

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

VIVIAN DENISE CAZERTA VAITSES

PROCESSOS COGNITIVOS E DESEMPENHO ESCOLAR EM ADOLESCENTES:

Desempenho Matemático,
Executivo Central da Memória de Trabalho e
Raciocínio Lógico-Matemático

Porto Alegre

2011

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

VIVIAN DENISE CAZERTA VAITSES

PROCESSOS COGNITIVOS E DESEMPENHO ESCOLAR EM ADOLESCENTES:

Desempenho Matemático,
Executivo Central da Memória de Trabalho e
Raciocínio Lógico-Matemático

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

Orientadora:

Prof^a. Dr^a. CLARISSA SELIGMAN GOLBERT

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

Porto Alegre

2011

CIP - Catalogação na Publicação

Vaitses, Vivian Denise Cazerta

Processos cognitivos e desempenho escolar em adolescentes: desempenho matemático, executivo central da memória de trabalho e raciocínio lógico-matemático / Vivian Denise Cazerta Vaitses. -- 2011. 123 f.

Orientadora: Clarissa Seligman Golbert.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Educação, Programa de Pós-Graduação em Educação, Porto Alegre, BR-RS, 2011.

1. desempenho acadêmico. 2. desempenho matemático. 3. executivo central da memória de trabalho. 4. raciocínio lógico-matemático. 5. processos cognitivos. I. Golbert, Clarissa Seligman, orient. II. Título.

VIVIAN DENISE CAZERTA VAITSES

PROCESSOS COGNITIVOS E DESEMPENHO ESCOLAR EM ADOLESCENTES:

Desempenho Matemático,
Executivo Central da Memória de Trabalho e
Raciocínio Lógico-Matemático

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

Aprovada em

Prof^ª. Dr^ª. CLARISSA SELIGMAN GOLBERT

Prof^ª. Dr^ª. ROCHELE PAZ FONSECA

Prof^ª. Dr^ª. JERUSA FUMAGALLI DE SALLES

Prof^ª. Dr^ª. BEATRIZ VARGAS DORNELES

Aos meus filhos Anna, Victor e Thomas,
que o trabalho e o saber os inspirem.

Agradecimentos

Aos meus colegas de trabalho do Neuro sapiens - Janise, Letícia, Arline, Ana Maria, Fernanda, Mariana, Fransuela e Raul - pelo carinho, disposição, bom humor e por compartilharem do meu entusiasmo nesta pós-graduação, mesmo sem entenderem bem por que faço isso.

À minha mãe - Vó Cida - por cumprir tão fielmente à determinação biológica da Maternidade, atribuindo às filhas, o sentido permanente da sua vida.

Ao meu pai - Vô Bill - que dizia: sem trabalho não há família..... Voa !

À Anna minha filha querida, pelo apoio incondicional, admiração que tens por mim, amor e amizade. A quem agradecer pelo presente que és: Caráter, entusiasmo e determinação!

Victor tesouro da mãe, príncipe romântico - seja feliz meu grande amor!

Thomas! Thomas! Thomas! O Rei! Bem menos já seria suficiente.....

À Prof^a Leda Oliveira Gloeben, diretora do Colégio Julio de Castilhos, pela acolhida em sua escola durante a coleta dos dados da pesquisa.

À minha orientadora Prof^a. Dr^a. Clarissa S. Golbert, pela oportunidade de estar aqui.

À Prof^a Dr^a Jerusa Fumagalli de Salles e à Prof^a Dr^a Beatriz Vargas Dorneles, pelas orientações, sugestões, correções e críticas construtivas por ocasião do exame da qualificação do projeto de dissertação.

E a todos que contribuíram para a realização desta Dissertação.

RESUMO

Esta pesquisa investiga processos cognitivos envolvidos na aprendizagem. Para isso, compara-se o desempenho acadêmico, o desempenho matemático, o executivo central da memória de trabalho e o raciocínio lógico-matemático em trinta e cinco adolescentes do primeiro ano do Ensino Médio do Colégio Júlio de Castilhos. O desempenho acadêmico é representado pela média obtida por cada um de 35 alunos, no primeiro trimestre do ano letivo de 2010 nas disciplinas que compõem o programa, excetuando-se a matemática. O desempenho matemático é representado pela nota final na disciplina no mesmo trimestre. O executivo central da memória de trabalho é avaliado por meio de dois subtestes selecionados da Bateria de Avaliação da Memória de Trabalho da Universidade Federal de Minas Gerais. O raciocínio lógico-matemático é avaliado com a tarefa piagetiana *o equilíbrio da balança*. Os dados obtidos através dos testes para avaliação do executivo central da memória de trabalho são estudados com análise estatística inferencial. Os dados obtidos com o método clínico piagetiano na aplicação da tarefa *o equilíbrio da balança* são estudados por meio de análise descritiva, além de serem transformados em escores a fim de serem incluídos na análise estatística inferencial. Encontrou-se correlação entre as quatro funções estudadas através do teste de correlação de Pearson. Os alunos são agrupados conforme o desempenho acadêmico, em alunos com desempenho alto, intermediário e baixo e, com esta categorização, é realizada a comparação entre grupos quanto ao desempenho matemático, o executivo central da memória de trabalho e o raciocínio lógico-matemático, por Análise de Variância. Encontrou-se que as funções diferem nos três grupos na maioria das comparações. Conclui-se que o executivo central da memória de trabalho e o raciocínio lógico-matemático têm um papel importante no desempenho acadêmico do aluno adolescente.

Palavras chave: processos cognitivos, aprendizagem, desempenho acadêmico, desempenho matemático, executivo central da memória de trabalho, raciocínio lógico-matemático.

ABSTRACT

This research investigates the cognitive processes involved in learning. For this purpose, it compares academic performance, mathematical performance, the central executive of working memory and logical-mathematical reasoning in thirty-five teenagers in their first year of High School in a public school. Academic performance for each student is assessed through the average grade obtained in the first quarter of the 2010 academic year, in the subjects that comprise the program, except mathematics. The mathematical performance is represented by the final grade in the subject in the same quarter. The central executive of working memory is assessed by two subtests selected from the Working Memory Assessment Battery from the Federal University of Minas Gerais. The logical-mathematical reasoning abilities are assessed by the Piagetian task called *the balance equilibrium*. The data obtained through tests to assess the central executive of working memory are interpreted by means of inferential statistical analysis. The data obtained by the clinical method of application of the Piagetian task *the balance equilibrium* are studied through descriptive analysis and are converted into scores, which are then included in the inferential statistical analysis. There is a correlation between the four functions studied by the Pearson correlation test. The mathematical performance, the central executive of working memory and logical-mathematical reasoning are analysed among groups of students with above-, lower- and average academic performances. The functions in the three groups differed on most comparisons. The central executive of working memory and logical-mathematical reasoning play an important role in the academic performance of teenage students.

Keywords: cognitive processes, learning, academic performance, mathematics achievement, the central executive, logical-mathematical reasoning.

Lista de tabelas

Tabela 1	Construtos da memória de trabalho e respectivos testes avaliativos.....	59
Tabela 2	Resultados no estudo de Wood et.al (2001).....	61
Tabela 3	Médias e desvios-padrão dos estudantes no desempenho acadêmico, no desempenho matemático, em funções do executivo central da memória de trabalho e em funções de raciocínio lógico-matemático.....	66
Tabela 4	Matriz de correlações entre desempenho acadêmico, desempenho matemático, executivo central da memória de trabalho e raciocínio lógico-matemático.....	77
Tabela 5	Comparações dos desempenhos e funções cognitivas nos diferentes grupos segundo o teste ANOVA.....	82
Tabela 6	Tamanhos de efeito padronizados.....	83

Lista de figuras

Figura 1	Balança utilizada no experimento.....	62
Figura 2	Frequência das pontuações no desempenho acadêmico....	66
Figura 3	Frequência das pontuações no desempenho matemático....	67
Figura 4	Frequência das pontuações no executivo central da memória de trabalho.....	67
Figura 5	Frequência das pontuações no raciocínio lógico- matemático.....	69

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 DESEMPENHO ACADÊMICO NO ENSINO MÉDIO.....	20
2.1 Definição de 'competência' no contexto acadêmico atual	20
2.2 Características do desenvolvimento cognitivo de adolescentes.....	22
2.3 Diferenças individuais	22
2.4 Objetivos da formação acadêmica do adolescente	24
2.5 O pensamento do adolescente na abordagem piagetiana.....	26
3 DESEMPENHO MATEMÁTICO.....	28
3.1 Definição do conhecimento matemático	28
3.2 Natureza do conhecimento matemático	31
3.3 Construtos cognitivos subjacentes à atividade matemática	32
3.4 Modelos de processamento matemático.....	34
4 O EXECUTIVO CENTRAL DA MEMÓRIA DE TRABALHO.....	37
4.1 Conceituação	37
4.2 O ECMT e o currículo do Ensino Médio	42
4.3 O ECMT para Oberauer	44
5 O RACIOCÍNIO LÓGICO-MATEMÁTICO.....	46
5.1 Definição	46
5.2 Estratégias lógico-matemáticas no pensamento formal	46
5.3 Método clínico de Jean Piaget	48
5.4 Estratégias na resolução da tarefa piagetiana 'o equilíbrio da balança'	49
5.5 O estudo de Siegler com o experimento da balança	54
5.6 A construção das noções lógicas segundo Piaget e segundo Karmiloff-Smith	56
6 MÉTODO.....	57
6.1 Problema de pesquisa	57
6.2 Questões de pesquisa	57
6.3 Objetivos	58
6.4 Participantes	58
6.5 Procedimentos e instrumentos	58
6.5.1 Avaliação do executivo central da memória de trabalho	58
6.5.2 Tarefa para exploração do raciocínio lógico-matemático	62

6.5.3 Coleta de dados para avaliação do desempenho acadêmico e do desempenho em matemática	64
7. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	65
7.1 Análise descritiva	65
7.2 Análise inferencial	76
7.2.1 Análise de correlação entre as funções estudadas (DA, DM, ECMT e RLM)	76
7.2.2 Análise das diferenças entre os grupos	81
8 DISCUSSÃO.....	84
8.1 Discussão a partir dos resultados da análise descritiva	84
8.2 Discussão dos resultados da análise inferencial	91
8.2.1 Relação entre Desempenho Acadêmico e Desempenho Matemático	92
8.2.2 Relação entre Desempenho Acadêmico e o Executivo Central da Memória de Trabalho.....	93
8.2.3 Relação entre Desempenho Acadêmico e Raciocínio Lógico-Matemático	95
8.2.4 Relação entre Desempenho Matemático e o Executivo Central da Memória de Trabalho	96
8.2.5 Relação entre Desempenho Matemático e Raciocínio Lógico-Matemático	97
8.2.6 Relação entre o Executivo Central da Memória de Trabalho e o Raciocínio Lógico-Matemático	98
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	102
REFERÊNCIAS.....	104
APÊNDICES.....	112
Apêndice A - Protocolo de observação do raciocínio no experimento ‘o equilíbrio da balança’	113
Apêndice B - Termo de consentimento informado	116
Apêndice C - Resultados alcançados pelos estudantes no desempenho acadêmico, no desempenho matemático, em funções do executivo central da memória de trabalho e em funções de raciocínio lógico-matemático.....	117

ANEXOS.....	118
Anexo A - Exemplo de problemas do subtteste alcance de computação.....	119
Anexo B - Folha de respostas do subtteste alcance de computação.....	120
Anexo C - Exemplo de problemas do subtteste alcance de apreensão na escuta	121
Anexo D - Folha de respostas do subtteste alcance de apreensão na escuta.	123

1 INTRODUÇÃO

Por que alguns alunos aprendem com mais facilidade ou dificuldade que outros?

Tanto os alunos bem sucedidos academicamente como aqueles com baixo desempenho certamente constituem grupos heterogêneos, em que características de diversas naturezas intervêm.

As características que interferem no desfecho acadêmico podem ser classificadas em ambientais e individuais e, ainda, naquelas que resultam da interação entre as mesmas. Dentre as características ambientais, são importantes os atributos da escola, a competência dos professores e a configuração familiar. Dentre os traços individuais, estão incluídos os cognitivos, os de personalidade, caráter e temperamento (DISETH; MARTINSEN, 2009).

Para Lemos *et al.* (2008), enquanto alguns estudantes assistem às aulas com atenção e interesse, outros não conseguem acompanhar a sequência da exposição do professor. Perdem conteúdos que são pré-requisitos para o entendimento do tema da aula, transformando a fala do mestre em um idioma de difícil compreensão. Então sobrevém a desatenção, aqui consequência da dificuldade em engajar-se no conteúdo em exercício e não uma causa disso. Enfim, se estabelece a reação circular - incompreensão, desatenção, mais incompreensão e o desfecho: fracasso escolar.

A investigação de processos cognitivos envolvidos na aprendizagem conta com uma literatura ainda muito dispersa. Encontram-se estudos sobre o tema em diferentes faixas etárias e níveis escolares, sendo apenas uma minoria relativa ao período da adolescência. Os participantes são avaliados através de diferentes instrumentos. Até mesmo as definições dos construtos examinados apresentam divergências. Isso dificulta o agrupamento de replicações desses estudos, para que somados possam constituir evidências.

Delimitando a pesquisa bibliográfica a processos cognitivos envolvidos na aprendizagem e aos distúrbios da aprendizagem, é encontrado um número razoável de pesquisas sobre as dificuldades de leitura e escrita; um número menor de estudos é dedicado aos problemas na aprendizagem da matemática; poucos abordam ambas as dificuldades analisando seus componentes inter-relacionados (CORSO, 2008; DORNELES, 1998) e poucos estudos falam

sobre a relação entre processos cognitivos e o desempenho acadêmico geral (GATHERCOLE; BROWN; PICKERING, 2003). Pesquisas sobre aprendizagem têm focado dificuldades específicas, como as dislexias e os transtornos na aprendizagem da matemática. Apesar da sua influência no desempenho em testes cognitivos, assim como no próprio desempenho escolar, no presente estudo não foram investigados aspectos emocionais como causa de dificuldades de aprendizagem e aspectos motivacionais e de personalidade, como determinantes do sucesso acadêmico.

Mais próximos do foco da presente pesquisa, está o trabalho de Nunes *et al.* (2007) sobre as relações entre a memória de trabalho, o raciocínio lógico-matemático e a aprendizagem da matemática. Outros estudos avaliaram a memória de trabalho e as funções executivas na aprendizagem da matemática, não investigando o lugar do raciocínio lógico-matemático nas suas relações com esses construtos (BULL; ESPY, 2006; BULL; ESPY; WIEBE, 2008). Portanto, a presente pesquisa pretendeu abordar de maneira particular esse tema, relacionando quatro dimensões que envolvem a aprendizagem escolar: o desempenho acadêmico, o desempenho matemático, o executivo central da memória de trabalho e o raciocínio lógico-matemático.

Nesta pesquisa optou-se por estudar processos cognitivos em adolescentes. Nesta faixa etária é sabido que os fatores cognitivos interferem de forma diferente do que na infância (SIEGLER, 1976). O adolescente conta com mais recursos, como o amadurecimento da visão de mundo e da metacognição, para alcançar seus objetivos de aprendizagem. Por exemplo, o sujeito com pensamento operatório formal é capaz de raciocinar a partir de proposições, portanto é capaz de imaginar o que será do seu futuro com e sem a formação acadêmica. A criança não consegue vislumbrar as consequências dos seus atos a uma distância temporal tão grande. Além disso, o adolescente é capaz de investir maior esforço nos seus objetivos, o que pode compensar eventual limitação cognitiva (SIEGLER, 1976).

Este trabalho de dissertação de mestrado teve seu tema selecionado pela longa experiência da autora em clínica neurológica atendendo crianças e adolescentes com problemas de aprendizagem. Fez-se indispensável investigar causas e buscar soluções para diminuir o sofrimento dos jovens e suas famílias. Com a intenção de iniciar e desenvolver o conhecimento sobre o

tema, delineou-se esta pesquisa. Esta dissertação consiste de um estudo correlacional, uma comparação entre grupos e uma análise descritiva. Ao observar as relações entre as quatro funções estudadas nesta pesquisa - o desempenho acadêmico, o desempenho matemático, o executivo central da memória de trabalho e o raciocínio lógico-matemático - pretendeu-se verificar quanto essas funções são interdependentes. Ao comparar as três últimas funções entre os grupos de alunos com desempenho acadêmico alto, intermediário e baixo, foi possível investigar como se comportam esses alunos em relação às suas competências no desempenho matemático, no executivo central da memória de trabalho e no raciocínio lógico-matemático; como por exemplo, se alunos com baixo desempenho acadêmico também são mal-sucedidos nos testes do executivo central da memória de trabalho, raciocínio lógico-matemático e nas provas curriculares de matemática; e o mesmo é verificado quanto aos grupos de alunos com desempenho acadêmico alto e intermediário. Através da análise qualitativa de uma tarefa piagetiana, foi possível observar a microestrutura do raciocínio lógico-matemático na resolução de um problema.

A busca pela aproximação e confronto entre modelos de funcionamento mental e seu substrato biológico tem sido um interesse permanente da ciência (BARRAQUER-BORDAS, 1974; DEHAENE; COHEN, 1995; DEHAENE *et al.*, 2004; GESCHWIND, 1965; WARD, 2003; VARELA *et al.*, 2001). Nas últimas décadas, essa busca tem sido auxiliada pela intervenção de um recurso novo que, apesar de ainda apresentar sérias limitações de interpretação de resultados, veio trazer luz sobre as relações entre os modelos da psicologia cognitiva e a neuroanatomofisiologia. Trata-se dos exames de imagem, tais como a ressonância magnética funcional e a tomografia por emissão de pósitrons (MIZUHARA, *et al.*, 2005; ERICSSON; KINTSCH, 1995). Esses procedimentos, quando associados aos exames neurofisiológicos de registro de potenciais e ritmos desencadeados por eventos cognitivos, proporcionam mapeamento funcional do sistema nervoso central com resolução temporal e espacial bastante satisfatória (MIZUHARA; YAMAGUCHI, 2007).

Para uma melhor compreensão dos fenômenos mentais, cada vez mais se torna imprescindível recorrer a uma abordagem interdisciplinar desses fenômenos e, sobretudo, a uma abordagem que leve em consideração

diferentes olhares sobre a mesma questão. Em se tratando dos processos cognitivos envolvidos na aprendizagem, a neuropsicologia cognitiva e a teoria de Piaget representam fontes de conhecimentos que, quando somadas, assumem proporções bem superiores às consideradas a partir dos mesmos paradigmas individualmente (HOUDÉ, 2002). E são esses dois paradigmas que orientam a presente dissertação, a partir de algumas contribuições de um e outro e de suas intersecções. Optou-se, então, por estudar processos cognitivos envolvidos na aprendizagem a partir desses dois enfoques teóricos - a neuropsicologia cognitiva e a epistemologia genética de Jean Piaget. Dentro da neuropsicologia cognitiva selecionou-se um subcomponente da memória de trabalho de acordo com o modelo de Baddeley e Hitch (BADDELEY, 2002, 2003).

A ciência cognitiva vem desenvolvendo, através da neuropsicologia cognitiva, a noção de construto, sob o enfoque da correlação entre uma função mental e o seu correlato biológico. Piaget preocupou-se em descrever as noções e estruturas cognitivas construídas ao longo do desenvolvimento, através da observação interativa das ações e operações das crianças e adolescentes. A busca pela aproximação das duas perspectivas teóricas justifica-se pelas contribuições que o entendimento de algumas noções de uma abordagem traz à compreensão da outra. Citam-se como pioneiros nessa interlocução paradigmática Karmiloff-Smith (2001) e Russel (2002), entre outros.

O constructo raciocínio, presente em uma e outra abordagem teórica com a mesma denominação, presta-se à exemplificação da propriedade dessa aproximação. Para Piaget, o raciocínio é a identificação e a construção de relações entre objetos ou representações mentais (PIAGET, 1976; PIAGET, 1977). É através do raciocínio que se relaciona elementos da situação com elementos de objetivos almejados, possibilitando o planejamento de estratégias para atingi-los. Também é o raciocínio que oportuniza relacionar os resultados encontrados com as metas traçadas, permitindo, assim, num processo de auto-monitoramento, regular as ações e operações (PIAGET, 1976; PIAGET, 1977).

Na neuropsicologia cognitiva, o constructo raciocínio pertence ao macro-constructo denominado *funções executivas*. As funções executivas referem-se a todas as atividades mentais que são usadas na organização dos meios para

se atingir um objetivo ou tomar decisões (STRAUSS; SHERMAN; SPREEN, 2006). Da mesma forma, incluem as atividades mentais necessárias para processar informações. O raciocínio, assim como a memória e a atenção, são instrumentos desses processamentos (STRAUSS; SHERMAN; SPREEN, 2006).

O construto da neuropsicologia cognitiva denominado *executivo central da memória de trabalho* tem como função selecionar estímulos relevantes e ao mesmo tempo inibir os estímulos distratores; coordenar operações simultâneas, transitar entre informações contextuais e informações armazenadas na memória declarativa. É, basicamente, um operador atencional (BADDELEY; 1996).

Piaget demonstrou a evolução da complexidade do pensamento (aqui no sentido de raciocínio) através de inúmeros experimentos que usou ao longo de sua trajetória científica. Esses experimentos analisaram detalhadamente as relações entre objetos e representações e demandaram, no seu exercício, mecanismos atencionais e de memória de trabalho (RUSSEL, 2002).

A interface entre a epistemologia genética de Jean Piaget e a neuropsicologia cognitiva reside na interdependência de elementos da atividade mental, comuns a ambas abordagens, embora estudados sob diferentes perspectivas. A convergência se dá pela complementaridade dos conceitos trazidos por uma e outra disciplina (HOUDÉ, 2002). Não se justifica, por exemplo, estudar como o executivo central da memória de trabalho coordena informações do contexto com informações armazenadas no cérebro, sem saber que no início do desenvolvimento infantil não existiam essas informações no cérebro, ou seja, na linguagem de Piaget: não havia representações mentais dessas informações, as coordenações eram feitas entre os objetos do meio e, na sequência, entre as ações com esses objetos. Na neuropsicologia cognitiva é importante saber que as trilhas neuronais que representam o conhecimento armazenado foram construídas através da experiência do sujeito desde a infância. Piaget apresentou essas trilhas através da descrição do desenvolvimento dos conceitos, caracterizados em estruturas cognitivas cada vez mais complexas (PIAGET, 1979).

Justifica-se a necessidade dessa aproximação de perspectivas teóricas pelas contribuições inestimáveis deixadas por Piaget no tocante ao modelo de

construção do conhecimento por ele idealizado, pelos instrumentos por ele criados para investigação dessa construção, assim como pelo seu Método Clínico, método ecológico para estudo do desenvolvimento do raciocínio.

Na presente pesquisa, pretendeu-se estudar processos cognitivos envolvidos na aprendizagem, com o objetivo de trazer elementos à compreensão das diferenças individuais no desempenho acadêmico e assim contribuir com o planejamento de estratégias para melhorar a competência dos alunos menos privilegiados cognitivamente. As duas atividades cognitivas escolhidas para estudo - o executivo central da memória de trabalho e o raciocínio lógico-matemático - representam processos cognitivos de natureza complexa, principalmente quanto à explicação de como ocorrem biologicamente, ou seja, quanto às suas distribuições anatômicas e mecanismos fisiológicos eletroquímicos. Apesar de ser consenso a relação entre o raciocínio e a capacidade para a aprendizagem da matemática, poucos estudos têm verificado essa relação de forma empírica. O executivo central da memória de trabalho com sua função primordialmente atencional, também tem sido pouco investigado em relação à capacidade para a aprendizagem de uma maneira geral. Na presente pesquisa, pretendeu-se estudar quantitativamente a relação entre as aprendizagens geral e especificamente da matemática, além de duas atividades cognitivas - o executivo central da memória de trabalho e o raciocínio lógico-matemático.

Os quatro capítulos que se seguem comentam cada uma das variáveis deste estudo, individualmente, e constituem a fundamentação teórica desta dissertação.

2 DESEMPENHO ACADÊMICO NO ENSINO MÉDIO

O desempenho acadêmico do aluno depende de fatores culturais, emocionais e biológicos. Além disso, suas experiências escolares são fundamentais na construção do seu perfil cognitivo, o qual está alicerçado em bases biológicas e inserido no ambiente familiar e social.

O perfil cognitivo e acadêmico do estudante não se refere somente ao seu potencial intelectual, no sentido de nível de complexidade da elaboração do seu raciocínio. Refere-se também à forma de utilização desse potencial. O jovem necessita ser competente quando planeja o que faz do seu tempo, quando organiza e administra a informação de um novo conhecimento e no monitoramento da sua própria aprendizagem. Deve ter flexibilidade para modificar seu rumo e estratégias com a aquisição do novo conteúdo e terá mais sucesso se for veloz no processamento das informações, na resolução de problemas e dos questionamentos que surgirem (GOLBERT *et al.*, 2008).

O desempenho acadêmico (DA), conforme definido neste estudo, é representado pela média das notas obtidas no primeiro trimestre, nas treze disciplinas curriculares, de uma turma de 1º ano do Ensino Médio (EM) do Colégio Júlio de Castilhos. Partiu-se do pressuposto que essa média expressa a ‘competência’ de aprendizagem dos alunos.

Neste capítulo, primeiramente apresenta-se o conceito de competência, o qual tem sido o traço condutor das reformulações do EM e citam-se as características do desenvolvimento segundo o Programa Internacional de Avaliação de Estudantes. A seguir, traça-se um paralelo com o tema acerca das diferenças individuais no desenvolvimento do pensamento e como isso repercute no atual conceito de DA. Contextualizam-se os objetivos da formação acadêmica do adolescente na etapa do EM no momento atual. O capítulo finaliza com considerações a respeito do pensamento do adolescente.

2.1 DEFINIÇÃO DE ‘COMPETÊNCIA’ NO CONTEXTO ACADÊMICO ATUAL

O Conselho Nacional de Educação (CNE) aprovou, em julho de 2009, a reformulação do currículo e da organização do EM apresentada pelo Ministério da Educação e Cultura (MEC). Tanto para a Lei de Diretrizes e Bases de Educação Nacional de 1996 como para os Parâmetros Curriculares para o EM

de 2000, a atual reformulação manteve o conceito de competências como norte dos projetos envolvendo não somente os conteúdos curriculares e a operacionalização do sistema ensino/aprendizagem, mas também tudo que se refere à sua avaliação. Também no relatório da Comissão Internacional sobre Educação para o século XXI, para a UNESCO, as *competências* constituem o conceito pedagógico central, preconizado para toda prática educativa (DELORS, 2001).

No momento atual e em diversos países, a educação por competências tem configurado as reformas de ensino. Apesar de não se constituir num discurso homogêneo através de todas as reformulações, há um direcionamento comum, o qual expressa a confluência de interesses políticos e econômicos que permeiam as concepções do “educar para viver” que é priorizado nos meios educacionais dessas nações (LOPES, 2010).

O conceito de competências na reforma do EM tem assumido um significado que associa dimensões cognitivistas a comportamentalistas e traz Piaget (no conceito de abstração reflexionante) e Chomsky (no conceito de predisposição para determinada aprendizagem) como referência (LOPES, 2010). Pode-se entender por *competências*:

(...) os esquemas mentais, ou seja, as ações e operações mentais de caráter cognitivo, sócio-afetivo ou psicomotor que, mobilizadas e associadas a saberes teóricos ou experienciais, geram habilidades, ou seja, um saber fazer. As competências são modalidades estruturais da inteligência, ou melhor, ações e operações que utilizamos para estabelecer relações com e entre objetos, situações, fenômenos e pessoas que desejamos conhecer. São operações mentais estruturadas em rede que mobilizadas permitem a incorporação de novos conhecimentos e sua integração significada a essa rede, possibilitando a reativação de esquemas mentais e saberes em novas situações, de forma sempre diferenciada (BERGER FILHO, 1999).

Assim, as competências são dispositivos que agem traduzindo determinado conteúdo em habilidade, entendendo esta última como a capacidade de fazer. As competências possibilitam fazer relações a propósito das demandas contextuais. São um atributo fundamental das correntes pedagógicas atuais. Nestas, o EM é visto como veículo principal na formação do indivíduo preparado para a vida, isto é, representa a última oportunidade para construção de uma mente que não apenas acumula dados, mas sobretudo faz deles substrato do raciocínio para a ação eficaz.

