que, no parâmetro número de erros, os grupos 1 e 3 (sexta série, feminino e masculino) e os grupos 6 e 8 (quinta série, feminino e masculino) são os que mais se aproximam, principalmente no que diz respeito à parte 3 do teste (escore diferencial em termos de manutenção da atenção). O mais alto escore em relação aos erros coube aos grupos 5 e 7 (maiores notas NAPE, quinta série, feminino e masculino), o que levanta a hipótese de que os sujeitos deste grupo possam apresentar episódios de falhas ativas durante a execução das diversas tarefas cognitivas ou durante a execução das atividades escolares que exijam maior tempo na alternância ou na manutenção da atenção.

Com relação à significância estatística de contrastes intergrupos para os parâmetros avaliados no teste 'Stroop' através do teste U de Mann-Whitney, verificamos:

1. Parte A (palavras): observam-se três contrastes próximos do nível de significância: entre o subgrupo 2 (menores notas NAPE, sexta série, feminino) e o subgrupo 5 (maiores notas NAPE, quinta série, feminino) a favor do subgrupo 2 ( $2 > 5$ ) e entre o subgrupo 8 (menores notas NAPE, quinta série, masculino) e os subgrupos 3 (maiores notas NAPE, sexta série, masculino) a favor do subgrupo 3 ( $3 > 8$ ) e 6 (menores notas NAPE, quinta série, feminino) a favor do subgrupo 6 ( $6 > 8$ ), que são demonstrados no quadro contido na figura abaixo:

Subgrupos	1	2	3	4	5	6	7	8
1	-							
2	NS	-						
3	NS		-					
4	NS	NS	NS	-				
5	NS	(*) 2>5 P = 0,057	NS	NS	-			
6	NS	NS	NS	NS	NS	-		
7	NS	NS	NS	NS	NS	NS	-	
8	NS	NS	(*) 3>8 P = 0,057	NS	NS	(*) 6>8 P = 0,057	NS	-

Figura 45. Quadro contendo a significância estatística de contrastes intergrupos para a pontuação no teste ‘Stroop’, parte A (palavras) obtida através do teste U de Mann-Whitney, valores bicaudais. **LEGENDA:** NS = não significativo; (\*) Valor próximo do limiar de significância; \* = significativo com  $p < 0,05$ .

2. Parte A (erros): nenhum contraste intergrupos foi encontrado em termos de significância
3. Parte B (cores): nenhum contraste intergrupos foi encontrado em termos de significância
4. Parte B (erros): nenhum contraste intergrupos foi encontrado em termos de significância
5. Parte C (cores e palavras): o quadro, na figura abaixo, evidencia os contrastes intergrupos verificados:

Subgrupos	1	2	3	4	5	6	7	8
1	-							
2	NS	-						
3	NS		-					
4	NS	NS	NS	-				
5	NS	NS	(*) 3>5 P = 0,057	NS	-			
6	NS	NS	NS	NS	NS	-		
7	NS	NS	NS	NS	NS	NS	-	
8	(*) 1>8 P = 0,057	(*) 2>8 P = 0,057	NS	NS	NS	(*) 6>8 P = 0,057	NS	-

**Figura 46. Quadro contendo significância estatística de contrastes intergrupos para a pontuação no teste ‘Stroop’, parte C (cores e palavras) obtida através do teste U de Mann-Whitney, valores bicaudais. LEGENDA: NS = não significativo; (\*) Valor próximo do limiar de significância; \* = significativo com  $p < 0,05$ .**

Observam-se três contrastes próximos do nível de significância com relação ao subgrupo 8 (menores notas NAPE, quinta série, masculino) e os subgrupos 1 (maiores notas NAPE, sexta série, feminino) a favor do subgrupo 1 (1>8), 2 (menores notas nAPE, sexta série, feminino) a favor do subgrupo 2 (2>8) e 6 (menores notas NAPE, quinta série, feminino) a favor do subgrupo 6 (6>8) a favor do subgrupo 6 (6>8). Estes resultados podem sugerir que os sujeitos pertencentes ao subgrupo 8 possam apresentar maior intensidade quanto aos déficits atentos na comparação com os outros subgrupos. Além destes índices, existe um contraste, também próximo do nível de significância, entre o subgrupo 3 (maiores notas NAPE, sexta série, masculino) e o 5 (maiores notas NAPE, quinta série, feminino) a favor do subgrupo 3 (3>5).

6. Parte C (erros): no quadro abaixo, podemos observar a existência de dois contrastes próximos do nível de significância: entre o subgrupo 2 (menores notas NAPE,

sexta série, feminino) e os subgrupos 3 (maiores notas NAPE, sexta série, masculino) a favor do subgrupo 2 (2>3) e 6 (menores notas NAPE, quinta série, feminino) a favor do subgrupo 2 (2>6) e entre o subgrupo 5 (maiores notas NAPE, quinta série, masculino) e o 8 (menores notas NAPE, quinta série, masculino).

Subgrupos	1	2	3	4	5	6	7	8
1	-							
2	NS	-						
3	NS	(*) 2>3 P = 0,057	-					
4	NS	NS	NS	-				
5	NS	NS	NS	NS	-			
6	NS	(*) 2>6 P = 0,057	NS	NS	NS	-		
7	NS	NS	NS	NS	NS	NS	-	
8	NS	NS	NS	NS	(*) 5>8 P = 0,057	NS	NS	-

**Figura 47. Quadro contendo a significância estatística de contrastes intergrupos para a pontuação no teste ‘Stroop’, parte C (erros) obtida através do teste U de Mann-Whitney, valores bicaudais. LEGENDA: NS = não significativo; (\*) Valor próximo do limiar de significância; \* = significativo com  $p < 0,05$ .**

Quanto aos resultados encontrados, de um modo geral, podemos levantar as seguintes hipóteses: (1) as diferenças significativas encontradas no parâmetro parte A (palavras), no contraste intergrupos, podem ser atribuídas à capacidade de leitura no que diz respeito à velocidade de processamento das informações; (2) as diferenças significativas encontradas no parâmetro parte C (cores e palavras), no contraste intergrupos, podem ser atribuídas à restrições quanto a alternância e manutenção da atenção; (3) as diferenças significativas

encontradas no parâmetro parte C (erros), no contraste intergrupos, podem ser atribuídas à restrições quanto a manutenção da atenção e inibição dos estímulos irrelevantes.

#### **4.1.10. Resultados dos Subgrupos no Teste de ‘Memória Lógica’**

O objetivo em relação à aplicação e apuração do teste ‘Memória Lógica’ se referiu à verificação de possíveis restrições impeditivas à nossa análise (funcionamento executivo), por parte dos alunos, no que diz respeito à capacidade de leitura, à interpretação de texto e à memória auditiva verbal imediata. Neste sentido, encontramos, na comparação intergrupos do parâmetro ‘evocação da história’, três resultados próximos do nível de significância com relação ao subgrupo 2 (menores notas NAPE, sexta série, feminino) e os subgrupos 3 (maiores notas NAPE, sexta série, masculino) a favor do subgrupo 3 ( $3 > 2$ ), o 4 (menores notas NAPE, sexta série, masculino) a favor do subgrupo 4 ( $4 > 2$ ) e o 7 (maiores notas NAPE, quinta série, masculino) a favor do subgrupo 7 ( $7 > 2$ ). Estes resultados podem referir a hipótese de que este subgrupo (2) possua um nível de memória verbal ou de linguagem compreensiva ou de memória operacional mais rebaixado que os outros subgrupos.

O quadro na figura 48, a seguir, explicita a significância estatística de contrastes intergrupos para o parâmetro ‘evocação da história’, avaliado no teste ‘Memória Lógica’, obtida através do teste U de Mann-Whitney:

Subgrupos	1	2	3	4	5	6	7	8
1	-							
2	NS	-						
3	NS	(*) 3>2 P = 0,057	-					
4	NS	(*) 4>2 P = 0,057	NS	-				
5	NS	NS	NS	NS	-			
6	NS	NS	NS	NS	NS	-		
7	NS	(*) 7>2 P = 0,057	NS	NS	NS	NS	-	
8	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	-

**Figura 48. Quadro contendo a significância estatística de contrastes intergrupos para a pontuação no teste ‘Memória Lógica’, (evocação da história) obtida através do teste U de Mann-Whitney, valores bicaudais. LEGENDA: NS = não significativo; (\*) Valor próximo do limiar de significância; \* = significativo com  $p < 0,05$ .**

No que diz respeito à comparação dos resultados da aplicação do teste de ‘Memória Lógica’ (evocação e interpretação) entre os sujeitos da quinta e sexta série, as pontuações indicam um desempenho bastante próximo, em relação à evocação do conteúdo da história, dos nossos sujeitos (quinta série  $M = 19,3$ , sexta série  $M = 18,8$ ), o mesmo acontecendo com relação aos itens de interpretação (sexta série  $M = 5,1$  – quinta série  $M = 4,9$ ).

**Tabela 18: Médias de pontuação dos sujeitos dos grupos nos itens Interpretação e Evocação do Teste Memória Lógica:**

Subgrupos	1	2	3	4	5	6	7	8
Interpretação	3,8	5,3	5,5	5,8	5,8	4,3	4,5	5
Evocação	16,3	16,3	21,5	21	17,3	15	22,3	22,5

Apesar da verificação de algumas médias mais baixas, tanto em relação à interpretação, quanto à evocação, no cômputo geral, na relação entre os resultados da quinta e da sexta série, as diferenças ficam minimizadas (evocação: média da quinta série = 19,3, média da sexta série = 18,8; interpretação: média da quinta série = 4,9 e média da sexta série = 5,1). A análise destas pontuações indica uma proximidade entre as médias dos grupos da pesquisa (quinta e sexta séries), possibilitando a compreensão de que não existem diferenças significativas entre os subgrupos no que diz respeito à memória verbal imediata e à linguagem compreensiva.

#### **4.1.11. Resultados dos Subgrupos no Teste ‘Figura Complexa de Rey’**

A análise dos resultados obtidos na aplicação deste teste nos permite inferir condições neuropsicológicas acerca da capacidade de organização e planejamento de trabalho, percepção do todo e de suas partes constituintes, memória práxica e percepção de detalhes e percepção e orientação espacial. Neste sentido, observamos, na comparação de contrastes intergrupos, mostrados no quadro abaixo, quatro índices próximos do limiar de significância: entre o subgrupo 1 (maiores notas NAPE, sexta série, feminino) e o 2 (menores notas NAPE, sexta série, feminino) a favor do subgrupo 1 ( $1 > 2$ ); entre o subgrupo 5 (maiores notas NAPE, quinta série, feminino) e os subgrupos 2 (menores notas NAPE, sexta série, feminino) a favor do subgrupo 5 ( $5 > 2$ ), o 3 (maiores notas NAPE, sexta série, masculino) a favor do subgrupo 5 ( $5 > 3$ ) e o 6 (menores notas NAPE, quinta série, feminino) a favor do subgrupo 5 ( $5 > 6$ ). Isto pode sugerir um melhor desempenho deste subgrupo (5) com relação aos aspectos relativos ao funcionamento executivo pertinentes e avaliados por este teste e comentados acima.

Subgrupos	1	2	3	4	5	6	7	8
1	-							
2	(*) 1>2 P = 0,057	-						
3	NS	NS	-					
4	NS	NS	NS	-				
5	NS	(*) 5>2 P = 0,057	(*) 5>3 P = 0,057	NS	-			
6	NS	NS	NS	NS	(*) 5>6 P = 0,057	-		
7	NS	NS	NS	NS	NS	NS	-	
8	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	-

**Figura 49. Quadro contendo a significância estatística de contrastes intergrupos para a pontuação no teste ‘Figura Complexa de Rey’, (cópia) obtida através do teste U de Mann-Whitney, valores bicaudais. LEGENDA: NS = não significativo; (\*) Valor próximo do limiar de significância; \* = significativo com  $p < 0,05$ .**

Quanto à questão relativa à segunda parte do teste – evocação da figura, o quadro na figura abaixo, mostra os resultados obtidos neste parâmetro de análise. Como podemos observar, existem dois resultados próximos ao nível de significância: entre o subgrupo 5 (maiores notas NAPE, quinta série, feminino) e os subgrupos 7 (maiores notas NAPE, quinta série, masculino) a favor do subgrupo 5 (5>7) e o 8 (menores notas NAPE, quinta série, masculino) a favor do subgrupo 5 (5>8); apesar destes dois resultados, não podemos verificar nenhuma tendência ou direção das pontuações que possam caracterizar um determinado subgrupo da pesquisa.

Subgrupos	1	2	3	4	5	6	7	8
1	-							
2	NS	-						
3	NS	NS	-					
4	NS	NS	NS	-				
5	NS	NS	NS	NS	-			
6	NS	NS	NS	NS	NS	-		
7	NS	NS	NS	NS	(*) 5>7 P = 0,057	NS	-	
8	NS	NS	NS	NS	(*) 5>8 P = 0,057	NS	NS	-

**Figura 50. Quadro contendo a significância estatística de contrastes intergrupos para a pontuação no teste ‘Figura Complexa de Rey’, (evocação) obtida através do teste U de Mann-Whitney, valores bicaudais. LEGENDA: NS = não significativo; (\*) Valor próximo do limiar de significância; \* = significativo com  $p < 0,05$ .**

As comparações quantitativas entre os subgrupos com relação aos escores obtidos no teste ‘Figura Complexa de Rey’ (cópia) apontam um desempenho próximo entre os mesmos com relação às séries escolares (sexta série M=26,5 – quinta série M=27,6). Quanto à parte do teste correspondente à evocação da figura complexa (memória imediata), as médias (sexta série M=24,4 e quinta série M=25,1), também estão próximas indicando reduzida diferença quanto aos resultados. Os alunos das duas séries revelam um potencial relativo à organização e planejamento, à percepção e orientação espacial e ao relacionamento entre o todo e suas partes constituintes bastante semelhante.

**Tabela 19. Médias de pontuação dos subgrupos nos parâmetros cópia e evocação do teste ‘Figura Complexa de Rey’:**

Itens ⓪	Subgrupos							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Cópia	26,5	27	26,8	26	30,3	27,3	27	26,5
Evocação	24,3	21	26	26,5	29	23,3	23,8	24,3

Conforme proposto na abertura do presente capítulo, os dados de análise inferencial-quantitativa acima foram complementados por dados de análise clínica, conforme apresentado na seção seguinte.

#### **4.1.12. Resultados Obtidos na Tarefa de Resolução de Problemas Aritméticos**

Nosso objetivo em relação à aplicação do exercício de resolução de problemas aritméticos se referiu a uma investigação clínica do processo cognitivo utilizado pelos sujeitos da pesquisa durante a resolução destes problemas, para, posterior, utilização na análise qualitativa dos protocolos escolhidos com esta finalidade. Além da obtenção das pontuações da análise quantitativa quanto ao acerto e erro no que diz respeito ao resultado e à exploração do enunciado em relação a cada problema da tarefa proposta, procedemos às verificações estatísticas para verificação da existência de níveis de significância, nas diferenças verificadas, entre as pontuações alcançadas. Ratificamos, neste momento, que o nosso objetivo com esta etapa de avaliação dos nossos sujeitos de pesquisa diz respeito à explicitação do processo de resolução de problemas de cada um de nossos sujeitos, na relação que estabelece com os fatores do funcionamento executivo, com o intuito de identificação do tipo de erro cometido pelo sujeito na tentativa de solução do problema e o déficit

neuropsicológico subjacente, se for o caso. Como ilustrado, através dos nossos exemplos, apresentados logo após as tabelas relativas ao desempenho dos subgrupos na tarefa de resolução de problemas aritméticos.

#### 4.1.12.1. Resultados Obtidos em relação à Resolução do Problema 1

**Tabela 20. Desempenho dos Sujeitos da Pesquisa na Solução do Problema 1 da Tarefa de Resolução de Problemas Aritméticos**

	Frequência	Percentil	Percentil Acumulado
Acerto	27	84,4	84,4
Erro	5	15,6	100,0
Total	32	100,0	

Conforme dados da tabela abaixo, não houve diferenciação dos sujeitos em termos de acerto e erros em função do nível de escolaridade (qui-quadrado = 0,237, 1 g.l.,  $p > 0,05$ ).

**Tabela 21. Desempenho dos Sujeitos da Pesquisa Distribuídos por Série Escolar quanto a Solução do Problema 1 da Tarefa de Resolução de Problemas Aritméticos**

		Problema 1		Total
		Acerto	Erro	Acerto
Nível de escolaridade	Quinta série	14	2	16
	Sexta série	13	3	16
	Total	27	5	32

A seguir, apresentamos as tabelas referentes aos dados obtidos com relação às perguntas formuladas aos sujeitos (Qual a pergunta do problema?, Quais as informações fornecidas pelo problema?, Como o problema poderá ser resolvido?, Como você explicaria a resolução do problema a um colega?) durante a etapa de resolução de problemas aritméticos. Ao final da apresentação das tabelas referentes a cada um dos quatro problemas, faremos uma breve apreciação, concluindo nossas considerações ao final da apresentação de todos os resultados.

**Tabela 22. Desempenho dos Sujeitos da Pesquisa na Questão do Problema 1 A – *Qual a pergunta do problema?***

	Frequência	Percentil	Percentil Acumulado
Identifica a pergunta.	30	93,8	93,8
Não identifica a pergunta	2	6,3	100,0
Total	32	100,0	

**Tabela 23. Desempenho dos Sujeitos da Pesquisa na Questão do Problema 1 B – *Quais as informações fornecidas pelo problema?***

	Frequência	Percentil	Percentil Acumulado
Identifica todas as informações relevantes.	14	43,8	43,8
Identifica algumas das informações relevantes.	18	56,3	100,0
Total	32	100,0	

**Tabela 24. Desempenho dos Sujeitos da Pesquisa na Questão do Problema 1 C – *Como o problema poderá ser resolvido?***

	Frequência	Percentil	Percentil Acumulado
Fornece explicação adequada.	26	81,3	81,3
Fornece explicação incompleta.	6	18,8	100,0
Total	32	100,0	

**Tabela 25. Desempenho dos Sujeitos da Pesquisa na Questão do Problema 1 D – *Como você explicaria a resolução do problema a um colega?***

	Frequência	Percentil	Percentil Acumulado
Fornece explicação adequada.	25	78,1	78,1
Fornece explicação incompleta.	7	21,9	100,0
Total	32	100,0	

Os resultados obtidos pelos sujeitos, nas questões referentes à exploração do enunciado do problema, que mais nos chamam a atenção, pela ocorrência de erros (quatorze sujeitos acertaram e dezoito sujeitos erraram a questão), dizem respeito à pergunta: Quais as informações fornecidas pelo problema? Em relação à identificação das informações fornecidas pelo problema, nos parece que os sujeitos encontram dificuldades em identificar todas as informações relevantes do enunciado do problema, deixando de lado informações importantes; nesta questão, pode estar uma possível explicação para as falhas relacionadas à escolha e organização dos procedimentos necessários à solução do problema (exemplo 2, apresentado mais adiante).