2.2 CARACTERÍSTICAS DO DESENVOLVIMENTO COGNITIVO DE ADOLESCENTES

Nesta pesquisa serão considerados os critérios apontados pelo INEP(2009) na classificação dos alunos quanto a apresentarem desenvolvimento cognitivo bom, intermediário e baixo.

Os melhores alunos são capazes de conceitualizar, generalizar e utilizar informações baseadas em suas próprias investigações; podem aplicar seus conhecimentos para desenvolver abordagens e estratégias diante de novas situações; são capazes de relacionar informações de diferentes fontes e representações e traduzi-las flexivelmente e, ainda, formulam e comunicam precisamente suas ações e reflexões (INEP, 2009).

Os alunos com desenvolvimento cognitivo intermediário já utilizam um método de representação, podem empregar algoritmos, fórmulas e procedimentos básicos; são capazes de desenvolver comunicações curtas para relatar suas interpretações, resultados e raciocínios; selecionam e integram diferentes representações, incluindo simbólicas (INEP, 2009).

Já os alunos com baixo desenvolvimento cognitivo identificam apenas informações claras e explícitas, onde todos os elementos se encontram presentes; respondem questões que se limitam a envolver contextos familiares; conseguem seguir instruções quando cada item da sequência apresenta um estímulo individual (INEP, 2009).

2.3 DIFERENÇAS INDIVIDUAIS

Aqui apresenta-se a noção de *diferenças individuais*. Trata-se de características cognitivas e comportamentais que resultam da interação de componente inato com aspectos do ambiente.

A presente pesquisa também se fundamenta no princípio de que tanto as competências enfatizadas pela *nova escola média* como os índices que expressam o DA dos jovens participantes deste estudo são resultado dessa interação – hereditariedade e meio ambiente. A importância dessa observação deve-se justamente ao fator do desenvolvimento cognitivo que é suscetível de um investimento externo e aí a Escola tem um papel fundamental, exercendo

uma influência definitiva, quer no sucesso, quer no fracasso do estudante na sua vida acadêmica.

Fletcher, Lyons e Barnes (2007) e Fletcher (2009) apresentam como fonte para diferentes desempenhos na aprendizagem escolar os seguintes fatores:

- neurobiológicos, incluindo o perfil genético, a função e a estrutura cerebral;
- processos cognitivos, como a metacognição;
- psicossociais e comportamentais, como atenção, ansiedade e motivação, e
- sócio-econômicos, como nível de instrução familiar, qualidade da instituição acadêmica freqüentada pelo aluno e recursos financeiros.

Características da configuração familiar também têm um papel importante no engajamento do estudante na vida escolar. Lahire, num estudo sociológico de determinantes de sucesso acadêmico em crianças de meio sócio-cultural pouco privilegiado, propôs que esses fatores estejam relacionados a características no comportamento familiar:

Vimos, em contrapartida, o poderoso efeito, em algumas escolaridades, da presença constante de adultos que possam exercer disposições escolarmente harmoniosas a todo instante, de maneira sistemática, regular e duradoura (...). O fato de marcar de forma contínua sua presença se mostra particularmente importante em configurações familiares em que tudo depende do alto grau de vigilância dos pais (2008, p.339 e 340).

A questão apontada por Lahire é importante aqui por configurar um fator de viés, interveniente no uso que os indivíduos fazem de seu potencial cognitivo. Procurar controlar esse viés, no estudo do papel das funções cognitivas no DA, é motivo para novas pesquisas.

Cada aluno é único nas suas características e potencialidades, tanto em relação a aspectos intelectuais como de comportamento e personalidade. O sucesso alcançado na aprendizagem dependerá do resultado da interação entre esses fatores. Por exemplo, um aluno com bom DA pode alcançá-lo apesar de apresentar pouca capacidade atencional, pois compensa essa deficiência por meio de facilidade no raciocínio, chegando às mesmas notas de um jovem com características opostas.

Também em relação a estratégias na resolução de problemas, quer se trate de problemas apresentados nas avaliações escolares, quer se trate de

problemas da vida cotidiana, são diferentes os caminhos percorridos por cada jovem. As escolhas cognitivas na resolução de problemas dependem de características não só cognitivas como também são influenciadas pelo perfil de personalidade. Repete-se aqui o que já é sabido: nenhuma ação intelectual é livre de influência afetiva, de temperamento e de personalidade.

Siegler, em 1988, fez um estudo em que procurou explicar e caracterizar diferenças no pensamento das crianças quanto ao sucesso na resolução de um problema lógico-matemático. Analisou especificamente três domínios: quanto essas crianças tinham de conhecimento prévio sobre o tema do problema; a sua capacidade para adquirir novas informações e, por último, estudou as crianças quanto ao que ele denominou de *processos básicos* (controle da atenção, compreensão da instrução e memória de curto prazo, entre outros).

A conclusão do autor foi de que as crianças mais competentes na resolução do problema lógico-matemático foram aquelas com melhor capacidade de decodificação, ou seja, aquelas que melhor interpretaram tanto os enunciados como as intervenções do examinador.

Seguindo a ordem de apresentação do capítulo, no próximo item comentam-se as implicações das mudanças trazidas pela atualidade no planejamento do novo currículo e na forma de operacionalizá-lo.

2.4 OBJETIVOS DA FORMAÇÃO ACADÊMICA DO ADOLESCENTE

Os novos conhecimentos e informações, assim como a velocidade com que as novas tecnologias de comunicação permitem disseminá-los, tem sido um desafio para o sistema educativo. A educação é uma prioridade que tem sido ressignificada no mundo inteiro e diferentes países têm promovido reformas em seus sistemas educacionais.

Esta rapidez com que as mudanças se processam impõe um padrão mais elevado para a escolaridade e qualquer projeto pedagógico deve objetivar o desenvolvimento de competências com as quais os alunos possam assimilar informações e utilizá-las em contextos adequados, interpretando códigos e linguagens e servindo-se dos conhecimentos adquiridos para a tomada de decisões autônomas e socialmente relevantes (MEC, 2000).

Sendo assim, o EM atual visa desenvolver no jovem competências e habilidades fundamentais para o exercício da cidadania, para que este se constitua capaz de assimilar informações e de saber utilizá-las contextualmente.

Diante deste cenário, configura-se como DA na presente pesquisa o sucesso alcançado pelo estudante naquilo que pode ser medido: as notas resultantes dos processos avaliativos acadêmicos. Na escola em que foi realizada esta pesquisa, o currículo do primeiro ano do Ensino Médio é composto por treze disciplinas, entre as quais estão Filosofia, Arte, Sociologia e Literatura. Os professores são orientados a procurar incentivar a aprendizagem do aluno atendendo às novas demandas trazidas pelas reformas educacionais ou seja, buscam a perspectiva interdisciplinar e a contextualização. As avaliações curriculares devem possibilitar que os alunos demonstrem que são capazes, primeiramente, de interpretar os enunciados ou problemas colocados, de relacionar informações de diversas áreas de conhecimento e também de relacionar os novos conhecimentos aos já adquiridos. Na medida do possível, a escola incentiva o aluno a aplicar as informações que recebe em aula na sua vida cotidiana, assim como o contrário também é almejado, isto é, aproveitar sua experiência de vida quando da resolução dos problemas apresentados nos testes escolares.

Vê-se, então, a importância crescente dos aspectos cognitivos subjacentes à aprendizagem e que transcendem a simples memorização de conteúdos. Atender à *nova escola média* significa, sobretudo, ser competente em coordenar e relacionar. Nesta pesquisa, coordenar refere-se a direcionar e administrar a atenção de maneira eficaz, atentando para informações importantes ao mesmo tempo em que são descartadas as informações desnecessárias aos objetivos. Coordenar ainda refere-se a manter ativas na mente todas as informações pertinentes ao problema que se quer resolver e usá-las de forma significativa e produtiva. Esta é a definição do construto da Neuropsicologia cognitiva - memória de trabalho ou operacional, cujo aspecto atencional, o executivo central da memória de trabalho (ECMT), é pesquisado neste estudo.

A outra função cognitiva aqui pesquisada é o raciocínio lógico-matemático (RLM), construto que se refere, sobretudo, a relacionar informações. Na *nova*

escola média incentiva-se o aluno a desenvolver uma abordagem interdisciplinar do conhecimento, sabendo relacionar os conteúdos das diferentes áreas assim como contextualizando o conhecimento adquirido no ensino formal, na sua vida cotidiana.

2.5 O PENSAMENTO DO ADOLESCENTE NA ABORDAGEM PIAGETIANA

Inhelder e Piaget (1976) apresentaram algumas características (cognitivas) do pensamento do adolescente que ainda se aplicam nos dias de hoje e como estas repercutem no seu comportamento geral. São elas o pensamento operatório formal e a capacidade de reflexão.

Inhelder e Piaget (1976) consideraram como característica fundamental da adolescência a integração do indivíduo na sociedade dos adultos. Isso seria possível, segundo esses autores, pelo aparecimento do pensamento formal que, por sua vez, tem como substrato neurológico a maturação do sistema nervoso central. A estrutura cognitiva formal se constitui no núcleo ao redor do qual se dão as demais transformações no pensamento do jovem. As novas habilidades cognitivas influenciam a construção de novas teorias, o que ele faz utilizando as ideologias do seu ambiente. Essas teorias tipicamente prevêm um mundo melhor, conquistado através de uma reformulação do mundo presente. A estrutura cognitiva da criança não é capaz de abstrair em tal nível, por isso sua tendência centralizadora em seus pensamentos e ações.

A idade que marca o início da cognição formal do adolescente é relativa, resultando da interação entre fatores neurológicos (maturação cerebral) e fatores educacionais. Nas culturas ocidentais a transformação do pensamento infantil em pensamento adolescente inicia entre 11 e 12 anos de idade e atinge seu patamar de equilíbrio por volta dos 14 e 15 anos. Para os autores, essa transformação dependeria tanto e até mais dos fatores sociais do que dos fatores neurológicos e sua estrutura cognitiva formal seria dependência exclusiva da educação escolar. Então, para que o meio social atue sobre cérebros individuais é preciso que estes estejam em condições de assimilar as contribuições do meio. Portanto, disponibilidades biológica e do meio social são imprescindíveis e atuam em interação, num processo em espiral, em que

ambos fatores interagem promovendo, concomitantemente, maturação cerebral e desenvolvimento cognitivo.

Ainda para Inhelder e Piaget (1976), a característica principal da inteligência operatória formal (ou cognição do adolescente e do adulto) seria a capacidade de *pensar sobre o próprio pensamento*. E a abstração, ainda segundo os mesmos autores, seria mais intensa nos jovens que frequentam a escola do que nos jovens que estão fora dela, trabalhando em atividades não criativas, por exemplo. Os jovens escolarizados abstraem sobre o futuro, consideram possibilidades, constroem sistemas e teorias.

Quanto ao desenvolvimento dentro do próprio estágio, Inhelder e Piaget (1976) referiram que ocorreria da mesma forma que nos níveis anteriores. Primeiramente haveria uma indiferenciação entre o objeto ou *o outro* (a outra pessoa) e as atividades pessoais, ao que se seguiria uma *descentralização* no sentido da objetividade e da reciprocidade. Esse egocentrismo iniciaria seu fim, em geral, quando o jovem ingressasse no trabalho, iniciando a atividade profissional.

Os autores afirmaram em conclusão que os comportamentos adquiridos pelo adolescente seriam paralelos às suas aquisições intelectuais. Para compreender o papel das estruturas formais do pensamento na vida do adolescente seria preciso inseri-las na sua personalidade total. O mesmo seria verdadeiro no sentido oposto, na medida em que a personalidade do adolescente também é consequência de seu desenvolvimento cognitivo.

No próximo capítulo desta fundamentação teórica aborda-se uma habilidade cognitiva específica: a capacidade para aprender matemática (DM). Define-se o conhecimento matemático assim como sua natureza (hereditariedade e/ou experiência). Aborda-se sua construção cognitiva e como esta se constitui no cérebro.

3 DESEMPENHO EM MATEMÁTICA

A matemática foi escolhida para estudo pela sua relação com a memória de trabalho e o raciocínio. Esta diferencia-se das demais disciplinas que compõem o currículo do EM pela dificuldade que os alunos apresentam no seu aprendizado. Além disso, não basta determinação e esforço para vencê-la - são necessários atributos cognitivos que, por mais que possam desenvolver-se com o exercício, contam com a colaboração da hereditariedade.

O informe Cockcroft - um conjunto de pesquisas realizadas na Inglaterra, destinadas a elucidar os problemas na aprendizagem de matemática naquele país - afirmou que esta é difícil de ser ensinada e de ser aprendida em virtude das suas exigências cognitivas: o seu caráter hierárquico e as necessidades de atenção, memória e prática continuada (COCKCROFT, 1985).

Este capítulo inicia apresentando a definição de conhecimento matemático conforme a abordagem da presente pesquisa; segue por debater acerca da natureza do conhecimento matemático; então aborda os construtos cognitivos subjacentes à sua aprendizagem e finaliza revisando as evidências mais recentes do seu desenvolvimento (maturação biológica) e representação no cérebro.

3.1 DEFINIÇÃO DO CONHECIMENTO MATEMÁTICO

O conhecimento matemático (CM) transcende a compreensão do que é o número e o cálculo. A matemática informa sobre a natureza do pensamento em geral, portanto decompor o raciocínio matemático revela os componentes do próprio pensamento (BECKER, 1998).

Piaget define a matemática como um sistema de relações, no qual nada é arbitrário. Por exemplo: há mais animais que cães na matemática de qualquer cultura (PIAGET; SZEMINSKA, 1981; PIAGET, 1979).

O CM compreende desde sistemas inatos, designados pela evolução para representar e processar informação quantitativa, até mecanismos gerais aprendidos, capazes de operar e gerar conhecimento aritmético e matemático (GEARY, 2002).

Para os pesquisadores do PISA (Programa Internacional de Avaliação de Estudantes) (INEP, 2009), saber matemática significa ser capaz de analisar,

raciocinar e refletir ativamente sobre o conhecimento adquirido na escola e através de experiências de vida, enfocando competências que serão relevantes para a vida futura, na solução de problemas do cotidiano. O conhecedor da matemática operacionaliza esquemas cognitivos em termos de conteúdo de matemática, competência na aplicação desse conteúdo e de contextualização do conhecimento e das competências (MEC, 2010).

O primeiro elemento, o *conteúdo*, é determinado pelo desenvolvimento do conhecimento quantitativo, pelas noções de espaço e forma, pelo fenômeno de mudança e, por último, pelo fenômeno da incerteza.

1) Conhecimento quantitativo

Para organizar o mundo é necessário quantificar, reconhecer padrões numéricos, saber usar os números para representar quantidades e atributos quantificáveis dos objetos. Para atender a um nível de eficiência no conhecimento quantitativo, o sujeito deve apresentar os atributos que pertencem ao raciocínio quantitativo, quais sejam: senso numérico, representação dos números em várias formas, compreensão do significado das operações, intuição sobre a magnitude dos números e estimativas mentais.

2) Espaço e Forma

Faz parte desse conteúdo identificar semelhanças e diferenças na análise dos componentes da estrutura, reconhecer formas em diferentes representações e dimensões, entender a posição relativa dos objetos, compreender as relações entre formas e imagens (tal como uma cidade real e fotografias dela) e como se constituem as sombras, entender a perspectiva e como ela funciona, entre outros conhecimentos.

3) Mudanças

Todo fenômeno natural é uma manifestação de mudança. Exemplos disso são as mudanças físicas e mentais à medida que os indivíduos crescem, o ciclo das estações, índices de bolsas de valores e outros. Essas mudanças podem ser representadas matematicamente através de funções lineares, exponenciais, periódicas ou logísticas, ou através de categorias diferentes.

4) Indeterminação ou Probabilidade

No mundo atual, cada vez mais é possível estudar fenômenos através de amostras que representam a população cujo fenômeno está em estudo. Isso se torna produtivo desde que se saiba a margem de erro das conclusões

encontradas. O conteúdo matemático que oferece as noções de risco de erro é o da estatística.

O segundo componente refere-se às *competências*. São elas:

1) Reprodução

Inclui o resgate de conhecimentos prévios, aplicação de algoritmos padronizados e desenvolvimento de rotinas e de algumas habilidades técnicas. Compreender e manejar a extensão e os limites dos conceitos matemáticos também são tarefas que o estudante deve ser capaz de desempenhar nesse nível de conhecimento matemático.

2) Conexão

Refere-se a integrar informações e estabelecer conexões entre diferentes campos da matemática assim como entre a matemática e os demais campos do conhecimento.

3) Reflexão

Nas competências desse grupo, espera-se que os estudantes conceituem e matematizem situações, reconhecendo e extraíndo a matemática incluída na situação e empregando-a para desenvolver suas próprias estratégias e modelos. Também devem saber apresentar argumentos matemáticos que incluam demonstrações e generalizações.

Por fim, a *contextualização* refere-se à capacidade de usar a matemática para resolver os problemas cotidianos e não apenas aqueles fictícios formulados pelo professor por ocasião da avaliação do conhecimento adquirido.

Essa nova visão da matemática desenvolve cidadãos conscientes, críticos e produtivos, capazes de olhar/vislumbrar o futuro e fazer por ele.

Ainda segundo a referência anterior, conhecimento matemático (CM) refere-se à capacidade de identificar e compreender o papel da matemática no mundo moderno, de saber utilizá-lo na vida cotidiana de forma eficaz e fazer isso de forma natural e espontânea, demonstrando o engajamento nesse novo perfil do significado de CM. A matemática transforma-se, assim, num instrumento imprescindível para a resolução de problemas, determinação de metas e organização dos meios para alcançá-las. O jovem deve construir na escola a habilidade de fazer uso desse instrumento da mesma forma que faz uso do instrumento 'linguagem escrita' ou 'interpretação de textos' como um

processo natural da função de pensar sobre tudo que diz respeito à vida, englobando seus aspectos profissionais, sociais e afetivos. O que deve ser abandonado e esquecido é o uso do CM de forma restrita e limitada, isto é, a matemática na qual se mantêm os conteúdos na memória o tempo necessário para realizar as provas curriculares, desprezando-os assim que termina a exigência escolar, já que não servem para nada além do cumprimento da determinação acadêmica formal.

3.2 NATUREZA DO CONHECIMENTO MATEMÁTICO

Em 1997 Dehaene propôs a hipótese de que o *senso numérico* é uma capacidade básica do cérebro humano. De acordo com essa hipótese, circuitos neuronais específicos estariam preparados congênita e geneticamente para reconhecer *numerosidade*, isto é, a quantidade de um conjunto de objetos. Da mesma forma, haveria uma *intuição* matemática sobre a qual se desencadearia o desenvolvimento do CM (DEHAENE *et al.*, 2004).

O CM tem natureza biunívoca, resultando da interação entre predisposição inata e os objetos oportunizados pelo ambiente. A partir dessa interação dá-se a construção do CM.

Como elementos adquiridos, citam-se os quatro elementos do cálculo, conforme Pastor (2008).

- processos referentes aos fatos básicos - o que corresponde ao armazenamento e recuperação de cálculos simples que não necessitam de computação, que estão prontos para utilização, portanto podem ser comparados aos comportamentos armazenados na memória implícita de longo prazo, que podem ser recuperados automaticamente;
- regras gerais - as quais também têm uma natureza procedural, podendo ser resgatadas sem demanda de energia mental no momento da realização de um cálculo (como, por exemplo, sabe-se automaticamente que qualquer número multiplicado por zero será igual a zero);
- procedimentos específicos - também são conhecimentos aprendidos e memorizados que se apresentam automaticamente, quando da realização do cálculo (por exemplo, sabe-se onde colocar o zero nas operações multidígitos), e

- conhecimento conceitual aritmético - que permite compreender os fatos, as regras e os procedimentos específicos, além de poder gerar estratégias novas para resolução dos problemas. Numa analogia com a teoria do processamento da informação através de modelos computacionais, pode-se dizer que este é o componente originalmente humano, fonte da criatividade, que não se conseguiu viabilizar na máquina.

A existência individual desses componentes foi demonstrada através de vários estudos nos quais se observou a dissociação dos mesmos, assim como a dissociação entre as habilidades do cálculo e outros sinais neurológicos, secundários à lesão cerebral. Pesquisas importantes sobre dissociação de funções cognitivas foram realizadas por Warrington (1982), Hécaen (1977, 1978), Geschwind (1965), Barraquer-Bordas (1974) e Dehaene (1995), entre outros.

Algumas conclusões importantes surgiram da observação do comportamento desses quatro elementos principais do cálculo, como, por exemplo, que a maior velocidade de processamento do cálculo e o menor índice de erros ocorrem associados a uma experimentação prévia mais intensa dos fatos básicos (ASHCRAFT e BATTAGLIA, 1978; ASHCRAFT e STAZYK, 1981; ASHCRAFT, 1992).

3.3 CONSTRUTOS COGNITIVOS SUBJACENTES À ATIVIDADE MATEMÁTICA

A Matemática é um domínio complexo no qual várias funções cognitivas contribuem para seu desempenho (BULL e ESPY, 2006).

Diversos estudos têm demonstrado que várias funções cognitivas são pré-requisito para um bom desempenho em matemática. A seguir são citadas pesquisas apontando a memória de trabalho, as funções executivas, o raciocínio lógico-matemático, entre outras, como funções importantes para a competência em matemática.

Passolunghi, Vercelloni e Schadee (2007) investigaram se a relação entre funções cognitivas e aprendizagem da matemática poderia ser interpretada como uma relação de 'causa e efeito'. Encontraram que a memória de trabalho

e as habilidades de contagem são os precursores mais discriminativos e eficientes da aprendizagem matemática precoce (crianças iniciando o ensino fundamental com idade em torno de 6 anos). Já as habilidades fonológicas e a inteligência fluida não influenciaram diretamente essa aprendizagem.

Bull e Espy (2006) descreveram extensamente as funções de executivo central da memória de trabalho e sua importância no desempenho matemático (DM). Noutro artigo (BULL, ESPY e WIEBE, 2008), as autoras investigaram o valor preditivo da memória de curto prazo (MCP), da memória de trabalho (MT) e do funcionamento executivo (FE) para o desempenho tanto na leitura quanto na matemática em crianças de 7 anos de idade. Verificaram que crianças mais hábeis na MCP verbal para dígitos e no FE apresentaram melhor desempenho de forma geral. Já as crianças que obtiveram melhores resultados nos testes de MCP visuo-espacial e em MT desenvolveram com mais sucesso apenas na disciplina de matemática, mas não na de leitura.

Em 2007, Nunes et al verificaram que o raciocínio lógico foi preditor de DM e que a MT não. Nesse estudo, os autores avaliaram 53 crianças com média de idade de 6 anos, cursando o 1º ano de Ensino Fundamental, com três instrumentos: a Escala Britânica de Habilidades (BAS II), da qual utilizaram os subtestes de habilidade quantitativa, similaridades verbais, habilidades numéricas e matrizes; a Bateria de Testes de Memória de Trabalho para Crianças de Pickering e Gathercole (NUNES et al, 2007), da qual foram utilizados os subtestes de *span* de quantidades e de repetição de dígitos na ordem inversa e, na avaliação da competência lógica, utilizaram um instrumento construído pelos próprios autores. Esse instrumento verificou quatro compreensões lógicas: a) a relação lógica entre adição e subtração; b) a composição aditiva; c) as correspondências um para um e um para muitos e d) a seriação. Ao final de dezesseis meses, confrontaram os resultados das avaliações iniciais com as notas obtidas nas provas de matemática administradas pela própria escola. Observaram que a memória de trabalho, quando o raciocínio lógico-matemático foi controlado, não teve valor preditivo no sucesso em matemática, já o raciocínio lógico-matemático, sim, foi preditivo de bom desempenho em matemática quando a memória de trabalho foi controlada.

3.4 MODELOS DE PROCESSAMENTO MATEMÁTICO

Estes modelos sugerem o mecanismo pelo qual se dá o raciocínio matemático nos seus processos mais simples, como na recuperação dos fatos básicos e das regras gerais da matemática, dos procedimentos específicos e quanto ao conhecimento conceitual. A seguir apresentam-se alguns dos principais modelos de representações e mecanismos de processamento matemático, quer se trate do processamento do cálculo ou do número, de forma dissociada ou não.

1) Modelo de Matriz de Busca (ASHCRAFT e BATTAGLIA, 1978)

Neste modelo de processamento matemático os resultados seriam obtidos mediante acesso direto à informação memorizada, a qual estaria armazenada com a disposição de uma matriz. Esta matriz seria construída a partir do exercício prévio das computações e a resposta seria desencadeada através da ativação de interconexões pelo estímulo.

2) Modelo de Rede de Recuperação (ASHCRAFT e STAZYK, 1981; ASHCRAFT, 1992)

A maior velocidade de processamento do cálculo e o menor índice de erros ocorrem associados a uma experimentação prévia mais intensa dos fatos básicos. Esses autores propuseram um modelo conexionista de raciocínio que apresenta uma superposição bastante lógica aos processos de condução nervosa da informação. Criaram o Modelo de Rede de Recuperação, o qual explica que um cálculo simples representado na memória de longo prazo será mais facilmente recuperado quanto maior for o número de vezes que esse mesmo cálculo foi recuperado no passado. E, que no instante seguinte à recuperação do fato, há um estado de ativação dos nodos recém usados, que torna essa resposta mais fácil à nova evocação. Esse processo encontra analogia com o mecanismo de condução nervosa da informação, no qual os nodos são as sinapses e a ativação é a somação temporo-espacial dos potenciais pós-sinápticos excitatórios, que culminam com a geração do potencial de ação e, por conseguinte, com a transmissão do impulso nervoso que conduz a informação (GLOOR, 1985). Em relação à condução nervosa do sinal bioelétrico, dois aspectos são equivalentes a esse modelo conexionista:

a) Existe um estado neural de ativação, superior ao estado de repouso, porém ainda não suficiente para desencadear a transmissão do sinal. Este estado é

sustentado pela diminuição da polaridade negativa do meio intracelular em relação à polaridade do meio extracelular. Por exemplo, o potencial de membrana de repouso, sendo de 90 milivolts negativos, pode diminuir para 50 milivolts negativos. Esta situação eletroquímica se apresenta como consequência de uma somação espaço-temporal de potenciais excitatórios que neutralizou em parte a negatividade intracelular, mas não em uma dimensão suficiente para desencadear o processo de transmissão do sinal, isto é, não foi suficiente para gerar um potencial de ação. Esta situação cerebral biológica encontra correspondência no modelo funcional psicológico de Ashcraft (ASHCRAFT; BATTAGLIA, 1978; ASHCRAFT; STAZYK, 1981; ASHCRAFT, 1992) para o processamento numérico na sua afirmação de que há um momento em que a rede de nodos se encontra excitável, portanto oferecendo uma possibilidade de evocação de fatos básicos, regras e procedimentos em menor tempo e com menor demanda de energia.

b) Outro ponto de coincidência entre o processamento do cálculo e a transmissão neuronal de informação refere-se ao aumento da competência e eficiência de um e de outro mediante o exercício da função, do treino. No caso do processamento dos fatos básicos, a repetição prévia acelera o tempo de resolução dos mesmos. No cenário neurofisiológico, a repetição leva ao reforço das trilhas neurais mediante o aumento das ramificações dendríticas e dos botões sinápticos.

Essa convergência entre modelos psicológicos da cognição e funcionamento bioelétrico cerebral tem sido tema de pesquisas com o uso de equipamentos de captação do sinal elétrico, como o eletrencefalograma, na busca de correlatos biológicos da cognição (SAUSENG; KLIMESCH, 2008; VARELA *et al.*, 2001; WARD, 2003; MIZUHARA *et al.* 2005; MIZUHARA; YAMAGUCHI, 2007).

Outros pesquisadores acrescentaram alguns dados ao modelo de Ashcraft sem alterar-lhe a ideia central dos nodos, a ideia de força de associação e de limiar de ativação.

3) Modelo de Distribuição de Associações (SIEGLER, 1988)

4) Modelo de Rede de Interferência (CAMPBELL, 1987; CAMPBELL, 1995).