## 4.1.12.2. Resultados Obtidos em relação à Resolução do Problema 2

Tabela 26. Desempenho dos Sujeitos da Pesquisa na Solução do Problema 2 da Tarefa de Resolução de Problemas Aritméticos

	Frequência	Percentil	Percentil Acumulado
Acerto	20	62,5	62,5
Erro	12	37,5	100,0
Total	32	100,0	

Tabela 27. Desempenho dos Sujeitos da Pesquisa Distribuídos por Série Escolar quanto a Solução do Problema 2 da Tarefa de Resolução de Problemas Aritméticos  
Qui-quadrado = 0,533, 1 g.l.,  $p > 0,05$  (diferença de distribuição por células não-significativa)

		Problema 2		Total
		Acerto	Erro	Acerto
Nível de escolaridade	Quinta série	9	7	16
	Sexta série	11	5	16
Total		20	12	32

Tabela 28. Desempenho dos Sujeitos da Pesquisa na Questão do Problema 2 A – *Qual a pergunta do problema?*

	Frequência	Percentil	Percentil Acumulado
Identifica a pergunta.	27	84,4	84,4
Não identifica a pergunta	5	15,6	100,0
Total	32	100,0	

**Tabela 29. Desempenho dos Sujeitos da Pesquisa na Questão do Problema 2 B – *Quais as informações fornecidas pelo problema?***

	Frequência	Percentil	Percentil Acumulado
Identifica todas as informações relevantes.	25	78,1	78,1
Identifica algumas das informações relevantes.	7	21,9	100,0
Total	32	100,0	

**Tabela 30. Desempenho dos Sujeitos da Pesquisa na Questão do Problema 2 C – *Como o problema poderá ser resolvido?***

	Frequência	Percentil	Percentil Acumulado
Fornece explicação adequada.	21	65,6	65,6
Fornece explicação incompleta.	11	34,4	100,0
Total	32	100,0	

**Tabela 31. Desempenho dos Sujeitos da Pesquisa na Questão do Problema 2 D – *Como você explicaria a resolução do problema a um colega?***

	Frequência	Percentil	Percentil Acumulado
Fornece explicação adequada.	22	68,8	68,8
Fornece explicação incompleta.	10	31,3	100,0
Total	32	100,0	

Os resultados obtidos na exploração do enunciado deste problema que devem ser ressaltados dizem respeito às perguntas: Como o problema poderá ser resolvido?, Como você explicaria a resolução do problema a um colega? Estes itens se relacionam à execução dos procedimentos aritméticos necessários e à explicitação do raciocínio desenvolvido; pela observação dos alunos e relato dos mesmos durante esta etapa da pesquisa (os sujeitos, frequentemente, diziam não saber responder ou não queriam responder, sendo preciso nossa intervenção no sentido de insistir, mostrando a necessidade de esclarecimento sobre o raciocínio desenvolvido), acreditamos que este é um tipo de solicitação que, normalmente, não é feita na prática escolar e que não exercita a questão referente ao conseguir relacionar 'o que pensou', 'o que fez' e 'por que fez desta forma', que corresponde a explicitação do raciocínio desenvolvido e necessário à solução do problema.

#### 4.1.12.3. Resultados Obtidos em relação à Resolução do Problema 3

**Tabela 32. Desempenho dos Sujeitos da Pesquisa na Solução do Problema 3 da Tarefa de Resolução de Problemas Aritméticos**

	Frequência	Percentil	Percentil Acumulado
Acerto	27	84,4	84,4
Erro	5	15,6	100,0
Total	32	100,0	

**Tabela 33. Desempenho dos Sujeitos da Pesquisa Distribuídos por Série Escolar quanto a Solução do Problema 3 da Tarefa de Resolução de Problemas Aritméticos**  
 Qui-quadrado = 0,237, 1 g.l.,  $p > 0,05$  (diferença de distribuição por células não-significativa)

		Problema 3		Total
		Acerto	Erro	
Nível de escolaridade	Quinta série	13	3	16
	Sexta série	14	2	16
Total		27	5	32

**Tabela 34. Desempenho dos Sujeitos da Pesquisa na Questão do Problema 3 A – *Qual a pergunta do problema?***

	Frequência	Percentil	Percentil Acumulado
Identifica a pergunta.	30	93,8	93,8
Não identifica a pergunta.	2	6,3	100,0
Total	32	100,0	

**Tabela 35. Desempenho dos Sujeitos da Pesquisa na Questão do Problema 3 B – *Quais as informações fornecidas pelo problema?***

	Frequência	Percentil	Percentil Acumulado
Identifica todas as informações relevantes.	20	62,5	62,5
Identifica algumas das informações relevantes.	12	37,5	100,0
Total	32	100,0	

**Tabela 36. Desempenho dos Sujeitos da Pesquisa na Questão do Problema 3 C – *Como o problema poderá ser resolvido?***

	Frequência	Percentil	Percentil Acumulado
Fornece explicação adequada.	30	93,8	93,8
Fornece explicação incompleta.	2	6,3	100,0
Total	32	100,0	

**Tabela 37. Desempenho dos Sujeitos da Pesquisa na Questão do Problema 3 D – *Como você explicaria a resolução do problema a um colega?***

	Frequência	Percentil	Percentil Acumulado
Fornece explicação adequada.	31	96,9	96,9
Fornece explicação incompleta.	1	3,1	100,0
Total	32	100,0	

Na análise dos resultados obtidos pelos nossos sujeitos neste problema, identificamos a necessidade de esclarecimentos quanto às questões relativas à identificação das informações relevantes do enunciado, já abordadas nas ponderações referentes ao problema 1 e àquelas referentes às explicações acerca dos procedimentos de resolução e da explicação deste procedimento (perguntas 3 e 4). O enunciado deste problema utiliza palavras-chave que indicam, diretamente, a operação aritmética necessária à solução do problema: Um ônibus vai de Jaboatão dos Guararapes até Olinda passando por Recife. Na partida ele levava 27 passageiros. Em Recife desceram 18 e subiam 29 passageiros. Antes de chegar a Olinda,

desceram 12 passageiros. Com quantos passageiros o ônibus chegou em Olinda? Assim, acreditamos, a condição de explicitação do processo de resolução do problema torna-se facilitada, pois a explicação é fornecida pelas próprias informações do enunciado (todos os sujeitos que acertaram estes itens se referiam a relação entre 'subir e somar' e entre 'descer e subtrair').

#### 4.1.12.4. Resultados Obtidos em relação à Resolução do Problema 4

**Tabela 38. Desempenho dos Sujeitos da Pesquisa na Solução do Problema 4 da Tarefa de Resolução de Problemas Aritméticos**

	Frequência	Percentil	Percentil Acumulado
Acerto	23	71,9	71,9
Erro	9	28,1	100,0
Total	32	100,0	

**Tabela 39. Desempenho dos Sujeitos da Pesquisa Distribuídos por Série Escolar quanto a Solução do Problema 4 da Tarefa de Resolução de Problemas Aritméticos**

Qui-quadrado = 0,155, 1 g.l.,  $p > 0,05$  (diferença de distribuição por células não-significativa)

		Problema 4		Total
		Acerto	Erro	Acerto
Nível de escolaridade	Quinta série	11	5	16
	Sexta série	12	4	16
Total		23	9	32

**Tabela 40. Desempenho dos Sujeitos da Pesquisa na Questão do Problema 4 A – *Qual a pergunta do problema?***

	Frequência	Percentil	Percentil Acumulado
Identifica a pergunta.	28	87,5	87,5
Não identifica a pergunta.	4	12,5	100,0
Total	32	100,0	

**Tabela 41. Desempenho dos Sujeitos da Pesquisa na Questão do Problema 4 B – *Quais as informações fornecidas pelo problema?***

	Frequência	Percentil	Percentil Acumulado
Identifica todas as informações relevantes.	23	71,9	71,9
Identifica algumas das informações relevantes.	9	28,1	100,0
Total	32	100,0	

**Tabela 42. Desempenho dos Sujeitos da Pesquisa na Questão do Problema 4 C – *Como o problema poderá ser resolvido?***

	Frequência	Percentil	Percentil Acumulado
Fornece explicação adequada.	24	75,0	75,0
Fornece explicação incompleta.	8	25,0	100,0
Total	32	100,0	

**Tabela 43. Desempenho dos Sujeitos da Pesquisa na Questão do Problema 4 D – *Como você explicaria a resolução do problema a um colega?***

	Frequência	Percentil	Percentil Acumulado
Fornece explicação adequada.	24	75,0	75,0
Fornece explicação incompleta.	8	25,0	100,0
Total	32	100,0	

O processo de resolução deste quarto problema, discutido adiante, mostrou-se relevante no sentido de explicitar a dificuldade que os sujeitos apresentaram em trabalhar com as informações, identificando-as e relacionando-as, quando o elemento desconhecido apresenta-se nas transformações referidas no enunciado (o enunciado fornece a informação do que aconteceu no primeiro jogo, mas não informa sobre os acontecimentos do segundo jogo). Esta dificuldade diz respeito às restrições quanto ao relacionamento entre os dados, de forma a capacitar o sujeito a deduzir qual o procedimento de resolução ou reconhecer que o problema pode ser resolvido.

Ainda que possamos verificar que, em todas as questões relativas à resolução dos problemas (1 a 4), a maioria dos nossos sujeitos obtém um bom resultado, o que nos chama atenção é que não se evidencia uma diferença de desempenho entre alunos da quinta e da sexta série. O instrumento de avaliação do desempenho escolar utilizado (NAPE) é aplicado, frequentemente, na quarta série, tendo esta informação, poderíamos pensar que os erros verificados deveriam estar nos resultados dos testes dos alunos da quinta série, mas, ao contrário, eles se distribuem entre os alunos das duas séries, não estabelecendo diferença estatisticamente significativa.

Procedemos, agora, a uma análise qualitativa do processo de resolução de problemas aritméticos, incorporando à explicitação deste processo, os fatores do funcionamento executivo implicados em cada uma das etapas, os quais podem determinar e/ou facilitar o êxito ou fracasso do sujeito neste tipo de tarefa cognitiva. Para ilustrar a relação pesquisada entre os fatores relevantes do funcionamento executivo e o processo de resolução de problemas aritméticos, explicitaremos, abaixo, através de dois exemplos, os pontos considerados cruciais para que tal análise seja feita.

**Problema 1:** João gosta de jogar com bolinhas de gude. Ontem, ele jogou com seus amigos. No início da manhã ele tinha 32 bolinhas de gude; ele jogou duas partidas com seus amigos. Ele não lembra o que aconteceu no segundo jogo, mas, no primeiro, ele ganhou 15 bolinhas de gude. Ao final das duas partidas, ele estava com 35 bolinhas. O que pode ter havido no segundo jogo do João?

Para resolver este problema aritmético o aluno deve:

1. Realizar a exploração do enunciado do problema: identificar os dados relevantes do problema, relacionar estes dados e, a partir do relacionamento evidenciado, deduzir as operações aritméticas necessárias à resolução. Esta etapa de resolução do problema envolve alguns aspectos do funcionamento executivo: motivação e iniciativa (o aluno deve querer e reconhecer que existe uma situação a resolver e dar início ao seu trabalho cognitivo), raciocínio hipotético-dedutivo, identificação dos estímulos relevantes e inibição dos que sejam irrelevantes à tarefa, focalização da atenção, memória operacional e flexibilidade cognitiva (para identificar possibilidades e escolher a mais adequada).
2. Realizar as operações aritméticas necessárias à resolução do problema: a partir da etapa anterior, estabelecer as operações aritméticas que irá realizar e em que ordem

deve realizá-las. Esta etapa envolve fatores relevantes do funcionamento executivo: planejamento da ação, organização do procedimento, manutenção da atenção e da atitude cognitiva, utilização de estratégia e monitoramento da ação.

3. Verificação do resultado obtido: ao final do procedimento de resolução, o aluno deve confrontar os dados do enunciado, sua hipótese e o resultado obtido; se este resultado não for consistente em relação a estes três aspectos, nova hipótese deve ser levantada e um novo processo de resolução, baseado nesta nova hipótese deve ser iniciado. Em relação ao funcionamento executivo, isto corresponde ao monitoramento da própria ação, à flexibilidade cognitiva, à manutenção do contexto cognitivo, à adequação do uso da memória operacional e da atenção e à verificação da finalização da execução da tarefa.

Estas etapas do processo de resolução de problemas aritméticos são, no nosso contexto, oportunidades de verificação de alguns fatores relevantes do funcionamento executivo. O adequado funcionamento executivo é passível de ser verificado através de um exercício de resolução de problemas e, com a utilização dos instrumentos de avaliação neuropsicológica pertinentes à investigação das funções executivas, podemos elucidar quais fatores deste funcionamento estão desenvolvidos ou comprometidos e aqueles que podem favorecer ou dificultar a realização deste exercício de forma satisfatória.

Um dos nossos sujeitos (menores notas no NAPE, quinta série, sexo masculino), diante deste primeiro problema, verbalizou: ‘eu não posso resolver o problema porque o João não sabe o que aconteceu no segundo jogo; se ele soubesse que tinha perdido ou ganho bolinhas no segundo jogo, a conta poderia ser feita. Se ele não sabe, como eu posso resolver o problema (sic.)?’ Este aluno revela uma restrição na identificação dos dados do enunciado e no estabelecimento de um relacionamento entre estes dados, para que possa deduzir as

operações aritméticas necessárias à resolução e não ‘ficar encapsulado’ na possibilidade de utilização da ‘palavra-chave’ (perdeu, ganhou) do enunciado. Isto encontra relação com a utilização do raciocínio hipotético-dedutivo a partir da exploração do enunciado do problema, a flexibilidade cognitiva e a identificação de uma estratégia de resolução.

**Problema 2:** Três metros de tecido custam R\$45,00. Quanto pagarei por sete metros deste tecido?

Para resolver este problema aritmético pertencente às estruturas aditivas, o aluno deve:

1. Realizar a exploração do enunciado do problema: identificar os dados relevantes do problema, relacionar estes dados e, a partir do relacionamento evidenciado, deduzir as operações aritméticas necessárias à resolução. Os dados dizem respeito ao preço de três metros de tecido e ao elemento desconhecido do problema, o preço de sete metros deste mesmo tecido. O enunciado é bastante simples, mas envolve a exploração deste enunciado para a identificação dos procedimentos de resolução. Esta etapa de resolução do problema envolve alguns aspectos do funcionamento executivo: motivação e iniciativa (o aluno deve querer e reconhecer que existe uma situação a resolver e dar início ao seu trabalho cognitivo), raciocínio hipotético-dedutivo (levantamento de uma hipótese de trabalho), identificação dos estímulos relevantes e inibição dos que sejam irrelevantes à tarefa, focalização da atenção e flexibilidade cognitiva (para identificar possibilidades e escolher a mais adequada) e memória de trabalho e de longo prazo (lembrar dos algoritmos aritméticos).
2. Realizar as operações aritméticas necessárias à resolução do problema: a partir da etapa anterior, estabelecer as operações aritméticas que irá realizar e em que ordem deve realizá-las. É preciso estabelecer uma ordem no procedimento de resolução: primeiro encontrar o preço de um metro de tecido, para, depois, calcular o preço de

sete metros deste tecido. Esta etapa envolve fatores relevantes do funcionamento executivo: planejamento da ação, organização do procedimento, manutenção da atenção e da atitude cognitiva, utilização da estratégia e monitoramento da ação.

3. Verificação do resultado obtido: ao final do procedimento de resolução, o aluno deve confrontar os dados do enunciado, sua hipótese e o resultado obtido, se este resultado não for consistente em relação a estes três aspectos, nova hipótese deve ser levantada e um novo processo de resolução, baseado nesta nova hipótese deve ser iniciado. Em relação ao funcionamento executivo, isto corresponde ao monitoramento da própria ação, à flexibilidade cognitiva, manutenção do contexto cognitivo, à adequação do uso da memória operacional e da atenção e à verificação da finalização da execução da tarefa.

**Procedimento 1:** Outros alunos explicaram o processo de resolução da seguinte forma: se três metros do tecido custam R\$45,00 e eu tenho que saber o preço de sete metros, então eu tenho que achar o preço de um metro de tecido e depois multiplicar por sete:  $R\$45,00 : 3 = R\$15,00$ . Então eu multiplico  $7 \times R\$15,00 = R\$105,00$ . Então, sete metros de tecido custam R\$ 105,00.

**Procedimento 2:** Alguns alunos explicaram o processo de resolução da seguinte forma: se três metros do tecido custam R\$45,00, eu somo  $R\$45,00 + R\$45,00 = 90,00$ ; eu tenho, agora, quanto custam seis metros do tecido. Agora eu tenho que dividir R\$45,00 por três, para saber quanto custa um metro do tecido:  $R\$45,00 : 3 = R\$15,00$ . Então eu somo  $R\$90,00 + R\$15,00 = R\$105,00$ . Sete metros de tecido custam R\$ 105,00.

**Procedimento 3:** Um aluno da quinta série respondeu que não podia resolver o problema porque não sabia o valor de um metro do tecido. “Se eu soubesse o preço de

um metro de tecido, eu ia somando mais um metro, mais um metro, mais um metro, até saber quanto era os sete metros. Mas eu não sei, não posso resolver”.

Observam-se três tipos de procedimentos diante da mesma situação-problema: (1) reflete a utilização de uma hipótese de trabalho, planejamento e ordenação das operações necessárias, segundo a reflexão inicial sobre o enunciado do problema para a escolha da estratégia de solução e organização de procedimentos; (2) o segundo procedimento, embora tenha possibilitado chegar ao resultado certo, reflete um outro tipo de trabalho cognitivo, o sujeito realiza uma operação, verifica que esta operação não foi suficiente para a solução do problema e reflete sobre o que, ainda, tem que fazer para chegar ao resultado (informações fornecidas abaixo); o terceiro procedimento reflete a condição de se prender ao que está fornecido, de forma direta, no enunciado do problema, impedindo a sua solução.

Os procedimentos que levam à solução do problema não podem ser analisados, apenas, como certos ou errados; do ponto de vista do funcionamento executivo, nosso enfoque de pesquisa, referindo a questão da utilização de uma hipótese, do tempo despendido, do planejamento, da ordenação dos procedimentos e da própria exploração do enunciado, podemos inferir a existência de diferenças expressivas no desempenho dos sujeitos, de ordem neuropsicológica, na execução dos procedimentos objetivando a solução do problema. Vale salientar que, na análise dos protocolos dos sujeitos que resolveram o problema com o procedimento tipo 2, verificamos que os sujeitos não escolhiam este tipo de procedimento antes da sua realização, eles somavam os três metros com os outros três metros e depois paravam para pensar como poderiam encontrar o preço de um metro; após algum tempo, a maioria destes sujeitos encontrava a solução: identificar o preço de um metro de tecido. Isto não reflete um procedimento hipotetizado, deduzido e antecipado a partir da exploração do

enunciado do problema, escolhido de acordo com a identificação da estratégia, do planejamento e da organização e ordenamento de procedimentos.