Segundo McCloskey *et al* (1991), esses principais modelos de processamento do cálculo compartilham os seus principais pressupostos básicos:

- os fatos aritméticos estão armazenados na memória de longo prazo de forma organizada e estruturada, segundo a força das conexões individuais;
- essa força de conexão representa o grau de intensidade da relação entre esses elementos;
- a força com que cada elemento está armazenado não depende de suas características aritméticas, mas sim da experiência de cada indivíduo;
- a probabilidade e rapidez com que cada elemento será resgatado da memória de longo prazo depende da sua força de conexão, portanto do grau em que foi experienciado.

4 O EXECUTIVO CENTRAL DA MEMÓRIA DE TRABALHO

4.1 CONCEITUAÇÃO

Desde a apresentação inicial do modelo de memória de trabalho (MT) de Baddeley e Hitch, em 1974 (BADDELEY, 2002, 2003), até 1986, a pesquisa dirigiu-se principalmente aos subcomponentes (ou sistemas escravos) alça fonológica e armazenamento visuo-espacial do modelo. Nessa época, Baddeley *et al.* (1986) e Baddeley e Wilson (1988) utilizaram-se do estudo dos efeitos do envelhecimento sobre os processos cognitivos para fracionar o componente executivo do modelo de memória de trabalho. Demonstraram a presença de déficit num processo executivo de pacientes com doença de Alzheimer, quando comparados com indivíduos controles. O processo executivo que se mostrou significativamente comprometido naqueles pacientes foi a *coordenação de operações entre dois subsistemas*. Os pacientes com Alzheimer não apresentaram a mesma habilidade que os indivíduos controles para coordenar informações originadas nos componentes fonológico e visuo-espacial da memória de trabalho. Para Salthouse e Babcock (1991), que também apresentaram um modelo de memória de trabalho que incluiu um componente executivo, não foi esse o elemento responsável pelas dificuldades daqueles doentes, mas sim a *velocidade de processamento*, a qual interferiu com maior carga fatorial no desempenho das duplas tarefas. Esses autores demonstraram esse resultado através da formulação de uma bateria de tarefas baseadas na fragmentação da memória de trabalho em seus constituintes funcionais.

Segundo Nahas e Xavier (2004), um modelo que provavelmente corresponde ao executivo central da memória de trabalho (ECMT) de Baddeley e Hitch é o modelo do Sistema Ativador de Supervisão (SAS) de Norman e Shallice (1980), citados por Baddeley e Hitch em 1994. O modelo SAS é basicamente um modelo de controle atencional que relacionou a MT com as funções dos lobos frontais e com a função *slips of action*, ou seja, de derivar de uma ação à outra. Esse modelo também incluiu a capacidade de combinar informações da memória de longo prazo com os estímulos presentes a fim de

planejar uma nova solução ou ação e garantir que um plano seja executado (NORMAN e SHALLICE, 1980; citados por BADDELEY e HITCH, 1994).

Durante os anos que se seguiram, as pesquisas sobre os componentes da memória de trabalho passaram a dar maior ênfase ao componente ECMT. Apesar do consenso, na época, de que um dos componentes mais importantes do ECMT era a *coordenação de dois ou mais subprocessos*, Baddeley e Hitch (1994) afirmavam que o ECMT representava outras funções importantes. Esses autores passaram a investir em pesquisas envolvendo *controle atencional e flexibilidade mental* (esta última significando, para eles, coordenar o objetivo planejado com as operações necessárias para sua realização). Buscavam modificar a crítica de que o ECMT nada mais era do que um “homúnculo” sentado no alto e que, de uma forma misteriosa, assumia decisões importantes (BADDELEY, 1996).

Vários estudos buscaram, na compreensão das funções dos lobos frontais, definir o ECMT (SHALLICE e BURGESS, 1991; DUNCAN, 1986). Baddeley (1996) afirmou que o modelo de MT em questão é principalmente um modelo *funcional* e que não perderia sua utilidade e importância caso não fosse identificado seu mapeamento anatômico. Apesar de o ECMT ter correspondência anatômica com os lobos frontais, outras áreas corticais também estão envolvidas. Nessa linha de pensamento, Baddeley e Wilson (1988) sugeriram não denominar síndromes neuropsicológicas pelo nome do local supostamente lesado (por exemplo, não chamar as síndromes disexecutivas de síndromes frontais). Apesar de a localização ser importante, não deve ser um fator limitante para a definição de um déficit neuropsicológico.

Numa formulação conceitual inicial objetivando definir quais funções pertencem ao ECMT, Baddeley (1996) considerou a função de *controlar a atenção demandada nas tarefas de armazenar e manipular informação*, como a síntese do papel do ECMT e enumerou quatro processos principais envolvidos nesse objetivo:

- a) coordenar atividades mentais simultâneas dos dois sistemas de armazenamento (alça fonológica e armazenamento visuo-espacial);
- b) supervisionar a atividade mental alternando estratégias automáticas com estratégias novas, quando necessário;

- c) utilizar a atenção seletiva, isto é, prestar atenção em informações específicas relevantes e ao mesmo tempo inibir a ativação de outras informações que sejam irrelevantes e distratoras;
- d) ativação de informações de memória de longo prazo.

Nas palavras de Oliveira (2007, p.400) o ECMT é “(...) responsável pelo gerenciamento das manipulações e operações com representações que ocorrem na memória de trabalho”.

Em 2000, Baddeley propôs acrescentar ao modelo *tripartite* da memória de trabalho uma instância na qual ocorreria a **coordenação** entre as informações armazenadas nos dois sistemas escravos – alça fonológica e esboço visuo-espacial – e as informações resgatadas da memória de longo prazo. Chamou de *buffer episódico* esse subcomponente do sistema, o qual colocaria juntas as informações originadas de várias fontes para que pudessem ser consideradas simultaneamente e relacionadas. O *buffer episódico* representaria um *sistema mnemônico*, ou seja, de armazenamento, que faria uso de uma codificação multirepresentacional¹.

Então, o ECMT faria parte de um modelo composto por dois sistemas de armazenamento e manipulação temporários de informação, um fonológico e outro visual (alça fonológica e esboço visuo-espacial); um sistema mnemônico - o *buffer episódico*; e um sistema atencional - o executivo central da memória de trabalho (BADDELEY, 2000, 2002).

Uma questão apresentada por Baddeley diz respeito ao mecanismo pelo qual o sistema que compõem o ECMT *resgata* as informações do *buffer*. Nesta concepção, Baddeley reforça o papel *da atenção* nos processos executivos de seleção e integração das informações que vão instrumentalizar a resolução do problema apresentado e a tomada de decisão. Neste momento do processamento de informação, da resolução de um problema ou da tomada de uma decisão, o ECMT tem o papel de dirigir a atenção de forma seletiva e intencional para o foco prioritário, numa função que Baddeley (2000) definiu como *monitoramento consciente*. Esse resgate da memória, a qual se pretende seja a mais apropriada para a situação que se apresenta a solucionar, tem um componente de atenção intencional/consciente para o qual Baddeley usou a

¹ Um estudo que inspirou a concepção de Baddeley do *buffer episódico* foi o que introduziu o conceito de Ericsson e Kintsch (1995) de “memória de trabalho de longo prazo”.

expressão *conscious awareness* (consciência consciente, ou seja, metacsciência).

Ainda sobre as memórias resgatadas a propósito da atividade em realização, Baddeley (2002, p.90) refere que “(...) a ação humana é assumidamente controlada por uma extensa série de esquemas e hábitos que são capazes de usar pistas do ambiente a fim de possibilitar o desempenho de tarefas habituais (...)”. A habilidade em escolher o esquema apropriado à demanda contextual é um fator importante na definição da competência de um sujeito na resolução de problemas.

Numa tarefa com intensa demanda do ECMT, uma partida de xadrez, Robbins *et al.* (1996) observaram o mesmo padrão de interferência e prejuízo entre amadores e profissionais no jogo quando tarefas concorrentes eram realizadas e os sujeitos tinham que decidir a próxima jogada. Nesse caso, o que diferencia o resultado é a capacidade individual de manter a atenção ativa sobre dois processos cognitivos simultâneos.

Numa atualização da identificação dos componentes do ECMT, Baddeley (2002) os enumera da seguinte forma:

- a) capacidade de focar a atenção;
- b) capacidade para dividir a atenção;
- c) capacidade para alternar o foco da atenção e
- d) viabilizar a coordenação entre os subsistemas e a memória de longo prazo.

O que se acrescentou nesta atualização dos subcomponentes do ECMT é a noção de que é um controle atencional o que determina quais e por quanto tempo determinadas informações estarão disponíveis no *buffer* episódico. Para Baddeley (2002), a síntese do papel do ECMT é a de representar um sistema atencional.

A relação entre atenção e MT também foi tema de um estudo em que a hipótese de que o comportamento desatento e problemas de MT, co-ocorrem (GATHERCOLE *et al.*, 2008). Nesse estudo, as autoras apresentaram o ECMT como um construto com natureza de domínio geral, associado à colocação de fontes atencionais de capacidade limitada, para manter os elementos do processamento de uma tarefa complexa de *span* (aqui o termo refere-se a uma distribuição sequencial).

Repovš e Baddeley (2006) pesquisaram o modelo multicomponente de MT com enfoque da psicologia cognitiva experimental. Partiram da definição do *buffer* episódico como sendo um sistema de memória de capacidade limitada, capaz de codificação multidimensional. Essa qualidade permite a coordenação de informações para a criação de episódios integrados (“*integrated episodes*”).

Num estudo recente (BADDELEY; ALLEN; HITCH, 2011), os autores referem que funções anteriormente caracterizadas como executivas, seriam melhor explicadas pelo papel central do *buffer episódico*. Nesse estudo, o construto seria responsável por “(...) ligar propriedades aos seus objetos (...)”. Verificaram essa afirmação através da aplicação de tarefas nas quais seriam exigidas, simultaneamente, a decodificação e a memorização de características individuais de objetos e as relações entre eles.

Salthouse (1996), a propósito dos mecanismos psicológicos subjacentes a habilidade cognitiva representada pelo ECMT, propõe que a coordenação de operações depende de mecanismos simultâneos de integração.

Do ponto de vista neuropsicológico, existem propostas diversas sobre os correlatos neurobiológicos da função do ECMT. Para Singer (1998), ocorreria uma sincronização das oscilações bioelétricas cerebrais. Para Pöppel (1994), haveria uma integração funcional através da periodicidade das oscilações bioelétricas desencadeadas pelas operações mentais. Esse é um campo de pesquisa a ser desenvolvido.

Em 1991, Salthouse e Babcock sugeriram um modelo dinâmico de articulação dos componentes da memória de trabalho, paralelamente às pesquisas de Baddeley. Salthouse e Babcock (1991) apresentaram um fracionamento da MT em que destacaram três componentes: a capacidade de armazenamento, a eficiência de processamento e a eficiência em coordenação. Nesse modelo, a *capacidade de armazenamento* é o construto que representa a quantidade de itens que se pode memorizar por um curto espaço de tempo. A *eficiência de processamento* é representada pela velocidade em que o indivíduo resolve problemas. Por último, a *eficiência em coordenação* é o construto que representa a capacidade de engajar-se em dois processos cognitivos simultaneamente. Os autores propuseram uma dupla-tarefa para avaliar o componente *eficiência em coordenação* e cada tarefa contou com uma apresentação numérica e uma apresentação verbal. Denominaram-se,

respectivamente, *alcance de computação aritmética* e *alcance de apreensão na escuta*. Essa dupla tarefa corresponde à medida idealizada por Daneman e Carpenter (1980) e por eles expressa como *span (ou alcance) de memória de trabalho*. Para medirem o construto MT, esses autores apresentavam aos sujeitos uma série de sentenças que deveriam ser processadas individualmente e, ao mesmo tempo, os sujeitos deveriam memorizar a última palavra da sentença.

4.2 O EXECUTIVO CENTRAL DA MEMÓRIA DE TRABALHO E O CURRÍCULO DO ENSINO MÉDIO

O currículo do Ensino Médio, em função da complexidade de conhecimentos e habilidades a serem adquiridos, vem aumentando progressivamente a demanda do processamento cognitivo. Faz-se cada vez mais necessário poder organizar, coordenar e relacionar as informações com competência. Segundo Bull e Espy (2006), acumular conhecimento não é mais suficiente para atender às demandas na aprendizagem atual, pois o volume de conteúdo ensinado deve ser associado a uma proposta de raciocínio, de saber pensar sobre os conhecimentos acumulados. O aluno deve ser capaz de planejar, recuperar informação, inibir ação e intervenção de informações concorrentes, ter flexibilidade para mudar de estratégia quando necessário, relacionar informações e coordenar operações simultâneas. Para Passolunghi *et al.* (2007), essas são funções do ECMT e se constituem em aspectos da aprendizagem cada vez mais estudados nos problemas de aprendizagem.

Assim como essas modificações acontecem na elaboração dos programas e metodologias de ensino, verifica-se uma tendência a mudar o foco de demanda das avaliações de aprendizagem aplicadas aos estudantes de Ensino Fundamental, Médio e Superior. Os exames passaram a investigar a capacidade reflexiva do aluno sobre o conteúdo, ou seja, passaram a ser priorizadas habilidades e competências cognitivas ao invés da simples apropriação de informações e conhecimento, dimensões de domínio mnemônico. Essa nova orientação passou a modificar alguns objetivos no sistema educacional, no sentido de que a escola deverá preparar seu aluno para pensar, além de adquirir conhecimento (PRIMI *et al.*, 2001).

Nessa perspectiva, as comissões que elaboram os exames governamentais para avaliação de qualidade de ensino/aprendizagem definem um conjunto de competências e habilidades que consideram essenciais. São as seguintes as definições do INEP acerca das expressões *competências* e *habilidades*:

Competências são as modalidades estruturais da inteligência, ou melhor, ações e operações que utilizamos para estabelecer relações com e entre objetos, situações, fenômenos e pessoas que desejamos conhecer. As *habilidades* decorrem das competências adquiridas e referem-se ao plano imediato do 'saber fazer'. Por meio das ações e operações, as habilidades aperfeiçoam-se e articulam-se, possibilitando nova reorganização das competências (INEP, 1999, citado por PRIMI *et al.*, 2001, p. 152).

São cinco as competências, ainda conforme o INEP (*ibid.*):

- I. Dominar linguagens – dominar a norma culta da Língua Portuguesa e fazer uso das linguagens matemática, artística e científica.
- II. Compreender fenômenos – construir e aplicar conceitos de várias áreas do conhecimento para a compreensão de fenômenos naturais, de processos histórico-geográficos, da produção tecnológica e das manifestações artísticas.
- III. Enfrentar situações-problema – selecionar, organizar, relacionar, interpretar dados e informações representadas de diferentes formas para tomar decisões e enfrentar situações-problema.
- IV. Construir argumentações – relacionar informações representadas em diferentes formas e conhecimentos disponíveis em situações concretas para construir argumentação consistente.
- V. Elaborar propostas – recorrer aos conhecimentos desenvolvidos na escola para a elaboração de propostas de intervenção solidária na realidade, respeitando os valores humanos e considerando a diversidade sócio-cultural.

As competências e habilidades que hoje inspiram o currículo do Ensino Médio se aproximam dos atuais conceitos de memória oriundos dos modelos neuropsicológicos. Já o currículo ora superado, fundamentado na memorização da informação, foi inspirado por conceitos de memória que a caracterizam como uma função unitária de armazenamento passivo. Aproximando o modelo de memória de trabalho idealizado por Baddeley (2002, 2003) e o atual paradigma enfatizado pelas avaliações governamentais, vê-se, nesta última, uma crescente valorização do raciocínio, das habilidades, da capacidade de utilizar a informação. Esses são requisitos necessários na tomada de decisões

e na resolução de problemas. Há uma clara mudança de ênfase da avaliação de conteúdos memorizados para a avaliação de processos gerais de raciocínio (PRIMI *et al.*, 2001). Vê-se, portanto, que cada vez mais deve ser incentivado um currículo que busque desenvolver *competências e habilidades cognitivas*, que não apenas repasse conteúdo. Para que isso aconteça, a formação dos professores deve incluir no seu programa conhecimento sobre a *cognição*, de um modo geral, e sobre a cognição específica da sua disciplina.

4.3 O EXECUTIVO CENTRAL DA MEMÓRIA DE TRABALHO PARA OBERAUER

Raciocinar, solucionar problemas, planejar e compreender textos são atividades cognitivas complexas que requerem a manipulação de representações com estruturas complexas, com múltiplos elementos inter-relacionados como, por exemplo, modelos mentais, estruturas-meta e estruturas proposicionais.

A maior parte das teorias considera que essas representações são agrupadas e manipuladas na memória de trabalho (MT). Essa afirmação é sustentada por evidências consistentes de correlação entre desempenho da MT e performance em tarefas cognitivas complexas.

Para Oberauer, a MT é o sistema responsável por reter a informação disponível para atividades cognitivas complexas como compreensão da linguagem, planejamento e raciocínio (OBERAUER *et al.*, 2009).

Como a MT faz isso? Pouco se sabe e pouco se pesquisa ou se escreve sobre esse tópico, segundo esses autores.

Para eles, apenas alguns elementos que estão na MT são envolvidos na atividade que está sendo processada e os demais elementos devem permanecer sem influenciar o processo em andamento. Isso requer um mecanismo de acesso seletivo a essas informações que estão na MT. Este processo pode ser exemplificado no cálculo mental de uma soma cujas parcelas têm três dígitos cada. Os autores sugerem que o constructo que faz isso seja o que eles chamaram de *foco atencional*. Esse constructo constitui-se de um mecanismo ou conjunto de mecanismos que *seleciona representações para a ação*. Sugerem tratar-se de um mecanismo superponível ao que ocorre numa situação de selecionar *inputs* visuais. Oberauer *et al.* (2009) concluem

que a atenção cumpre o papel de selecionar as representações que constroem o conjunto significativo, que será utilizado nas operações cognitivas. “(...) os resultados do experimento 3 novamente apontam para a hipótese de que o foco de atenção constrói sistemas de elementos associados (significativos) (...)” (OBERAUER *et al.*, 2009, p.81).

A atenção, então, agrupa elementos através de uma relação entre eles, transformando dois ou mais elementos em um sistema unitário. Portanto, pode-se dizer que a MT, através do ECMT, faz uso da estratégia de estabelecer, construir e identificar relações.

Ainda para Oberauer, a MT é um sistema que dá suporte a atividades como compreensão da linguagem e raciocínio. Requer, para essa função, manter representações de relações e dispor de um mecanismo para processar relações. O ECMT seria responsável por esse processamento.

O modelo de MT de Oberauer *et al.* (2003, 2008) é formado por três componentes:

- as representações ativadas da memória de longo prazo;
- as regiões de acesso direto (cuja função é manter representações e as relações entre elas à disposição para a operação cognitiva) e
- o *foco atencional*, instância que estabelece, constrói e identifica relações.

Dentre os componentes preconizados por Oberauer para definir a MT conforme seu modelo, identifica-se o foco atencional como o sub-construto com a função do ECMT do modelo de MT de Baddeley.

5 O RACIOCÍNIO LÓGICO-MATEMÁTICO

Dentro dos objetivos deste trabalho, o raciocínio lógico-matemático (RLM) representa uma função cognitiva que se insere nos processos cognitivos envolvidos na aprendizagem e, conseqüentemente, tem um papel no desempenho acadêmico (DA), o qual se pretendeu observar neste estudo.

Este capítulo inicia com a definição de RLM e a descrição das estruturas de raciocínio características do pensamento operatório formal, conforme classificação piagetiana. A seguir, apresenta o método clínico piagetiano. Segue-se a descrição das estratégias mentais que estão presentes na resolução do problema lógico-matemático *o equilíbrio da balança*. No quinto item é apresentado o estudo de Siegler com o experimento da balança. Na conclusão do capítulo, comenta-se comparativamente os pontos de vista de Piaget e de Karmiloff-Smith a respeito da construção das noções lógicas.

5.1 DEFINIÇÃO

Raciocinar (ou pensar logicamente) é sistematizar, relacionar e observar a coerência entre as operações mentais; é combinar enunciados, vindos ou não da experiência, respeitando estruturas formais de composição. O raciocínio (ou pensamento lógico) parte de composições formais, as quais constituem uma estrutura, idealizada e esquematizada, cujas transformações são acessíveis ao cálculo (PIAGET, 1976).

5.2 ESTRATÉGIAS LÓGICO-MATEMÁTICAS NO PENSAMENTO FORMAL

O RLM no período operatório formal, “enuncia dados por proposições e identifica ou constrói relações entre elas” (PIAGET, 1976, p.5).

O pensamento operatório formal tem início entre os 11 e 12 anos, aproximadamente, e atinge seu equilíbrio² por volta dos 14 e 15 anos (INHELDER e PIAGET, 1976); apresenta uma estruturação operatória completamente nova em relação à anterior e fundamenta-se na lógica das proposições e em novos esquemas³ operatórios. Esses esquemas operatórios aparecem sincronicamente e são, entre outros, as *operações combinatórias*, as *proporções*, os *sistemas duplos de referência*, o *esquema de equilíbrio mecânico* (igualdade entre ação e reação), *probabilidades multiplicativas*, *correlações* etc. (INHELDER e PIAGET, 1976).

No estágio anterior, do pensamento operatório concreto, as únicas operações lógicas de que a criança é capaz são os *agrupamentos elementares de classes e relações*, apenas com um início de *reversibilidade*. Nessa fase ainda não existe uma estrutura de conjunto que integre, num só sistema, a inversão e a reciprocidade.

A estrutura dupla que caracteriza o pensamento formal resulta de coordenações que se processam na etapa formal do desenvolvimento cognitivo e atinge um nível significativo de elaboração e complexidade por volta dos 14 e 15 anos, representando um momento de equilíbrio cognitivo (INHELDER e PIAGET, 1976).

Para dar conta da lógica formal do adolescente e do adulto, Piaget concebeu um sistema formal de raciocínio (grupo⁴), no qual é possível operar quatro transformações simultaneamente. Nos raciocínios segundo a estrutura de grupo de operações, podem ser considerados simultaneamente mais de um tipo de transformação, ou seja, o jovem é capaz de representar e operar mentalmente mais de uma estratégia que levam à solução do problema.

Piaget (INHELDER e PIAGET, 1976) reuniu essas operações (transformações) no que chamou de “grupo de quatro” ou “grupo INRC”:

1ª) Identidade (I)

² Totalidade estável de estruturação cognitiva mental que se dá pela interação de seus elementos e que permanece estável a despeito da variação dos objetos assimilados (MONTANGERO e MAURICE-NAVILLE, 1998).

³ Esboço generalizável de uma ação ou operação (GOLBERT, 2005; MONTANGERO e MAURICE-NAVILLE, 1998). Esboço das ações suscetíveis de serem repetidas ativamente (PIAGET, 1978).

⁴ Estrutura ou sistema abstrato que possui determinadas propriedades definidas; é composto por um conjunto de elementos e uma operação que os relaciona (FLAVELL, 1971).

2ª) Negação (N)

3ª) Recíproca (R)

4ª) Correlativa (C)

A seguir comentam-se o método utilizado por Piaget na observação e avaliação do potencial e do desempenho cognitivo e as estratégias utilizadas na resolução do problema piagetiano *o equilíbrio da balança*. Nesses itens procurou-se seguir a teoria piagetiana como referencial.

5.3 MÉTODO CLÍNICO DE JEAN PIAGET

Piaget dedicou grande parte de sua pesquisa ao estudo do pensamento da criança e do adolescente. Seu método clínico consistia na apresentação de problemas que deveriam ser solucionados pela criança. O processo avaliativo se dava através da sucessão de ações e questionamentos interativos entre o avaliador e o avaliado no processo de resolução do problema (DELVAL, 2002; MONTANGERO e MAURICE-NAVILLE, 1998). Uma das áreas estudadas por Piaget foi o pensamento infantil na matemática (A construção do número, Tratado de lógica, Da lógica da criança à lógica do adolescente). Piaget construiu uma série de tarefas que visavam investigar aspectos do raciocínio da criança em diversos temas sobre a construção de conceitos matemáticos. Apesar de, ao longo de sua produção científica, não ter se proposto explicitamente a construir modelos do pensamento infantil, suas teorias podem ser consideradas como uma obra de psicologia cognitiva, no sentido em que se constituem justamente em modelos psicológicos do funcionamento mental.

As tarefas piagetianas descrevem e analisam o raciocínio subjacente à resolução de um problema. Na resolução do problema lógico-matemático, o jovem evidencia a sequência de operações, questionamentos e reflexões que utilizou. A linguagem proposicional representa de maneira simbólica o curso dessa construção cognitiva e viabiliza a apreensão do nível de complexidade do pensamento em que se encontra o indivíduo participante.

Diante disto, é possível verificar defasagens no desempenho de jovens na solução de problemas lógico-matemáticos e inferir sobre seu potencial intelectual. A tarefa piagetiana de RLM pôde contribuir, portanto, como um

instrumento avaliativo do potencial para a aprendizagem, desde que como parte de uma totalidade de recursos que compõem uma avaliação.

A defesa de uma escola que favoreça a maior individualização dos procedimentos de ensino e dos próprios conteúdos curriculares quanto às características do aluno, não pode se limitar a quantificar habilidades cognitivas; deve, também, conhecer os percursos do pensamento daqueles, na construção de noções e na resolução de problemas (PRIMI e ALMEIDA, 2000). Nesse sentido, o método clínico de Piaget traz contribuição importante, visto que possibilita essa análise.

Na presente pesquisa, os resultados na avaliação do RLM disponibilizaram a categorização dos processos de pensamento em relação à tarefa utilizada e, a partir daí, as categorias foram traduzidas em escores, os quais conduziram à quantificação dos resultados.

Nesta pesquisa, a tarefa piagetiana de resolução de problemas lógico-matemáticos possibilitou acompanhar a linha de pensamento do adolescente através de suas ações com a balança. Ainda, aprofundou a análise e interpretação das respostas dos sujeitos, possibilitando acompanhar os processos mentais por ele utilizados para aprender.

5.4 ESTRATÉGIAS NA RESOLUÇÃO DA TAREFA PIAGETIANA 'O EQUILIBRIO DA BALANÇA'

Na obra de Inhelder e Piaget (1976) *Da lógica da criança à lógica do adolescente*, os autores mostram a transformação do pensamento operatório concreto em pensamento operatório formal. Observam essa evolução por meio de experimentos projetados para aplicação do método clínico.

Na tarefa piagetiana *o equilíbrio da balança*, o sujeito deve solucionar várias questões que vão sendo apresentadas pelo examinador e pelo próprio desenvolvimento da interação sujeito/objeto. A observação do desenvolvimento do raciocínio nessa tarefa nos descreve de forma ilustrativa aspectos dinâmicos da estruturação do pensamento e sua natureza.

A seguir, listamos alguns pontos principais dessa evolução, os quais serão utilizados como referencial para a análise dos casos do estudo. Este apanhado de informações é proveniente do trabalho de Inhelder e Piaget

(1976) sobre a construção do pensamento lógico-matemático desde seu início até o estágio de equilíbrio de maior complexidade, correspondendo ao pensamento do adolescente de 14 a 15 anos⁵.

A primeira noção de equilíbrio da balança apresentada pela criança se dá entre os 3 e 5 anos, correspondendo ao estágio IA dessa construção cognitiva. É uma noção indiferenciada, que mistura o próprio peso dos saquinhos com a força aplicada para equilibrar o eixo horizontal. Inhelder e Piaget (1976) dizem:

Portanto, inicialmente a balança é assimilada a esse gênero de ações indiferenciadas, e não a um sistema de operações e compensações entre o peso, e nem, a *fortiori*, entre peso x comprimento. Na realidade, nesse nível não há qualquer forma de operações concretas, mas apenas regulações representativas, isto é, instrumentos de compensação global, sem reversibilidade sistemática (p. 127).

Nessa etapa do desenvolvimento as crianças não se dão conta de que o fato de segurarem os braços da balança na horizontal com as mãos não garante que eles permaneçam assim quando tirarem as mãos. São capazes de repetir essa manobra várias vezes, não entendendo por quê a balança volta para a situação de desequilíbrio. Não conseguem perceber a diferenciação, o limite, entre sua própria ação e a ação dos mecanismos da balança.