Este exemplo remete, ao que abordamos no primeiro capítulo deste trabalho de pesquisa, Introdução, a diferença entre o enfoque da neuropsicologia e da psicologia da educação matemática, a análise do fenômeno a partir de um respaldo teórico diferente. Do ponto de vista do desempenho matemático, os sujeitos resolveram o problema acertadamente, refletindo sua compreensão e o domínio dos algoritmos aritméticos. Do ponto de vista da neuropsicologia, enfocando o funcionamento executivo, o planejamento, a organização e ordenação dos procedimentos e o tempo despendido fazem parte da avaliação da qualidade deste funcionamento. Sabemos tratar-se de uma questão polêmica, pois tratamos de dois enfoques simultâneos; na introdução deste trabalho enfocamos a dificuldade existente ao lidar com áreas diversas estudando o mesmo fenômeno. O nosso atual trabalho enfatiza a relação entre o funcionamento executivo e o desempenho matemático, utilizando o processo de resolução de problemas para explicitar estas relações.

O procedimento de resolução, do ponto de vista da qualidade do funcionamento executivo, a partir da identificação dos dados e do relacionamento entre estes dados e a dedução da operação aritmética necessária à resolução, seria encontrar o preço de um metro de tecido e depois, com este resultado, encontrar o preço respectivo a sete metros do mesmo tecido. Nosso objeto de análise é a qualidade do funcionamento executivo e verificamos, nos exemplos citados acima, diferenças na expressão deste funcionamento. Falhas no planejamento, no uso do raciocínio hipotético-dedutivo e na ordenação e monitoramento dos procedimentos necessários à resolução dos problemas podem acarretar desperdício de tempo, possibilidades de erros e restrições quanto à generalização do conhecimento e do procedimento utilizado. O desempenho numa tarefa de resolução de problemas reflete o funcionamento neuropsicológico subjacente a este processo cognitivo.

A principal contribuição desta etapa da pesquisa diz respeito à obtenção de dados tanto para a análise qualitativa, quanto para a identificação da relação entre este processo e os índices neuropsicológicos, discutidos mais adiante desta seção, e os fatores do funcionamento executivo que estariam comprometidos ou mal desenvolvidos, implicando em falhas neste tipo de atividade cognitiva (resolução de problemas). Estão implicados, no processo de resolução de problemas, fatores do funcionamento executivo que, numa investigação clínica ou numa análise qualitativa, podem ser identificados. Assim, os dados quantitativos referentes aos acertos e erros dos nossos sujeitos em relação aos problemas aritméticos têm mais sentido e possibilidades explicativas quando analisados de forma qualitativa, na busca dos processos cognitivos subjacentes, na investigação de que fatores do funcionamento estão restringindo ou minimizando as probabilidades de êxito. Ainda nesta seção, discutiremos a questão dos fatores do funcionamento executivo, aspecto valioso para o nosso objetivo de pesquisa, e a identificação dos fatores do funcionamento executivo restritivos em relação a cada um dos nossos sujeitos.

Iniciaremos, neste momento do nosso estudo, a análise qualitativa de alguns protocolos de avaliação dos sujeitos da pesquisa; segundo nossas concepções e força da nossa hipótese, nesta análise encontramos maior número de subsídios para as considerações finais ou conclusões de pesquisa. Nosso estudo, já abordado anteriormente, possui três grandes eixos: explicitar a relação estreita entre o funcionamento executivo e o processo de resolução de problemas, identificar quais os fatores deste funcionamento executivo são mais relevantes para o desempenho matemático escolar e quais os parâmetros de avaliação de cada teste referente às 'funções executivas' utilizado que podem nos fornecer as informações necessárias para o esclarecimento do desempenho matemático escolar de um determinado sujeito.

## **4.2. Análise Qualitativa de Protocolos de Sujeitos**

As análises categoriais estatísticas anteriores evidenciaram aspectos que podem ser complementados por aprofundamento analítico de natureza interpretativo-qualitativa. Nesse sentido, foram escolhidos para análise, primeiramente, dois sujeitos, dentre os trinta e dois da pesquisa, que explicitam a nossa hipótese de trabalho: sujeitos que apresentam uma relação direta entre o funcionamento executivo e o desempenho matemático (bom funcionamento executivo associado a bom desempenho em matemática escolar e mau funcionamento executivo associado a mau desempenho em matemática escolar). Após esta primeira apresentação, descreveremos quatro sujeitos, os quais nos pareceram mais ilustrativos ao funcionamento executivo como um todo e aos diversos fatores deste funcionamento na relação que estabelecem com o desempenho matemático.

### **4.2.1 Análise Qualitativa de Sujeitos que Apresentam Relação Direta entre o Funcionamento Executivo e o Desempenho Matemático Escolar**

#### **4.2.1.1. Bom Funcionamento Executivo associado a Bom Desempenho em Matemática Escolar**

Sujeito: 37

Grupo: 3

Série: 6<sup>a</sup> Série

Idade: 13 anos

Sexo: masculino

Nota NAPE: 17 (maiores notas)

### Perfil do sujeito

Trata-se de um sujeito do sexo masculino, classe média, estuda no colégio onde foi feita a pesquisa desde o ano anterior (quinta série), sua mãe tem nível de escolaridade restrita ao segundo grau completo e não exerce trabalho profissional, seu pai possui nível de escolaridade superior e trabalha como oficial de justiça. Refere que gosta de estudar, que suas matérias preferidas são matemática, história, inglês e geografia e que não gosta de estudar português, nem ciências ou desenho. Em relação à matemática, verbaliza que aprende rápido e que ‘resolve bem os problemas, se o professor explicar’. Participa das Olimpíadas de Matemática (interna e nacional) e sua turma ganhou a olimpíada interna realizada mais recentemente.

A escolha da discussão qualitativa dos resultados alcançados por este aluno se deve à observação das suas pontuações nos testes neuropsicológicos, favoráveis, comentados mais adiante, na comparação com a nota no teste NAPE (desempenho matemático), com os seus resultados escolares e com o desempenho na etapa de resolução de problemas da pesquisa. Em relação à nossa hipótese, verifica-se que o aluno apresenta um bom funcionamento executivo e um bom desempenho matemático, aspecto que fortalece nossa hipótese de partida.

### Avaliação do Funcionamento Executivo

Wisconsin							
Número de cartões utilizados	Número de Categorias completas	Tentativas para completar a primeira categoria	Falhas para manter o contexto cognitivo	Respostas Corretas	Respostas Erradas	Respostas Perseverativas	Respostas de Nível Conceitual
83	6	11	1	69	14	7	66

Trilhas				Stroop					
Trilha A Tempo	Trilha A Erros	Trilha B Tempo	Trilha B Erros	Parte A Pontos	Parte A Erros	Parte B Pontos	Parte B Erros	Parte C Pontos	Parte C Erros
30''	0	76''	0	83	0	61	0	38	0

Cubos	Código	Figura Complexa Cópia	Figura Complexa Evocação	História Evocação	Escores escolares			Raven
					Matemática	Português	Ciências	
55	56	27	26	22	7,9	7,8	7,8	32

**Figura 51. Quadro referente ao Sumário dos Escores do Sujeito 37 em relação aos instrumentos utilizados**

O aluno conseguiu resolver e explicar, adequadamente, o processo de resolução dos quatro problemas de estrutura aditiva propostos pela pesquisa: identificou os dados do problema, relacionou estes dados, deduziu as operações aritméticas necessárias à resolução e as efetuou sem erros observados: o sujeito acertou todos os problemas e respondeu acertadamente todas as perguntas formuladas (conforme pode ser observado nos dados evidenciados na tabela 45, apresentada no final deste capítulo). Além disto, foi um dos dois alunos que fizeram referência, no processo de resolução dos problemas aritméticos, durante a etapa do fornecimento das respostas às questões formuladas no exercício, à questão da operação inversa para a escolha da operação necessária à sua solução (estruturas aditivas).

Quanto ao desempenho matemático (nota NAPE), observa-se uma nota alta em relação ao grupo geral (nota = 17,  $média_{global} = 13,5$ ) e dentro da média em relação ao seu subgrupo ( $média_{grupo} = 17,5$ ), coerentemente com suas médias escolares finais em matemática – 7,9 ( $média_{global} = 6,3$  e  $média_{grupo} = 6,6$ ), ciências – 7,8 ( $média_{global} = 6,6$  e

média<sub>grupo</sub> = 6,9), e português – 7,8 (média<sub>global</sub> = 6,9 e média<sub>grupo</sub> = 6,9). Além disto, verifica-se que o aluno conseguiu um bom índice de acerto no teste de inteligência Raven (pontuação = 33, média<sub>global</sub> = 31,9 e média<sub>grupo</sub> = 33).

As ponderações acerca da investigação neuropsicológica identificam pontos favoráveis em relação ao funcionamento executivo; através da análise do processo de realização, dos resultados obtidos e da comparação com a média do seu grupo nos testes ‘Cubos’ (pontuação alcançada = 55, média<sub>global</sub> = 43,2 média<sub>grupo</sub> = 57,0), ‘Código’ (pontuação alcançada = 56, média<sub>global</sub> = 49,2 média<sub>grupo</sub> = 56,5), ‘Trilhas B’ (tempo utilizado = 76”, média<sub>grupo</sub> = 80,5”) e ‘Figura Complexa de Rey’ (pontuação alcançada = 27, média<sub>global</sub> = 27,5 média<sub>grupo</sub> = 26,7), podemos verificar que o aluno apresenta bom nível de percepção e orientação espacial, de percepção das relações entre o todo e suas partes constituintes, de aprendizagem associativa, de manutenção da atenção, de organização e planejamento de trabalho e de velocidade de processamento das informações.

Em relação ao seu desempenho no teste ‘Wisconsin’, observamos que o aluno consegue elaborar uma hipótese de trabalho rapidamente (tentativas para completar a primeira categoria = 11, média<sub>global</sub> = 12,9), demonstrando flexibilidade para abandoná-la, quando esta se mostrou inadequada (número de respostas perseverativas = 7 média<sub>global</sub> = 13,4 e número de categorias completas = 6); ou seja, existe um baixo nível de perseveração (porcentagem de respostas perseverativas = 8,4%), que evidencia uma flexibilidade cognitiva e um poder de aproveitamento das pistas fornecidas pela proposta de trabalho. Podemos verificar, pelos resultados obtidos, que esta facilidade em abandonar uma hipótese de trabalho e elaborar uma outra e testá-la no exercício da tarefa, faz com que o aluno forneça respostas adequadas, com a necessária flexibilidade de raciocínio que lhe permita verificar a validade de sua hipótese. Isto acarreta a utilização de menor tempo

na realização da tarefa, pois existe a necessidade de menor número de oportunidades (número de cartões utilizados = 83,  $média_{global} = 107,8$ ) e uma proximidade entre as respostas corretas (83,1 %) e de nível conceitual (79,5 %); esta proximidade evidencia a possibilidade de acerto via identificação da categoria utilizada em cada etapa do teste. Este aluno apresentou, na avaliação deste instrumento, apenas uma falha referente à manutenção do contexto cognitivo (falhas na manutenção do contexto cognitivo = 1  $média_{global} = 0,63$   $média_{grupo} = 0,5$ ), fator que foi minimizado pela adequada condição em relação aos outros parâmetros (número de categorias completas, número de cartões utilizados, número de respostas corretas, número de respostas de nível conceitual, tentativas para completar a primeira categoria), na realização da proposta satisfatoriamente.

A nossa hipótese explicativa acerca dos desdobramentos destes fatores no desempenho matemático encontra respaldo na possibilidade de êxito, por parte do aluno, diante de novas situações ou problemas, onde a flexibilidade cognitiva, a utilização adequada do raciocínio hipotético-dedutivo, a manutenção da atenção, o bom nível da memória operacional, a identificação dos estímulos relevantes e a inibição, simultânea daqueles que sejam irrelevantes, o controle da impulsividade, a condição satisfatória da percepção e orientação espacial e, finalmente, a percepção entre o todo e suas partes constituintes possam dar conta de toda a demanda da aprendizagem escolar em termos de capacidade de aprendizado, mais especificamente, da aprendizagem da matemática.

#### **4.2.1.2. Mau Funcionamento Executivo relacionado a Mau Desempenho em Matemática Escolar**

Sujeito: 96

Grupo: 8

Série: 5ª Série

Idade: 11 anos

Sexo: masculino

Nota NAPE: 9 (menores notas)

### **Perfil do sujeito**

Aluno do sexo masculino, de classe média, filho de uma psicóloga (comenta que, como a mãe não conseguia ganhar dinheiro como psicóloga, foi trabalhar numa revendedora de automóveis) e de um corretor de seguros que está realizando um curso superior (o aluno não sabe dizer qual o curso), estuda no colégio onde foi feita a pesquisa desde a segunda série do ensino fundamental I. Refere que ‘não gosta muito de estudar’, que suas matérias preferidas são história e ciências e que não gosta de estudar nem português e nem inglês. Quanto à matemática, refere que ‘gosta, mas que tem dificuldades para entender os exercícios e/ou resolver os problemas, que faz as contas e tira a prova real para ver se está certo’.

A escolha da discussão qualitativa dos resultados alcançados por este aluno se deve à observação de suas pontuações em alguns testes neuropsicológicos, favoráveis e desfavoráveis, comentados mais adiante, na comparação com o desempenho matemático (nota NAPE), com os seus resultados escolares e com a análise dos dados coletados na etapa de resolução de problemas da pesquisa. Em relação à nossa hipótese, verifica-se que o aluno apresenta algumas restrições em relação ao funcionamento executivo e um mau desempenho matemático, aspecto que explicita nossa hipótese, haja vista que hipotetizamos que um mau funcionamento executivo teria uma correspondência com um mau desempenho matemático.

### Avaliação do Funcionamento Executivo

Wisconsin							
Número de cartões utilizados	Número de Categorias completas	Tentativas para completar a primeira categoria	Falhas para manter o contexto cognitivo	Respostas Corretas	Respostas Erradas	Respostas Perseverativas	Respostas de Nível Conceitual
128	5	19	2	77	51	35	67

Trilhas					Stroop				
Trilha A Tempo	Trilha A Erros	Trilha B Tempo	Trilha B Erros	Parte A Pontos	Parte A Erros	Parte B Pontos	Parte B Erros	Parte C Pontos	Parte C Erros
32''	0	191''	3	72	0	43	1	23	1

Cubos	Código	Figura Complexa Cópia	Figura Complexa Evocação	História Evocação	Escores escolares			Raven
					Matemática	Português	Ciências	
24	45	29	23	21	5,7	5,2	7,2	27

**Figura 52. Quadro referente ao Sumário dos escores do Sujeito 96 em relação aos instrumentos utilizados**

O aluno conseguiu resolver, acertadamente, dois dos quatro problemas aritméticos propostos, evidenciando, durante o exercício, através do tempo despendido, comentários realizados e erros cometidos, dificuldade tanto em realizar estes problemas (fez alguns comentários sobre a dificuldade da tarefa, errou dois dos quatro problemas propostos e cometeu sete erros nas perguntas referentes à exploração do enunciado, conforme demonstrado na tabela 45, apresentada no final deste capítulo), quanto em explicar o processo

de resolução desenvolvido; além disto, os erros cometidos na etapa de exploração do enunciado evidenciavam que o mesmo, por vezes, não conseguia identificar os dados do problema referentes à pergunta do problema, ao elemento desconhecido e aos dados fornecidos no enunciado, e relacionar estes dados, deduzindo as operações aritméticas necessárias. Seu processo de resolução e exploração do enunciado do problema se baseava, algumas vezes, por informação do próprio sujeito, na identificação da ‘palavra-chave’ (perdeu, ganhou, comprou, etc.), a qual poderia ou não fornecer pistas na identificação da operação aritmética necessária à resolução do problema. Comentários do sujeito referente ao problema 3 (item 4.1.12.3 deste trabalho): “quando sobe passageiros, a gente tem que somar, quando desce passageiros, a gente tem que subtrair”. Comentários fornecidos durante a resolução do problema 2 (item 4.1.12.2 deste trabalho): “eu posso saber quanto custa seis metros, porque eu somei três metros mais três metros, mas eu não posso saber quanto custa sete metros porque eu não sei o preço de um metro”.

Quanto ao desempenho matemático (nota NAPE), observa-se uma nota baixa em relação ao grupo geral (nota = 9,  $m_{\text{global}} = 13,5$ ), uma certa oscilação nas suas médias escolares finais, ora um pouco acima da média do seu grupo, ora próximo a esta média: matemática (nota = 5,7,  $m_{\text{global}} = 6,3$  e  $m_{\text{grupo}} = 4,7$ ), ciências (nota = 7,2  $m_{\text{global}} = 6,6$  e  $m_{\text{grupo}} = 5,4$ ), e português (nota = 5,2  $m_{\text{global}} = 6,8$  e  $m_{\text{grupo}} = 5,9$ ). Além disto, verifica-se que o aluno conseguiu uma pontuação no teste de inteligência Raven dentro de um desvio padrão abaixo da média em relação do grupo de pesquisa e na média em relação ao seu grupo (pontuação alcançada = 27  $m_{\text{global}} = 31,9$  / DP = 4,6 e  $m_{\text{grupo}} = 27,5$ ).

As ponderações acerca da investigação neuropsicológica identificam pontos favoráveis e desfavoráveis em relação ao funcionamento executivo; através da análise dos resultados obtidos, na comparação com a média do grupo de pesquisa e do seu grupo, nos testes ‘Cubos’ (pontuação alcançada = 24,  $m_{\text{grupo}} = 34,0$  e  $m_{\text{global}} = 43,2$ ) e ‘Trilhas B’ (tempo

utilizado = 191'',  $m_{global} = 108,3$ ''  $m_{grupo} = 80,5$ '' e número de erros B = 3  $m_{global} = 0,8$  e  $m_{grupo} = 2,2$ ) podemos verificar que o aluno apresenta uma pontuação um pouco abaixo do seu grupo referência e do grupo da pesquisa, apresentando, por esta razão e pela própria pontuação (segundo a apuração do teste, sua pontuação no teste cubos está abaixo da média para a sua idade e nível de escolaridade), restrições quanto ao nível de percepção e orientação espacial, de manutenção da atenção, de memória operacional e de velocidade de processamento das informações. Quanto aos resultados do teste 'Figura Complexa de Rey' (pontuação alcançada = 29,  $m_{global} = 27,5$  e  $m_{grupo} = 26,5$ ) e do teste 'Código' (pontuação alcançada = 45,  $m_{global} = 49,2$  e  $m_{grupo} = 42,7$ ), verificamos uma mediana condição em relação à percepção das relações entre o todo e suas partes e à aprendizagem associativa.