Ainda segundo o mesmo estudo de Inhelder e Piaget (1976), o conceito de *regulações progressivas* é importante neste estágio. Estas são tentativas repetidas de ter sucesso, levando a um enriquecimento do esquema de ação. Na tarefa *o equilíbrio da balança*, um dos resultados destas *regulações progressivas* é o reconhecimento de que o peso tem uma influência relativa no desfecho do problema.

O comportamento de acrescentar pesos indiscriminadamente é muito característico desse estágio. No entanto, não se caracteriza uma operação, apesar de ser uma preparação para uma operação aditiva. Não se caracteriza um comportamento operatório porque, sobretudo, não há *reversibilidade*, isto é,

⁵Os mesmos autores explicam que não ocorre de fato uma equilibração definitiva da estrutura operatória alcançada na adolescência, já que na vida adulta novas equilibrações continuam acontecendo se forem buscadas e em um ritmo diferente do outrora natural de um cérebro em processo de maturação biológica.

as crianças não tiram pesos com o objetivo de igualar. As retiradas de pesos são apenas para recomeçar as tentativas.

Outro prenúncio de procedimento operatório, ainda na fase intuitiva, consiste na tendência em procurar *simetria* entre as distâncias em que são pendurados os pesos, porém isso não significa uma coordenação entre os pesos, mas sim um processo que não se afasta de um sistema perceptivo.

Na etapa seguinte, entre 5 anos e meio e 7-8 anos, o estágio IB, a criança começa a ter compreensão de que para obter o equilíbrio é necessário colocar pesos em ambos lados e também compreende que os pesos devem ter aproximadamente os mesmos valores, porém não sabe organizar sua ação para obter o equilíbrio. Ainda coloca e tira pesos num processo de correções sucessivas, ou seja, regulações. Essas regulações são de igualização (fazer a mesma coisa do outro lado) e por adição ou supressão (botar e tirar pesos num processo de tentativa e erro) e antecipam as transformações por reciprocidade e por inversão, em relação aos pesos. Em relação às distâncias entre o peso e o eixo vertical, em alguns casos a criança descobre sua influência, mas não chega a coordenar as duas dimensões - peso e distância. Portanto, ainda não se trata de operações; são ações intuitivas articuladas.

No período compreendido entre os 7-8 até os 10-11 anos, uma das principais aquisições é a capacidade de realizar operações mentais. Em relação à evolução das estratégias na resolução do problema *o equilíbrio da balança*, essa etapa divide-se em duas estruturas principais, as quais são citadas a seguir.

De início, a criança igualiza e adiciona os pesos com precisão, ao mesmo tempo em que procede a simetria e adição exatas em relação às distâncias. Prevê que para dois pesos diferentes necessitará de duas distâncias diferentes, mas ainda não tem acesso, não encontra a lei: ao peso de maior valor, corresponde a menor distância. Nessa etapa a criança já procede à seriação dos pesos. Ainda não é capaz de coordenar as duas dimensões entre si. Vai descobrindo, através de regulações sucessivas, que a um menor peso deve se associar uma maior distância a fim de obter a horizontalidade da balança. Então ainda predomina uma atitude intuitiva, uma compensação empírica dos pesos e das distâncias, sobre a operatória, com

relação à coordenação de dois esquemas individuais - referentes ao peso e à distância.

Ainda correspondendo a essa etapa do raciocínio, conforme o mesmo estudo, as operações construídas permitem chegar a resultados que podem ser expressos na linguagem lógico-matemática, por multiplicação das relações, nas seguintes expressões:

1) $(B1 \times Lx) = (B2 \times Lx)$, o que expressa que dois pesos iguais - B1 e B2 - situados a distâncias iguais - Lx - alcançam o equilíbrio por simetria; “portanto um dos pesos é concebido como compensando o outro, por reciprocidade” (INHELDER e PIAGET, 1976, p.130).

2) $(B1 \times Lx) > \text{ou} < (B2 \times Ly)$, dois pesos iguais - B1 e B2 - situados a distâncias diferentes - Lx e Ly - não se equilibram.

3) $(A1 \times Lx) < (B2 \times Lx)$, A1 sendo um peso menor do que B2, ambos são colocados à mesma distância nos braços contralaterais, também não se equilibram e a criança ainda não consegue coordenar as duas compreensões, ou seja, não consegue colocá-las em relação.

4) $C1 = A2 + A2' + B2'$, ou seja, por aditividade, a criança é capaz de substituir um peso por um conjunto de mais de um peso, com total equivalente.

Numa situação em que tanto os pesos como as distâncias são desiguais, a criança só conseguirá descobrir através da experimentação repetida que há uma coordenação possível: um peso grande a uma pequena distância pode ser compensado por um peso pequeno a uma grande distância. Vale lembrar que essa descoberta, além de não ser passível de coordenação, é ainda apenas qualitativa, não métrica.

Esse comportamento caracteriza o estágio IIA.

A solução do problema das relações entre pesos diferentes e distâncias diferentes será alcançada no estágio seguinte, num segundo momento dentro das idades de 7-8 até 10 -11 (sempre aproximadamente, quando se fala em idades de processamento de raciocínios). É o estágio IIB.

Neste estágio as crianças chegam à lei do equilíbrio, de que, quanto mais pesado, mais perto do meio deve ficar. Mas essa descoberta acontece por experimentação das correspondências qualitativas, não por uma operação de proporcionalidade métrica.

Nesta fase, diante de dois pesos diferentes colocados a distâncias iguais do eixo vertical, de imediato a criança sugere que uma solução pode ser aproximar o maior peso da linha média, quando anteriormente teria um investimento persistente na troca dos pesos, custando a dar-se conta da segunda variável que pode interferir na resolução do problema.

Surge a operação de uma seriação dupla entre a sequência de pesos cada vez maiores e a sequência de distâncias cada vez menores ($A < B < C$ etc. e $L1 > L2 > L3$ etc.). Trata-se de uma seriação dupla dos pesos e das distâncias por correspondência biunívoca inversa. Descobrem que o mesmo objeto pesará mais ao se distanciar do eixo vertical. A operação descrita na linguagem da lógica fica: $(A \times L1) = (B \times L2) = (C \times L3)$ e assim por diante.

As operações qualitativas construídas nessa fase, porém, ainda não alcançam a totalidade de noções que implicam a lei do equilíbrio. Por exemplo, como a relação entre peso e distância vai interferir numa terceira variável envolvida no sistema: a *força*.

Outra estratégia de que a criança é capaz nesta fase do desenvolvimento cognitivo é quantificar os pesos. Isto significa que ela entende que $B = 2A$, $C = 2B$ e assim por diante.

O esquema das proporções ou da proporcionalidade nasce, finalmente, no estágio III. Uma das questões que se coloca é que foi necessária sua aprendizagem através da intervenção da escola para que se consolidasse essa noção. Isto não é verdade, conforme demonstram os pesquisadores ainda no mesmo estudo, (INHELDER e PIAGET, 1976, p. 132) e afirmam que o “esquema da proporcionalidade se constitui antes de qualquer ensino”. É provável que uma condição necessária e suficiente para essa construção tenha sido um sistema operatório qualitativo, cujas propriedades seriam análogas às do grupo INRC (os autores não chegam a fornecer maiores considerações a esse respeito neste ponto da apresentação das idéias).

O estágio III da evolução do raciocínio, relativo às estratégias de resolução do problema apresentado na tarefa *o equilíbrio da balança*, divide-se em dois momentos psicológicos: a *descoberta* da lei do equilíbrio (estágio IIIA) e a *explicação* da mesma (estágio IIIB). Esta totalidade inicia sua consolidação por volta dos 11-12 anos e chega ao equilíbrio por volta dos 14-15 anos.

No estágio IIIA, o sujeito passa da correspondência qualitativa entre pesos e distâncias para a proporção métrica. Essa evolução indica a presença de um esquema antecipador, no qual o jovem sabe que, para equilibrar dois pesos (P) que deverão ser colocados a distâncias de L e de 1/3 de L, os mesmos deverão ter, respectivamente, o peso de 1/3 de P e P. O peso maior ficará na posição do terço da distância - “peso maior na fração que representa o peso menor”. Justificam a explicação demonstrando a noção de Piaget de que “antes se faz, depois se compreende” (PIAGET, 1978). Um exemplo disso é a explicação de um sujeito de 12 anos e 11 meses, interrogado no experimento de Inhelder e Piaget (1976, p.132): “eu tive essa ideia e quis experimentar”.

Nesse esquema antecipador, são bastante presentes as noções de reciprocidade e compensação.

A proposição que representa a lei descoberta é $P/P' = L'/L$.

No exercício de suspensões sucessivas e alternativas de pesos, o jovem começa a valorizar uma terceira dimensão ou variável do problema: o deslocamento vertical que o peso faz e a conseqüente inclinação dos braços horizontais, segundo a força a eles aplicada. O aparecimento dessa explicação é característico do estágio III do desenvolvimento do pensamento.

No estágio IIIB inicia-se a pesquisa da explicação da lei que orienta a resolução do problema, já com a inclusão das três variáveis: o peso, a distância e a força; e que explica que, diante de duas unidades de peso colocadas a uma distância de cinco unidades, se for colocada apenas uma unidade de peso no braço contralateral, para ter o equilíbrio essa unidade deverá ser colocada a uma distância de dez unidades e que, nestas condições, a força necessária para deslocar o braço da direita (no sentido vertical) será a mesma necessária para deslocar o braço da esquerda.

5.5 O ESTUDO DE SIEGLER COM O EXPERIMENTO DA BALANÇA

Siegler (1976) procurou explicar e caracterizar diferenças no desenvolvimento do pensamento da criança ao adolescente, especificamente quanto ao seu entendimento nos problemas do equilíbrio de uma balança. Essas diferenças foram investigadas em três domínios:

- conhecimento prévio sobre o problema;
- habilidade para adquirir novas informações e
- diferenças em processos cognitivos básicos.

O conhecimento prévio sobre o problema e a habilidade para adquirir novas informações dependem de diferenças mais básicas, relativas a processos cognitivos, ou melhor, a construtos neuropsicológicos; por exemplo, a capacidade da memória de curto prazo, a habilidade de compreender instruções, a habilidade de controlar a atenção, entre outras.

Para investigar as diferenças entre o conhecimento prévio sobre os problemas originados na tarefa do equilíbrio da balança, o pesquisador realizou um experimento no qual usou quatro modelos de soluções possíveis. A partir desses modelos de solução, trabalhando com os sujeitos através do método clínico de Piaget, pôde verificar o estágio de construção das noções em que se encontravam seus sujeitos, noções estas pertinentes aos problemas científicos da balança.

Na investigação de quanto os sujeitos conseguiam evoluir na complexidade de suas construções lógico-matemáticas relativas ao problema da balança, a partir da experiência interativa com o examinador, o autor realizou um segundo experimento. Nesse experimento, comparava a aprendizagem de indivíduos que apresentavam o mesmo estágio de construção da noção cognitiva. Observou que os sujeitos com mais idade apresentavam mais evolução do desenvolvimento das noções em decorrência da interação com o examinador, ou seja, teriam melhor 'prontidão' para aquele aprendizado específico.

Na pesquisa das diferenças quanto a processos cognitivos básicos, buscou verificar se haveria diferentes graus de capacidade de decodificação, intervindo em diferentes graus de desenvolvimento das noções relativas ao equilíbrio da balança.

O teste *o equilíbrio da balança* é muito útil na avaliação de construtos importantes para o desenvolvimento do pensamento: apresenta uma noção matemática rica e complexa acerca da proporcionalidade, cuja evolução inicia lá na infância intuitiva⁶ e atinge a maturidade no pensamento operatório formal,

⁶ Correspondendo ao período intuitivo da classificação piagetiana da evolução do pensamento que se estende, aproximadamente, entre os dois e os seis anos

portanto pode ser utilizada nesse intervalo de idade; e, dispõe de vasto corpo de informações empíricas oriundas das investigações de Inhelder e Piaget (1976) com o experimento.

5.6 A CONSTRUÇÃO DAS NOÇÕES LÓGICAS SEGUNDO PIAGET E SEGUNDO KARMILOFF-SMITH

Tanto para Piaget (1950) como para Karmiloff-Smith (2001), a construção das estruturas lógicas do raciocínio se dá através da experiência, isto é, através da interação do sujeito com o meio. Karmiloff-Smith chegou a criticar Piaget argumentando que este atribuiu aos estádios de desenvolvimento uma delimitação temporal quase estanque. Segundo a posição da autora, as noções lógicas são totalmente dependentes da experiência. Um exemplo para explicar essa posição poderia ser o de um grupo de nativos de certo povo que não conheceram o número. Mesmo em idade adulta, para construir esse universo cognitivo, o sujeito deveria passar por todas os estádios cognitivos, desde o sensório-motor, até chegar ao operatório formal, em relação a essa construção. Então, Karmiloff-Smith afirma que não se poderia dizer que o indivíduo se encontra em tal estágio do pensamento e sim, “em tal estágio do pensamento para *tal noção cognitiva*”.

Piaget concebe um estadiamento geral da estruturação cognitiva, ao qual se contrapõe Karmiloff-Smith, alegando que esse estadiamento é específico para cada noção cognitiva, ou seja, no desenvolvimento de uma noção específica, como a noção do equilíbrio de uma balança de dois braços horizontais, o estadiamento ocorrerá quando ocorrer a experiência, isto é, a ação particular do sujeito sobre o objeto.

Parece razoável considerar que os dois pontos de vista não se excluem, mas, sim, se complementam, já que uma sequência geral na evolução da complexidade do pensamento pode ocorrer simultaneamente a uma sequência específica numa construção específica. Ambos autores não prescindem da interação entre sujeito e objeto para a construção do conhecimento, independentemente da idade cronológica em que isso ocorra.

6 MÉTODO

Esta é uma pesquisa com delineamento misto quali-quantitativo que inclui coleta de dados numéricos e de dados descritivos. Na análise, utilizam-se tratamentos estatísticos correlacional e de comparação entre grupos, assim como abordagens descritivas (CRESWELL, 2007). Os tratamentos estatísticos utilizados são: teste de *Correlação de Pearson e Análise de Variância*.

São avaliados os desempenhos de 35 alunos do 1º ano do Ensino Médio do Colégio Júlio de Castilhos em quatro funções cognitivas e observadas suas correlações. As funções cognitivas são o desempenho acadêmico (DA), o desempenho matemático (DM), o executivo central da memória de trabalho (ECMT) e o raciocínio lógico-matemático (RLM). Também é realizada a comparação entre os grupos com alto, intermediário e baixo DA em relação aos seus desempenhos nas outras três funções estudadas.

A seguir, define-se o problema de pesquisa, as questões de pesquisa e os objetivos. Então, apresentam-se os participantes, os procedimentos e os instrumentos que foram utilizados.

6.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Há relação entre desempenho acadêmico, desempenho matemático, o executivo central da memória de trabalho e o raciocínio lógico-matemático em adolescentes de Ensino Médio? O desempenho em tarefas que avaliam o ECMT, o RLM e o DM são diferentes nos grupos com DA alto, intermediário e baixo ?

6.2 QUESTÕES DE PESQUISA

Desempenho acadêmico, desempenho matemático, o executivo central da memória de trabalho e o raciocínio lógico-matemático apresentam correlação?

Os grupos de alunos categorizados conforme o DA apresentam diferenças no seu desempenho em tarefas que avaliam o ECMT, no seu desempenho no RLM e no DM?

6.3 OBJETIVOS

Comparar os desempenhos nas quatro funções estudadas na pesquisa: desempenho acadêmico, desempenho matemático, o executivo central da memória de trabalho e o raciocínio lógico-matemático.

Verificar se os grupos de alunos categorizados conforme o DA apresentam diferenças no seu desempenho em tarefas que avaliam o ECMT, no seu desempenho no RLM e no DM.

6.4 PARTICIPANTES

Participaram desta pesquisa 35 alunos do 1º ano do Ensino Médio de uma escola pública de Porto Alegre. Quanto ao gênero, 19 meninas e 16 meninos. A média de idade foi 15 anos.

6.5 PROCEDIMENTOS E INSTRUMENTOS

Os 35 alunos foram submetidos a dois subtestes da Bateria de Avaliação da Memória de Trabalho - Universidade Federal de Minas Gerais (BAMT-UFMG), os quais avaliam a *coordenação de operações simultâneas*. A aplicação desses testes foi realizada com os alunos agrupados em número de cinco. Num segundo momento, os alunos realizaram, individualmente, uma tarefa piagetiana intitulada *o equilíbrio da balança* (INHELDER e PIAGET, 1976). Para a tarefa piagetiana o método utilizado tanto na entrevista semi-estruturada como no levantamento das respostas foi o método clínico de Piaget. As notas trimestrais registradas no boletim de desempenho escolar foram parâmetro de quantificação de duas funções estudadas – desempenho acadêmico e desempenho matemático.

6.5.1 Avaliação do executivo central da memória de trabalho

Os testes neuropsicológicos escolhidos para avaliar o executivo central da memória de trabalho (ECMT) foram o alcance de computação (AlcCom) e o alcance de apreensão na escuta (AIApEs) da Bateria de Avaliação da Memória de Trabalho da Universidade Federal de Minas Gerais (BAMT-UFMG). A

BAMT-UFMG foi desenvolvida e validada por Wood, Carvalho, Rothe-Neves e Haase (2001) no Departamento de Psicologia da Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Minas Gerais. Os dois subtestes escolhidos avaliam a *coordenação de operações simultâneas*, ou seja, avaliam a função da memória de trabalho atribuída ao seu componente ECMT.

Os componentes da bateria validada por Wood *et al.* (ibid.) foram baseados em tarefas propostas por Salthouse e Babcock (ibid.). A bateria constitui-se de três testes que avaliam cada um dos componentes funcionais do modelo dinâmico de memória de trabalho de Salthouse e Babcock (1991). Cada um dos três testes tem uma apresentação numérica e outra verbal. São os seguintes os três componentes funcionais da BAMT-UFMG, com os respectivos testes, nas suas representações numérica e verbal, respectivamente:

- 1) Capacidade de armazenagem - verificada através dos testes *listas de números e listas de palavras*.
- 2) Eficiência de processamento - verificada através dos testes *compreensão aritmética e compreensão de frases*.
- 3) Capacidade de coordenação (correspondendo ao construto *eficiência em coordenação* de Salthouse e Babcock, 1991) - representada pelo subteste numérico *alcance da computação aritmética* e pelo subteste verbal *alcance de apreensão na escuta*. A tabela 1 ilustra a composição da bateria.

Tabela 1 - Construtos da MT e respectivos testes avaliativos

CONSTRUTO	TESTES NUMÉRICOS	TESTES VERBAIS
CAPACIDADE DE ARMAZENAGEM	listas de números	listas de palavras
EFICIÊNCIA DE PROCESSAMENTO	compreensão na aritmética	compreensão de frases
CAPACIDADE DE COORDENAÇÃO	alcance de computação na aritmética	alcance de apreensão na escuta

Fonte: Elaborado pela autora.

Wood *et al.* (2001), referindo-se ao terceiro componente funcional do modelo de memória de trabalho de Salthouse e Babcock (1991), dizem:

(...) a última característica consiste na capacidade de coordenação entre as diversas operações, principalmente coordenação entre armazenamento e execução de operações de solução de problemas, correspondendo ao aspecto verdadeiro "executivo" do modelo (WOOD *et al.*, 2001, p.327).

Dentro da definição de ECMT (BADDELEY, 1996) apresentada anteriormente, a BAMT-UFMG constitui-se num instrumento avaliativo com

validade e fidedignidade para avaliar o construto. De acordo com os dados aqui revisados, há uma correspondência consistente entre os construtos *executivo central da memória de trabalho* de Baddeley e *eficiência em coordenação* de Salthouse e Babcock (1991). Wood *et al.* (2001), num estudo de adaptação dos testes neuropsicológicos desses autores para o nosso meio, apresentam dados normativos e padronização da aplicação desses testes através da BAMT-UFMG. Elaboraram, assim, um instrumento de avaliação neuropsicológica da memória de trabalho, que inclui a avaliação de todos os componentes desse construto conforme proposto por Baddeley e Hitch no modelo original elaborado em 1974 (BADDELEY, 1996, 2000, 2002, 2003).

Os testes selecionados para aqui avaliar o ECMT são os dois testes que avaliam a *coordenação entre operações simultâneas* e correspondem aos itens da BAMT que avaliam o construto *capacidade de coordenação*. São duas tarefas, uma numérica e outra verbal. A tarefa numérica é denominada por Wood *et al.* (2000; 2001) de *alcance de computação*. Nesse item o participante deve efetuar operações aritméticas oralmente formuladas pelo examinador ao mesmo tempo em que deverá memorizar uma lista formada pelo segundo elemento de cada problema. A instrução dada ao sujeito é: “Eu vou ler uma lista de expressões numéricas e tu deves colocar as respostas no espaço em branco na medida em que vais calculando. Também deves ir memorizando o segundo número das expressões, mas só vais anotá-los quando eu te disser para fazê-lo.” O anexo A mostra as listas de problemas aritméticos do subteste; as sequências vão aumentando em número de itens a serem memorizados chegando a listas de 12 problemas. Os cálculos são lidos aos examinandos e estes devem responder na folha de respostas e ir memorizando o segundo elemento do problema. Atribui-se 1 ponto para cada nível alcançado e o nível alcançado corresponde ao número de itens memorizados por exemplo, se o estudante conseguiu resolver e memorizar corretamente as listas de um, dois, três e quatro problemas, receberá 4 pontos nessa prova.

O anexo B mostra a folha de respostas que o participante utiliza. O cálculo aritmético é apresentado verbalmente pelo examinador e o aluno assinala a opção correta dentre as três opções apresentadas na folha de respostas para cada problema. Ao mesmo tempo memoriza o segundo elemento do cálculo enunciado pelo examinador. O participante só pode

preencher o espaço reservado para anotar esse segundo elemento de cada cálculo ao final da resolução da lista - com uma, duas, três e assim por diante, frases matemáticas. Ainda, cada bloco de listas de problemas oferece três oportunidades ao sujeito, das quais ele deve acertar no mínimo duas para poder passar para as próximas listas.

A tarefa verbal chama-se *alcance de apreensão na escuta*. O participante deve assinalar a resposta correta à perguntas formuladas verbalmente. Ao mesmo tempo, deve memorizar a última palavra de cada sentença. O anexo C mostra os primeiros problemas do subteste, mostrando que as sequências vão aumentando em número de itens a serem memorizados. A instrução dada ao sujeito é: “Eu vou ler frases seguidas por perguntas e tu deves colocar as respostas no espaço em branco. Também deves ir memorizando a última palavra da frase, mas só vais anotá-las quando eu te disser para fazê-lo.” Neste teste são lidas frases e feitas perguntas sobre elas. As perguntas são respondidas numa folha de respostas conforme mostrado no anexo D. Ao mesmo tempo o examinando deve memorizar a última palavra da frase lida. Na medida em que aumenta o número de questões em cada item, o examinando deverá memorizar uma lista com mais palavras, visto que só poderá transcrevê-las ao final de cada bloco. Cada bloco - listas de uma frase, listas de duas frases, listas de três frases e assim por diante - apresenta três oportunidades. O examinando deve acertar pelo menos duas para passar para o próximo nível. Atribui-se 1 ponto para cada nível alcançado e o nível alcançado corresponde ao número de itens memorizados por exemplo, se o estudante conseguiu resolver e memorizar corretamente as listas de um, dois, três e quatro problemas, receberá 4 pontos nessa prova.

Os dados normativos encontrados no trabalho de Wood *et al.* (2001) estão agrupados na tabela 2.

Tabela 2 - Resultados no estudo de Wood *et al.* (2001)

ATIVIDADE COGNITIVA	PARTICIPANTES		
	Estudantes do Ensino Médio em escola pública	Estudantes universitários de Psicologia	Idosos candidatos ao treino cognitivo
ALCANCE DE COMPREENSÃO NA ESCUTA	3,68	4,82	2,52
ALCANCE DE COMPUTAÇÃO	3,34	5,04	2,16

Fonte: Wood *et al.* (2001)

6.5.2 Tarefa para exploração do raciocínio lógico-matemático

Por último e individualmente, os estudantes participaram da realização de uma tarefa piagetiana. A tarefa foi o *equilíbrio da balança* (INHELDER e PIAGET, 1976) que, como já foi apontado, baseia-se num experimento destacado de uma obra na qual Piaget estuda as condições de passagem da lógica da criança para a lógica do adolescente.

O experimento com a balança investiga basicamente os esquemas operatórios da *proporcionalidade* e do *equilíbrio entre ação e reação*. Constitui-se de uma balança convencional com ganchos equidistantes ao eixo vertical, nos quais podem ser pendurados saquinhos carregados de pesos diferentes. Disponibiliza-se aos participantes quatro pesos de valor 1, dois pesos de valor 2x1 e um peso de valor 4x1. Uma visão geral do instrumento é apresentada na figura 5.

O objetivo do problema apresentado é explicar e transformar as situações apresentadas pelo examinador com o uso da balança (APÊNDICE A).

Por exemplo, conforme a terceira situação, diante de dois pesos iguais fixados a distâncias desiguais do eixo vertical, resultando que a haste horizontal se inclina mais num dos dois lados, apresentam-se os seguintes questionamentos:

- Porque uma extremidade está para baixo e outra para cima da linha horizontal? (questão 5) Podemos deixar tudo direito (acompanha-se um gesto



Figura 1 - Balança utilizada no experimento

horizontalidade) e que fique parado desse jeito? (mostra-se através da ajuda de interferência do examinador) (questão 6).

Na medida em que o participante vai agindo, o examinador solicita que justifique suas ações e, a partir delas, faz novos questionamentos e sugestões, como por exemplo:

- Como estava a balança no início? O que fizeste para deixá-la em equilíbrio? O que se pode fazer para criar um novo desequilíbrio? Mantendo-se as distâncias e trocando os pesos pode-se deixar a balança em equilíbrio? Por quê?

Se o participante não percebe o papel da diferença de peso, pode-se apresentar a questão:

- Outro jovem achou que faria diferença se em vez de trocarmos de lugar, trocássemos o peso, o que achas?

E assim por diante.

O experimento *o equilíbrio da balança*, através da construção de dois esquemas operatórios - o equilíbrio entre ação e reação e a proporcionalidade - permite acompanhar o raciocínio/pensamento operatório formal do participante.

Os comportamentos apresentados nesse procedimento obedecem a uma cronologia em relação a sua complexidade. Desta forma, é possível comparar o nível do pensamento do indivíduo avaliado com o de uma amostra de referência, concluindo a respeito da competência do seu desempenho cognitivo (INHELDER e PIAGET, 1976).

São os seguintes, de forma resumida, os estádios cognitivos no desempenho da tarefa do equilíbrio da balança, elaborados por Piaget e Inhelder:

Estágio IA (entre 3 e 5 anos, aproximadamente) - Indiferenciação entre ação pessoal e o processo exterior

Estágio IB (entre 5 e 7 anos e meio, aproximadamente) - Articulação das intuições na direção da compensação dos pesos

Estágio IIA (entre 7 e 9 anos, aproximadamente) - Operações concretas com os pesos ou com as distâncias mas sem coordenação sistemática entre eles

Estágio IIB (entre 9 e 11 anos, aproximadamente) - Correspondência inversa dos pesos e das distâncias

Estágio IIIA (dos 11 aos 13 anos, aproximadamente) - Descoberta da lei sob forma da proposição $P/P' = L'/L$

Estágio IIIB (aos 14 e 15 anos, aproximadamente) - Explicação da lei

Para uma orientação inicial das questões apresentadas aos estudantes, foi elaborado um protocolo (APÊNDICE A).

O escore quantitativo do teste é obtido considerando o estágio de desenvolvimento em que o sujeito se encontra. Os sujeitos situados no estágio IIIA recebem escore 6; os sujeitos situados no estágio IIB, recebem escore 4 e, os sujeitos de estágio IIA, recebem escore 2. Desta forma, a análise qualitativa é traduzida em dados quantitativos, a fim de viabilizar o tratamento estatístico.

6.5.3 Coleta de dados para avaliação do desempenho acadêmico e do desempenho em matemática

As funções *desempenho acadêmico* (DA) e *desempenho em matemática* (DM) foram representadas pelas notas trimestrais dos estudantes. Para o DA, foi feita a média das notas trimestrais obtidas nas disciplinas que compõem o currículo do 1º ano do EM, excetuando-se a média em matemática. Para o DM, foi considerada a nota trimestral na disciplina de matemática.

7. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

No presente capítulo são apresentados os resultados verificados neste estudo, assim como as análises estatísticas descritiva e inferencial realizadas.

Primeiramente, na análise descritiva (item 7.1), as médias obtidas nas quatro variáveis pesquisadas (desempenho acadêmico - DA, desempenho matemático - DM, executivo central da memória de trabalho - ECMT e raciocínio lógico-matemático - RLM) são organizados numa tabela (tabela 3).

A seguir, quatro gráficos mostram a freqüência das pontuações em cada uma das quatro variáveis estudadas (figuras 2, 3, 4 e 5).

Os resultados da avaliação do raciocínio lógico-matemático (RLM) são descritos e interpretados na próxima etapa desta apresentação e análise dos resultados. Tratando-se do construto que foi avaliado por meio do método clínico piagetiano, trechos das entrevistas ilustram os estádios de desenvolvimento cognitivo alcançados pelos sujeitos, na função.

Passa-se então, a apresentação dos resultados obtidos e tratados através das análises estatísticas inferenciais (item 7.2). Nesta, primeiramente, apresentam-se os índices de correlação entre as quatro variáveis (tabela 4) e procede-se a interpretação dos dados obtidos no tratamento estatístico correlacional.

Por fim, são expostos os resultados da análise de comparação entre o DM, o ECMT e o RLM, de acordo com a classificação do DA dos sujeitos. Essa classificação agrupou os alunos em três categorias: alunos com DA alto, alunos com DA intermediário e alunos com DA baixo, e buscou-se verificar se as funções DM, ECMT e RLM seriam diferentes nos três grupos categóricos.

7.1 ANÁLISE DESCRITIVA

No apêndice C apresenta-se tabela mostrando as médias dos alunos no DA e no DM, assim como os escores nos testes que avaliaram funções do ECMT e funções do RLM. A tabela 3 mostra as médias alcançadas pelos estudantes no desempenho acadêmico, no desempenho matemático, em funções do executivo central da memória de trabalho e em funções de raciocínio lógico-matemático. O DA foi representado pelas médias obtidas no

primeiro trimestre letivo, por cada um dos 35 alunos do estudo, nas disciplinas que compõem o programa curricular do 1º ano do Ensino Médio do Colégio Júlio de Castilhos, excetuando-se a Matemática. O DM foi a média obtida no trimestre nas provas curriculares da disciplina. O ECMT foi representado pelos subtestes *alcance de computação* (AlcCom) e *alcance de apreensão na escrita* (AlApEs) da *Bateria de Avaliação da Memória de Trabalho* da Universidade Federal de Minas Gerais (BAMT). O RLM foi representado pelos níveis apontados por Piaget para a tarefa *o equilíbrio da balança* (INHELDER e PIAGET, 1976).

Tabela 3 – Médias e desvios-padrão dos estudantes no desempenho acadêmico, no desempenho matemático, em funções do executivo central da memória de trabalho e em funções de raciocínio lógico-matemático

Nº	DA	DM	EC da MT (BAMT-UFMG)			RLM	
			AlcCom	AlApEs	Total	EqBal	EBp
Média	7,13	6,2	3,34	3,43	6,77	4	
DP	0,81	2	1,76	1,96	3,53	1	

Legendas (em ordem alfabética): AlApEs – Alcance de apreensão na escrita; AlcCom – Alcance de computação; BAMT-UFMG – Bateria de Avaliação da Memória de Trabalho da Universidade Federal de Minas Gerais; DA – Desempenho acadêmico; DM – Desempenho em matemática; DP – Desvio Padrão; Ebp - quantificação da EqBal; ECdeMT – Executivo central da memória de trabalho; EqBal - prova piagetiana *o equilíbrio da balança*; MT - Memória de trabalho; RLM – Raciocínio lógico-matemático.

Fonte: Elaborado pela autora.

As quatro figuras a seguir apresentam as frequências das pontuações nos desempenhos e nas funções cognitivas avaliados.

A figura 2 mostra a frequência das pontuações alcançadas pelos estudantes quanto ao desempenho acadêmico (DA).

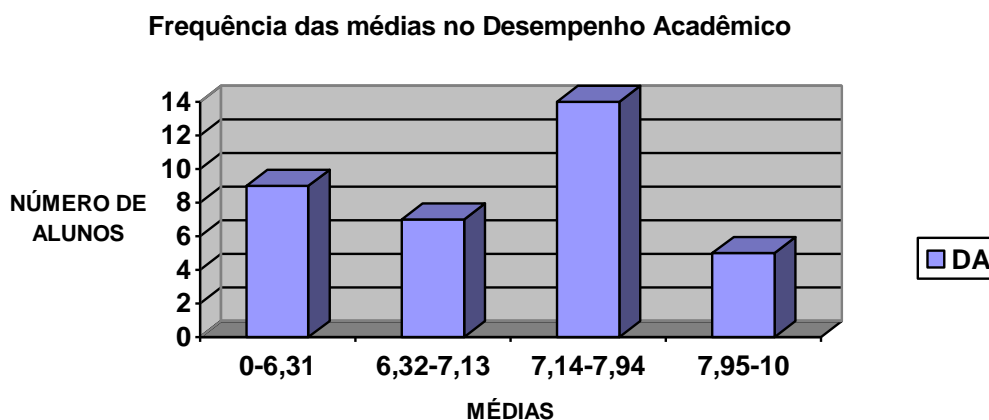


Figura 2 - Frequência das pontuações no desempenho acadêmico

A média alcançada pelos 35 alunos quanto ao DA foi 7,13 e a pontuação da maior parte do grupo pouco se afastou dessa média, já que o desvio padrão (DP) foi 0,81. Nove alunos tiveram DA abaixo de 1DP, sete alunos tiveram DA entre a média e 1 DP abaixo da média, catorze alunos tiveram DA entre a média e 1 DP acima da média e cinco alunos alcançaram DA superior a 1 DP acima da média.

Como já foi citado, a função DA foi definida pela média das notas de doze disciplinas do 1º ano do Ensino Médio, ministradas aos alunos desse nível na escola estadual estudada, durante o primeiro trimestre letivo.

A figura 3 mostra a frequência das pontuações alcançadas pelos estudantes no desempenho matemático (DM).

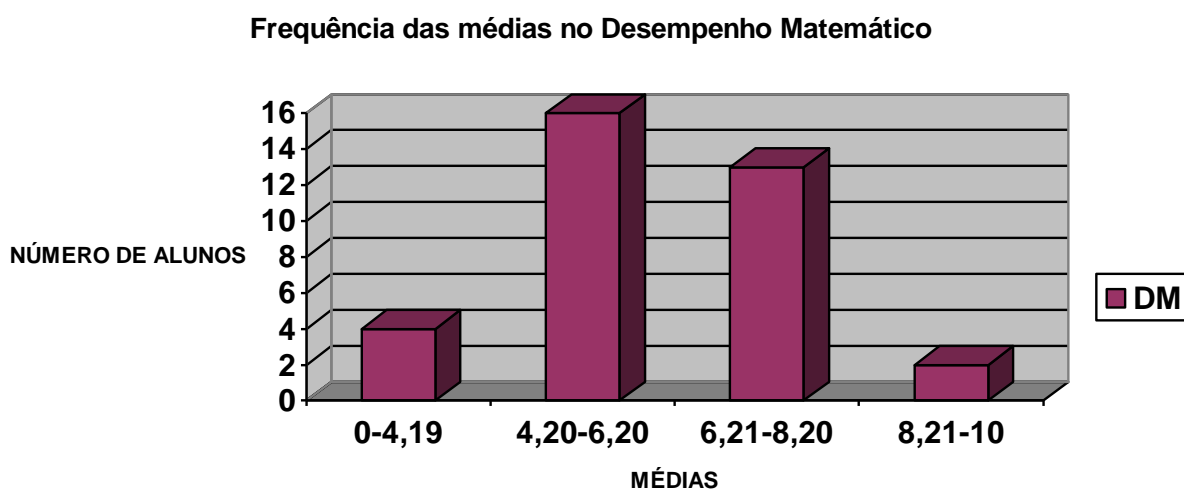


Figura 3 - Frequência das pontuações no desempenho matemático

A média alcançada pelos 35 alunos quanto ao DM foi 6,20 e a pontuação da maior parte do grupo concentrou-se em torno da média, com o desvio padrão de 2,00. Quatro alunos tiveram DM abaixo de 1DP, dezesseis alunos tiveram DM entre a média e 1 DP abaixo da média, treze alunos tiveram DM entre a média e 1 DP acima da média e apenas dois alunos alcançaram DM superior a 1 DP acima da média.

A função DM no presente estudo é definida pela média das notas das avaliações curriculares da disciplina de matemática, realizadas durante o primeiro trimestre do ano letivo.

A figura 4 mostra a frequência das pontuações alcançadas pelos estudantes no executivo central da memória de trabalho (ECMT).

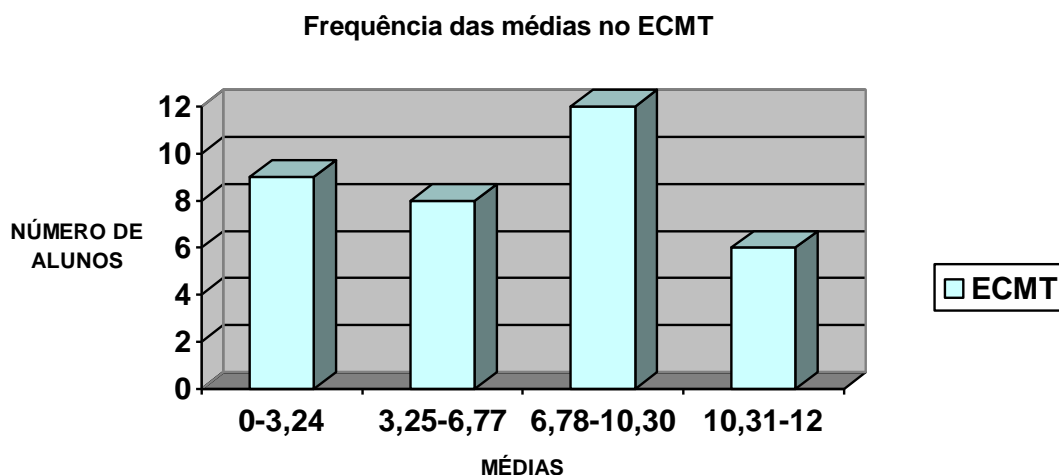


Figura 4 Frequência das pontuações no executivo central da memória de trabalho

A média alcançada pelos 35 alunos quanto ao ECMT foi 6,77 e a pontuação da maior parte do grupo concentrou-se em torno da média e 1 DP acima da média. Nove alunos tiveram desempenho no ECMT abaixo de 1DP, oito alunos situaram-se entre a média e 1 DP abaixo da média, doze alunos tiveram desempenho no ECMT entre a média e 1 DP acima da média e seis alunos alcançaram pontuação superior a 1 DP acima da média.

O construto ECMT foi avaliado através de dois subtestes da Bateria de Avaliação da Memória de Trabalho - Universidade Federal de Minas Gerais (BAMT-UFMG), os quais avaliam a *coordenação de operações simultâneas*. As *operações* são a memorização de informações (palavras ou dígitos) e a resolução de um problema (escolher a resposta certa à uma pergunta ou resolver um cálculo simples). Os dois subtestes são *alcance de apreensão na escuta* (AIApEs) e *alcance de computação* (AICom). A característica geral de ambos é a mesma, variando apenas a natureza verbal ou numérica do teste (ver capítulo 6 para detalhes das provas). Na figura 4, a pontuação corresponde ao total alcançado nos dois subtestes ou seja, ao número de problemas resolvidos no subteste *AICom* somado ao número de problemas resolvidos no subteste *AIApEs*.

Os seis alunos que tiveram desempenho superior a um desvio-padrão conseguiram resolver sequências de até 5 e 6 itens. Os doze alunos com

resultados entre a média e um desvio-padrão acima da média conseguiram acertar sequências de até 3 a 5 itens. Os oito alunos que tiveram desempenho entre a média e um desvio-padrão abaixo da média acertaram sequências de 2 e 3 itens. Os nove alunos que se situaram abaixo de um desvio-padrão resolveram sequências de 1, 2 ou 3 itens, sendo que destes nove alunos, três não conseguiram solucionar nenhum problema do teste.

A figura 5 mostra a frequência das pontuações alcançadas pelos estudantes no raciocínio lógico-matemático (RLM).

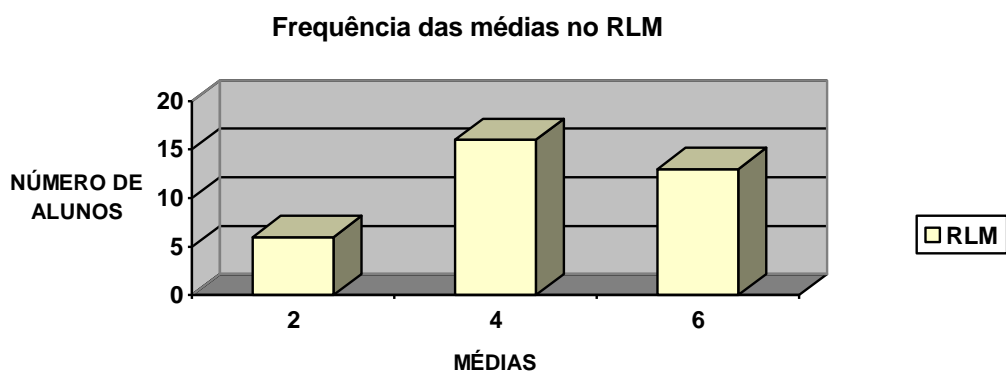


Figura 5 - Frequência das pontuações no raciocínio lógico-matemático

A média alcançada pelos 35 alunos quanto ao RLM foi 4, correspondendo ao estágio IIB da classificação de Piaget, na prova que avaliou o RLM. Seis alunos situaram-se no estágio IIA, que recebeu a designação quantitativa 2, dezesseis alunos apresentaram nível IIB e treze alunos alcançaram o estágio IIIA, recebendo a pontuação 6, como se pode observar na figura 5.

Na atividade de avaliação do RLM, foi utilizada uma prova piagetiana denominada *o equilíbrio da balança* (ver cap. 6). Partiu-se de um protocolo em que foram apresentadas a cada aluno cinco situações-problema com questionamentos numerados de um a doze (APÊNDICE A), relacionados com as noções de equilíbrio e proporcionalidade. As respostas dos sujeitos (S) orientaram a classificação do nível de construção das noções lógico-matemáticas avaliadas.

Para a classificação dos resultados da avaliação do RLM, foram utilizados os níveis de desenvolvimento das noções cognitivas envolvidas na resolução do problema piagetiano “o equilíbrio da balança”. Os sujeitos da presente pesquisa situaram-se nos estádios IIA, IIB e IIIA da classificação piagetiana

para essa tarefa. Esses três níveis foram transformados nos escores 2, 4 e 6, a fim de permitirem uma análise quantitativa dos dados.

A análise qualitativa dos comportamentos dos sujeitos em relação ao RLM é apresentada a seguir, iniciando pelo grupo de alunos cujo desempenho situou-se na média, seguindo com os alunos com desempenho superior a média e, finalizando com o grupo que apresentou o desempenho mais baixo.

A maior parte dos sujeitos desta pesquisa (dezesesseis alunos) situou-se no quarto estágio de desenvolvimento na resolução do problema *o equilíbrio da balança*, o estágio *IIB*. Chegaram à lei do equilíbrio, a qual diz que, quanto mais pesado, mais perto do meio deve ficar. Essa noção não mais requereu experimentação, já se constituiu numa estrutura cognitiva consolidada, num esquema de operação pronto para ser resgatado quando selecionado como estratégia para resolução de um problema. A experimentação agora referiu-se aos *valores* dos pesos e das medidas, visto que as correspondências ainda são qualitativas e não se constituem numa operação de proporcionalidade métrica.

Nesta fase, diante de dois pesos diferentes colocados a distâncias iguais do eixo vertical, de imediato os alunos sugeriram que uma solução poderia ser aproximar o maior peso da linha média, quando, anteriormente, teriam um investimento persistente na troca dos pesos, custando a dar-se conta da relação inversa entre as duas dimensões em jogo.

Assim, nesses alunos verificou-se a operação de uma seriação dupla entre a sequência de pesos cada vez maiores e a sequência de distâncias cada vez menores ($A < B < C$ etc. e $L1 > L2 > L3$ etc.). Trata-se de uma seriação dupla dos pesos e das distâncias por correspondência biunívoca inversa. Descobriram que o mesmo objeto pesará mais ao se distanciar do eixo vertical. A operação descrita na linguagem da lógica fica: $(A \times L1) = (B \times L2)$.

Alguns dos alunos desse nível apresentaram a possibilidade de quantificar os pesos numa operação aditiva/multiplicativa, compreendendo que $B=2A$, $C=2B$ e assim sucessivamente. É a situação da aluna Kar (13) (ver APÊNDICE A para descrição das situações e questões da entrevista). Quando o entrevistador (E) diante da primeira situação (um peso de valor 10 na distância 7), perguntou - *Por que uma das extremidades está mais para baixo do que a outra?(questão 1)*, a aluna respondeu - Por que tem mais peso. Então o E perguntou - *O que tu podes fazer para deixar a balança em*

equilíbrio? (questão 2) E a aluna respondeu - Colocar dois pesos de cinco do outro lado. Aqui a aluna demonstrou com sua resposta, que sem dificuldade tem a compreensão e sabe utilizar a estratégia de multiplicação de um dos pesos para contrabalançar o que já está lá.

Neste estágio, os alunos apresentam a compreensão da noção de compensação ou seja, de que um peso compensa o outro, por reciprocidade, conforme verificou-se com a mesma aluna, ainda com a mesma situação da balança. O E perguntou: *Como conseguiste deixar a balança em equilíbrio?*(questão 3) Kar - Equilibrando. O E colocou dois pesos de valor 10, um de cada lado do eixo vertical, cada um à distância de 7cm do mesmo e perguntou: *Por que a balança está em equilíbrio?* (4) Kar - Por que está igual dos dois lados. O E então usou dois pesos de valor 5, um do lado esquerdo à distância de 14cm do eixo vertical e o outro do lado direito à distância de 7cm do eixo vertical e perguntou: *Por que a balança não ficou em equilíbrio?*(questão 5) Kar - Por que este peso ficou mais longe (o peso da esquerda). (A resposta do S indicou que está compreendido que dois pesos iguais situados a distâncias diferentes, não se equilibram). O E pediu ao S que recuperasse o equilíbrio (questão 6) e Kar trouxe o peso do gancho 14 para o gancho 7. (Aqui cabe citar que os alunos do estágio anterior trouxeram o peso do gancho 14 para perto do eixo vertical mas aleatoriamente, sem perceber que a solução estaria no gancho 7)

Ainda correspondendo a esse estágio, os alunos demonstraram que compreenderam que mantendo a mesma distância, dois pesos diferentes não se equilibram, como demonstrou ainda a aluna Kar. O E perguntou como Kar conseguiu restabelecer o equilíbrio (questão 7) e esta respondeu: Kar - Por que agora os dois lados estão iguais novamente. Na próxima situação (quarta situação) o E coloca um peso de valor 5 a 7cm do eixo vertical e um peso de valor 10 à mesma distância, do outro lado e faz as perguntas (8, 9 e 10): *Por que a balança não ficou em equilíbrio, o que se pode fazer para recuperar o equilíbrio e como conseguiu recuperá-lo* (se isso de fato ocorrer). Kar responde que os dois pesos não podem ficar à mesma distância do eixo vertical já que tem valores diferentes. Ao corrigir a posição do peso de valor 5, levando-o para fora, mostrou que percebeu que há uma compensação entre peso e distância. Não vai, porém, direto para a distância correta - 14 cm - o que

demonstra que sua compreensão da relação inversa entre peso e distância ainda não é métrica. Kar acaba resolvendo o problema através de regulações sucessivas, obedecendo regras aditivas - vai aumentando a distância de dois em dois centímetros. Ao ser questionada sobre o motivo de adicionar sempre dois centímetros responde que de um em um levaria muito tempo.

Os 13 alunos que tiveram a melhor pontuação na avaliação do RLM situaram-se no estágio IIIA. A correspondência qualitativa entre pesos e medidas deu lugar à correspondência quantitativa. Construiu-se o esquema da proporcionalidade. Os alunos foram capazes de antecipar que para equilibrar dois pesos (P) colocados às distâncias de L e de $\frac{1}{3}$ de L, os mesmos deveriam ter, respectivamente, o peso de $\frac{1}{3}$ de P, e P. O peso maior ficando na posição do terço da distância - “peso maior na fração que representa o peso menor”. Ao serem questionados sobre os valores numéricos da proporção entre as variáveis, não souberam explicar, demonstrando a afirmação de Piaget de que “antes se faz, depois se compreende” (PIAGET, 1978). Um exemplo de que os S resolvem corretamente, mas ainda não tem a consciência da estratégia que estão utilizando é a explicação de um sujeito de 12 anos e 11 meses, interrogado no experimento de Inhelder e Piaget (1976, p.132): “eu tive essa idéia e quis experimentar”. Nesse esquema antecipador, são bastante presentes as noções de reciprocidade e compensação.

O participante Jea (7) ilustrou o comportamento cognitivo desta fase de construção do RLM, em relação ao problema do “equilíbrio da balança”. Na primeira situação da entrevista clínica o entrevistador (E) perguntou - *Por que uma das extremidades está mais para baixo do que a outra?*(1) Jea - Por que tem um peso e a outra não tem nada. E - *O que tu podes fazer para deixar a balança em equilíbrio?* (2) Jea - Colocar pesos do lado vazio. (O E pediu que fizesse isso e ele colocou um peso do mesmo valor na haste direita, em distância simétrica a do outro braço. Aqui o aluno demonstrou apresentar a noção de compensação dos pesos; na resolução desta situação do problema, ainda não é necessária a noção de compensação entre duas das dimensões do problema - o peso e a distância.) Ainda com a mesma situação da balança o E perguntou: *Como conseguiste deixar a balança em equilíbrio?*(3) Jea - Com o mesmo procedimento do outro lado. Na próxima situação do

problema o E colocou dois pesos de valor 10, um de cada lado do eixo vertical, cada um à distância de 7cm do mesmo e pergunta: *Por que a balança está em equilíbrio?* (4) Jea - Por que está com dois pesos iguais em posições iguais. (Aqui o sujeito demonstrou apresentar os esquemas cognitivos de reciprocidade, simetria e compensação). Na terceira situação-problema (e quinta questão) o E usou dois pesos de valor 5, um do lado esquerdo à distância de 14cm do eixo vertical e o outro do lado direito à distância de 7cm do eixo vertical e perguntou: *Por que a balança não ficou em equilíbrio?*(5) Jea - Por que os dois pesos de mesmo valor são pendurados à distâncias diferentes do eixo vertical. (Aqui o S ilustrou a compreensão de que existe uma relação entre as dimensões peso e distância, e que se os pesos são iguais, as distâncias também deverão ser). O E então pediu ao S que recuperasse o equilíbrio (6) e Jea aproximou o peso do gancho 14 para o gancho 7. (Aqui o S demonstrou domínio das noções de reciprocidade que cada dimensão apresenta em relação a si mesma; também demonstrou que é capaz de levar em consideração as relações entre as duas dimensões). A seguir o E perguntou como ele conseguiu restabelecer o equilíbrio (7) e este respondeu: Jea - Por que para a balança estar em equilíbrio, para dois pesos iguais, as distâncias também devem ser iguais. Na próxima situação (4) o E coloca um peso de valor 5 a 7 cm do eixo vertical e um peso de valor 10 à mesma distância, do outro lado e faz as perguntas (8, 9 e 10): *Por que a balança não ficou em equilíbrio, o que se pode fazer para recuperar o equilíbrio e como conseguiu recuperá-lo* (se isso de fato ocorrer). Jea respondeu que se os pesos são diferentes, deveriam ficar em posições diferentes para haver equilíbrio (Com esta explicação Jea demonstrou compreensão de alguns aspectos da relação entre as duas dimensões investigadas da situação problema em questão, mas ainda não explicitou a natureza - a equação ou regra que orienta essa relação). Para corrigir o desequilíbrio criado na presente situação Jea trocou o menor peso de posição, colocando-o a 14 cm do eixo vertical. Explicou, após algumas tentativas frustradas, que o peso menor deveria estar a uma distância que correspondesse ao dobro da inicial (duas vezes sete é catorze). Aqui o S demonstrou o que Piaget assinala para essa etapa do RLM quando diz que primeiro se faz e depois se compreende isto é, já está presente a equação da proporção métrica

inversa, porém o sujeito tem dificuldade para trazer a fórmula à consciência e apresentá-la verbalmente.

Nenhum dos alunos desta pesquisa alcançou o último estágio de desenvolvimento do RLM para as construções cognitivas relativas ao problema “o equilíbrio da balança”, o estágio IIIB. Nesse estágio, o S torna-se capaz de explicitar a lei que rege a resolução do problema, ou seja - $P/P' = L'/L$. O aluno Pau (2) chegou a apresentá-la após a interação com o E (aprendizagem durante o teste), porém não transformou essa descoberta numa construção estável e generalizável, como pode ser observado através da sua entrevista, relatada em parte, a seguir. Na quarta situação-problema, em que um peso de 5 gramas está à distância de 7cm do eixo vertical e um peso de 10 gramas, à mesma distância, do outro lado, o E faz então as perguntas: *Por que a balança não ficou em equilíbrio? O que tu podes fazer para deixar a balança em equilíbrio? Como conseguistes restabelecer o equilíbrio?*(questões 8, 9 e 10) Pau iniciou explicando que dois pesos de valores diferentes não vão ficar em equilíbrio se estiverem à mesma distância do eixo vertical, e que o problema poderia ser resolvido afastando o peso de menor valor. Ao ser solicitado a fazer isso, colocou o peso de valor 5 à 14cm do eixo vertical, recuperando o equilíbrio da balança. Respondendo a terceira pergunta do bloco, não demonstrou perceber que sua escolha pela distância de 14cm é fundamentada na lei das proporções entre as dimensões peso e distância, nessa prova: *E - Como conseguistes restabelecer o equilíbrio? Pau - Porque compensei o menor peso com uma distância maior. E - E se colocasses o peso de valor 5 a 13 cm do eixo vertical, também manterias o equilíbrio? Pau - Sim. E - Então faz isso. O jovem fez a troca e verificou que o equilíbrio não se manteve. E - E se o peso de valor 10 for colocada a 6 cm de distância, onde deve ser colocado o peso de valor 5 para a balança ficar em equilíbrio? Pau - No gancho 12.* Após mais uma situação semelhante o S acabou por compreender a relação métrica entre peso e distância, o que o faria ascender para o estágio IIIB, caso a noção não tivesse sido construída ao longo da entrevista.

Os sujeitos desta pesquisa que apresentaram comportamento abaixo de 1 DP, situaram-se no terceiro estágio de estratégias de resolução do problema

o “equilíbrio da balança”, o estágio IIA (seis alunos). Esses alunos coordenaram duas das dimensões envolvidas no problema - o peso e a distância; no entanto, ainda necessitaram de regulações sucessivas para ter sucesso. Um dos alunos (Ing-35) custou muito a dar-se conta da relação entre peso e distância ou seja, a entender que quanto maior o peso, menor deveria ser a distância para produzir equilíbrio; os demais conseguiram descobrir essa relação através de algumas regulações sucessivas. Verificou-se que as ações intuitivas deram lugar às primeiras operações, como ilustra o comportamento do aluno Gab (28). Esse aluno, para compensar um peso de valor 15 de um lado da balança, ordenou os pesos de valor 5, 10 e 15, através da operação de seriação e foi experimentando colocar uma de cada vez, do menor ao maior, quando solicitado a equilibrar a balança na primeira situação (ver APÊNDICE A para descrição das situações e questões da entrevista). A aluna Jam (34) na terceira situação, em que um peso de valor 5 foi colocado a 7cm do eixo vertical, e outro peso de valor 5 foi colocado a 14cm do mesmo eixo porém do outro lado, tentou atingir o equilíbrio da balança primeiro aproximando e depois afastando, de centímetro em centímetro, o peso que do gancho 7, até chegar no gancho 14, portanto usando a operação concreta de seriação, para alcançar o equilíbrio. A demonstração de que esses alunos ainda não prevêem a relação inversa entre peso e distância é exemplificada pela jovem Kat (33), que na questão 9, em que diante de um peso de valor 5 à distância de 7cm do eixo vertical e um peso de valor 10 à mesma distância porém do outro lado (quarta situação) o examinador pergunta o que pode fazer para resgatar o equilíbrio, a aluna iniciou tentativas de resolução do problema aproximando o peso menor do eixo vertical, viu que a inclinação da balança aumentou ao invés de horizontalizar, e só então iniciou o processo oposto, o de afastar o peso menor do centro da balança. Esses alunos não conseguiram atingir o próximo estágio visto que ainda não apresentam a lei do equilíbrio isto é, não sabem da relação inversa entre peso e distância, acertaram casualmente, através de tentativas repetidas. A maioria não chega a compreender essa relação, isto significa, no nível mental e também cerebral, que a estrutura não chegou a se completar.

Ainda sobre esse alunos com desempenho inferior a 1 DP abaixo da média no RLM todos ultrapassaram os comportamentos correspondentes ao estágio IA, visto que nenhum deles demonstrou acreditar que poderia manter a

balança em equilíbrio apenas colocando as hastes horizontais em equilíbrio e depois soltando-as, como ocorre no início do desenvolvimento das noções envolvendo essa atividade (a isso Piaget chamou de indiferenciação entre ação pessoal e processo exterior). O grupo também não necessitou proceder regulações repetidas (tentativas repetidas cada vez mais complexas) para reconhecer que o peso é uma das variáveis envolvidas na determinação do equilíbrio/desequilíbrio da balança. Esses comportamentos ainda correspondem ao primeiro estágio (IA) da evolução do pensamento com relação a esse conhecimento específico - o equilíbrio da balança.

Ainda sobre os alunos que tiveram desempenho abaixo de 1 DP, todos sabiam que para haver equilíbrio, há necessidade de se colocar pesos de ambos lados e também que os mesmos devem ter valores semelhantes, portanto ultrapassando o estágio IB. No estágio IB a criança tem sua ação voltada ou para o peso, ou para a distância, sem conseguir coordenar as duas variáveis; nenhum dos sujeitos deste estudo apresentou essa dificuldade.

7.2 ANÁLISE INFERENCIAL

O delineamento usado na análise quantitativa desta pesquisa foi o correlacional. Seguindo o modelo proposto por Sisto (2005), o tratamento estatístico correlacional dos dados foi constituído por duas etapas. Na primeira, procedeu-se o *Teste de Correlação de Pearson*, a fim de identificar as relações entre desempenho acadêmico (DA), desempenho matemático (DM), o executivo central da memória de trabalho (ECMT) e raciocínio lógico-matemático (RLM). Na segunda etapa, com a *Análise de Variância*, procurou-se verificar se os grupos de alunos, categorizados conforme o DA, apresentariam diferenças em relação às funções cognitivas estudadas e ao DM.

7.2.1 Análise de correlação entre as funções estudadas (DA, DM, ECMT e RLM)

Foi verificado o grau de associação entre DA, DM, ECMT e RLM com análise de correlação através do teste paramétrico de Pearson, com comparação bivariada entre as funções; os resultados são mostrados na tabela 4.

O DA foi representado pelas médias obtidas, no primeiro trimestre letivo, por cada um dos 35 alunos do estudo, nas disciplinas que compõem o programa curricular do 1º ano do Ensino Médio do Colégio Júlio de Castilhos, excetuando-se a Matemática. O DM foi a média obtida no trimestre nas provas curriculares da disciplina. O ECMT foi representado pelos subtestes *alcance de computação* (AlcCom) e *alcance de apreensão na escuta* (AlApEs) da Bateria de Avaliação da Memória de Trabalho da Universidade Federal de Minas Gerais (BAMT). O RLM foi representado pelos níveis apontados por Piaget para a atividade cognitiva na tarefa piagetiana *o equilíbrio da balança* (INHELDER e PIAGET, 1976).

A tabela 4 mostra a matriz de correlações entre DA, DM, ECMT e RLM.

Tabela 4 - Matriz de correlações entre desempenho acadêmico (DA), desempenho matemático (DM), executivo central da memória de trabalho (ECMT) e raciocínio lógico-matemático (RLM)

FUNÇÕES	DA	DM	ECMT	RLM
DA	1	0,683**	0,631**	0,696**
DM	0,683**	1	0,705**	0,692**
ECMT	0,631**	0,705**	1	0,655**
RLM	0,696**	0,692**	0,655**	1

** Correlação estatisticamente significativa ($P < 0.01$)

Fonte: Elaborado pela autora

Esses índices apontam para correlação estatisticamente significativa entre as quatro funções estudadas nesta pesquisa, quando são comparadas as médias obtidas pelos 35 alunos. Portanto, DA, ECMT, RLM e DM apresentam o mesmo perfil de comportamento.

O índice de correlação entre DA e DM foi 0,683, estatisticamente significativo para $P < 0.01$. Portanto, pode-se dizer que o aluno com bom DA com frequência também apresenta bom DM, sendo da mesma forma o contrário, pois as condições pessoais e escolares para um DA superior, em tese, são muito semelhantes às do DM superior.

O índice de correlação entre DA e ECMT foi 0,631 (estatisticamente significativo para $P < 0.01$). A associação entre essas habilidades demonstra que um aluno bem sucedido academicamente apresenta boa capacidade em coordenar processos cognitivos simultâneos; tem boa atenção seletiva, isto é, presta atenção em informações específicas relevantes e ao mesmo tempo inibe

a ativação de outras informações, irrelevantes e distratoras; supervisiona a atividade mental alternando estratégias automáticas com estratégias novas quando necessário e processa o problema presente coordenando as informações atuais com as informações armazenadas na memória de longo prazo.

O índice de correlação entre DA e RLM foi 0,696 (estatisticamente significativo para $P < 0.01$). Pode-se então inferir que os alunos com melhor DA também apresentam estruturas cognitivas mais complexas.

As funções de ECMT também se correlacionaram fortemente com DM (0,705 - correlação estatisticamente significativa para $P < 0.01$). Esses resultados apontam para a conclusão de que indivíduos com melhores funções do ECMT têm melhor DM.

DM e RLM apresentaram índice de correlação 0,692 (estatisticamente significativo para $P < 0.01$). Essa associação também corrobora uma informação já conhecida, de que estudantes com melhor RLM desempenham com mais habilidade os desafios da matemática.

Também houve correlação estatisticamente significativa para $P < 0.01$ entre as funções ECMT e RLM (0,655). Essa associação sugere que alunos com melhores habilidades de ECMT também são mais competentes em fazer relações entre proposições, construindo estruturas cognitivas mais complexas e elaboradas. Alcançam o pensamento operatório formal antes dos que não apresentam bom ECMT, conseguindo raciocinar a partir de conceitos e representações, podendo dispensar os próprios objetos.

A seguir, comentam-se os resultados do DM, do ECMT e do RLM, organizados de acordo com a classificação do DA dos sujeitos, levando-se em conta, as correlações verificadas.

Os resultados foram listados em ordem decrescente de pontuação no DA (apêndice C). Verifica-se que, dos cinco alunos que apresentaram DA superior a 1 DP acima da média, apenas dois obtiveram pontuação acima de 1 DP no DM. Pode-se supor que desses cinco alunos categorizados como alunos de alto DA, apenas dois apresentam as habilidades cognitivas necessárias ao bom DM. Ou então, os critérios utilizados pelo professor de matemática poderiam ter sido mais rigorosos, diminuindo a nota geral da classe. Deve-se assinalar que o DM é mais dependente de capacidades inatas do que as demais disciplinas, as

quais se beneficiam mais do esforço e dedicação do que a matemática. Esta não prescinde de uma facilidade específica relacionada ao raciocínio, cuja natureza é fortemente dependente de fatores genéticos.

Em relação ao ECMT, três dos cinco alunos com alto DA apresentaram pontuação superior a 1 DP em relação a essa função cognitiva. Esses jovens obtiveram escore superior ao das normas do teste (3,34 e 3,68 para AlcCom e AlApEs respectivamente), tendo conseguido resolver sequências constituídas por cinco e seis itens. A pontuação do DA foi a média alcançada pelos alunos nas doze disciplinas do currículo (excluída a nota em Matemática), possibilitando aos alunos utilizar diversos recursos para aumentar a nota final. Então, um jovem menos privilegiado cognitivamente poderia ter aumentado sua nota em função de um talento específico para as Artes, assim compensado suas dificuldades em outras disciplinas. Já a outra função em jogo, o ECMT, refere-se a um grupo restrito de habilidades cognitivas envolvendo atenção e memória, não podendo valer-se de outros recursos para seu favorecimento.

Quanto ao RLM, todos os estudantes com DA alto situaram-se acima de 1 DP na resolução da tarefa piagetiana *o equilíbrio da balança*, correspondendo ao nível IIIA da classificação de Piaget, ou seja, a melhor classificação dessa função entre todos os alunos. Esses alunos utilizaram a lei do equilíbrio, que afirma que para um menor peso deve-se proceder a maior distância (ver descrição dos níveis no cap. 5), e têm noção quantitativa da proporcionalidade, porém não conseguem expressar essa compreensão - sabem fazer, mas ainda não sabem explicar (PIAGET, 1978), conforme observação de Piaget, de que o “fazer” vem antes do “compreender”.

O grupo de alunos com DA intermediário, isto é, com média geral do trimestre entre 6,20 e 7,88 (entre 1 DP abaixo da média e 1 DP acima da média), constituiu o grupo mais numeroso dos três grupos do estudo, vinte e um alunos. Destes, dezessete estudantes tiveram DM também categorizado como intermediário, isto é, com pontuação entre 1 DP abaixo e 1 DP acima da média. Apenas um sujeito teve DM superior ao DA, a jovem 8 (Kat), com nota 9 na disciplina. Neste caso, verifica-se que a aluna não foi tão bem nas disciplinas que demandam assimilação de conteúdo, portanto de estudo em casa, e foi melhor na disciplina na qual entender a matéria apresentada em aula pelo professor pode ser suficiente para resolver as questões das provas

curriculares, não havendo necessidade de memorização de grandes conteúdos através do estudo. Aqui, fatores genéticos têm influência, já que a habilidade em compreender os raciocínios inerentes à disciplina é uma característica de componente inato importante. Da mesma forma, apenas um sujeito teve DM inferior ao DA, o jovem 26 (Hen), com nota 2 na disciplina. O contraste entre as suas pontuações nas demais disciplinas, resultando na média geral 6,24, e a nota em matemática, sugere a interferência de outros fatores que não cognitivos, como não ter assistido às aulas ou perda de pontos por problemas de comportamento ou não cumprimento de determinações do professor.

Quanto ao funcionamento do ECMT no grupo com DA intermediário, doze dos vinte e um alunos apresentaram pontuação intermediária, isto é, entre 3,25 e 10,30 (entre 1 DP abaixo da média e 1 DP acima da média). Três sujeitos superaram 1DP, conseguindo pontuação 11 e 12 somando sequências de AlcCom e AIAPes de cinco e seis itens. Aqui, o bom ECMT não foi suficiente para garantir as melhores notas no trimestre. Quatro dos vinte e um estudantes não alcançaram 1 DP negativo, tendo acertado três, duas ou nenhuma sequência. A diferença entre grupos entre o DA (intermediário) e o ECMT (baixo) pode ser explicada pela diferente natureza das duas funções. Na primeira, vários recursos entram em consideração, como quantidade do investimento fora do período escolar, motivação, curiosidade pelo conhecimento e determinação. Na última, a habilidade tem forte influência de componentes genéticos, já que diz respeito às funções de memória e atenção.

Em relação ao RLM no grupo com DA intermediário, treze alunos também apresentaram pontuação intermediária na prova que avaliou a função. Eles situaram-se no estágio IIB da classificação de Piaget para a tarefa *o equilíbrio da balança*. Nessa etapa do desenvolvimento do RLM quanto às noções dos mecanismos envolvidos na tarefa, o sujeito já sabe que existe uma relação inversa entre o peso e a distância, mas apenas de forma qualitativa, não estabelecendo uma relação métrica entre as duas dimensões.

Os alunos com DA baixo foram aqueles que apresentaram média inferior a 6,31 (abaixo de 1 DP inferior a média). Destes nove estudantes, apenas três situaram-se na categoria de baixo DM, com notas 3, 3,5 e 4 na disciplina. Os demais tiveram DM entre 1 DP abaixo e 1 DP acima da média, portanto foram melhor em matemática do que na soma das disciplinas em geral. Essa

diferença entre os grupos sugere que esses alunos tenham facilidade nas características que fazem parte da disciplina, ou seja, relativas aos processos cognitivos subjacentes ao conhecimento matemático.

Quanto ao funcionamento do ECMT nesse grupo, cinco alunos tiveram funcionamento abaixo de 1DP, tendo somado pontuação até três. Os outros quatro integrantes do grupo de baixo DA sugerem ter mais competência (ver definição no capítulo 2) do que investimento, visto que demonstraram habilidades cognitivas referentes às funções do ECMT superiores ao que expressaram no seu rendimento escolar.

Em relação ao RLM, a distribuição dos alunos com baixo DA foi a mais heterogênea, já que cinco alunos situaram-se no estágio IIA, três alunos situaram-se no estágio IIB e um aluno alcançou o estágio IIIA. Ainda assim, a maior parte do grupo com baixo DA também teve o mais baixo desempenho na prova que avaliou o RLM.

7.2.2 Análise das diferenças entre os grupos

Na análise inferencial através do segundo tratamento estatístico desta pesquisa, a análise de variância, os alunos foram agrupados conforme o DA e verificadas as diferenças entre esses grupos, em relação ao DM, ECMT e RLM.

Os alunos foram classificados de acordo com o DA em três grupos - alunos com desempenho alto, alunos com desempenho intermediário e alunos com desempenho baixo. O critério utilizado para classificação dos alunos dentro dos três grupos foi a média obtida nas doze disciplinas ministradas no primeiro trimestre do ano letivo (DA), não tendo sido incluída a média em Matemática. A média geral das notas, incluídos os 35 alunos da pesquisa, foi 7,13 e o desvio padrão 0,81. Para o grupo com *alto* desempenho foram considerados os alunos com notas acima de 1 desvio padrão (notas maiores que 7,94). Os alunos do grupo *intermediário* foram aqueles que apresentaram notas entre 1 desvio padrão abaixo da média, até 1 desvio padrão acima da média (valores entre 6,32 e 7,93). O grupo com desempenho *baixo* foi aquele que teve notas abaixo de 6,32.

Cinco alunos foram categorizados como alunos com alto DA; esse grupo de alunos teve como média das notas das treze disciplinas ministradas no

primeiro trimestre do ano letivo de 2010 a nota 8,17 e DP de 0,27. Vinte e um alunos, portanto a maior parte dos 35 alunos estudados, situou-se no grupo de DA intermediário; a média desse grupo foi 7,14 e o DP 0,44. Nove alunos foram categorizados como alunos com baixo DA; esse grupo apresentou média 5,95 e DP 0,17.

A tabela 5 apresenta os resultados nos desempenhos e nas funções cognitivas nos três grupos de alunos (alto desempenho, desempenho intermediário e desempenho baixo). Os valores de média e desvio padrão dos desempenhos e das funções cognitivas foram comparados entre os grupos pelo teste de análise de variância (One-way ANOVA). Todas as comparações resultaram em diferenças estatisticamente significativas.

Tabela 5 - Comparações dos desempenhos e funções cognitivas nos diferentes grupos segundo o teste de ANOVA

Medida de avaliação	Grupo DA Alto	Grupo DA Intermediário	Grupo DA Baixo	Significância
DM	7,61 (0,98)	6,39 (1,32)	4,71 (1,12)	P<0,05
ECMT	9,55 (1,83)	6,90 (3,62)	4,01 (2,47)	P<0,05
RLM	5,35 (1,01)	4,22 (1,23)	3,09 (1,25)	P<0,05

Fonte: Elaborado pela autora

Como se pode observar, os dados apresentados na tabela 5 mostram que os alunos com alto DA têm melhores médias nas funções do ECMT, no RLM e no DA. Também supõe-se que os alunos com DA intermediário ficaram com as médias intermediárias nessas três funções. E, por fim, os alunos com DA baixo obtiveram as médias mais baixas nas funções ECMT, RLM e DM.

A seguir, utilizou-se uma análise *post-hoc* pelo teste de Tukey para avaliar quais dos grupos, comparados aos pares, apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre si.

Esses resultados mostraram que os alunos com DA intermediário diferenciaram-se dos alunos com DA baixo em relação ao DM. Aqui, os resultados apontam que alunos com DA alto e intermediário não diferem significativamente em relação ao DM, assim como não diferem também os grupos com alto e baixo DA.

Em relação ao ECMT, os alunos com DA alto diferenciaram-se dos alunos com DA baixo. Isto demonstra que alunos com alto DA apresentam melhores

habilidades de ECMT do que os alunos com baixo DA. Não se pode dizer o mesmo em relação aos pares 'DA alto e DA intermediário' e 'DA intermediário e DA baixo', já que esses grupos não diferiram significativamente entre si. Portanto, essa análise estatística sugere que o ECMT se comporta de maneira semelhante nos pares 'DA alto e DA intermediário' e 'DA intermediário e DA baixo'.

Quanto ao RLM, houve diferença significativa entre os alunos com DA alto e DA baixo e também entre os alunos com DA intermediário e DA baixo. Aqui, apenas o par representado pelos alunos com DA alto e DA intermediário não mostraram diferença significativa com relação ao RLM.

Como descrito acima, o teste de Tukey verificou a diferença entre grupos, *comparados aos pares*, para os desempenhos e funções cognitivas avaliadas. Para as medidas que apresentaram diferença estatisticamente significativa foi calculado o tamanho de *efeito padronizado*. Esta estatística dimensiona o *tamanho* da diferença significativa encontrada no teste de Tukey. Esses índices estão expostos na tabela 6.

Tabela 6 - Tamanhos de efeito padronizados

Medida de comparação significativa no teste de Tukey	Tamanho de efeito padronizado
Comparação grupo intermediário e grupo baixo (DM)	1.58
Comparação grupo alto e grupo baixo (ECMT)	2.47
Comparação grupo alto e grupo baixo (RLM)	2.31
Comparação grupo intermediário e grupo baixo (RLM)	1.27

Fonte: Elaborado pela autora

Os valores encontrados de tamanho de efeito padronizado mostram uma diferença entre grupos de tamanho moderado. Em termos práticos, valores de tamanho de efeito entre 1 e 2 são valores importantes quando são feitas comparações entre seres humanos.

8 DISCUSSÃO

As avaliações governamentais de qualidade de ensino no Brasil têm mostrado baixos índices de aprendizagem por parte do aluno brasileiro. Esses resultados se acentuam quando o caráter dos processos avaliativos privilegia saber aplicar e inter-relacionar o conhecimento, ao invés de simplesmente acumular conteúdo. Nesse sentido, a abordagem tradicional de aula expositiva, sem espaço para questionamentos, desafios e incentivo à criatividade, vem sendo criticada, e medidas para modificar esse perfil têm desfavorecido as instituições acadêmicas que ainda privilegiam a aquisição da informação destituída da reflexão. Diante desse contexto, a compreensão da dinâmica em que se dá todo o processo da aprendizagem é imprescindível para a instituição de novas metodologias e métodos didáticos.

Dentre tantos fatores determinantes de DA, neste estudo foram selecionadas duas funções cognitivas envolvidas nos processos de aprender, adquirir e construir conhecimento. A primeira pertence ao amplo constructo memória - o ECMT; a segunda é uma das funções do macroconstructo funções executivas - o RLM (STRAUSS; SHERMAN; SPREEN, 2006).

O objetivo geral do presente estudo foi investigar a relação entre desempenho acadêmico (DA), desempenho matemático (DM), o executivo central da memória de trabalho (ECMT) e o raciocínio lógico-matemático (RLM) em estudantes do Ensino Médio. Como objetivos específicos, buscou verificar o comportamento do DM, do ECMT e do RLM em alunos com alto DA, baixo DA e DA intermediário.

Esta discussão inicia pela comparação dos resultados da análise descritiva com achados da literatura e segue com a discussão dos resultados da análise inferencial, da mesma forma, à luz de conhecimentos trazidos pela pesquisa nacional e internacional sobre o tema.

8.1 DISCUSSÃO A PARTIR DOS RESULTADOS DA ANÁLISE DESCRITIVA

O DA foi representado neste trabalho pela média alcançada pelos alunos nas disciplinas curriculares do primeiro trimestre do 1º ano do Ensino Médio, excetuando-se a Matemática. A variação das médias foi pequena, como se

pode constatar pelo desvio padrão e pela observação das notas apontadas na descrição dos desempenhos. Estas refletem a composição entre os diferentes atributos que constituem o desempenho de cada aluno, como a capacidade de memorizar conhecimento e de refletir sobre ele, identificando e criando relações, contextualizando o saber já adquirido com o problema que se apresenta para resolução.

Para o PISA (INEP 2009), o adolescente escolarizado deve ser capaz de conceitualizar, generalizar e utilizar informações baseadas em suas próprias investigações; aplicar seus conhecimentos para desenvolver abordagens e estratégias diante de novas situações; relacionar informações de diferentes fontes e representações e traduzi-las flexivelmente e, ainda, formular e comunicar precisamente suas ações e reflexões (INEP, 2009). Esses atributos correspondem à noção de *competência*, como apontaram Lopes (2010) e Berger Filho (1999), requisito fundamental na nova concepção de aprendizagem.

As novas tecnologias têm viabilizado descobertas em grande velocidade, assim como facilitado a divulgação do conhecimento diariamente atualizado. O progresso tem forçado uma reorientação no delineamento dos objetivos do Ensino Médio. Isto pode ser verificado nos documentos oficiais, como a reformulação do currículo e da organização do EM apresentada pelo Ministério da Educação e Cultura e os Parâmetros Curriculares para o EM (BRASIL, 2000). O jovem deve, sobretudo, desenvolver a capacidade de relacionar os saberes específicos de forma interdisciplinar e de contextualizá-los em diferentes situações, quer nas provas avaliativas curriculares, quer na vida diária fora da escola.

O DA também reflete diferenças individuais entre as características que estão envolvidas na determinação da aprendizagem e que expressam a interação de fatores genéticos e ambientais. Aqui, estão incluídos desde aspectos mais gerais, como fatores emocionais e de personalidade, até detalhes sobre estratégias de pensamento. Nesse sentido, Siegler (1988) apontou a capacidade para adquirir novas informações e o conhecimento prévio, estas permeadas pelos atributos pessoais relativos ao controle da atenção e memória.

O DA do adolescente associa-se fortemente às mudanças ocorridas no delineamento do seu raciocínio, pela transição do pensamento operatório concreto ao pensamento abstrato, agora sendo capaz de refletir a partir de suposições e proposições, não mais apenas a partir de dados objetivos da realidade. Aqui, Inhelder e Piaget (1976) reforçam o papel da escolarização, a qual, apresentando problemas a serem resolvidos fora da vida real, propõe que o estudante reflita a partir de representações.

O DM foi representado neste trabalho pela média das notas obtidas nas provas avaliativas do trimestre para a disciplina. Dos 35 alunos que compõem a amostra, apenas seis tiveram suas notas afastadas da média, visto que quatro deles tiveram média abaixo de 1 DP e apenas dois alunos superaram 1 DP acima da média. A matemática, segundo Geary (2002), compreende sistemas inatos de processamento e mecanismos aprendidos. Desta forma, o investimento do aluno nessa disciplina será favorecido quando o mesmo possuir atributos biológicos que facilitam sua aprendizagem ou quando for favorecido por um bom sistema educacional ou, ainda, quando características de sua personalidade resultem num investimento acadêmico além do praticado pelos seus pares.

Para o PISA (INEP, 2009), o desempenho matemático do estudante adolescente apóia-se no conteúdo, na competência e na contextualização. O primeiro conceito refere-se ao conhecimento quantitativo, ao conhecimento espacial, à compreensão da mudança como um fenômeno inerente às várias dimensões do saber e à capacidade de estudar fenômenos através de amostras representativas da população. O segundo conceito - competência - inclui saber reproduzir conceitos matemáticos conforme o problema a ser resolvido; integrar informações de diferentes campos da matemática assim como de outros domínios; e, por último, saber identificar a matemática incluída nas situações assim como 'matematizar' nas situações que o requerem para a resolução de problemas. O último conceito é a contextualização, que se refere a todo processo que demande relacionar situações e informações.

O conhecimento matemático apresenta, assim como ocorre no domínio da leitura, alguns elementos que têm sido atribuídos à predisposição inata do cérebro humano. O desenvolvimento do conhecimento matemático dá-se a partir de algumas capacidades que se enquadram nessa categorização, como

o *senso numérico* (DEHAENE, 1997 citado por DEHAENE, 2004) e a *numerosidade* (DEHAENE, 2004). Esses elementos interagem com aqueles que são adquiridos no processo de aprendizagem do aluno, como os *fatos básicos*, as *regras gerais*, os *procedimentos específicos* e o *conhecimento conceitual aritmético* (PASTOR, 2008), sobre o que se discorreu na fundamentação teórica desta pesquisa.

O DM fundamenta-se, mais do que outras disciplinas, em alguns atributos que são chamados por alguns autores (como SIEGLER, 1976, 1988) de *capacidades cognitivas básicas*. Estas correspondem aos constructos cognitivos subjacentes à atividade matemática. Entre eles são citados a memória de trabalho (PASSOLUNGI, VERCELLONI e SCHADEE, 2007; BULL e ESPY, 2006; BULL, ESPY e WIEBE, 2008; NUNES et al, 2007), a memória de curto prazo (BULL, ESPY e WIEBE, 2008) e o raciocínio lógico (NUNES et al, 2007).

Nesta pesquisa o ECMT foi avaliado através de dois subtestes da BAMT-UFMG (Bateria de Avaliação da Memória de Trabalho - Universidade Federal de Minas Gerais), os quais medem habilidades desse componente. Os testes foram *alcance de apreensão na escuta* (AIAPes) e *alcance de computação* (AlcCom). A média dos alunos desta pesquisa foi semelhante à encontrada pelos pesquisadores que validaram o instrumento (WOOD *et al.* 2001), como se pode observar ao confrontar as médias assinaladas na tabela 3 deste manuscrito com os dados resumidos na tabela 2. Os sujeitos da presente pesquisa tiveram resultados mais próximos ao grupo normativo constituído por estudantes de Ensino Médio de escola pública, justamente o grupo amostrado no presente estudo.

A média dos alunos de Ensino Médio de escola pública do estudo de Wood *et al.* (2001) no teste *alcance de apreensão na escuta* (AIAPes) foi 3,68. Os alunos da presente pesquisa obtiveram média 3,43 nesse teste. A média dos alunos de Ensino Médio de escola pública do estudo de Wood *et al.* (2001) no teste *alcance de computação* (AlcCom) foi 3,34. Os alunos da presente pesquisa obtiveram exatamente a mesma média nesse teste.

Conforme apresentado na fundamentação teórica desta dissertação, o ECMT é um constructo da neuropsicologia cognitiva que tem como principal função a supervisão atencional de processos cognitivos envolvendo a

manipulação de dados disponibilizados nos diferentes sistemas de memorização (BADDELEY 1996, 2000, 2002, 2003). Para isso, é responsável pela seleção dos estímulos significativos inibindo os distratores, pela integração das informações da memória de longo prazo com as informações selecionadas para processamento de uma determinada situação, pela alternância entre processos automáticos e processos voluntários assim como entre informações oriundas de diferentes sistemas de memorização e pela coordenação de processos cognitivos simultâneos. Pela natureza de sua função, pode-se inferir que essas habilidades descritas dependem mais de mecanismos inatos de funcionamento cerebral do que de aprendizagem adquirida. Supondo-se que existam diferenças culturais e que os programas curriculares não sejam os mesmos entre esses dois grupos de adolescentes, os resultados da presente pesquisa corroboram o ponto de vista de um predomínio biológico na natureza do construto, visto que os sujeitos deste estudo apresentaram o mesmo desempenho que os sujeitos da pesquisa que normatizou o instrumento.