Em relação ao seu desempenho no 'Teste Wisconsin', observamos que o aluno apresenta dificuldades em elaborar uma hipótese ao iniciar o trabalho (tentativas para completar a primeira categoria = 19  $m_{global} = 12,9$   $m_{grupo} = 12,9$ ), além de revelar uma dificuldade em abandoná-la, quando esta já se mostrou inadequada (número de respostas perseverativas = 35,0  $m_{global} = 13,5$  e  $m_{grupo} = 23,7$ ); existe um elevado nível de perseveração que condiciona uma rigidez cognitiva e um escasso poder de aproveitamento das pistas fornecidas pela proposta. Sua dificuldade começa no levantamento de uma hipótese de trabalho, pois o mesmo utilizou 19 cartões para completar a primeira categoria, sendo, inclusive, o seu score que elevou a média do grupo neste parâmetro; isto acarreta a utilização de maior tempo na realização da tarefa, pois existe a necessidade de maior número de oportunidades (número de cartões utilizados = 128  $m_{global} = 107,8$ ) e uma impossibilidade de completar as seis séries do teste (número de categorias completas = 5), já que utiliza inadequadamente as pistas fornecidas pelos estímulos da tarefa, observando-se uma elevação das respostas erradas (respostas erradas = 51,0  $m_{global} = 37,3$ ) e das perseverativas. Além

destas questões, verifica-se a existência de falhas na manutenção da atenção e na memória operacional (falhas na manutenção do contexto cognitivo = 2 média<sub>global</sub> = 0,63 média<sub>grupo</sub> = 1,25).

A nossa hipótese explicativa acerca dos desdobramentos destes fatores no desempenho matemático encontra respaldo na possibilidade de erros, por parte do aluno, diante de situações-problema, frente às atividades escolares onde a utilização adequada do raciocínio hipotético-dedutivo, a focalização e manutenção da atenção, a eficácia da memória operacional, a condição de inibição de tudo o que seja irrelevante para a conclusão da tarefa e a flexibilidade cognitiva não sejam suficientes, haja vista o nível destes fatores cognitivos evidenciados, para dar conta de toda a demanda de aprendizagem escolar. Isto restringe suas possibilidades em termos de capacidade de aprendizado geral e, mais especificamente, em relação ao aprendizado da matemática, onde este processo é minimizado por restrições neuropsicológicas significativas em relação ao funcionamento executivo.

#### **4.2.2 Análise Qualitativa de Sujeitos que Apresentam Aspectos do Funcionamento Executivo que Podem Comprometer o Desempenho Matemático no Contexto Escolar**

##### **4.2.2.1. Alto Índice de Respostas Perseverativas**

Sujeito: 6

Grupo: 1

Série: 6<sup>a</sup> Série

Idade: 12 anos

Sexo: feminino

Nota NAPE: 17 (maiores notas)

### Perfil do sujeito

Trata-se de um sujeito, do sexo feminino, de classe média, filha de uma professora aposentada e de um músico e que estuda no colégio onde foi feita a pesquisa desde a terceira série do ensino fundamental I. Refere que gosta de estudar, que suas matérias preferidas são ciências, desenho e artes e que não gosta de estudar nem geografia e nem inglês, embora consiga passar por média nas mesmas.

A escolha da discussão qualitativa dos resultados alcançados por esta aluna se deve à observação dos seus escores em alguns testes neuropsicológicos, favoráveis e desfavoráveis, comentados mais adiante, na comparação com os seus resultados escolares, com o desempenho matemático (nota NAPE) e com o processo explicitado na etapa de resolução de problemas da pesquisa. Em relação à nossa hipótese, verifica-se que a aluna apresenta um bom desempenho matemático e algumas restrições em relação ao funcionamento executivo, aspecto que explicita fatores do funcionamento executivo que podem interferir e/ou minimizar o desempenho matemático do mesmo.

### Avaliação do Funcionamento Executivo

Wisconsin							
Número de cartões utilizados	Número de Categorias completas	Tentativas para completar a primeira categoria	Falhas para manter o contexto cognitivo	Respostas Corretas	Respostas Erradas	Respostas Perseverativas	Respostas de Nível Conceitual
128	2	11	1	70	58	45	43

Trilhas				Stroop					
Trilha A Tempo	Trilha A Erros	Trilha B Tempo	Trilha B Erros	Parte A Pontos	Parte A Erros	Parte B Pontos	Parte B Erros	Parte C Pontos	Parte C Erros
54''	0	85''	0	77	1	52	0	29	0

Cubos	Código	Figura Complexa Cópia	Figura Complexa Evocação	História Evocação	Escores escolares			Raven
					Matemática	Português	Ciências	
56	64	31	28	19	8,1	8,4	9,0	36

**Figura 53. Quadro referente ao Sumário dos Escores do Sujeito 6 em relação aos instrumentos utilizados**

A aluna conseguiu resolver e explicar o processo de resolução dos quatro problemas aritméticos propostos pela pesquisa; além dos acertos em termos de resposta às questões, a aluna identificou os dados do problema (cometeu apenas um erro, na identificação de uma das informações fornecidas pelo enunciado do problema 3), relacionou estes dados, deduziu as operações aritméticas necessárias e as efetuou sem erros observados.

Quanto ao desempenho matemático (nota NAPE), observa-se uma nota alta em relação ao grupo geral (nota = 17  $média_{global} = 13,5$ ) e dentro de um desvio padrão em relação ao subgrupo ( $média_{grupo} = 18,0$ ), coerentemente com suas médias escolares finais em matemática (nota = 8,1  $média_{global} = 6,3$  e  $média_{grupo} = 8,8$ ), ciências (nota = 9,0  $média_{global} = 6,6$  e  $média_{grupo} = 8,8$ ), e português (nota 8,4  $média_{global} = 6,8$  e  $média_{grupo} = 8,3$ ). Além disto, verifica-se que a aluna está com a idade adequada para a sexta série e que conseguiu acertar todos os itens do teste de inteligência utilizado – Raven (pontuação = 36  $média_{global} = 31,9$  e  $média_{grupo} = 36$ ).

As ponderações acerca da investigação neuropsicológica identificam pontos favoráveis e desfavoráveis em relação ao funcionamento executivo; através da análise do processo de

realização e dos resultados obtidos, na comparação com a média do seu grupo, nos testes ‘Cubos’ (pontuação alcançada = 56,  $m_{global} = 43,2$  e  $m_{grupo} = 51,7$ ), ‘Código’ (pontuação alcançada = 64,  $m_{global} = 49,2$  e  $m_{grupo} = 51,7$ ), ‘Trilhas B’ (tempo utilizado = 85”,  $m_{global} = 108,3$ ” e  $m_{grupo} = 94,0$ ”) e ‘Figura Complexa de Rey’ (pontuação alcançada = 31,  $m_{grupo} = 29,7$ ), podemos verificar que a aluna apresenta bom nível de percepção e orientação espacial, de percepção das relações entre o todo e suas partes constituintes, de memória operacional, de aprendizagem associativa, de manutenção da atenção, de organização e planejamento de trabalho e de velocidade de processamento das informações.

Em relação ao seu desempenho no teste ‘Wisconsin’, observamos que a aluna consegue elaborar uma hipótese de trabalho rapidamente (tentativas para completar a primeira categoria = 11  $m_{global} = 12,9$ ), mas que tem uma intensa dificuldade de abandoná-la, quando esta já se mostrou inadequada (número de respostas perseverativas = 45,  $m_{global} = 19,4$  e  $m_{grupo} = 19,0$ ); ou seja, existe um elevado nível de perseveração (porcentagem de respostas perseverativas = 35,2%) que condiciona uma significativa rigidez cognitiva e um escasso poder de aproveitamento das pistas fornecidas pela proposta. Podemos verificar, pelos resultados obtidos, que esta dificuldade de abandonar uma hipótese de trabalho e elaborar uma outra e testá-la no exercício da tarefa, faz com que a aluna persevere, fornecendo respostas que já se mostraram inadequadas e que são dadas por rigidez cognitiva, sem a necessária flexibilidade de raciocínio que lhe permita verificar a validade de sua hipótese. Isto acarreta a utilização de maior tempo na realização da tarefa, pois existe a necessidade de maior número de oportunidades (número de cartões utilizados = 128  $m_{global} = 107,8$ ), a impossibilidade de completar as seis séries da testagem (número de categorias completas = 2) e uma distância em termos de pontuação entre as respostas corretas (54,7 %) e as respostas de nível conceitual (33,6 %), explicitando a possibilidade de acerto via acaso e não identificação

da categoria utilizada na proposta. Além destas questões, é possível verificar a existência de falha na manutenção da atenção e do contexto cognitivo (falhas na manutenção da atenção e do contexto cognitivo = 1 média<sub>global</sub> = 0,63 média<sub>grupo</sub> = 0,5), que concorre, também, para o aumento do tempo de realização da tarefa e do número de cartões utilizados.

A análise dos resultados desta aluna com relação ao funcionamento executivo revela alguns índices favoráveis e outros desfavoráveis; na realidade, os desfavoráveis dizem respeito à rigidez cognitiva, fruto de um elevado escore de perseveração e falhas na manutenção da atenção, o que deve minimizar suas possibilidades em termos de maior expansão da sua capacidade de aprendizado. A nossa hipótese explicativa acerca dos desdobramentos destes fatores no desempenho matemático encontra respaldo na possibilidade de falhas, por parte da aluna, diante de novas situações ou problemas, onde o seu potencial relativo à disciplina, ao interesse e dedicação ao estudo, ainda que possua uma adequada capacidade intelectual, não dão conta de resolver situações onde a flexibilidade cognitiva seja, mais que o habitual escolar, necessária à tarefa a realizar.

#### **4.2.2.2. Alto Índice de Respostas Perseverativas e Falhas na Manutenção da Atenção**

Sujeito: 24

Grupo: 2

Série: 6<sup>a</sup> Série

Idade: 13 anos

Sexo: feminino

Nota NAPE: 10 (menores notas)

### Perfil do sujeito

Sujeito do sexo feminino, de classe média, residente em Boa Viagem e estuda no colégio, onde foi feita a pesquisa, desde a primeira série do ensino fundamental I; com relação aos seus pais, sua mãe, prendas domésticas, possui o nível médio completo e seu pai é engenheiro aposentado da CHESF. Refere que ‘gosta mais ou menos de estudar’ e que suas matérias preferidas são ciências, história e português; considera matemática ‘muito difícil’ e não gosta de estudar nem a própria matemática e nem geografia ou inglês.

A escolha desta aluna nas considerações qualitativas da pesquisa se deve à observação de alguns fatores que, acreditamos, apresentam relações de interdependência: nota baixa no teste NAPE e nas disciplinas escolares (matemática, ciências e português), muitos erros na etapa de resolução dos problemas aritméticos da pesquisa, restrições no funcionamento executivo e uma pontuação mediana no teste de Inteligência Raven (pontuação = 30,  $média_{global} = 31,9$  DP = 4,6 e  $média_{grupo} = 31,7$ ),

### Avaliação do Funcionamento Executivo

Wisconsin							
Número de cartões utilizados	Número de Categorias completas	Tentativas para completar a primeira categoria	Falhas para manter o contexto cognitivo	Respostas Corretas	Respostas Erradas	Respostas Perseverativas	Respostas de Nível Conceitual
128	3	11	1	69	59	40	49

Trilhas				Stroop					
Trilha A Tempo	Trilha A Erros	Trilha B Tempo	Trilha B Erros	Parte A Pontos	Parte A Erros	Parte B Pontos	Parte B Erros	Parte C Pontos	Parte C Erros
44''	0	106''	1	87	0	55	2	29	1

Cubos	Código	Figura Complexa Cópia	Figura Complexa Evocação	História Evocação	Escores escolares			Raven
					Matemática	Português	Ciências	
36	55	29	25	20	4,6	6,6	4,3	30

**Figura 54. Quadro referente ao Sumário dos Escores do Sujeito 24 em relação aos instrumentos utilizados**

A análise dos resultados obtidos no teste ‘Wisconsin’ evidencia que a aluna conseguiu elaborar uma hipótese de trabalho, testá-la e utilizá-la (tentativas para completar a primeira categoria = 11 média<sub>global</sub> = 12,9), ainda que tenha apresentado dificuldades em abandoná-la segundo a necessidade imposta pela tarefa, perseverando em suas respostas (número de respostas perseverativas = 40 média<sub>global</sub> = 19,4 e média<sub>grupo</sub> = 24,5) que já tenham se mostrado inadequadas e não conseguindo aproveitar, satisfatoriamente, as pistas fornecidas pelos estímulos ou pelo examinador.

O percentual de respostas perseverativas é alto (31,3%) e, com relação ao percentual das respostas corretas (53,9 %) e de nível conceitual (38,3%), estes se encontram um pouco distante, fazendo supor a existência de respostas certas obtidas ao acaso, tipo tentativa, acerto e erro.

Observam-se falhas atentas nos resultados do teste ‘Wisconsin’ (falhas em manter o contexto cognitivo = 1 média<sub>global</sub> = 0,63 média<sub>grupo</sub> = 0,75), no teste ‘Stroop’ (número de erros na parte B = 2 e na parte C = 1), no teste ‘Controle Atencional’ (pontuação = 18/dois erros) e no teste ‘Trilhas’ (número de erros na parte B = 1) ligadas à manutenção e

alternância do foco da atenção e restrições em relação à inibição dos estímulos irrelevantes, à memória operacional e à utilização do tempo, de uma vez que, para manter a qualidade do seu trabalho, necessita dilatar o tempo de realização da tarefa (tempo Trilhas A = 44'' e tempo Trilhas B = 106'').

Apresenta bom nível de aprendizagem associativa ('Código'/pontuação alcançada = 55,  $m_{global} = 49,2$  e  $m_{grupo} = 52,7$ ), de percepção e orientação espacial, ('Cubos'/pontuação alcançada = 36,  $m_{global} = 43,2$  e  $m_{grupo} = 42,3$  / DP 10,8), de visualização do relacionamento entre o todo e suas partes constituintes ('Figura Complexa de Rey'/pontuação alcançada = 29,  $m_{grupo} = 27,0$ ), de interpretação do texto e de linguagem compreensiva ('Memória Lógica'/pontuação alcançada = 20,  $m_{grupo} = 21,0$ ).

As observações e análise de suas respostas e resultados obtidos na etapa de resolução de problemas (a aluna só acertou um dos quatro problemas propostos) revelam tanto a dificuldade em identificar os dados do problema e relacionar estes dados para deduzir as operações aritméticas necessárias à resolução, quanto à condição de não se prender às palavras – perdeu, ganhou, vezes, etc. –, consideradas 'palavras-chave' utilizadas no enunciado que podem não propiciar a dedução da operação necessária a resolução (como nos enunciados utilizados no exercício da pesquisa).

Nas ponderações apresentadas acima, podemos observar uma relação direta entre as suas restrições no funcionamento executivo (rigidez cognitiva, falhas na manutenção da atenção e no aproveitamento das pistas fornecidas pelos estímulos da tarefa e na inibição dos estímulos irrelevantes) e seu desempenho matemático, explicitado tanto em relação à nota NAPE (10), quanto ao processo de resolução dos problemas aritméticos e a sua média final em matemática. Neste caso podemos, mais uma vez, verificar que as restrições em termos do funcionamento executivo podem interferir e/ou minimizar o desempenho matemático.

#### 4.2.2.3. Falhas na Manutenção da Atenção e na Percepção e Orientação Espacial

Sujeito: 63

Grupo: 5

Série: 5ª Série

Idade: 12 anos

Sexo: feminino

Nota NAPE: 17 (maiores notas)

##### **Perfil do sujeito**

Esta aluna estuda no colégio onde realizamos a pesquisa desde a terceira série do ensino fundamental I, pertence à classe média, reside no mesmo bairro do colégio onde estuda (Boa Viagem), seu pai possui o curso médio completo e trabalha como corretor de imóveis e sua mãe possui o curso superior completo e trabalha como enfermeira-chefe de um hospital geral da cidade do Recife.

Durante a entrevista, verbaliza que ‘gosta da escola’ que se relaciona bem com seus colegas e que gosta de estudar ‘matemática e redação’ e que não gosta de estudar geografia.

O motivo da inclusão desta aluna na análise qualitativa diz respeito à observação, simultânea, do desempenho matemático (nota NAPE), da nota escolar em matemática, nas pontuações relativas ao funcionamento executivo e ao processo de resolução dos problemas aritméticos revelado pela mesma nesta etapa da pesquisa. A análise qualitativa dos dados obtidos por esta aluna explicita alguns fatores do funcionamento executivo que podem interferir e/ou minimizar o bom desempenho matemático.

### Avaliação do Funcionamento Executivo

Wisconsin							
Número de cartões utilizados	Número de Categorias completas	Tentativas para completar a primeira categoria	Falhas para manter o contexto cognitivo	Respostas Corretas	Respostas Erradas	Respostas Perseverativas	Respostas de Nível Conceitual
128	2	11	1	70	58	45	43

Trilhas				Stroop					
Trilha A Tempo	Trilha A Erros	Trilha B Tempo	Trilha B Erros	Parte A Pontos	Parte A Erros	Parte B Pontos	Parte B Erros	Parte C Pontos	Parte C Erros
54''	0	85''	0	77	1	52	0	29	0

Cubos	Código	Figura Complexa Cópia	Figura Complexa Evocação	História Evocação	Escores escolares			Raven
					Matemática	Português	Ciências	
56	64	31	28	19	8,1	8,4	9,0	36

**Figura 55. Quadro referente ao Sumário dos Escores do Sujeito 63 em relação aos instrumentos utilizados**

A aluna conseguiu resolver os quatro problemas de estrutura aditiva propostos pela pesquisa e explicar o processo de resolução de três destes problemas; ela incorre em algumas falhas na exploração dos dados do enunciado: ela falha na identificação dos itens relativos à pergunta formulada e ao levantamento de todos os dados relevantes ao processo de resolução. Ainda assim, consegue deduzir as operações aritméticas necessárias. A análise dos seus erros indica a possibilidade que suas falhas tenham relação com restrições na identificação do que é, de fato relevante para a resolução da situação (inclui dados desnecessários e negligencia alguns relevantes numa solicitação específica) e na inibição do que seja irrelevante.

Quanto ao desempenho matemático (nota NAPE), observa-se uma nota alta em relação aos alunos selecionados na pesquisa (nota = 17  $média_{global}$  = 13,5) e dentro da média em relação

ao seu grupo ( $média_{grupo} = 16,5$ ), consegue se manter na média na relação entre a sua nota final em matemática e as notas dos seus colegas de grupo ( $nota = 7,5$   $média_{global} = 6,3$  e  $média_{grupo} = 7,4$ ); enquanto que suas outras notas se mostram abaixo da média na relação com as do seu grupo quanto a ciências ( $nota = 5,7$   $média_{global} = 6,6$  e  $média_{grupo} = 6,7$ ) e um pouco acima da média em relação a português ( $nota = 7,2$   $média_{global} = 6,8$  e  $média_{grupo} = 6,7$ ). Além disto, verifica-se que a aluna conseguiu uma boa pontuação no teste de inteligência Raven (pontuação = 32  $média_{global} = 31,9$ ).

Interessante observar o desempenho desta aluna no teste 'Wisconsin', pois à primeira vista, em termos quantitativos, parece bastante favorável: completa as seis séries do teste (número de categorias completas = 6  $média_{global} = 5,03$ ), consegue elaborar uma hipótese de trabalho rapidamente (tentativas para completar a primeira categoria = 12  $média_{global} = 12,9$ ), utilizada um número de cartões para a conclusão da tarefa abaixo da média global (número de cartões utilizados = 98  $média_{global} = 107,8$ ), não apresenta falhas ativas ou de memória operacional (falhas em manter a atitude cognitiva = 0), revela baixo percentual de respostas perseverativas (respostas perseverativas = 14,  $média_{global} = 19,4$ ) e uma proximidade entre o percentual de respostas corretas (percentual de respostas corretas = 77,5%) e de nível conceitual (percentual de respostas de nível conceitual = 72,4%).

Acontece que, apesar de não apresentar falhas na manutenção do contexto cognitivo em termos quantitativos, observa-se, no protocolo de respostas que, em duas ocasiões a criança se distraiu e perdeu o raciocínio que estava utilizando, tendo que recomeçar a série (segundo a apuração do teste, só é possível computar uma 'falha' quando o sujeito fornece cinco respostas corretas consecutivas e, depois, fornece uma resposta errada); a aluna em questão, nestas duas ocasiões mencionadas acima, errou (uma resposta errada) após o fornecimento de quatro respostas corretas, isto acarreta a utilização de um maior número de cartões e um maior tempo para a conclusão da tarefa.

Este fator evidenciado no teste ‘Wisconsin’ é ratificado quando observamos a quantidade de erros nas três etapas do teste ‘Stroop’ (erros parte A = 1, erros parte B = 2 e erros parte C = 4) e na evocação da história, ‘Memória Lógica’, onde a aluna só conseguiu evocar quatro itens das trinta possibilidades (pontuação = 4  $m_{global} = 19,1$  e  $m_{grupo} = 17,2$ ). Sua pontuação foi tão baixa que, para termos maiores esclarecimentos, procedemos, após a aplicação e computação dos dados do teste, a uma repetição do procedimento; esta estratégia de verificação qualitativa fez, através dos resultados obtidos, com que pudéssemos hipotetizar a existência de déficits atentos, pois nesta segunda aplicação a aluna conseguiu um escore de dezenove pontos.

Seus resultados no teste ‘Cubos’ se mostram muito rebaixados, tanto em relação à média dos sujeitos da pesquisa, quanto em relação ao seu grupo referência (pontuação alcançada = 25,  $m_{global} = 43,2$   $m_{grupo} = 40,2$ ), levantando indícios sobre a existência de alguma restrição quanto à percepção e orientação espacial.

Suas pontuações no teste ‘Trilhas B’ (pontuação alcançada = 65”,  $m_{global} = 108,3$   $m_{grupo} = 104,5$ ), no teste ‘Código’ (pontuação alcançada = 61,  $m_{global} = 49,2$   $m_{grupo} = 46,2$ ) e na ‘Figura Complexa de Rey’ (pontuação alcançada = 31,  $m_{global} = 27,5$   $m_{grupo} = 27$ ), indicam bom nível de aprendizagem associativa, de percepção entre o todo e suas partes constituintes e de velocidade de processamento das informações.

Na análise qualitativa deste sujeito de pesquisa podemos observar que, a relação entre o funcionamento executivo e o desempenho matemático (nota NAPE) é evidenciada através do esclarecimento de alguns fatores deste funcionamento executivo (restrições quanto à manutenção da atenção e da memória operacional, uma redução qualitativa na percepção e orientação espacial) que, com certeza, limitam e/ou minimizam sua capacidade de aprendizado geral e, mais precisamente, sua capacidade de aprendizagem da matemática.

#### 4.2.2.4. Falhas na Elaboração de uma Hipótese de Trabalho, na Manutenção da Atenção e na Velocidade de Processamento de Informações

Sujeito: 64

Grupo: 5

Série: 5<sup>a</sup> Série

Idade: 12 anos

Sexo: feminino

Nota NAPE: 16 (maiores notas)

##### **Perfil do sujeito**

Esta aluna estuda no colégio onde realizamos a pesquisa desde a educação infantil (jardim), pertence à classe média, reside no mesmo bairro do colégio onde estuda (Boa Viagem), seu pai possui o curso superior incompleto e é funcionário público e sua mãe, prendas domésticas, possui o curso médio completo.

Durante a entrevista, verbaliza que ‘gosta da escola’ que se relaciona bem com seus colegas e que gosta de estudar matemática e geografia e que não gosta de estudar português e ciências. Quanto à matemática, afirma que, ‘acha fácil, aprende rápido e que faz as tarefas sozinha, sem a ajuda dos pais’.

O motivo da inclusão desta aluna na análise qualitativa diz respeito à observação, simultânea, do seu desempenho matemático (nota NAPE), da nota escolar em matemática, nas pontuações relativas ao funcionamento executivo e ao processo de resolução dos problemas aritméticos revelado pela mesma nesta etapa da pesquisa. A aluna acertou dois dos quatro problemas aritméticos (mesmo considerando que os problemas eram muito fáceis), além de ter falhado em fornecer algumas informações acerca dos enunciados propostos. Suas principais restrições quanto ao funcionamento executivo dizem respeito ao uso do raciocínio hipotético-

dedutivo, às falhas de atenção e de memória operacional. A análise qualitativa dos resultados obtidos por esta aluna explicita alguns fatores do funcionamento executivo, com relação à nossa hipótese, que podem interferir ou minimizar o desempenho matemático.

**Avaliação do Funcionamento Executivo**

Wisconsin							
Número de cartões utilizados	Número de Categorias completas	Tentativas para completar a primeira categoria	Falhas para manter o contexto cognitivo	Respostas Corretas	Respostas Erradas	Respostas Perseverativas	Respostas de Nível Conceitual
111	6	27	0	74	37	15	60

Trilhas				Stroop					
Trilha A Tempo	Trilha A Erros	Trilha B Tempo	Trilha B Erros	Parte A Pontos	Parte A Erros	Parte B Pontos	Parte B Erros	Parte C Pontos	Parte C Erros
61''	0	118''	1	58	1	41	2	33	3

Cubos	Código	Figura Complexa Cópia	Figura Complexa Evocação	História Evocação	Escores escolares			Raven
					Matemática	Português	Ciências	
47	46	31	30	21	8,7	7,0	6,3	34

**Figura 56. Quadro referente ao Sumário dos Escores do Sujeito 64 em relação aos instrumentos utilizados**

Esta aluna revela um funcionamento executivo com algumas características relevantes e ilustrativas: dificuldades em utilizar o raciocínio hipotético-dedutivo revelado através do número de cartões que foram usados pela mesma até ser capaz de elaborar uma hipótese de trabalho e testá-la, confirmando-a ou refutando-a quando necessário (tentativas para completar a primeira categoria = 27  $média_{global} = 12,9$   $média_{grupo} = 15,5$ ); condição de manter a atitude cognitiva até a conclusão da tarefa (falhas em manter o contexto cognitivo = 0

média<sub>global</sub> = 0,63 média<sub>grupo</sub> = 0); flexibilidade cognitiva (respostas perseverativas = 15 média<sub>global</sub> = 19,4 média<sub>grupo</sub> = 14) e, conseqüentemente, adequada utilização das pistas fornecidas pelas propostas. Interessante ressaltar que, apesar da aluna ter apresentado a maior pontuação do grupo de pesquisa em relação ao levantamento inicial de uma hipótese de trabalho, sua condição de flexibilidade mental, de aproveitamento das pistas fornecidas pelos estímulos da tarefa e de manter o raciocínio até a conclusão da tarefa propiciou a conclusão da testagem, ou seja, a aluna conseguiu identificar e concluir as seis categorias próprias do teste, ainda com o número de cartões utilizados próximo da média global (número de cartões utilizados = 111 média<sub>global</sub> = 107,8).

Paralelamente, através da análise conjunta dos testes utilizados, verificamos que existem indicativos em relação à qualidade e quantidade do trabalho; verifica-se que, para manter a qualidade da sua atividade, se faz necessário diminuir a velocidade de processamento das informações, existindo uma dilatação do tempo necessário para a realização da tarefa. Este fator se torna mais grave quando a tarefa a executar, envolve duas atividades cognitivas concomitantes, como, por exemplo, realizar duas seqüências interligadas – letras e números / trilhas B ('Trilhas B/tempo = 118'' média<sub>global</sub> = 108,3 média<sub>grupo</sub> = 104,5) ou uma alternância e/ou manutenção do foco da atenção (teste 'Stroop': pontuação A = 58 média<sub>global</sub> = 77,8 média<sub>grupo</sub> = 73,7 / pontuação B = 41 média<sub>global</sub> = 57,2 média<sub>grupo</sub> = 57,5 / pontuação C = 33 média<sub>global</sub> = 31,8 média<sub>grupo</sub> = 33,2). ou inibir um estímulo mais saliente e atender à solicitação feita para que a solicitação da tarefa seja satisfeita atenção (teste 'Stroop': erros A = 1 média<sub>global</sub> = 0,25 média<sub>grupo</sub> = 0,5 / erros B = 2 média<sub>global</sub> = 0,59 média<sub>grupo</sub> = 1,2,5 / erros C = 3 média<sub>global</sub> = 1,03 média<sub>grupo</sub> = 2,5). Convém ressaltar que os seus escores de erros verificados no Teste Stroop foram responsáveis pela elevação das médias, neste item, alcançadas pelo seu grupo de pesquisa.

Apresenta, em relação ao grupo de pesquisa, um razoável nível de aprendizagem associativa ('Códigos'/pontuação alcançada = 46,  $m_{global} = 49,2$  e  $m_{grupo} = 40,5$ ), de percepção e orientação espacial, ('Cubos'/pontuação alcançada = 47,  $m_{global} = 43,2$  e  $m_{grupo} = 40,2$ ), de visualização do relacionamento entre o todo e suas partes constituintes ('Figura Complexa de Rey'/pontuação alcançada = 31,  $m_{grupo} = 30,2$ ), de interpretação do texto e de linguagem compreensiva e memória verbal ('Memória Lógica'/pontuação alcançada = 21,  $m_{grupo} = 17,2$ ).

A análise dos dados relativos ao funcionamento executivo se mostra favorável, na medida em que os fatores identificados não constituem um impeditivo ao desempenho matemático, mas podem levantar questionamentos quanto ao esforço na aluna em relação à capacidade de estudo (horas dedicadas ao estudo), à dificuldade em levantar uma hipótese de trabalho que possa resolver as tarefas que deve executar e à tentativa de se manter atenta e de não cometer falhas nos diversos exercícios escolares, como tarefas e provas. Em relação à evidência das nossas ponderações a partir dos resultados obtidos pela aluna, poderíamos pensar no seu desempenho numa prova escolar, por exemplo, onde careceria, muito provavelmente, de maior tempo para realizá-la, além de despender maior esforço cognitivo para dar conta da demanda avaliativa.

### **4.3. Fatores do Funcionamento Cognitivo Relevantes para o Desempenho Matemático Escolar**

O funcionamento executivo diz respeito a uma gama de fatores ou funções neuropsicológicas, já explicitadas em outras seções deste trabalho, que podem contribuir para a qualidade do desempenho em matemática escolar. Dentre estes fatores, a partir dos resultados obtidos e análises desenvolvidas, os que se mostraram mais expressivos foram: manutenção da atenção e do contexto cognitivo, uso do raciocínio hipotético-dedutivo,

sustentação da atenção, flexibilidade cognitiva, planejamento e ordenamento de procedimentos e memória operacional.

Estes fatores cognitivos são relevantes na capacidade de aprendizado de uma maneira geral e mais expressivos na capacidade de aprendizagem da matemática, tratada nesta pesquisa como uma atividade de resolução de problemas. Esta atividade requer, como vimos através dos exemplos retirados dos protocolos dos sujeitos apresentados anteriormente, a partir do trabalho de exploração do enunciado do problema: a identificação dos dados e o estabelecimento de uma relação entre estes dados – iniciativa, motivação, linguagem compreensiva, atenção e memória operacional; a dedução das operações aritméticas necessárias à resolução – raciocínio hipotético-dedutivo, memória operacional; a utilização do procedimento aritmético adequado – escolha de uma estratégia, organização e ordenação das etapas do trabalho, manutenção da atenção e do contexto cognitivo, habilidades visuo-construtivas; verificação dos resultados – memória operacional, flexibilidade cognitiva, automonitoramento. A atividade de resolução de problemas exige uma condição neuropsicológica tal, que seja capaz de retratar um bom funcionamento destes fatores e outros que, também, possam importar, apesar de não investigados nesta pesquisa, como, por exemplo, uso da linguagem (avaliada apenas para a verificação do possível fator de exclusão, na existência de restrições ou impedimentos) e a memória de longo prazo (não avaliada, embora possamos afirmar que, durante a etapa de resolução de problemas aritméticos, nenhum erro foi verificado por falhas na recuperação dos fatos aritméticos ou em relação ao uso do algoritmo).

Com relação aos nossos resultados, pudemos verificar a existência de sujeitos, em cada subgrupo da pesquisa, que revelaram um bom funcionamento executivo e outros que apresentaram falhas expressivas no funcionamento executivo, independente do sexo e da série escolar, ainda que, em relação à comparação em termos de resultados quantitativos deste

funcionamento entre os grupos relativos às séries escolares (quinta e sexta), tenhamos encontrado, na maioria dos testes e instrumentos utilizados, diferenças estatisticamente significativas a favor da sexta série. Apresentamos, a seguir, duas tabelas acerca dos resultados de todos os sujeitos da pesquisa, da sexta e da quinta séries, nos procedimentos metodológicos utilizados na comparação dos resultados do exercício de resolução de problemas com os fatores relevantes do funcionamento executivo:

**Tabela 44. Fatores de Funcionamento Executivo Identificados na Avaliação dos Sujeitos do Grupo da Sexta Série:**

Sujeitos ●	Resultados / Informações						
	Sub-grupo	Idade	Sexo	Nota NAPE	Nota Matemática	Problemas Aritméticos	Funcionamento Executivo
2	1	12	F	19	9,5	3 acertos / 4 falhas na identificação dos dados	Falhas na sustentação da atenção
3	1	13	F	19	9,4	4 acertos / identificou todos os dados	Falhas na manutenção do contexto cognitivo
4	1	13	F	17	8,1	4 acertos / 2 falha na identificação dos dados	Falhas na sustentação da atenção e na velocidade de processamento das informações
6	1	12	F	17	8,1	4 acertos / 1 falha na identificação dos dados	Falhas na manutenção do contexto cognitivo e rigidez cognitiva
24	2	13	F	10	4,6	1 acerto / 8 falhas na identificação dos dados	Falhas na manutenção do contexto cognitivo, na velocidade de processamento das informações e rigidez cognitiva

Sujeitos ①	Resultados / Informações						
	Sub-grupo	Idade	Sexo	Nota NAPE	Nota Matemática	Problemas Aritméticos	Funcionamento Executivo
26	2	13	F	10	6,7	3 acertos / 6 falhas na identificação dos dados	Falhas na manutenção do contexto cognitivo, na memória operacional, nas habilidades viso-construtivas e rigidez cognitiva
28	2	13	F	9	4,5	2 acertos / 8 falhas na identificação dos dados	Falhas na sustentação da atenção, na memória operacional, nas habilidades viso-construtivas e rigidez cognitiva
30	2	13	F	9	5,2	1 acerto / 6 falhas na identificação dos dados	Falhas na sustentação da atenção e na memória operacional
34	3	12	M	18	7,0	4 acertos / 1 falha na identificação dos dados	Falhas na manutenção do contexto cognitivo
36	3	12	M	18	6,7	4 acertos / 1 falha na identificação dos dados	Adequado funcionamento executivo
37	3	13	M	17	7,9	4 acertos / identificou todos os dados	Falhas na manutenção do contexto cognitivo
38	3	13	M	17	4,8	4 acertos / 6 falhas na identificação dos dados	Rigidez cognitiva
54	4	13	M	9	7,1	4 acertos / 2 falhas na identificação dos dados	Falhas na sustentação da atenção e nas habilidades viso-construtivas
55	4	13	M	9	4,3	3 acertos / 3 falhas na identificação dos dados	Falhas na sustentação da atenção e nas habilidades viso-construtivas
56	4	13	M	8	6,5	4 acertos / 2 falhas na identificação dos dados	Falhas na manutenção do contexto cognitivo e nas habilidades viso-construtivas

Sujeitos ①	Resultados / Informações						
	Sub-grupo	Idade	Sexo	Nota NAPE	Nota Matemática	Problemas Aritméticos	Funcionamento Executivo
57	4	13	M	8	2,2	1 acerto / 5 falhas na identificação dos dados	Falhas na manutenção do contexto cognitivo e nas habilidades viso-constructivas

**Tabela 45. Fatores de Funcionamento Executivo Identificados na Avaliação dos Sujeitos do Grupo da Quinta Série:**

Sujeitos ①	Resultados / Informações						
	Sub-grupo	Idade	Sexo	Nota NAPE	Nota Matemática	Problemas Aritméticos	Funcionamento Executivo
62	5	11	F	17	7,2	3 acertos / 2 falhas na identificação dos dados	Falhas na sustentação da atenção, nas habilidades viso-constructivas e rigidez cognitiva
63	5	12	F	17	7,5	4 acertos / identificou todos os dados	Falhas na sustentação da atenção, na memória operacional, nas habilidades viso-constructivas e rigidez cognitiva
64	5	12	F	16	8,7	2 acertos / 5 falhas na identificação dos dados	Falhas na sustentação da atenção e na velocidade de processamento das informações
6	5	11	F	16	6,4	3 acertos / 4 falhas na identificação dos dados	Falhas na sustentação da atenção e na velocidade de processamento das informações

73	6	12	F	13	7,3	3 acertos / 4 falhas na identificação dos dados	Falhas na velocidade de processamento das informações, nas habilidades visuo-construtivas e rigidez cognitiva
74	6	11	F	13	8,6	2 acertos / 2 falhas na identificação dos dados	Falhas na sustentação da atenção e na memória operacional

Sujeitos ⓪	Resultados / Informações						
	Sub-grupo	Idade	Sexo	Nota NAPE	Nota Matemática	Problemas Aritméticos	Funcionamento Executivo
78	6	11	F	11	5,1	4 acertos / 4 falhas na identificação dos dados	Falhas na manutenção da atenção e do contexto cognitivo, na sustentação da atenção, nas habilidades visuo-construtivas e rigidez cognitiva
79	7	11	M	19	10,0	4 acertos / identificou todos os dados	Falhas na sustentação da atenção e rigidez cognitiva
80	7	12	M	19	5,7	4 acertos / 1 falha na identificação dos dados	Falhas na sustentação da atenção e rigidez cognitiva
81	7	11	M	18	3,9	1 acerto / 9 falhas na identificação dos dados	Falhas na manutenção da atenção e do contexto cognitivo, na velocidade de processamento das informações, na sustentação da atenção, na memória operacional
82	7	12	M	18	9,1	4 acertos / 1 falha na identificação dos dados	Falhas na aprendizagem associativa e na manutenção da atenção
96	8	11	M	9	5,7	2 acertos / 10 falhas na identificação dos dados	Falhas na manutenção da atenção e do contexto cognitivo, na velocidade de processamento das

97	8	12	M	8	3,1	2 acertos / 7 falhas na identificação dos dados	informações, nas habilidades viso-construtivas e rigidez cognitiva Falhas na manutenção da atenção e do contexto cognitivo, na velocidade de processamento das informações e nas habilidades viso-construtivas
----	---	----	---	---	-----	---	---

Sujeitos Ⓢ	Resultados / Informações						
	Sub-grupo	Idade	Sexo	Nota NAPE	Nota Matemática	Problemas Aritméticos	Funcionamento Executivo
98	8	12	M	7	5,0	3 acertos / 4 falhas na identificação dos dados	Falhas na manutenção da atenção e do contexto cognitivo, na velocidade de processamento das informações e na aprendizagem associativa
99	8	12	M	7	5,0	3 acertos / 5 falhas na identificação dos dados	Falhas na manutenção da atenção e do contexto cognitivo, na sustentação da atenção e rigidez cognitiva

As tabelas acima evidenciam os nossos achados neuropsicológicos, os quais esclarecem algumas questões e propiciam outras indagações; os sujeitos, à exceção de um deles, apresentam falhas no funcionamento executivo que podem interferir no desempenho matemático escolar; as falhas detectadas, porém, podem não se constituir num impeditivo e sim numa possível explicação para os erros cometidos, para as dificuldades de aprendizagem da matemática ou para as notas obtidas nas avaliações escolares.