O Ensino Médio caracteriza-se por apresentar um volume de informações para cuja aprendizagem seriam necessários mais de três anos. Isso não apenas pelo aspecto quantitativo do conhecimento, mas também porque o cérebro precisa de um tempo mínimo (é certo que diferente em cada estudante) para construir certas noções. Nesse sentido, um número considerável de alunos avança para um novo tópico sem dominar o anterior. E quando o conteúdo é pré-requisito para o entendimento ulterior, o aluno perde a possibilidade de acompanhar a evolução das aulas. A partir daí, parte para a solução pouco produtiva de decorar o que conseguir, na esperança de responder o mínimo suficiente para a aprovação nas provas.

Nesta pesquisa foram comentados três modelos de memória de trabalho: o de Baddeley e Hitch, o de Salthouse e Babcock e o de Oberauer. É interessante assinalar que os três modelos salientam o papel do componente atencional da memória de trabalho no êxito da resolução de problemas. Oberauer (2003; OBERAUER *et al*, 2003) foi mais longe que os outros dois grupos de autores ao explicitar que o constructo em questão não apenas foca a atenção nas informações envolvidas nas operações, como também *seleciona* as informações significativas para isso. Essa interpretação da função do ECMT dá margem a uma discussão conceitual que remete ao constructo piagetiano

de “identificar e construir relações”. Não sendo o propósito desta dissertação analisar convergências ou divergências nas conceituações das funções avaliadas, apenas reforça-se a importância do conhecimento e do debate sobre as funções cognitivas aos profissionais que determinam os caminhos da Educação.

A função cognitiva RLM foi explorada através da tarefa piagetiana o *equilíbrio da balança*. Os participantes da presente pesquisa, na sua maioria, situaram-se no estágio IIB e um grupo menor alcançou o estágio IIIA. Isso significa que a maior parte dos jovens desta pesquisa sabia que há uma relação inversa entre peso e distância, porém não sabia quantificar essa proporção; os alunos iam fazendo tentativas até conseguir o equilíbrio, já conscientes de que o peso menor deveria ser posicionado a maior distância do eixo vertical, em relação ao peso maior, para obter o equilíbrio. Um grupo menor de alunos, tendo a noção da correspondência quantitativa entre os pesos e as distâncias, situou-se no estágio IIIA. Apresentavam, portanto, um *esquema antecipador*, que os conduzia a acertar a proporção de que, por exemplo, para equilibrar dois pesos (P) que sejam colocados a distâncias de L e de 1/4 de L, contralateralmente, os mesmos deveriam ter, respectivamente, o peso de 1/4 de P e P. Os alunos genebrinos alcançaram o estágio IIIB. Souberam explicar a solução do problema, na qual a força aplicada de um lado da haste horizontal da balança deve ser a mesma aplicada do lado contralateral e, para obter esse resultado, o peso e a distância de um lado devem apresentar o mesmo produto que o peso e a distância do outro lado. Então, já compreendem a regra que orienta o problema: $P/P' = L'/L$.

Essa diferença entre os dois grupos de jovens pode ser justificada por várias razões. Aqui, cabe defender a posição de que cada construção cognitiva obedece à mesma sequência (eventualmente omitindo alguns passos no percurso, na dependência da experiência prévia do sujeito). A sequência refere-se à repetição dos estágios clássicos de Piaget, em que cada noção inicia sua construção com uma solução sensório-motora, passando a operatória concreta e finalmente alcançando o raciocínio operatório formal. Karmiloff-Smith (2001) enfatizou que se pode “ser sensório-motor” na presença do pensamento formal, desde que para construções cognitivas diferentes. Portanto, se em determinado momento da sua vida um biólogo inicia uma

aprendizagem em matemática, a construção desse conhecimento poderá iniciar por uma organização sensório-motora, evoluindo para uma organização operatória concreta para finalmente atingir sua capacidade reflexiva ao nível formal do pensamento.

Na presente pesquisa, a conclusão a que se chegou foi de que os estádios, conforme posição de Piaget, apresentam uma sequência evolutiva e que, para cada noção construída, segue-se essa sequência. Isso ficou explícito ao observar os resultados dos sujeitos da pesquisa na construção das noções a respeito do equilíbrio da balança, e os sujeitos da pesquisa de Inhelder e Piaget (1976). As etapas foram as mesmas, a diferença foi quanto a complexidade alcançada pelos dois grupos. A maioria dos sujeitos deste estudo alcançou um entendimento operatório concreto da noção, ao passo que os sujeitos de Inhelder e Piaget foram mais adiante, chegando à compreensão operatória formal. A justificativa para essa diferença poderia relacionar-se a questão da experiência, podendo-se supor que os alunos genebrinos já tivessem experienciado os mecanismos da balança antes dos alunos brasileiros, que desenvolvem o tema a partir do segundo ano do Ensino Médio. Então, se compararmos jovens do século passado, no qual a maior parte das experiências lógico-matemáticas poderia passar por uma experimentação real, com jovens do século XXI, que realizam grande parte de suas experiências por meio do computador, pode-se supor que os primeiros estudantes tinham acesso ao objeto *balança* para estudar as leis do equilíbrio. Hoje, essa atividade seria recebida com pouco entusiasmo pelos alunos, engajados nas facilidades oferecidas pelo mundo virtual.

As conclusões de Siegler (1976) no estudo que realizou com o mesmo experimento da balança também justificam a diferença encontrada entre o patamar cognitivo alcançado na resolução da tarefa piagetiana pelos sujeitos da presente pesquisa e pelos sujeitos de Piaget. Siegler abordou três constructos - o conhecimento prévio, a capacidade para adquirir novos conhecimentos e habilidades básicas como atenção e memória. Verificou que o conhecimento prévio era importante para o sucesso na resolução do problema apresentado na tarefa. Como já foi dito, os sujeitos da presente pesquisa só veriam o tópico relativo ao problema da balança (o tema recebe o título de *estudo dos princípios da alavanca*) no ano seguinte, ou seja, no 2º ano do EM.

8.2 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA ANÁLISE INFERENCIAL

Os resultados encontrados na presente pesquisa mostraram correlação entre desempenho acadêmico (DA), desempenho matemático (DM), o executivo central da memória de trabalho (ECMT) e o raciocínio lógico-matemático (RLM).

Na revisão bibliográfica sobre o tema também foi encontrada correlação entre as funções estudadas nesta pesquisa, porém, como já foi dito, os estudos são heterogêneos e as replicações escassas. Não foi encontrado nenhum estudo que tenha avaliado a correlação entre as quatro funções aqui pesquisadas num mesmo trabalho.

A literatura apresenta evidências de correlação entre o DA e diversos fatores como, por exemplo, valorização que a família atribui a questões ligadas à escola (LAHIRE, 2008), perfil ideológico da escola na transmissão/construção do conhecimento (PERRENOUD, 1999), características da personalidade do aluno (DISETH; MARTINSEN, 2009; MEEUS; SILBEREISEN; NURMI, 2002), metacognição e autorregulação (NOTA; SORESI; ZIMMERMAN, 2004; JOU; SPERB, 2006), entre outros.

Outro aspecto que não pode ser esquecido ao agrupar evidências das correlações entre funções cognitivas e DA é a faixa etária dos participantes. Lemos *et al.* (2008) demonstraram que os fatores determinantes da aprendizagem não são os mesmos ao longo do desenvolvimento. No Ensino Fundamental, o papel dos fatores cognitivos é mais importante do que no Ensino Médio. Na medida em que o aluno avança em idade e grau escolar, outros fatores passam a ter importância na determinação da aprendizagem, como, por exemplo, aspectos afetivos e metacognitivos.

Na presente pesquisa, optou-se por estudar *processos cognitivos* envolvidos no desempenho escolar. Através da primeira análise estatística, investigou-se a relação entre as quatro funções estudadas. Através da segunda análise estatística, buscou-se verificar se os alunos com diferentes DA também apresentariam diferentes DM, ECMT e RLM. Os resultados dessas análises são discutidos a seguir.

8.2.1 Relação entre Desempenho Acadêmico e Desempenho Matemático

A correlação entre DA e DM foi estatisticamente significativa (0,683 com $P < 0,01$) no presente estudo, correspondendo a correlação de forte intensidade.

O DM foi abordado, nesta pesquisa, como uma disciplina diferenciada das demais pela elevada exigência em ECMT e RLM inerente à sua natureza. Mesmo considerando-se que ambos constructos são importantes nas aprendizagens das demais disciplinas curriculares, é inequívoco que a matemática representa o mito das habilidades reflexivas mais complexas dentro da Escola e fora dela. Parece, portanto, pertinente confrontar o desempenho que os estudantes alcançam no seu aprendizado específico, com o desempenho alcançado nas outras matérias escolares.

Não foi encontrada na literatura investigação que tenha comparado DA com DM. No entanto, pode-se inferir, a partir dos resultados desta pesquisa, que a correlação encontrada deve-se a características comuns a ambas, subjacentes à capacidade para a aprendizagem. Quaisquer aprendizados, mesmo aqueles que se referem a memorizar fatos objetivos, informações prontas, requerem algum grau de relacionamento entre suas partes, ou com o conhecimento prévio sobre o assunto. É compreensível então, que um aluno com facilidade em matemática tenha facilidade para outras disciplinas também.

Na análise das diferenças entre os grupos com desempenhos alto, baixo e intermediário, o DM resultou em diferença significativa entre o grupo de alunos com DA intermediário e com DA baixo, na comparação entre pares. Portanto, os alunos com mais baixo DA também tiveram DM inferior, e os alunos com DA intermediário alcançaram nível intermediário no DM. Os resultados da análise das diferenças entre os grupos com diferentes DA vem corroborar o achado da correlação entre ambas funções.

8.2.2 Relação entre Desempenho Acadêmico e o Executivo Central da Memória de Trabalho

A correlação entre DA e o ECMT foi estatisticamente significativa (0,631 com $P < 0,01$) no presente estudo e classificada como correlação de forte intensidade.

A maior parte dos artigos publicados verificou a correlação do DA com a memória de trabalho (MT) (GATHERCOLE; BROWN; PICKERING, 2003; GATHERCOLE *et al.*, 2008), não especificando qual dos componentes seria investigado. A grande parte dessas pesquisas utilizou o modelo de Baddeley e Hitch (1974); algumas avaliaram apenas o ECMT, outras avaliaram todos os componentes. Destas, selecionou-se para o presente estudo as que incluíram a investigação do ECMT.

As habilidades em armazenar, organizar, integrar e coordenar informações estão fortemente associadas com DA em crianças. Esta associação foi observada em relação a disciplinas específicas e também em relação ao DA de forma geral (ALLOWAY *et al.*, 2004).

Alguns estudos apóiam a importância da memória de trabalho na aprendizagem em geral e, sobretudo, na aprendizagem da matemática (ALLOWAY; GATHERCOLE; ELLIOT, 2010; GATHERCOLE; PICKERING, 2001; ALLOWAY; ALLOWAY, 2010). Esses estudos, porém, não tinham por objetivo avaliar exclusivamente o componente ECMT da memória de trabalho, mas, nos instrumentos utilizados, esse componente foi verificado nas suas funções de selecionar informações relevantes, inibir as irrelevantes, manipular e articular mentalmente as informações provindas dos subcomponentes verbal e visual, assim como ativar dados da memória de longo prazo.

O ECMT foi excelente preditor de DA em crianças no início da vida escolar (GATHERCOLE; BROWN; PICKERING, 2003).

Bull, Espy e Wiebe (2008), num estudo que investigou precursores da aprendizagem em matemática, categorizaram as habilidades cognitivas importantes para uma boa aprendizagem geral em dois grupos. No primeiro grupo, situaram habilidades relacionadas com a construção prévia de alguns conhecimentos específicos, que seriam pré-requisitos para a aprendizagem de disciplinas específicas. Aqui, como exemplos para a leitura e escrita, citaram o reconhecimento das letras e a consciência fonológica; para a matemática, o

reconhecimento de números, a compreensão da magnitude e a contagem. Seria o *conhecimento cristalizado*, que as autoras apresentaram como equivalente ao conceito de inteligência cristalizada de Cattell. Essas construções cognitivas se originam da própria experiência de vida do indivíduo, como também do aprendizado escolar. Ao segundo grupo, correspondem o que as autoras chamaram de “capacidades cognitivas básicas para a aprendizagem”. Essas capacidades não dependeriam de conhecimento adquirido e não seriam determinadas por fatores sócio-econômicos, mas seriam fundamentais para o engajamento em operações cognitivas complexas. Segundo Geary (2007), cujos pontos de vista as autoras reforçam no estudo, trata-se de características biologicamente determinadas (genéticas, portanto), as quais seriam responsáveis por predisposições inatas para a aquisição tanto de conhecimento como de novas habilidades. Corresponde à inteligência fluida (ou Gf) de Cattell.

E aqui entra um aspecto que interessa ao presente estudo, quando as autoras afirmam que estudos recentes têm definido a MT, na função do ECMT, como o “mecanismo central subjacente às diferenças individuais na inteligência fluida” (BULL; ESPY; WIEBE, 2008, p.206).

A comparação das funções estudadas nos grupos de alunos com alto DA, DA intermediário e baixo DA constituiu-se em um item adicional à análise correlacional, acrescentando evidências da inter-relação entre essas funções cognitivas. Na comparação entre os grupos aos pares, houve diferença significativa entre os alunos com alto DA e baixo DA, em relação ao ECMT. Isto mostra que alunos com DA intermediário podem ter ECMT com a mesma competência que os alunos com DA alto ou baixo e estes têm diferente competência do ECMT entre si. Na presente pesquisa encontrou-se uma única exceção aos resultados dos grupos, visto que um aluno, pertencendo ao grupo de bom DA, teve baixo rendimento na avaliação do ECMT. Isso pode ser justificado por uma compensação das dificuldades cognitivas com outros recursos. O contrário, ECMT alto em alunos com baixo DA, não ocorreu - dos nove alunos que tiveram DA baixo (inferior a 6,31), nenhum apresentou ECMT classificado com alta pontuação (igual ou superior a 10,30). Não foi encontrado nenhum estudo na literatura que observasse especificamente esta relação - DA representado pela média geral de disciplinas e ECMT, portanto esta pesquisa

aponta para um dado importante e que deve ser investigado na busca de replicação ou refutação, qual seja, que baixo DA não se relaciona com alto ECMT.

8.2.3 Relação entre Desempenho Acadêmico e Raciocínio Lógico-Matemático

A correlação entre DA e o RLM foi estatisticamente significativa (0,696 com $P < 0,01$) no presente estudo e classificada como correlação de forte intensidade. Primi e Almeida (2001) encontraram correlação positiva entre as notas escolares e os resultados em testes de avaliação do raciocínio. Nessa pesquisa, os autores avaliaram 1243 alunos de sexta série do ensino fundamental até o terceiro ano do ensino médio, utilizando a BPR5 (Bateria de Provas de Raciocínio, dos mesmos autores). Essa bateria é composta por cinco tipos de questões, agrupadas da seguinte forma: de raciocínio abstrato, de raciocínio verbal, de raciocínio numérico, de raciocínio espacial e de raciocínio mecânico. Para os autores, o raciocínio abstrato está vinculado principalmente à inteligência fluida (Gf), definida como a capacidade de raciocinar em situações novas, criar conceitos e compreender implicações. O raciocínio verbal associa-se à inteligência fluida e à cristalizada (Gc) e é definido como a dimensão do conhecimento vocabular e a capacidade de raciocinar utilizando conceitos previamente aprendidos. O raciocínio numérico associa-se à habilidade quantitativa e define-se pela compreensão de conceitos quantitativos básicos como soma, subtração, multiplicação, divisão e a manipulação dos símbolos numéricos. O raciocínio espacial relaciona-se principalmente à capacidade de processamento visual, mas também à inteligência fluida. O raciocínio mecânico associa-se aos conhecimentos práticos da mecânica e também à inteligência fluida. O experimento *o equilíbrio da balança* utilizado nesta pesquisa faz uso do RLM, abordagem que inclui componentes citados nas várias categorias dos autores. Cabe salientar que, apesar de se verificar nesse estudo de Primi e Almeida uma categorização do constructo raciocínio, o processo de *relacionar* representações é comum a todas essas categorias e considera-se esse processo, na presente pesquisa, o elemento que define o conceito.

Em outro estudo, Primi, Santos e Vendramini (2002) compararam notas alcançadas em 10 disciplinas curriculares (Língua Portuguesa, Literatura, Biologia, Física, Química, Matemática, Língua Inglesa, História, Geografia e Conhecimentos Gerais), com o desempenho em provas de raciocínio indutivo e dedutivo e compreensão em leitura. Os participantes eram ingressantes em cursos universitários de Medicina, Engenharias, Odontologia, Psicologia, Pedagogia, Letras e Administração. Os autores encontraram correlação entre as medidas utilizadas, e também relação causal entre o raciocínio e o DA.

8.2.4 Relação entre Desempenho Matemático e o Executivo Central da Memória de Trabalho

A correlação entre DM e o ECMT foi estatisticamente significativa (0,705 com $P < 0,01$) no presente estudo e classificada como correlação de forte intensidade. Como já foi dito, muitos estudos investigaram a função ECMT ao investigarem a memória de trabalho (MT). Isto ficou claro quando os autores especificaram quais componentes da MT pretendiam avaliar e também através dos instrumentos utilizados (GEARY *et al.*, 2000; BULL; ESPY, 2006; GATHERCOLE; BROWN; PICKERING, 2003; GATHERCOLE *et al.*, 2008). Estes estudos demonstraram que, quanto melhor a capacidade da MT na sua função de processar as informações disponíveis na mente, melhor resultava a aprendizagem e o DM.

As funções do ECMT foram avaliadas por Passolunghi, Vercelloni e Schadee (2007) através de testes de recuperação de palavras e dígitos na ordem inversa. Também utilizaram um teste no qual apresentaram três séries de duas, três, quatro e cinco sentenças, nas quais a última palavra estava faltando, por exemplo: “o peixe nada, o pássaro _____”. A tarefa do sujeito era completar as sentenças e repetir a palavra que faltava na ordem do seu aparecimento. Nesse estudo, os autores buscaram verificar se haveria uma relação *causal* entre algumas habilidades cognitivas e a aprendizagem precoce (primeiro ano) da matemática. Afirmaram que o tema já dispunha de vários estudos correlacionais, por isso a escolha do delineamento longitudinal, o que possibilitou demonstrar o caráter preditivo dessas habilidades cognitivas na aprendizagem da matemática. Os resultados alcançados apontaram a MT e,

especificamente o ECMT, como um importante precursor do DM nos seus estágios iniciais.

Bull, Espy e Wiebe (2008) também investigaram os precursores do DM em crianças no início da escolarização e concluíram que a MT é importante especificamente no aprendizado da matemática e não no aprendizado em geral, onde as funções executivas assumem o melhor valor preditivo.

Neste item é interessante citar o resultado do trabalho de Nunes *et al.* (2007), o qual concluiu que, controlando a memória de trabalho, o raciocínio mantinha-se preditivo da aprendizagem da matemática, porém o mesmo não acontecia com a ação contrária. Ao ser controlado o raciocínio, ou seja - apenas considerando-se a memória de trabalho, esta não era suficiente para garantir o bom desempenho na aprendizagem da matemática.

8.2.5 Relação entre Desempenho Matemático e Raciocínio Lógico-Matemático

A correlação entre DM e o RLM foi estatisticamente significativa (0,692 com $P < 0,01$) no presente estudo e classificada como correlação de forte intensidade. A pesquisa de Nunes *et al.* (2007), citada no item anterior, mostrou uma relação causal para o RLM na aprendizagem da matemática. Os autores avaliaram a competência do raciocínio lógico em crianças de 2ª série e compararam com o desempenho na aprendizagem matemática dezesseis meses depois. Verificaram a aprendizagem matemática através de uma prova que é administrada, na Inglaterra, a crianças de 7 anos, elaborada por órgão governamental. A prova é administrada na própria escola da criança, pelo professor, e os resultados classificam o aluno em três níveis quanto a sua performance.

No mesmo estudo, o raciocínio lógico foi avaliado por um teste elaborado pelos próprios autores. Nesse teste, os raciocínios verificados foram:

- a relação inversa entre a adição e a subtração;
- composição aditiva;
- correspondência um-para-um e um-para-muitos e
- seriação.

Como já foi assinalado, na presente pesquisa, o DM foi pontuado através da média do trimestre, resultado das notas obtidas nas provas realizadas, e o RLM, através do estágio de construção da noção de equilíbrio numa balança de dois braços. O estadiamento do RLM foi verificado pela análise qualitativa das respostas dos estudantes na entrevista interativa representada pela aplicação da tarefa piagetiana *o equilíbrio da balança*. As relações lógico-matemáticas (ou raciocínios lógico-matemáticos) que podem se apresentar na resolução dos problemas que trazem esta prova são, em ordem inversa de complexidade, entre outros:

- relações de *proporcionalidade*, como, quanto menor o peso do objeto, mais distante deve ficar do eixo vertical para manter o equilíbrio;
- relações de *compensação*, como, para um peso maior de um lado da balança deve corresponder um peso maior do outro lado ou uma maior distância do peso do outro lado se seu peso for menor;
- relações de *transitividade*, ou seja, se um peso A é maior do que um peso B e este é maior que C, então esse peso A é maior do que o peso C;
- nas relações de transitividade estão inseridas as *seriações*, visto que o sujeito já ordena peso pelo seu valor quantitativo;
- ainda, as relações operadas nas *composições aditivas*, por exemplo, saber que o peso 8 pode ser expresso pela soma dos pesos $7 + 1$ ou $6 + 2$.

8.2.6 Relação entre o Executivo Central da Memória de Trabalho e o Raciocínio Lógico-Matemático

A correlação entre o ECMT e o RLM foi estatisticamente significativa (0,655 com $P < 0,01$) nesta pesquisa e classificada como correlação de forte intensidade. No presente estudo houve correlação direta entre o RLM e o ECMT. Não foi encontrado nenhum estudo que abordasse essa associação. Uma provável explicação para essa lacuna reside em aspectos conceituais, ou melhor, de delimitação dos conceitos que definem os constructos neuropsicológicos. Por exemplo, compreendendo o *raciocínio* como o processo cognitivo de criar e identificar relações entre representações mentais, entende-se que no processo de raciocinar (PIAGET, 1976, 1977) informações são

selecionadas. Essas informações selecionadas estão representadas na memória de longo prazo, assim como também há informações externas (do enunciado de um problema, por exemplo). Estas informações então, são disponibilizadas na memória de trabalho, a fim de que possam ser trabalhadas, e alcançado o objetivo estabelecido. Ora, o construto neuropsicológico que faz isso é justamente o ECMT (OBERAUER, 2003; OBERAUER *et al.*, 2008; OBERAUER; BIALKOVA, 2009) que, na Neuropsicologia, executa essa atividade cognitiva através de mecanismos atencionais. Neste caso, então, o ECMT seleciona informações representadas no cérebro e ‘atenta’ (foca a atenção) para aquelas que devem ser codificadas a partir de estímulos externos ativamente selecionados (OBERAUER *et al.*, 2008; OBERAUER; BIALKOVA, 2009). Parecem dois construtos psicológicos bastante semelhantes. Não obstante, apesar de zonas de intersecção, são dois construtos individuais.

Para auxiliar na descrição dos pontos de intersecção entre as funções cognitivas RLM e ECMT, apresenta-se uma prova construída para avaliar o raciocínio lógico-dedutivo (PRIMI; SANTOS; VENDRAMINI, 2002):

“Uma loja vende produtos importados e nacionais entre vestidos, camisas e casacos. Alguns vestidos e todos os casacos fazem parte dos produtos importados. Não há produto importado disponível em tamanho grande. Assinale qual dentre os fatos enunciados *não* poderia ser verdadeiro:

- a) Carla experimenta uma camisa nacional.
- b) Luciana está comprando um casaco pequeno.
- c) Alberto pegou um casaco grande.
- d) Adriana experimenta um vestido pequeno.”

O sujeito avaliado deve memorizar as proposições que representam os artigos da loja a fim de confrontá-las com cada alternativa, num percurso de ida e vinda entre as proposições e as alternativas. Portanto, nesta prova de raciocínio, também se está avaliando a memória de trabalho, particularmente, o ECMT.

A conclusão a que se chega é que o raciocínio faz uso dos recursos do ECMT no seu processamento e, por sua vez, o ECMT inclui o raciocínio nas operações que efetua ao manipular as informações disponíveis na memória de trabalho.

A alta correlação encontrada entre as quatro habilidades cognitivas aqui pesquisadas pode ser entendida como resultado de um processo que seja comum ao desenvolvimento cognitivo e à construção do conhecimento de uma forma geral. É sabido que qualquer evolução mental (aqui se trata das diversas especialidades cognitivas do ser humano, como as inteligências fluida e cristalizada) inicia por uma configuração (tanto no cérebro quanto na mente) mais simples e progride para uma configuração mais complexa. Essa progressão se dá através da transferência da estrutura cognitiva de um patamar inferior para um patamar de complexidade superior, aí ocorrendo a reorganização do conhecimento ou estrutura cognitiva, agora com um nível de elaboração mais avançado. A esses dois mecanismos de desenvolvimento cognitivo Piaget chamou de *reflexionamento* e *reflexão*, consecutivamente, sendo ambos, processos da *abstração reflexionante* (PIAGET, 1995). No nível cerebral, isso corresponde a novas organizações sinápticas, mapeando trilhas cada vez mais complexas.

Ora, nas quatro funções cognitivas aqui estudadas, o processo de construção é simultâneo; todas têm seu desenvolvimento de uma forma mais ou menos paralela. Assim, é fácil supor que alunos com prejuízo em uma das funções também terão um desenvolvimento prejudicado nas outras três funções.

Os resultados da presente pesquisa sugerem que alunos com melhor DA apresentam melhor DM, ECMT e RLM. Da mesma forma, alunos com DA intermediário apresentaram resultados intermediários na avaliação de DM, ECMT e RLM. O mesmo foi verdadeiro para os alunos com baixo DA, isto é, seus resultados nas medidas avaliativas foram os mais baixos em relação aos 35 participantes.

Algumas relações, porém, mostraram mais intensidade do que as outras e algumas diferenças não foram significativas. O RLM foi a função que mais se diferenciou entre os grupos com diferença significativa entre os grupos de alto e baixo DA e também entre os grupos com DA intermediário e com DA baixo. Neste sentido Nunes *et al.* (2007) realizaram um trabalho em que pretenderam observar se o raciocínio lógico e a memória de trabalho poderiam prever a aprendizagem em matemática em alunos iniciantes da escola fundamental. Os resultados a que chegaram sugeriram que as duas funções estudadas

correlacionam-se com boa aprendizagem em matemática. Porém, ao controlarem uma e outra função, apenas o raciocínio lógico se manteve como preditor de aprendizagem em matemática. Ao controlarem o raciocínio lógico, a memória de trabalho, de forma isolada, não manteve o valor preditivo.

Em relação às diferenças entre os grupos quanto ao ECMT, os alunos com alto desempenho acadêmico diferenciaram-se significativamente dos alunos com baixo desempenho acadêmico. Existem poucas pesquisas que tenham investigado como é processada a informação temporariamente à disposição na MT, isto é, qual mecanismo seleciona e dirige a atenção para a informação pertinente. Oberauer e Bialkova (2009) referem que pouco se pesquisou sobre como as informações são selecionadas do *set* de representações.

Por fim, encontrou-se diferença significativa, quanto ao DM, entre os grupos com DA intermediário e DA baixo. Observando a tabela 5 verifica-se que os alunos com DA alto tiveram melhores resultados no DM em relação aos alunos com DA intermediário, porém, esta diferença não foi significativa, conforme constatado pela análise *post-hoc* pelo teste de Tukey. Não se encontrou referências bibliográficas que indicassem o estudo da associação entre DM e DA.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pensar sobre os processos cognitivos envolvidos no sistema ensino/aprendizagem contribui para minorar o impacto pessoal, familiar e social que os jovens mal sucedidos academicamente trazem consigo. Ao mesmo tempo, acrescenta informações sobre a cognição na aprendizagem, o que facilita a busca por métodos de ensino mais adequados para todos, minimizando a discriminação originada nas diferenças individuais de desempenho em sala de aula.