Dependendo das falhas detectadas e do nível de comprometimento existente, os fatores do funcionamento executivo podem se tornar um impeditivo, uma grande restrição de

possibilidades de aprendizagem da matemática ou uma maior possibilidade de erros cometidos ao realizar as atividades escolares. O sujeito 96, por exemplo, apresenta falhas na manutenção da atenção e do contexto cognitivo, na velocidade de processamento das informações, nas habilidades viso-construtivas, na utilização das pistas fornecidas pelos estímulos da proposta e rigidez cognitiva. Este ‘conjunto de fatores do funcionamento executivo’ pode se revelar uma enorme restrição nas possibilidades de aprendizagem da matemática e na capacidade de aprendizado de maneira geral. Temos que verificar o conjunto de fatores, na sua frequência e intensidade, o que constitui o ‘padrão executivo do sujeito’, com o qual se pode estimar ou prever sua capacidade de aprendizagem da matemática, assim como suas principais dificuldades frente a demanda escolar.

Esta análise comparativa entre os resultados obtidos pelos alunos da quinta e da sexta séries, em relação às falhas dos ‘fatores do funcionamento executivo’ mais significativos e relevantes ao desempenho matemático escolar podem ser melhor visualizados através das figuras abaixo:

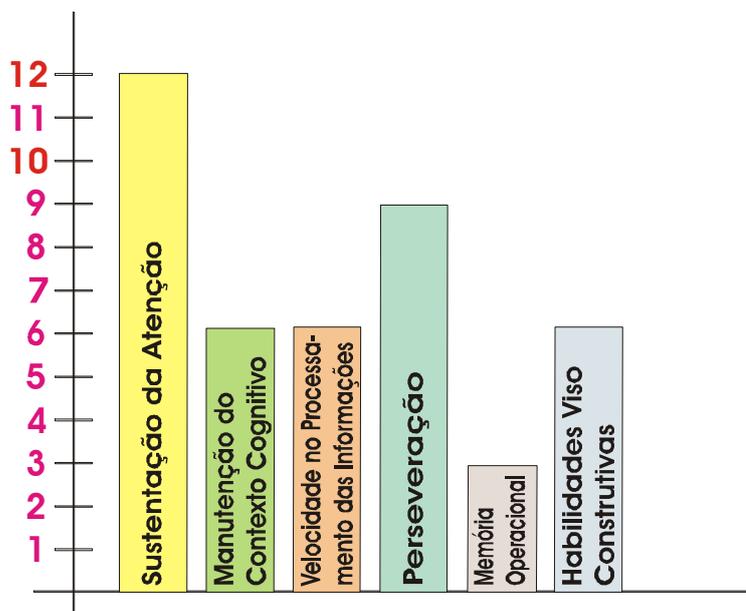
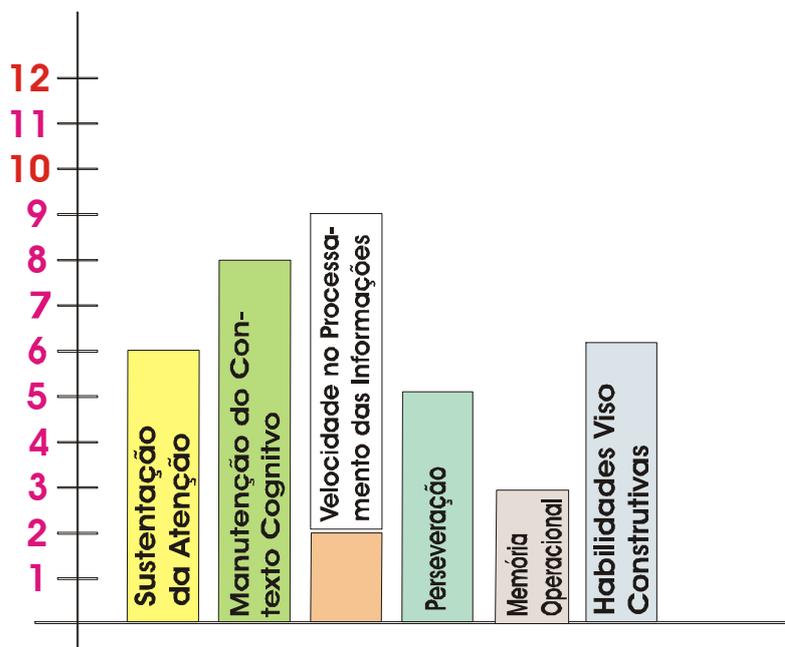


Figura 57. Gráfico das Falhas detectadas em relação aos Fatores Relevantes do Funcionamento Executivo – 5ª Série



**Figura 58. Gráfico das Falhas detectadas em relação aos Fatores Relevantes do Funcionamento Executivo – 6ª Série**

As falhas no Funcionamento Executivo dos Sujeitos da 5ª Série são mais frequentes e mais intensas no que diz respeito à Atenção (sustentação), à Memória Operacional, ao Raciocínio Hipotético-Dedutivo, à Aprendizagem Associativa, à Inibição dos Estímulos Irrelevantes, à Flexibilidade Cognitiva e ao Aproveitamento das Pistas fornecidas. A partir destes dados, conseguimos enfatizar o nosso principal objetivo, identificar quais os fatores do funcionamento executivo que seriam mais relevantes para o desempenho matemático escolar.

A análise dos resultados do funcionamento neuropsicológico dos sujeitos da pesquisa, que abrangeu dados quantitativos e qualitativos, nos forneceu subsídios relevantes, para o início das nossas discussões e conclusões, apresentadas na seção seguinte.

## ***5. Discussão e Conclusão***



## 5. Discussão e Conclusão

Com o objetivo de investigar a relação entre o funcionamento executivo e o desempenho matemático escolar, procedemos a várias etapas da nossa pesquisa, caminhando desde a fundamentação teórica, o levantamento da nossa hipótese, passando pela metodologia e análise de resultados, para neste momento, passarmos a discussão destes resultados com seus devidos desdobramentos. Com relação a nossa discussão, nos fixaremos na relação existente entre o funcionamento executivo e o desempenho matemático escolar, nos fatores deste funcionamento executivo mais relevantes, nas implicações neuropsicológicas em termos de desenvolvimento das funções executivas, no processo de aprendizagem dos alunos desta faixa etária e nas possibilidades em termos tanto da prática escolar, quanto de futuras pesquisas, as quais possam ampliar nossas investigações e propiciar novas conclusões.

Nosso objetivo de pesquisa não teve a pretensão de, mais uma vez, enfatizar possíveis explicações definitivas para as dificuldades de aprendizagem da matemática centradas em restrições pedagógicas, psicológicas, psicopedagógicas ou neuropsicológicas dos alunos envolvidos. A contribuição da pesquisa diz respeito à identificação, em primeiro lugar, da correspondência entre o funcionamento executivo e as etapas do processo de resolução de problemas aritméticos, em segundo lugar, da relação direta entre este funcionamento executivo e o desempenho matemático escolar e, em terceiro lugar, dos fatores deste funcionamento executivo que podem interferir minimizando ou maximizando, em termos qualitativos, o desempenho matemático; que, em última instância, seria nosso objetivo principal – determinar quais os fatores do funcionamento executivo mais relevantes para o desempenho matemático escolar. Além destes objetivos, enumeramos alguns índices neuropsicológicos, parâmetros de avaliação de resultados dos testes neuropsicológicos utilizados, que melhor identificam os fatores do funcionamento executivo implicados no

desempenho matemático escolar; para cada teste neuropsicológico, existem parâmetros de avaliação e, dentre estes, conseguimos agrupar aqueles que conseguiriam explicitar a existência de falhas no processo cognitivo subjacente à resolução de problemas aritméticos e o impacto destas falhas no processo como um todo e, conseqüentemente, no desempenho matemático escolar.

Se tivéssemos partido da hipótese de que somente o funcionamento executivo poderia dar conta, explicar ou justificar o desempenho matemático escolar nós não teríamos confirmado nossa hipótese, pois nossos resultados não seriam conclusivos em relação a esta questão. Mas, na nossa pesquisa, o ‘lugar do funcionamento executivo’ seria de um facilitador e não o de um determinante. Quando apresentamos a Figura 4 (página 42) no nosso trabalho, a qual descreve a relação entre o processo de resolução de problemas e o funcionamento executivo, retratamos o que deve ser esperado quando o desenvolvimento e funcionalidade deste espectro neuropsicológico se mostram adequados ou satisfatórios. Ao avaliarmos o desempenho matemático escolar de um aluno e seu respectivo funcionamento executivo, nem sempre esta ‘correspondência passo a passo’ é estabelecida. As dificuldades relacionadas ao processo de resolução de problemas aritméticos podem ser melhor estudadas quando se identificam, paralelamente, as etapas deste processo utilizadas pelo aluno e as possíveis falhas executivas relacionadas a esta proposta.

Na seção de análise dos resultados, na investigação quanto ao nível de significância de contraste intergrupos em relação às pontuações alcançadas pelos subgrupos da pesquisa nos testes neuropsicológicos utilizados, pudemos verificar diferenças, em termos de desempenho, quanto ao funcionamento executivo, entre os resultados dos subgrupos e na comparação entre os resultados dos grupos referentes às séries escolares (quinta e sexta séries), ainda que, em alguns destes testes, estes resultados estejam próximos ao nível de significância estabelecido. Estas questões não representam impossibilidades de confirmação ou refutação da nossa

hipótese, a relação entre o funcionamento executivo e o desempenho matemático escolar, mas probabilidades de análise qualitativa referente aos fatores do funcionamento executivo, os quais implicam na qualidade deste desempenho e na possibilidade de identificação de um padrão de funcionamento característico a um indivíduo ou a uma faixa etária. Estes resultados apontam uma direção de análise, àquela que nos parece mais relevante: nosso trabalho de pesquisa não pretendeu estabelecer diferenças entre gênero ou entre séries escolares, pesquisamos aspectos qualitativos do funcionamento executivo implicados no desempenho em matemática escolar.

Os resultados obtidos e discutidos na análise de dados, sob o enfoque da neuropsicologia, evidenciam uma discussão baseada no pressuposto de que todos os parâmetros de avaliação, pontuações alcançadas nos testes neuropsicológicos utilizados, compõem um todo específico, pertinente a um determinado sujeito, a um especificado funcionamento executivo, onde a qualidade do funcionamento deste todo e as falhas existentes nas suas partes constituintes farão a diferença em relação ao desempenho matemático escolar. A identificação do funcionamento executivo como um todo e dos fatores deste funcionamento mais relevantes na qualidade do desempenho matemático escolar diz respeito à nossa análise qualitativa dos protocolos; não é possível categorizar o funcionamento executivo: bom funcionamento, médio funcionamento e mau funcionamento. O que é possível e relevante para a investigação da qualidade deste funcionamento diz respeito à análise dos componentes (fatores), ao impacto do funcionamento de cada um destes componentes no todo e o funcionamento como um todo. “O acesso e a compreensão aos fenômenos ou processos psicológicos, em quaisquer das áreas e objetos de intervenção em psicologia, não se configuram uma tarefa fácil, pelo grau de complexidade e plurideterminação dos eventos psicológicos, mas é a condição pela qual se torna necessária uma ciência de tal magnitude” (CRUZ, ALCHIERI, SARDA JUNIOR, 2002, p. 17).

Cada indivíduo, a partir da carga genética, condições de nascimento e relações de interdependência contínua com o meio ambiente, possui um tipo singular de funcionamento neuropsicológico, onde cada função neuropsicológica tem sua especificidade e seu impacto neste funcionamento como um todo. Assim, cada indivíduo possui um funcionamento particular, um substrato cognitivo, onde cada uma das funções neuropsicológicas contribui, com a qualidade do seu funcionamento, para a sua condição neuropsicológica. Todos os indivíduos e cada um em particular possuem um conjunto de funções neuropsicológicas, no qual algumas destas funções mostram-se bem desenvolvidas, outras pouco desenvolvidas, algumas deficitárias ou comprometidas. Dependendo da qualidade de funcionamento de cada função neuropsicológica e do impacto de cada uma no funcionamento do conjunto, como as mesmas se interligam, se comunicam e interagem, o funcionamento neuropsicológico do indivíduo vai ser constituído – é com este aparato neuropsicológico que ele responderá à demanda da vida cotidiana. Nossa discussão procurou focalizar uma destas funções neuropsicológicas – as funções executivas.

Partindo das considerações apresentadas no parágrafo anterior, cada pessoa possui um funcionamento executivo que lhe caracteriza como um indivíduo em particular e com o qual este indivíduo aprende, trabalha, se relaciona com as outras pessoas e que determina, em parte, o modo e possibilidades do viver. Nenhuma pessoa possui um funcionamento executivo no qual todos os fatores pertinentes funcionam perfeitamente, num alto e homogêneo padrão de desempenho. Todas as pessoas apresentam algum tipo de falha no funcionamento executivo, mas algumas falhas são mais expressivas nas possibilidades de restrição ou de impedimento da aprendizagem. Para identificar este padrão de funcionamento, resta-nos a investigação mais aprofundada de cada indivíduo para que seja possível traçar o seu perfil executivo e verificar as probabilidades em relação ao desempenho matemático escolar. Na identificação do tipo de falha e da intensidade da interferência deste prejuízo no

funcionamento executivo como um todo é que poderemos traçar o perfil de aprendizagem de cada sujeito: temos aqui um caminho de pesquisa que pode vir a trazer contribuições importantes tanto em termos neuropsicológicos como psicopedagógicos.

Alguns estudos e pesquisas em neuropsicologia já evidenciaram a importância da atenção, da memória operacional ou das funções executivas na atividade matemática. A observação dos resultados obtidos na nossa pesquisa possibilitou identificar os seguintes fatores do funcionamento executivo mais relevantes: sustentação da atenção (manter o foco da atenção até a conclusão da tarefa), memória operacional (manter o foco da atenção sobre as informações ao mesmo tempo em que manipula estas informações para a solução do problema), manutenção do contexto cognitivo (manter o raciocínio apesar dos estímulos distratores ou do tempo necessário à execução da tarefa), habilidades viso-construtivas (perceber os estímulos e ser capaz de manipulá-los e relacioná-los espacialmente de forma adequada segundo um modelo ou solicitação da proposta), inibição dos estímulos irrelevantes (manter o foco da atenção no que deva ser objeto desta atenção, inibindo todos os demais estímulos concorrentes ou mais salientes), flexibilidade cognitiva (ser capaz de utilizar informações do ambiente ou dos próprios estímulos da proposta, para confirmar ou refutar sua hipótese de trabalho, conseguindo, a partir deste confronto de resultados, abandonar sua hipótese de partida e elaborar uma outra possibilidade de trabalho) e velocidade de processamento das informações (ritmo de trabalho em relação à codificação, organização e armazenamento).

As falhas dos sujeitos da quinta série, reveladas através dos resultados nos testes utilizados, na comparação com os sujeitos da sexta série, em relação a habilidades viso-construtivas, à memória operacional, à focalização, alternância e sustentação da atenção, à flexibilidade cognitiva, ao uso do raciocínio hipotético-dedutivo, ao aproveitamento das pistas fornecidas pelos estímulos da proposta, à condição de inibição dos estímulos irrelevantes e à

aprendizagem associativa são mais frequentes e mais intensas (pontuação alcançada e frequência de erros). Isto permite inferir a possibilidade de existir uma melhora do funcionamento executivo, em função do desenvolvimento do indivíduo, explicitado através de um melhor desempenho nos testes que investigam este funcionamento, quando se comparam grupos por faixas etárias distintas. Não podemos nos afastar do fato de que a nossa pesquisa lida, ainda que indiretamente, com desenvolvimento neuropsicológico, devido tanto a faixa etária dos nossos sujeitos, quanto à função neuropsicológica central (funções executivas) do nosso trabalho. Outra possibilidade interessante de estudo, portanto, seria aquela que não somente trouxesse dados adicionais relacionados ao processo de desenvolvimento das funções executivas, relacionando-o, também, a circunstâncias ambientais, às vivências individuais e, principalmente, à contribuição do percurso escolar no processo de desenvolvimento destas funções.

Avançando na discussão dos nossos dados, os sujeitos, cujos protocolos de avaliação neuropsicológica das funções executivas foram analisados qualitativamente, à exceção de um sujeito cuja análise explicitou a relação entre um mau funcionamento executivo e um mau desempenho matemático escolar, já tinham completado doze anos. Segundo a literatura pertinente à área, o funcionamento executivo de uma criança de doze anos já é semelhante ao funcionamento executivo de um adulto, ainda que saibamos de flutuações possíveis em termos da relação idade e desenvolvimento. Por isto, escolhemos sujeitos que tivessem maior probabilidade de evidenciar restrições no funcionamento executivo que não pudessem ser justificadas, apenas, pela faixa etária; deveria haver indicativos desta restrição, as quais refletiriam a existência de falhas, um comprometimento ou um insatisfatório desenvolvimento, o que restringiria ou minimizaria o desempenho matemático e, de maneira mais abrangente, a capacidade de aprendizado do respectivo estudante.

Todos os nossos sujeitos, à exceção do sujeito 36, apresentaram algum tipo de falha no funcionamento executivo, a questão é: qual o impacto de uma falha ou de algumas falhas no funcionamento como um todo? Alguns sujeitos, mesmo apresentando algumas falhas específicas, no cômputo geral, conseguem estabelecer um padrão de qualidade no funcionamento executivo que permite uma capacidade de aprendizado satisfatória.

A pesquisa acerca do detalhamento da relevância destes fatores se constitui numa contribuição significativa para a prática escolar no que diz respeito à aprendizagem da matemática, na medida em que possibilita a construção de um programa educacional tanto em relação à promoção do desenvolvimento cognitivo, enfatizando as funções executivas, quanto de uma prática pedagógica que tenha como objetivo a explicitação do fazer matemático e o trabalho cognitivo subjacente e imprescindível à tarefa de resolução de problemas. A partir da avaliação dos fatores do funcionamento executivo pertinentes e da relação destes achados neuropsicológicos com a análise dos erros observados no processo de resolução de problemas aritméticos dos sujeitos, podemos ampliar nosso conhecimento acerca da relação entre o desenvolvimento das funções neuropsicológicas e o desempenho escolar, notadamente em matemática. Tais dados, por sua vez, possibilitariam a proposição de uma prática pedagógica específica voltada para alunos na aprendizagem da matemática no ensino fundamental.

Partindo do pressuposto de que a objetivo primordial da escola é promover desenvolvimento e que, nesse contexto, o desenvolvimento do funcionamento executivo tem especial interesse para a gestão de tarefas cognitivas complexas, podemos pensar no interesse de uma prática pedagógica que inclua atividades que visem o desenvolvimento das funções neuropsicológicas. Ao invés de cobrar do aluno que ele ‘esteja pronto para aprender’, que ele possua um aparato neuropsicológico satisfatório para dar conta da demanda de aprendizado – poder atento, uma memória eficaz, um nível de uso da linguagem satisfatório, um raciocínio

e funcionamento executivo adequado e suficiente velocidade de processamento de informações – a escola deveria contribuir para o desenvolvimento deste aparato cognitivo.

O acesso à vida escolar, com todas as possibilidades que esta prática acadêmica pode propiciar, deve fazer diferença no desenvolvimento neuropsicológico dos estudantes; a educação sistemática proporciona maiores e melhores chances de promover o desenvolvimento de um aparato neuropsicológico que permita um melhor desempenho frente à demanda da vida escolar e social. Disso não se depreende que a esfera do funcionamento neuropsicológico estrito senso seja o único ou mais importante aspecto no que diz respeito à explicação do desempenho escolar: aspectos relacionados à cultura, com seus diversos artefatos e possibilidades de interação e exercício de papéis sociais, devem ser igualmente levados em conta. A vivência escolar se constitui num ‘terreno fértil’ de possibilidades de desenvolvimento cultural que abarca o desenvolvimento neuropsicológico

Mesmo nos casos em que existam restrições neuropsicológicas por parte do aluno, é possível um trabalho que, ao invés de ser denominado de ‘reabilitação neuropsicológica’ como no contexto clínico, seria denominado ‘exercícios de desenvolvimento neuropsicológico’. Estudos e pesquisas em neuropsicologia têm comprovado que a plasticidade do sistema nervoso é uma característica única em relação a todos os outros sistemas orgânicos, revelando que a aprendizagem pode conceber alterações estruturais no cérebro, porque a cada nova experiência do indivíduo, redes de neurônios são organizadas em resposta à experiência e como adaptação aos estímulos repetidos (LENT, 2001). Não estamos propondo que a escola inclua, na sua grade curricular, um ‘treino cognitivo’, com proposta de exercícios dirigidos ao desenvolvimento da atenção, memória ou funções executivas, mas que esteja atenta a este aspecto da sua atuação e, sempre que possível ou necessário, possa proporcionar situações acadêmicas favoráveis ao desenvolvimento das funções neuropsicológicas.

Neste trabalho, a ênfase estaria na promoção do desenvolvimento de funções cognitivas sob a visão da neuropsicologia e não apenas num ‘treino cognitivo de funções’, pois as questões relativas à motivação, ao relacionamento professor-aluno, à qualidade do material utilizado, ao trabalho realizado em equipe de alunos e a escolha de atividades significativas fariam parte do investimento neuropsicológico nos alunos. Ao afirmarmos isso, partimos de determinada perspectiva acerca da esfera da neuropsicologia que não se limita a cerebralidade estrito senso, conforme discutido no capítulo de abertura do presente trabalho.

Após a coleta de dados, aplicação dos testes neuropsicológicos de investigação, apuração dos mesmos e análise dos resultados, hipotetizamos que poderíamos ter acrescentado ao nosso protocolo de avaliação mais quatro instrumentos pertencentes à escala clínica de inteligência – WISC III: dígitos (memória imediata), vocabulário (uso e amplitude do vocabulário), nove figuras e nove palavras (memória imediata verbal e visual) e semelhanças (raciocínio categorial). Isto não constitui um erro metodológico, mas possibilidades de maior exploração da função da memória e da linguagem, com relação ao trabalho de exploração do enunciado, durante a execução da tarefa de resolução de problemas aritméticos.

Uma das possibilidades de expansão dos estudos mais próximas do âmbito da nossa pesquisa, diz respeito à relação entre os achados da nossa pesquisa com os estudos relativos à metacognição, termo conhado por Flavell em 1976. Segundo o autor, “metacognição (cognição sobre a cognição) refere-se ao conhecimento que se tem sobre os próprios processos cognitivos e produtos ou qualquer coisa relacionada a ele”, ou, ainda, “refere-se ao monitoramento ativo e à conseqüente regulação e orquestração desses processos em relação aos objetos cognitivos ou dados sobre os quais eles incidem, usualmente, a serviço de alguma meta ou objetivo concreto”. Interessante relacionar este monitoramento ativo e conseqüente regulação e orquestração dos processos cognitivos com as funções executivas, com as quais

podemos iniciar, manter, regular e concluir os processos neuropsicológicos simultâneos e sequenciais necessários na grande maioria de nossas tarefas de aprendizagem escolar e, especialmente, segundo os achados da nossa pesquisa, na resolução dos problemas aritméticos.

Com relação às possibilidades de continuação ou desdobramentos da nossa pesquisa, acreditamos que seria pertinente a realização de um estudo longitudinal, onde avaliaremos o funcionamento executivo de todos os alunos de uma turma de primeira série do ensino fundamental e faríamos o acompanhamento destes alunos durante as quatro primeiras séries, fazendo avaliações sistemáticas e elaborando um programa neuropsicológico de desenvolvimento das funções executivas. Assim, poderíamos utilizar as informações obtidas na avaliação do funcionamento executivo tanto para estabelecer o padrão de funcionamento executivo de um determinado aluno e levantar hipóteses sobre o seu desempenho matemático escolar futuro, quanto elaborar um programa de promoção de desenvolvimento neuropsicológico, operacionalizado através das situações de aprendizagem específicas e características da prática escolar.

## Referências



ABAD-MAS, M. C. Etechepareborda. **Memoria de trabajo en los procesos básicos del aprendizaje**. Rev Neurol 2005; 40 (Supl 1); S89-S83.

ALONSO e FUENTES, n.d **Neuropsicología de la aritmética Elemental**. [http://www.ual.es/~dalonso/NEUROPSICOLOGIA\\_DE\\_LA\\_ARITMETICA.htm](http://www.ual.es/~dalonso/NEUROPSICOLOGIA_DE_LA_ARITMETICA.htm) Acesso em 04 de setembro de 2001

AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION DSM-IV. **Manual diagnóstico e estatístico de transtornos mentais**. Porto Alegre: Artmed, 2002.

ANDERSON, V.A.; ANDERSON, E.; NORTLAN, E.; JACOBS, R. e CATROPPA, C. Development of Executive Function Through Late Childhood and Adolescence in an Australian Sample. **Developmental Neuropsychology**, 2001, vol. 20, nº 1, Pages 385-406.

ANDRADE, Vivian Maria; DOS SANTOS, Flávia Heloísa; AMADEO BUENO, Orlando Francisco (Orgs.). **Neuropsicologia Hoje**. São Paulo, Artes Médicas, 2004.

ANGELINE et al. **Manual Matrizes Progressivas Coloridas de Raven**: escala especial. São Paulo: Centro Editor de Testes e Pesquisas em Psicologia, 1999.

BADDELEY, A. **Working memory**. Oxford: Clarendon Press, 1986.

BADDELEY, A. **Working memory**. Science 255, 556-559.

BOLOGNANI, Solvia Adriana Prado e DE GOUVEIA, Paula Adriana Rodrigues Reabilitação Neuropsicológica em Alterações de Lobos Frontais. In. GONÇAVEL, M. J.; MACEDO, E. Sennyeyal e CAPOVILLA, F. C. (orgs.) **Tecnologia em (Re)Habilitação Cognitiva**, São Paulo: Centro Universitário São Camilo, 2000.

BRITO, G.N.O.; ALFRADIQUE, G. M. N.; PORTO, G. M. B.; PEREIRA, C. C. S. e SANTOS, T. R. Developmental norms for eight instruments used in the neuropsychological assessment of children: studies in Brazil. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, 1998, 11 399-412.

BULL, R. e JOHNSTON, R. S. Children's Arithmetical Difficulties: Contributions from Processing Speed, Item Identification, and Short-Term Memory. **Journal of Experimental Child Psychology**, 65, 1-24, 1997, Article Nº CH962358.

CAMBIER, J. **Neurologia**. Rio de Janeiro: Masson e Atheneu, 1988.

CAPILLA-GONZÁLES, A.; FERNÁNDEZ-GONZALES, S.; CAMPO, P.; MAESTÚ, F.; FERNÁNDEZ-LUCAS A.; MULAS, F. e ORTIZ, T. La magnetoencefalografía en los trastornos cognitivos del lóbulo frontal. **Rev Neurol**, 2004; 39(2); 183-188.

CHALVIN, Marie Joseph. **Los dos Cerebros en el Aula** - Conocer la dominancia cerebral para mejorar la educación. Madrid: TEA Ediciones, 1995.

CONSELHO REGIONAL DE PSICOLOGIA – 13ª Região **A Diversidade da Avaliação Psicológica**: Considerações teóricas e Práticas. João Pessoa: Ideia editora, 2001.

CORREIA, Mônica **Psicologia e escola**: uma parceria necessária. Editora Campinas, Alínea, 2004.

CRUZ, Roberto Moraes; ALCHIERI, João Carlos e SARDÁ JR, Jamir João. **Avaliação e medidas psicológicas**: produção do conhecimento e da intervenção profissional. São Paulo: Casa do Psicólogo, 2002.

DA ROCHA FALCÃO, J. T.; REGNIER, J. C. Sobre os métodos quantitativos na pesquisa em ciências humanas: riscos e benefícios para o pesquisador. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, 2000, v 81, n. 198, pp 229-243.

DA ROCHA FALCÃO, J. T. Atividade matemática em seus contextos básicos de funcionamento: a escola, a vida cotidiana, a academia. In Ribeiro do Vale, L. E. (editora científica) **Neuropsicologia e Aprendizagem**. São Paulo: Tecmedd, 2005.

DA ROCHA FALCÃO, Jorge Tarcísio **Psicologia da educação Matemática**: uma introdução. Belo Horizonte: Autêntica. 2003.

DAMÁSIO, Antônio **Em busca de Espinosa**: prazer e dor na ciência dos sentimentos. São Paulo, Companhia das Letras, 2004.

DAMASIO, Antônio R. **O Erro de Descartes**. São Paulo: Companhia das Letras, 1996

DOBATO, J. L., HERNAÁNDEZ-LAIN e CAMINERO, A B. **Acalculia, Bases Neurológicas, Evaluación y Transtornos**. Unidad de Neurología. Hosp. Ntra. Sra. de Sonsoles. Avila. España. <http://neurologia.rediris.es/congreso-1/conferencias/neuropsicologia-2-1.html>. Acesso em 28/10/2006.

EYSENCK, MV; KEANE, MT. **Psicologia cognitiva**: um manual introdutório. Porto Alegre: Artes Médicas, 1994.

EYSENCK, MW; KEANE, MT. **Psicologia Cognitiva**: um manual introdutório. Porto Alegre: Artes Médicas, 1994.

FAYOL, Michel **A criança e o número**: da contagem à resolução de problemas. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

FORMIGA, C. K., Tudella, K., Medeiros, J. L. Plasticidade Cerebral - Bases para a habilitação neurossensório-motora de bebês de risco. *Infanto – Rev Neuropsiqui. da Infância e Adolescência*. 10 (3); 97, 2002.

GIARDINETTO, José Roberto Boettger. **Matemática escolar e matemática da vida cotidiana**. Campinas, SP: Autores Associados, 1999. – (Coleção polêmicas do nosso tempo; v. 65).

GIL, Roger. **Neuropsicologia**. 2 ed., São Paulo: Livraria Santos Ed. Ltda., 2002.

GOLDEBERG, Elkhonon **O Cérebro Executivo**: lobos frontais e a mente civilizada. Rio de Janeiro: Imago Editora, 2002.

GOLDEN, Charles J. PH.D. **STROOP Test de Cores y Palabras**. Madrid: TEA Ediciones, 2001.

GONÇALVES, Maria de Jesús; MACEDO, Elizeu de Coutinho; SENNYEY, Alexa Livia e Capovilla, Ferando César (orgs.) **Tecnologia em (Re) Habilitação Cognitiva: uma perspectiva multidisciplinar. I Congresso Brasileiro de Tecnologia e (Re) Habilitação Cognitiva**, Centro Universitário São Camilo – EDUNISC e Sociedade Brasileira de Neuropsicologia. São Paulo: Edições Loyola, 1998.

GONÇALVES, Maria de Jesús; MACEDO, Elizeu de Coutinho; SENNYEY, Alexa Livia e CAPOVILLA, Ferando C. (orgs.) **Tecnologia em (Re) Habilitação Cognitiva 2000: a dinâmica clínica-teoria-pesquisa**. Centro Universitário São Camilo, impressão: São Paulo: Edições Loyola, 2000.

GONZALEZ REY, Fernando Luis. **Pesquisa qualitativa em psicologia**: caminhos e desafios. Tradução Marcel Aristides Ferrada Silva, São Paulo: Pioneira Thomson, 2002.

GREENFIELD, Susan A. **O Cérebro Humano**: uma visita guiada. Rio de Janeiro: Rocco, 2000.

GRIEVE, June. **Neuropsicología para terapeutas ocupacionales**: evaluación de la percepción y cognición. Madri: Panamericana, 2000.

HARRÉ, Rom; GILLET, Grant. **A mente discursiva**: os avanços na Ciência cognitiva. Porto Alegre: Artes Médicas Sul Ed., 1999.

HEATTON, Robert K. Ph.D; Chelune, Gordon J. Ph.D; Talley, Jack L. Ph.D; Kay, Gary G. Ph.D e Curtiss, Glenn Ph.D. **WCST: Test de Classificação de Tarjets de Wisconsin - Manual**. Madrid: TEA Ediciones, 1997.

HEILMAN, K. M. e Valenstein E. **Clinical Neuropsychology**. Oxford, Oxford University Press, 1993.

IZQUIERDO, Ivan. **Memória**. Porto Alegre: Artmed, 2002.

JODAR-VICENTE, M. Funciones cognitivas del lóbulo frontal. **Rev Neurol**, 2004; 39(2); 178-182.

JOHNSEN, Fritz **Specific Mathematical Disability - A Troll with many Faces**. Disponível em <http://www.ispaweb.org/>.

KANDEL, Eric R.; Schwartz, James H. e Jessell, Thomas M. **Fundamentos da Neurociência e do Comportamento**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 1997.

KAPCZINSKI, Flávio; Quevedo, João e Izquierdo, Ivan. **Bases Biológicas dos Transtornos Psiquiátricos**. Porto Alegre: Artmed, 2004.

KESSELS, Roy P. C.; VAN ZANDVOORT, Martine J. E.; postma, Albert; KAPPELLE, L. Jaap e DE HAAN, Edward H. F. **The Corsi Block-Tapping Task: Standardization and Normative Data**. *Applied Neuropsychology*, 2000, Vol. 7, Nº 4, 252-258.

KOLB, Bryan e Whishaw, Ian Q. **Neurociência do Comportamento**. Barueri, Editora Manole, 2002.

KRAMMER, T.; BELLEMAN, M. E.; GUCKEL, F.; BRIX, G.; GASS, A.; SCHLEMMER, H. e SPITZER, M. **Functional MR imaging of the prefrontal cortex: Specific activation in a working memory task**. *Magnetic Resonance Imaging* 1997, 15: 879-889.

LAZAR, J. Wayne; FRANK, Yitzchak. Frontal Systems Dysfunction in Children With Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder and Learning Disabilities. **The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences**, 1998, 10:160-167.

LEFÈVRE, Beatriz H. **Neuropsicologia Infantil**. São Paulo: Sarvier Editora de Livros Médicos Ltda, 1989.

LENT, Roberto. **Cem bilhões de neurônios: conceitos fundamentais de neurociências**. São Paulo: Ed. Atheneu, 2001.

LEONTIEV, A. (n.d.) **Desenvolvimento do Psiquismo**. São Paulo: Editora Moraes.

LEZAK, Muriel Deutsch. **Neuropsychological Assessment** - Second Edition. Oxford. Oxford University Press, 1983.

LURIA, Aleksandr Romanovich. **Fundamentos da Neuropsicologia**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo - USP, 1981.

MÄDER, M. J. (1996) **Avaliação Neuropsicológica**. *Psicol. Ciênc. Prof.* Ano 10, Nº 3.

MANGA, Dionísio y Ramos, Francisco. **Neuropsicologia de la edad escolar** - Aplicaciones de la teoría de A. R. Luria a niños a través de la batería LURIA-DNI. Madrid: Visor Distribuciones S. A, 1991.

MARCUSCHI, Elizabeth; Soares, Edla de Araújo Lira (orgs.), **Avaliação educacional e currículo: inclusão e pluralidade**. Recife: Editora Universitária da UFPE, 1997.

MATURANA, Humberto R. E Varela, Francisco J. **A Árvore do Conhecimento**: as bases da compreensão humana. São Paulo: Editora Palas Athena, 2001.

MCCLOSKEY, George Ph.D. **Executive Functions Overview**. Disponível em <<http://www.txasp.org/Executive%20Functions%20Overview.pdf>>. Acesso em 26/07/2004.

MESULAN, Marcel. **Principles of Behavioral and Cognitive Neurology**. New York: Oxford University Press, 2000.

MIRANDA, A. e GIL-LLARIO, M. D. Las Dificultades de Aprendizaje em las Matemáticas: Concepto, Manifestaciones y Procedimientos de Manejo. **Rev Neurol Clin** 2001; 2(1); 55-71.

MIRANDA-CASAS, A.; Acosta-Escareño, G.; Tárraga-Minguez, R.; Fernández, M. I. e Rosel-Remírez, J. Nuevas tendencias en la evaluación de las dificultades de aprendizaje de las matemáticas. El papel de la metacognición. **Rev Neurol** 2005; 40 (Supl 1); S97-S102.

MONTAÑÉS, Patrícia y De Brigard, Felipe **Neuropsicologia Clínica y Cognoscitiva**. Bogotá: Editora Guadalupe, 2001.

MUÑOZ-CÉSPEDES, J. M. e Tirapu-Ustárros, J. Rehabilitación de las funciones ejecutivas. **Rev Neurol** 2004; 38(7); 656-663.

MUNRO, J. Dyscalculia: A unifying concept in understanding mathematics learning disabilities. **Australian Journal of Learning Disabilities**, 2003 8, (4).

MUNRO, J. Dyscalculia: A unifying concept in understanding mathematics learning disabilities. **Australian Journal of Learning Disabilities**, 2003 8, (4).

MUSZKAT, Mauro. Entrevista concedida a Revista Psicopedagogia. **Revista Psicopedagogia** - 17 (43), 1998

NEUMÄRKER, K. J. **Mathematics and the brain**: uncharted territory European Child & Adolescent Psychiatry 9: II/2-II/10 Steinkipff Verlag 2000.

NEVES, A. C. S. e Souza, J. G. A. Avaliação de Rede e Solicitação da Educação Matemática. In: MARCUSH, E. e SOARES, E. A. L. (orgs). **Avaliação Educacional e Currículo: Inclusão e Pluralidade**. Recife; Editora Universitária da UFPE 1997.

NITRINI, Ricardo; CARAMELLI, Paulo e MANSUR, Leticia L. **Neuropsicologia das Bases Anatômicas à Reabilitação**. São Paulo: Clínica Neurológica do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina d Universidade de São Paulo – USP, 1996

NUNES, T. e Bryant, P. **Crianças fazendo Matemática**. Porto Alegre: Artes Médicas 1997.

NUNES, T. How mathematics teaching develops pupils' reasoning systems. **9<sup>th</sup> International Congress on Mathematics Education** - Abstracts of plenary lectures and regular lectures. Tóquio, 2000, pp.14-19.

NUSSENZVEIG, Moysés H. (org.) **Complexidade & Caos**. Rio de Janeiro: Editora UFRJ/COPEA, 1999.

OLIVEIRA, P. M. C. Autômatos Celulares. In: Nussenzveig (org.). **Complexidade e Caos**. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 2003.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (coord.) **Classificação de Transtornos Mentais e de Comportamento da CID 10**: Descrições clínicas e diretrizes diagnósticas. Porto Alegre: Artes Médicas 1993.

POLYA, G. **How to solve it**. Princeton, Princeton University Press, 1973.

PORTELLA, M. J.; MARCOS-BARS, T.; RAMI-GONZALEZ, L.; NAVARRO-ODRIOZOLA, V.; GASTO-FERRER, C. E Salameo, M. Torre de Londres: planificación mental, validez y efecto techo. **REV NEUROL** 2003; 37 (3): 210-213, 2003.

RABELO, Edmar Henrique. **Textos Matemáticos**: produção, interpretação e resolução de problemas. Petrópolis: Editora Vozes, 2002.

RAVEN, J. C. **Matrizes Progressivas Coloridas** - Manual. Rio de Janeiro, CEPA - Centro Editor de Psicologia Aplicada, 1997.

REY, André. **Figuras Complexas de Rey** - Manual. São Paulo: Casa do Psicólogo, 1999.

RIBEIRO DO VALLE, Luiza Elena L. (org.). **Temas Multidisciplinares de Neuropsicologia e Aprendizagem**. São Paulo: Robe Editorial, 2004.

RIBEIRO DO VALLE, Luiza Elena L. e Capovilla, Fernando C. (eds. científicos) **Temas Multidisciplinares de Neuropsicologia e Aprendizagem**. Ribeirão Preto: Tecmedd, 2004.

ROBERTS, A. C., Robbins, T. W. e WEISKRANTZ (eds.). **The Prefrontal Cortex: Executive and Cognitive Functions**. Londres: Oxford University Press – impresso por Biddles Ltd. Guildford and King's Lynn, 1998.

RUEDA, Fabián Javier Marin. **Teste Pictórico de Memória** – (TEPIC-M): manual. São Paulo: Vetor, 2007.

SALGUEIRO-ALCAÑIZ, M. P.; LORCA-MARÍN, J. A. e Alameda-Bailén, J. R. Procesamiento numérico y cálculo: evidencia de un caso desde la Neuropsicología cognitiva. **Rev Neurol**. 2003; 36(9); 817-820.

SANTOS, F.H., ANDRADE, V. M. e BUENO, O. F. A. **Neuropsicologia Hoje**. São Paulo, Artes Médicas, 2004.

SECRETARIA DE EDUCAÇÃO FUNDAMENTAL. **Parâmetros Curriculares Nacionais: matemática**. Brasília: MEC / SEF, 1997.

SOPRANO, A. M. Evolución de las funciones ejecutivas en el niño. **Rev Neurol**. 2003, 37 (1): 44-50, 2003.

SOUZA, R. O., Ignácio, F. A., Cunha F. C. R., Oliveira, T. L. G. e Mol, J. Contribuição à Neuropsicologia do comportamento Executivo. Torre de Londres e Teste de Wisconsin em Indivíduos Normais. **Arq. Neuropsiquiatria**. 2001; 59 (3-A): 526-531, 2001.

SOUZA, Ricardo O et al. Contribuição à Neuropsicologia do comportamento executivo – Torre de Londres e Teste Wisconsi em indivíduos normais. **Arq. Neuropsiquiatria**, v. 59, n. 3-A, p. 526-31, 2001.

SPREEN, O. e Struss. E. **A Compendium of Neuropsychological Tests**. Oxford: Oxford University Press, 1998.

SQUIRE, Larry R. **Memória: da mente às moléculas**. Porto Alegre, Artmed, 2003.

STERNBERG, Robert J. **Psicologia cognitiva**. Porto Alegre: Artes Médicas, 2000.

TEIXEIRA, João F. **Filosofia e Ciência cognitiva**. Petrópolis: Vozes, 2004.

THORNDIKE, E.L. **The fundamentals of learning**. New York: Teachers College, 1932.

TORGESSEN, J.K. **Empirical and Theoretical Support for Direct Diagnosis of Learning Disabilities by Assessment of Intrinsic Processing Weaknesses**. Florida State University - Disponível em [www.nrcl.org/resurces/ldsummit/torgesen.pdf](http://www.nrcl.org/resurces/ldsummit/torgesen.pdf) Assesso em 29/11/2007.

TREISMAN, AM. Strategies and models of selective attention. **Psychou Rev.** v. 76, n. 3, p. 282-99, 1969.

VALSINER, J. **Culture and the development of children's action**. A theory of human development. New York, , Wiley Publisher, 1997.

VASCONCELOS, Leila. **A resolução dos Problemas de Adição e Subtração na Escola de 1º Grau**. Recife: Dissertação de Mestrado – UFPE, 1990.

VASCONCELOS, Leila. Avaliação Psicológica: uma proposta de investigação através da neuropsicologia. In: Conselho Regional de Psicologia - 13ª Região (2001) **A Diversidade da Avaliação Psicológica: Considerações teóricas e Práticas**. João Pessoa: Ideia editora, (2001).

VASCONCELOS, Leila. Funções Executivas e Resoluções de Problemas Aritméticos. In RIBEIRO DO VALLE, Luiza Elena L. (org.). **Temas Multidisciplinares de Neuropsicologia e Aprendizagem**. São Paulo: Tecmedd, 2004.

VASCONCELOS, Leila. Neuropsicologia da Atividade Matemática: Aspectos funcionais. In RIBEIRO DO VALE, L. E. (editora científica) **Neuropsicologia e Aprendizagem**. São Paulo: Tecmedd, 2005.

VASCONCELOS, Leila. Neuropsicologia da Competência Matemática. In RIBEIRO DO VALLE, Luiza Elena L. (org.). **Temas Multidisciplinares de Neuropsicologia e Aprendizagem**. São Paulo: Robe Editorial, 2004.

VERGNAUD, Gérard. **El Niño, las Matemáticas y la Realidad**. México: Trilhas, 1991.

VYGOTSKY, Lev Semenovich. **A Formação Social da Mente**. São Paulo: Ícone Martins Fontes, 1991a.

VYGOTSKY, Lev Semenovich; LURIA, Alexander Romanovich e LEONTIEV, Aléxis N. **Linguagem Desenvolvimento e Aprendizagem**. São Paulo: Ícone Editora Ltda., 1991b.

WALSH, Kevin. **Neuropsychology: a clinical approach**. New York: Churchill Livingstone, 1987.

WECHSLER, David. **WISC III: Escala de Inteligência Wechsler para crianças; Manual /David Wechsler; Adaptação e padronização de uma amostra brasileira**. Elizabeth Nascimento; (Tradução Maria Cecília de Vilhena Moraes Silva). São Paulo: Casa do Psicólogo, 2004.

WU. K K.; ANDERSON, V. e CASTELLO, U. Neuropsychological evaluation of déficits in executive functioning for ADHD children with or without. **Dev. Neuropsychol**, 2002; 22 (2): 501 – 31.

YACUBIAN, Elza Marcia; GARZON, Eliana; MACHADO, Hélio Rubens e PRIEL, Margareth (orgs.). **Avaliação de pacientes com epilepsia de difícil controle medicamentoso: Uma visão prática e crítica**. São Paulo: Escola Paulista de Medicina – UNIFESP, 2002.

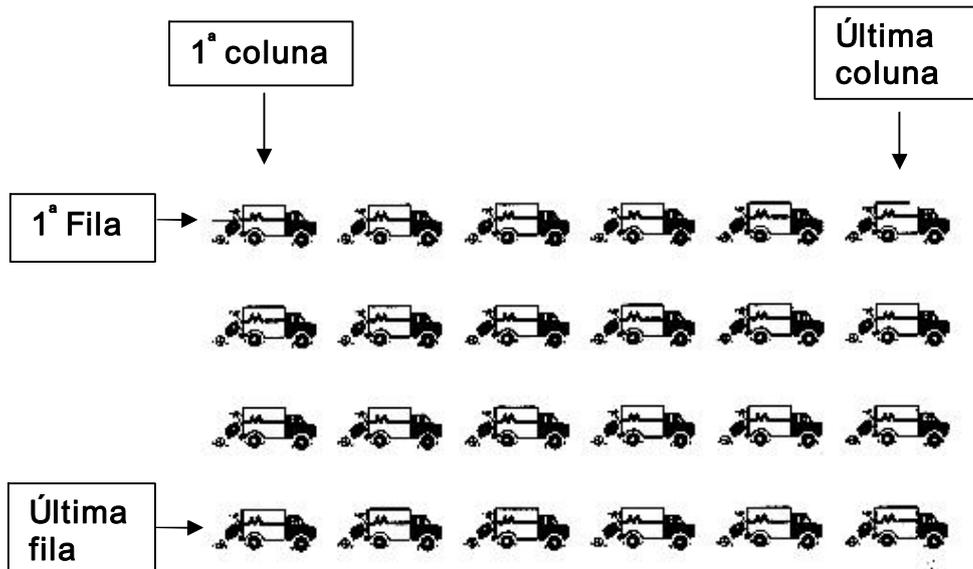
ZAKZANIS, Konstantine. **Clinical Neuropsychologi**. Disponível em <http://www.scar.utoronto.ca/~lifesci/psych-handbook/>

ZIMMER, Carl. **A fantástica história do Cérebro: o funcionamento do cérebro humano**. Rio de Janeiro: Editora Campus/Elsevier, 2004.

***ANEXO A - instrumento de avaliação matemática  
(questionário nape)***



1. Circule o caminhão que está na 3ª fila e na 5ª coluna.



2. Arme e efetue:

$$3847 + 5 + 98 =$$

3. Escreva a fração que corresponde à parte pintada do desenho.

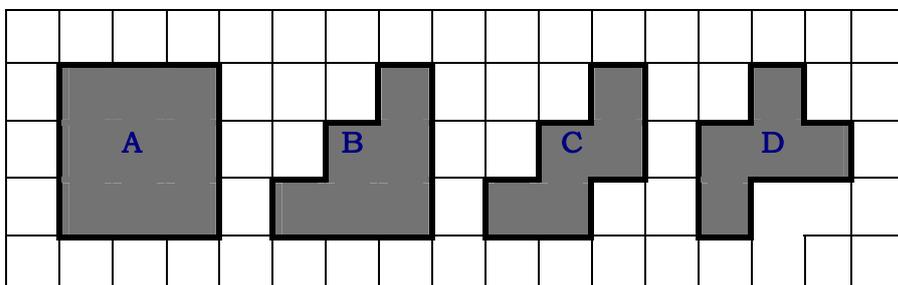


Resposta: .....

4. Três metros de um tecido custam R\$ 12,00. Quanto pagarei por 6 metros desse tecido?

Resposta: .....

5. Circule, entre as figuras pintadas abaixo, aquela que gastaria menos barbante para contorná-la.



6. O número **oito mil e dois** escrito em algarismos indo-arábicos é:

A. ( ) 810002

B. ( ) 81002

C. ( ) 80002

D. ( ) 8002

7. Para se medir a massa do algodão contido em uma saca, você considera apropriado usar:

A. ( ) uma balança;

B. ( ) um termômetro;

C. ( ) um hidrômetro;

D. ( ) uma fita métrica.

8. Em uma sala de aula com 30 alunos,  $\frac{2}{3}$  são meninos. A quantidade de meninos dessa sala é:

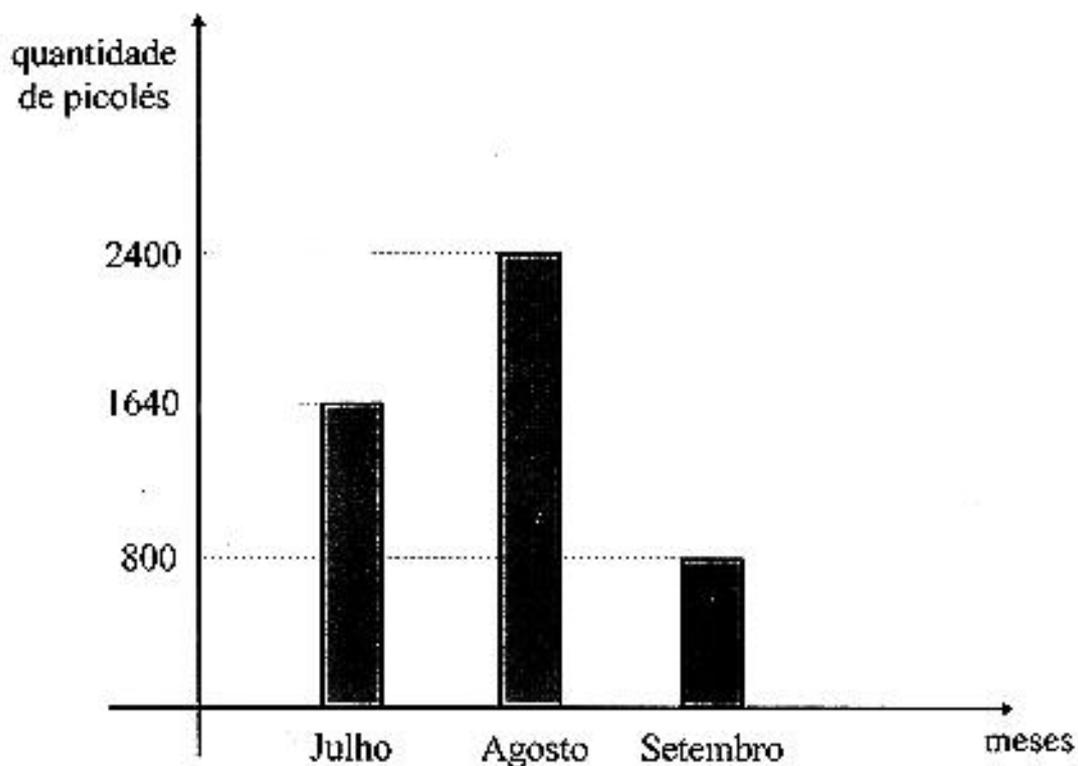
A. ( ) 15

B. ( ) 20

C. ( ) 10

D. ( ) 18

O gráfico abaixo representa a quantidade de picolés vendidos por uma fábrica, no ano de 1996, nos meses indicados. Observe-o e responda as questões 9 e 10 a seguir.



9. Nesse gráfico, a coluna de 2 cm de altura corresponde a 800 picolés vendidos. Uma coluna de 1 cm corresponde a quantos picolés?

Resposta: .....

10. Em julho foram vendidos 1640 picolés. Quantos picolés estão sendo representados pelo algarismo 6 nesse número?

Resposta: .....

11. A figura ao lado representa uma barra de chocolate. Pinte, na figura, a parte que corresponde à seguinte soma:



$$2/6 + 1/6$$

12. Lúcia tem 12 bombons e quer guardá-los em saquinhos, sem deixar sobrar nenhum. Todos os saquinhos devem ter a mesma quantidade de bombons. Na tabela abaixo, indique 4 maneiras possíveis de Lúcia arrumar esses bombons.

Quantidade de sacos	Quantidade de bombons

13. Um jogo de futebol teve início às 16:20 horas. O primeiro tempo teve 50 minutos de duração e o intervalo durou 20 minutos. A que horas começou o segundo tempo?

Resposta: .....

14. Escreva o número formado por:

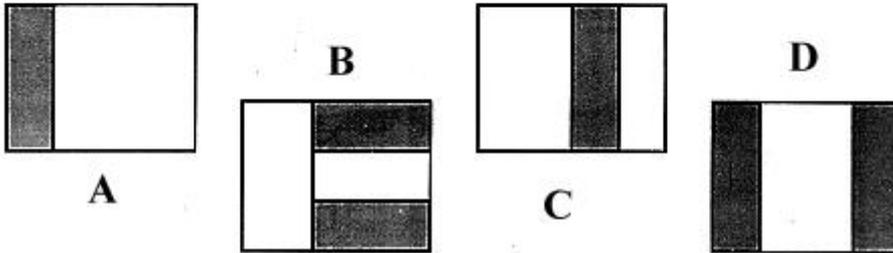
2 unidades de milhar, 7 centenas e 5 unidades simples.

Resposta: .....

15. Observe esta peça de um jogo de encaixe:



Das figuras abaixo, circule a que representa a peça do jogo vista de cima.



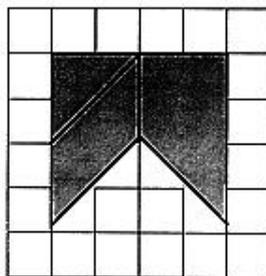
16. Um avião deverá percorrer 962 Km em duas etapas. A primeira será de 642 Km. Quantos quilômetros terá a segunda etapa?

Resposta: .....

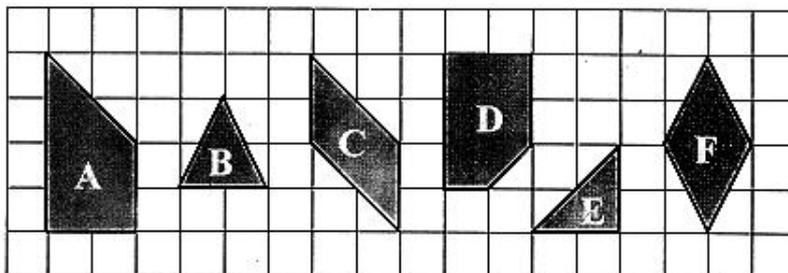
17. Um barco pode carregar no máximo 200 quilos. Qual a quantidade mínima de viagens que esse barco tem que fazer para transportar 8 pessoas de 60 quilos cada?

Resposta: .....

18. Observe a figura a seguir:



Circule as três figuras pintadas abaixo que podem ser reunidas para formar a figura acima.



19. Arme e efetue:

$$3529 \div 15 =$$

20. Em uma loja, o preço de uma bicicleta à vista é R\$ 127,00. A prazo, o preço aumenta em R\$ 35,00. Qual o preço dessa bicicleta a prazo?

Resposta: .....