Esta dissertação de mestrado aproximou dois conceitos importantes, cada um de uma diferente disciplina científica: o executivo central da memória de trabalho, da Neuropsicologia cognitiva, e o raciocínio lógico-matemático, da Epistemologia genética.

A opção por investigar o executivo central da memória de trabalho e o raciocínio lógico-matemático deve-se ao pressuposto teórico da existência de uma interface entre as duas perspectivas de análise da cognição relacionada à aprendizagem, presentes neste estudo. Essas duas perspectivas são: a) a habilidade de orientar a atenção aos focos produtivos de interesse, fazendo as melhores seleções e relações (aqui representada pelo construto executivo central da memória de trabalho); b) o nível de complexidade de estruturação lógico-matemática (aqui representada pelo raciocínio lógico-matemático). Contudo, um aprofundamento no debate dessa intersecção, iria além dos propósitos possíveis dentro dos limites estabelecidos para a presente etapa da formação científica.

Ainda, a finalização deste estudo suscitou uma questão intrigante: que instância, como, e por que motivos é ativada uma trilha neuronal e não outra na resolução de um problema? E, traduzindo para a linguagem da Psicologia cognitiva: por que uma estratégia e não outra é selecionada na resolução de um problema? Pela revisão da literatura e reflexão sobre os resultados apreendidos nesta pesquisa, Oberauer e Bialkova (2009) aproximam-se de uma explicação atraente: é o que eles chamaram de *foco atencional*, o responsável por essa seleção. Ainda assim, não explicaram como e que instância mental faz isso. Os próprios autores propõem que essa pergunta mereça investigações futuras.

Espera-se ter contribuído para a pesquisa da abordagem interdisciplinar teórica e clínica aos problemas de aprendizagem. E, que mais estudos busquem a interface entre diferentes áreas temáticas, com o objetivo de melhor compreender os processos de aprendizagem. Acredita-se que para isso, é adequado valorizar o que cada teoria tem de importante a oferecer, ao invés de entender que o preço do avanço no conhecimento compreende o abandono das descobertas passadas, mesmo quando elas ainda não encontraram refutação consistente. Considera-se que com essa orientação haverá uma compreensão maior dos processos cognitivos envolvidos na aprendizagem e, poder-se-á oferecer melhores condições aos jovens que não atendem às demandas formais do sistema educacional vigente.

Uma limitação relativa refere-se à ausência de uma medida de inteligência. A aferição da inteligência implicaria na contratação de profissional especializado, o que traria maior ônus à pesquisa. Outra limitação questionável diz respeito ao número amostral, o qual teve como fator determinante o intuito de interferir o menos possível na rotina escolar. A literatura sobre o tema escolhido é farta, porém não específica para a abordagem que foi utilizada, o que demandaria um tempo maior ao disponível para sua revisão.

Mesmo diante destas restrições do estudo, acredita-se que foi apresentada uma sugestão de pesquisa, a qual deixa lacunas que se trabalhadas, acrescentam conhecimentos significativos para a compreensão dos processos cognitivos envolvidos no desempenho escolar do adolescente.

REFERÊNCIAS

ALLOWAY, T. P.; GATHERCOLE, S. E.; ELLIOTT, J. **Examining the link between working memory behavior and academic attainment in children with ADHD.** *Developmental Medicine and Child Neurology*, v.52, 2010.

ALLOWAY, T. P.; GATHERCOLE, S. E.; WILLIS, C; ADAMAS, A. M. **A Structural analysis of working memory and related cognitive skills in young children.** *Journal of Experimental Child Psychology*, v.87, p.85-106,2004.

ALLOWAY, T. P.; ALLOWAY, R. G. **Investigating the predictive roles of working memory in academic attainment.** *Journal of Experimental Child Psychology*, v.106, p.20-9, 2010.

ASHCRAFT, M. H.; BATTAGLIA, J. **Cognitive arithmetic: evidence for retrieval and decision processes in mental addition.** *Journal of Experimental Psychology: human learning and memory*, v.4, p.527-538, 1978.

ASHCRAFT, M. H.; STAZYK, E. H. **Mental addition: a test of three verification models.** *Memory and Cognition*, v.9, p.185-196, 1981.

ASHCRAFT, M. H. **Cognitive arithmetic: a review of data and theory.** *Cognition*, v.44, p.75-106, 1992.

BADDELEY *et al.* **Dementia and working memory.** *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, v.38A, p.603-618, 1986.

BADDELEY, Alan D.; WILSON, B. **Frontal amnesia and the dysexecutive syndrome.** *Brain and Cognition*, v. 7, p.212-230, 1988.

BADDELEY, Alan D.; HITCH, Graham J. **Developments in the concept of working memory.** *Neuropsychology*, v.7, n.4, p.485-493, 1994.

BADDELEY, Alan D. **Exploring the central executive.** *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49A, p.5-28, 1996.

_____. **The Episodic Buffer: A New Component of Working Memory?** *Trends in Cognitive Sciences*, v.4, n.11, p.417-423, 2000.

_____. **Is Working Memory Still Working?** *European Psychology*, v. 7, n.2, p.85-97, 2002.

_____. **Working Memory: Looking back end looking forward.** *Neuroscience*, v.4, oct, 839839, 2003.

BARRAQUER-BORDAS, Luis. **Afasia, apraxias, agnosias.** Barcelona: ediciones Toray, 1974.

BECKER, Fernando. **Epistemologia Genética e Conhecimento Numérico**. In: BECKER, Fernando; FRANCO, Sergio R. K. (Org.). *Revisitando Piaget*. Porto Alegre: Editora Mediação, 1998.

BERGER FILHO, Ruy. **Currículo por competências**. MEC, 1999. Disponível em: <<http://www.mec.gov.br/semtec/ensmed/ftp/currícompes.doc>>. Acesso em: 25 dez 2010.

BULL, Rebecca; ESPY, Kimberly A. **Working memory, executive functioning and children's mathematics**. In: *Developmental Cognitive Neuroscience Laboratory - Faculty and Staff Publications*. Nebraska-Lincoln: Academic Press, 2006. p.93-123.

BULL, Rebecca; ESPY, Kimberly A.; WIEBE, Sandra A. **Short-term memory, working memory and executive functioning en preschoolers: longitudinal predictors of mathematical achievement at age 7 years**. *Developmental Neuropsychology*, v.33, n.3, p. 205-228, 2008.

CAMPBELL, J. I. D. **Production, verification and priming of multiplication facts**. *Memory and cognition*, v. 15, p.349-364, 1987.

_____. **Mechanisms of simple addition and multiplication: a modified network-interference. Theory and simulation**. *Mathematical cognition*, v. 1, n.2, p.121-164,1995.

CARRAHER, Terezinha N. **O Método Clínico: usando os exames de Piaget**. Petrópolis: Vozes, 1983.

CORSO, Luciana V. **Dificuldades na Leitura e na Matemática: um estudo dos processos cognitivos em alunos da 3ª a 6ª série do Ensino Fundamental**. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.

CRESWELL, J. W. **Projetos de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 2.ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

COCKCROFT, W. H. **Las matemáticas sí cuentan. Informe Cockcroft**. Madrid: Ministério da Educação e da Ciência, 1985.

DANEMAN, M; CARPENTER, P. A. **Individual differences in working memory and reading**. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, v. 19, p.450-466, 1980.

DEHAENE, S.; COHEN, L. **Towards an anatomical and functional model of number processing**. *Mathematical Cognition*, v. 1, n1, p.83-120, 1995.

DEHAENE, S.; MOLKO, N.; COHEN, L. ; WILSON, A.J. **Arithmetic and the brain**. *Current Opinion in Neurobiology*, v. 14, p. 218-224, 2004.

DELORS, Jacques. **Educação: um tesouro a descobrir**. Relatório para a Unesco da Comissão Internacional sobre Educação para o século XXI. São Paulo: Cortez, 2001.

DELVAL, Juan. **Introdução à prática do método clínico: descobrindo o pensamento das crianças**. Porto Alegre: ArtMed, 2002.

DORNELES, Beatriz V. **Escrita e número: relações iniciais**. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

DISETH A.; MARTINSEN Ø. **Personality traits and achievement motives: theoretical and empirical relations between the NEO Personality Inventory-Revised and the Achievement Motives Scale**. *Psychological Reports*, v.104, 579-592, 2009.

DUNCAN, J. (1986). **Disorganization of behaviour after frontal lobe damage**. *Cognitive Neuropsychology*, v.3, p.271-290, 1986.

ERICSSON, K. A.; KINTSCH, W. **Long-term working memory**. *Psychological Review*, v.102, p.211-245, 1995.

FLAVELL, John H. **La Psicología Evolutiva de Jean Piaget** (The Developmental Psychology of Jean Piaget, sem indicação do ano). Buenos Aires: Editorial Paidós, 1971.

FLETCHER, J. M.; LYON, G. R.; FUCHS, L. S.; BARNES, M. A. **Book review: Learning disabilities: from identification to intervention**. New York: Guilford. *Journal of Attention Disorders*, v.11, p.412-415, 2007.

FLETCHER, J. M. **Dislexia: the evolution of a scientific concept**. *Journal of the International Neuropsychological Society*, v.15, p.501-508, 2009).

GATHERCOLE, S. E.; ALLOWAY, T. P.; KIRKWOOD, H. J.; ELLIOTT, J. H.; HOLMES, J.; HILTON, K. A. **Attentional and executive function behaviours in children with poor working memory**. *Learning and Individual Differences*, v.18, p.214-223, 2008.

GATHERCOLE, S. E.; BROWN, L.; PICKERING, S. J. **Working memory assessments at school entry as longitudinal predictors of national curriculum attainment levels**. *Educational and Child Psychology*, v.20, p.109-122, 2003.

GATHERCOLE, S. E.; PICKERING, S. J. **Working memory deficits in children with low achievements in the national curriculum at 7 years of age**. *The British Journal of Educational Psychology*, v.70, p.397-420, 2001.

GEARY, David C. **Numerical and Arithmetical Cognition: a longitudinal study of process and concept deficits in children with learning disabilities**. *Journal of Experimental Child Psychology*, v.77, p. 236-263, 2000.

_____. **Development of mathematical understanding.** In: *Mathematical Cognition*. J. M. Royer, 2002.

GESCHWIND, Norman. **Disconnection syndromes in animals and man.** (parte I). *Brain*, v.88, p.237-294, 1965.

_____. **Disconnection syndromes in animals and man.** (parte II). *Brain*, v.88, p.585-644, 1965.

GLOOR, P. **Neuronal generators and the problem of localization in electroencephalography: application of volume conductor theory to electroencephalography.** *Journal of Clinical Neurophysiology*, v.2, p.327-354, 1985.

GOLBERT, Clarissa S. **Esquemas multiplicativos: as origens da multiplicação em alunos do ensino fundamental.** 278p. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

GOLBERT, Clarissa S.; Wendt, Cristina W.; FERREIRA, Maria I. D. C.; VAITSES, Vivian, D. C. **As funções executivas na escola.** Trabalho apresentado no Curso de Especialização em Neuropsicologia do Instituto de Psicologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2008.

HÉCAEN, Henry. **Afásias y apraxias.** (Introduction a la neuropsychologie - capítulos 1 y 2, 1972). Buenos Aires: editorial Paidós, 1977.

_____. **Las perturbaciones de la percepción.** (Introduction a la neuropsychologie - capítulo 3, 1972). Buenos Aires: editorial Paidós, 1978.

HOUDÉ, Olivier. **A gênese da cognição. O espírito piagetiano e as perspectivas atuais.** In: HOUDÉ, Olivier; MELJAC, Claire. (Org.). *O espírito piagetiano. Homenagem internacional a Jean Piaget.* Porto Alegre: ArtMed, 2002.

INEP. Ações Internacionais. 2009. Disponível em: <<http://www.inep.gov.br/internacional/novo/PISA/itens.htm>>. Acesso em: 22 abr 2011.

INHELDER, Bärbel; PIAGET, Jean. **Da lógica da criança à lógica do adolescente: ensaio sobre a construção das estruturas operatórias formais.** (De la logique de l'enfant à logique de l'adolescent, 1955). São Paulo: Pioneira, 1976. p.249-260, p. 125-138 e p.151-158.

JOU, Graciela I.; SPERB, Tania M. **A Metacognição como estratégia reguladora da aprendizagem.** *Psicologia Reflexão e Crítica*, v.19, pp.177-185, 2006.

KARMILOFF-SMITH, Annette. **Beyond modularity: a developmental perspective on cognitive science.** Cambridge: MIT Press, 1992.

LAHIRE, Bernard. **Sucesso escolar nos meios populares: as razões do improvável.** (Tableaux de familles: heurs et malleurs scolaires en milieux populaires 1995). São Paulo: Ática, 2008. p.11-16 e p. 339 e 340.

LEMOS, G.; ALMEIDA L. S.; GUISANDE, M. A.; PRIMI R. **Inteligência e rendimento escolar: análise da sua relação ao longo da escolaridade.** *Revista Portuguesa de Educação*, v.21, p.83-99, 2008.

LOPES, Alice R. C. **Competências na organização curricular da reforma do Ensino Médio.** Boletim técnico do SENAC, Rio de Janeiro, v.27, n.3, p.1-20, 2001. Disponível em: <<http://www.senac.br/informativo/BTS/273/boltec273a.htm>>. Acesso em: 25 dez 2010.

MCCLOSKEY, M.; ALIMINOSA, D.; SOKOL, S. M. **Facts, rules and procedures in normal calculation: evidence from multiple single patient studies of impaired arithmetic fact retrieval.** *Brain and Cognition*, v. 17, p.154-203, 1991.

MEC. Ministério da Educação. **Documento básico 2000: exame nacional do ensino médio.** Brasília, MEC/INEP, 2000. Disponível em: <<http://www.inep.gov.br/enem/2000/docbas2000/docbas.htm>>. Acesso em: 25 dez 2010.

_____. Ministério da Educação. **What Students know and can do. Students Performance in Reading, Mathematics and Science.** Disponível em: <<http://www.inep.gov.br/international/novo/PISA/itens.htm>>. Acesso em: 25 dez 2010.

MEEUS, W.; SILBEREISEN, R. K.; NURMI, J. E. **Personal agency and personality in adolescence: silent voices and findings.** *Journal of Adolescence*, v. 25, p.125-131, 2002.

MIZUHARA, Hiroaki *et al.* **Long-range EEG phase synchronization during an arithmetic task indexes a coherent cortical network simultaneously measured by fMRI.** *Neuroimage*, v.27, p.553-563, 2005.

MIZUHARA, Hiroaki; YAMAGUCHI, Yoko. **Human cortical circuits for central executive function emerge by theta phase synchronization.** *Neuroimage*, v.36, p.232-244, 2007.

MONTANGERO, Jacques; MAURICE-NAVILLE, Danielle. **Piaget ou a inteligência em evolução.** (Piaget ou l'intelligence en marche: aperçu cronologique et vocabulaire, 1994). Porto Alegre: Artmed, 1998.

NAHAS, Tatiana R.; XAVIER, GILBERTO, F. **Neurobiologia da Atenção Visual.** In: Andrade, V. M.; Santos, F. H.; Bueno, E. F. A. *Neuropsicologia Hoje*. São Paulo: Artes Médicas, 2004.

NOTA, Laura; SORESI, Salvatori; ZIMMERMAN Barry J. **Self-regulation and academic achievement and resilience: a longitudinal study.** *International Journal of Educational Research*, v. 41, p.198-215, 2004.

NUNES, Terezinha *et al.* **The contribution of logical reasoning to the learning of mathematics in primary school.** *British Journal of Developmental Psychology*, v.25, p.147-166, 2007.

OBERAUER, Klaus. **Selective attention to elements in working memory.** *Experimental Psychology*, v.50, n. 4, p. 257-269, 2003.

OBERAUER, Klaus *et al.* **The multiple faces of working memory: storage, processing, supervision and coordination.** *Intelligence*, v.31, p.167-193, 2003.

_____. **Which working memory functions predict intelligence?** *Intelligence*, v.36, p. 641-652, 2008.

OBERAUER, Klaus; BIALKOVA, Svetlana. **Accessing information in working memory: can the focus of attention grasp two elements at the same time?** *Journal of Experimental Psychology: General*, v. 138, n.1, p.64-87, 2009.

OLIVEIRA, Rosinda M. **O conceito de executivo central e suas origens.** *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, v.23, n.4, p.399-406, 2007.

PASSOLUNGHI, M. C.; VERCELLONI, B.; SCHADEE, H. **The precursors of mathematics learning: working memory, phonological ability and numerical competence.** *Cognitive Development*, v.22, p.165-184, 2007.

PASTOR, Inmaculada G. **Alteraciones en el procesamiento del cálculo en pacientes con demencia tipo Alzheimer.** 171 p. Tese (Doutorado), Facultad de Psicología, Universidad Complutense de Madrid, 2008.

PERRENOUD, P. **Construir as competências desde a escola.** (Construire des compétences dès l'école, 1997). Porto Alegre: Artmed Editora, 1999.

PIAGET, Jean. **Ensaio de lógica operatória.** (Essai de logique opératoire, 1971). Porto Alegre: Editora Globo S.A., 1976.

_____. **Psicologia da Inteligência.** (La psychologie de l'intelligence, 1967). São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 1977.

_____. **Fazer e compreender.** (Réussir et comprendre, 1974). São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 1978.

_____. **A construção do real na criança.** (La construction du réel chez l'enfant, 1963). Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1979.

_____. **A Psicologia da Criança.** (La psychologie de l'enfant). São Paulo: DIFEL, 1982.

_____. **Abstração reflexionante: relações lógico-aritméticas e ordem das relações espaciais.** Porto Alegre: Artes Médicas, 1995.

PIAGET, Jean; SZEMINSKA, Alina. **A gênese do número na criança.** (La g nese du nombre chez l'enfant, 1964). Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1981.

PISA 2009 Results: What students know and can do - Student performance in reading, mathematics and science (volume 1). Disponível na internet pelo endereço: <http://www.inep.gov.br/internacional/novo/PISA/itens.htm>
Acesso em: 06 mar 2011.

P PPEL, E. **Temporal mechanisms in perceptions.** *International Review of Neurobiology*, v.37, p.185-202, 1994.

PRIMI, R.; ALMEIDA, L. **Estudo de Valida o da Bateria de Provas de Raciocínio (BPR-5).** *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, V.16. n.2, p. 165-173, 2000.

PRIMI, R. *et al.* **Competências e habilidades cognitivas: diferentes defini es dos mesmos construtos.** *Psicologia: Reflexão e Crítica*, v. 17, n.2, p.151-159, 2001.

PRIMI, R.; SANTOS, A. A. A.; VENDRAMINI, C. M. **Habilidades básicas e desempenho acadêmico em universitários ingressantes.** *Estudos de Psicologia*, v.7, p.47-55, 2002.

REPOVŐ, G.; BADDELEY, A. **The multi-component model of working memory: explorations in experimental cognitive psychology.** *Neuroscience*, v.139, p.5-21, 2006.

ROBBINS *et al.* **Working memory in chess.** *Memory and Cognition*, v.23, p.83-93, 1996.

RUSSEL,James. **Desenvolvimento cognitivo e fun es executivas. "O essencial de Piaget.** In: HOUD , Olivier; MELJAC, Claire. (Org.). *O espírito piagetiano. Homenagem internacional a Jean Piaget.* Porto Alegre:ArtMed, 2002.

SALTHOUSE, Timothy A.; BABCOCK, Renee L. **Decomposing adult age differences in working memory.** *Developmental Psychology*, v.27, n. 5, p. 763-776, 1991.

SALTHOUSE, Timothy A. **The processing-speed theory of adult age differences in cognition.** *Psychological Bulletin*, v.103, p. 403-428, 1996.

SAUSENG, Paul; KLIMESCH, Wolfgang. **What does phase information of oscillatory brain activity tell us about cognitive processes?** *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 32, p.1001-1013, 2008.

SHALLICE, T; BURGESS, P. W. **Deficits in strategy application following frontal lobe damage in man.** *Brain*, v. 114, p.727-741, 1991.

SIEGLER, R. S. **Three aspects of cognitive development.** *Cognitive Psychology*, v.8, p.481-520, 1976.

_____. **Strategy choice procedures and development of multiplication skill.** *Journal of Experimental Psychology: General*, v.117, p.258-275, 1988.

_____. **Cognitive variability.** *Developmental Science*, v.10, p.104-109, 2007.

SINGER, W. **Consciousness and the structure of neuronal representations.** *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B*, v.353, p.1829-1840, 1998.

SISTO, Fermino F. **Delineamento correlacional.** In: BAPTISTA, M. N.; CAMPOS, D. C. *Metodologia de Pesquisa em Ciências: Análises Quantitativa e Qualitativa.* Rio de Janeiro: LTC, 2007.

STRAUSS, Esther; SHERMAN, Elisabeth, M. S.; SPREEN, Otfried. **A compendium of neuropsychological tests: administration, norms and comentary.** New York: Oxford University Press, 2006.

VARELA, Francisco *et al.* **The brainweb: phase synchronization and large-scale integration.** *Nature*, v.2, p.229-239, 2001.

VINOCUR, Sandra. **Contribuições para o diagnóstico psicopedagógico na escola.** In: Oliveira, Vera B.; Bossa, Nádia A. *Avaliação psicopedagógica na escola.* Petrópolis: Editora Vozes, 2003.

WARD, L. **Synchronous neural oscillations and cognitive processes.** *Trends in Cognitive Scienses*, v.7, n.12, p.553-559, 2003.

WARRINGTON, E. K. (1982): **The fractionation of arithmetical skills: a single case study.** *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, v.34 A, p.31-51, 1982.

WOOD, Guilherme M. O. *et al.* **Validação da bateria da memória de trabalho (BAMT-UFMG).** *Psicologia: Reflexão e Crítica*, v. 14, n.2, p.325-341, 2001.

WOOD, Guilherme M. O. **Efeitos de programas de treinamento e dos níveis de auto-eficácia percebida sobre a capacidade de memória de trabalho de indivíduos idosos.** Dissertação de Mestrado não publicada. Curso de Pós-Graduação em Psicologia Social, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2000.

APÊNDICES

APÊNDICE A - PROTOCOLO DE OBSERVAÇÃO DO RACIOCÍNIO NO EXPERIMENTO 'O EQUILÍBRIO DA BALANÇA'

1. Primeira situação

1.1 O examinador (E) apresenta a balança em desequilíbrio, colocando, por exemplo, um peso de valor $2P$ na metade de um lado da haste horizontal, e pergunta:

Questão 1: Por que uma das extremidades está mais para baixo?

Questão 2: O que tu podes fazer para deixar a balança em equilíbrio?

O sujeito (S) poderá:

- () repetir a manobra do outro lado.
- () fazer regulações repetidas até equilibrar a balança.
- () procurar simetria.

Questão 3: Como conseguiste deixar a balança em equilíbrio?

- () A resposta do sujeito indica que o mesmo compreendeu que para conseguir o equilíbrio deve colocar outro peso do mesmo valor, no braço contra-lateral, à mesma distância.
- () A resposta do sujeito indica que o mesmo não compreendeu que para conseguir o equilíbrio deve colocar outro peso do mesmo valor, no braço contra-lateral, à mesma distância.

2. Segunda situação

O E coloca os pesos compensando um ao outro e pergunta:

Questão 4: Por que a balança ficou em equilíbrio?

- () A resposta do S indica a compreensão de que cada peso é concebido como compensando o outro, por reciprocidade.
- () A resposta de S indica que não tem a compreensão da compensação.

3. Terceira situação

O E coloca pesos iguais a distâncias diferentes do eixo vertical e pergunta:

Questão 5: Por que a balança não ficou em equilíbrio?

- () A resposta do S indica a compreensão de que dois pesos iguais, situados a distâncias diferentes, não se equilibram.
- () A resposta do S indica que não houve compreensão de que dois pesos iguais a distâncias diferentes não se equilibram.

O E solicita que o S restabeleça o equilíbrio.

Questão 6: O que tu podes fazer para deixar a balança em equilíbrio?

O S restabelece o equilíbrio e o examinador pergunta:

Questão 7: Como conseguiste?

() A resposta do S indica que houve compreensão da compensação entre peso e distância.

() A resposta do S indica que não houve compreensão entre peso e distância

O S não restabelece o equilíbrio da balança.

O E apresenta outro exemplo da mesma situação e solicita que o S restabeleça o equilíbrio.

() O S restabelece o equilíbrio da balança.

O E pergunta como conseguiu.

() A resposta do S indica que houve compreensão.

() A resposta do S indica que não houve compreensão.

() O S não restabelece o equilíbrio.

4. Quarta situação

O E coloca na balança dois pesos diferentes mantendo a mesma distância e pergunta por que a balança não ficou em equilíbrio (*questão 8*).

() A resposta do S indica que houve a compreensão de que, mantendo a mesma distância, dois pesos diferentes não se equilibram.

() A resposta do S indica que não houve compreensão.

O E solicita que o S restabeleça o equilíbrio da balança e pergunta como conseguiu (*questão 9*).

O S restabelece o equilíbrio da balança e o E pergunta como conseguiu (*questão 10*).

() A resposta do S indica que houve compreensão.

() A resposta do S indica que não houve compreensão.

O E pergunta:

Questão 11: Por que pesos têm maior força quando mais afastados do eixo vertical?

() A resposta do S considera o efeito da força aplicada aos pesos em função da distância.

() A resposta do S não considera o efeito da força aplicada aos pesos em função da distância.

5 Quinta situação

O examinador pergunta:

Como tu explicas a relação entre peso, distância e força? (Questão 12)

() A resposta do S indica que compreende as relações.

() A resposta do S indica que não compreende as relações.

O examinador apresenta uma das situações anteriores e coloca os mesmos questionamentos.

APÊNDICE B - TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO

Srs. Pais

Meu nome é Vivian Denise C. Vaitses e sou aluna do Curso de Mestrado da Faculdade de Educação da UFRGS.

No meu estudo, investigarei processos cognitivos e seu envolvimento com aspectos da aprendizagem.

Para isso, estou solicitando a participação do seu filho.

O jovem participará através de uma entrevista com tarefas de memória e de raciocínio.

Apenas a entrevista para investigação de processos de raciocínio será gravada, pois as respostas do jovem são importantes nos seus detalhes.

O envolvimento do aluno levará em torno de uma hora e será na própria escola, em horário que não atrapalhe o andamento das aulas.

As informações serão mantidas em completo sigilo, conforme determinação da Comissão de Ética da UFRGS.

Caso estiverem de acordo em participar, solicitamos sua assinatura.

Assinatura do aluno:

Assinatura do responsável pelo aluno:

Assinatura do pesquisador:

Assinatura do professor responsável pela pesquisa:

Data: / /2010

Apêndice C - Resultados alcançados pelos estudantes no desempenho acadêmico, no desempenho matemático, em funções do executivo central da memória de trabalho e em funções de raciocínio lógico-matemático

Nº	DA	DM	EC da MT (BAMT-UFMG)			RLM	
			AlcCom	AlApEs	Total	EqBal	EBp
1	8,79	6,5	4	5	9	IIIA	6
2	8,54	6	5	5	11	IIIA	6
3	8,38	8,4	3	3	6	IIIA	6
4	8,04	8	5	6	11	IIIA	6
5	8,01	8,5	6	5	11	IIIA	6
6	7,93	8	5	6	11	IIIA	6
7	7,88	8,5	4	5	9	IIIA	6
8	7,75	8	3	3	6	IIIA	6
9	7,70	9	5	6	11	IIIA	6
10	7,68	8	6	6	12	IIIA	6
11	7,59	6	5	5	10	IIIA	6
12	7,58	6,5	5	4	9	IIB	4
13	7,58	6,5	5	4	9	IIB	4
14	7,40	6,5	4	5	9	IIB	4
15	7,38	7	3	3	6	IIB	4
16	7,27	6	4	5	9	IIB	4
17	7,25	6	5	5	10	IIB	4
18	7,18	7,5	6	5	11	IIIA	6
19	7,17	6	3	0	3	IIA	2
20	7,06	7	0	0	0	IIB	4
21	7,04	6	3	3	6	IIB	4
22	6,96	6	3	3	6	IIB	4
23	6,79	6	2	0	2	IIB	4
24	6,78	6	3	5	8	IIB	4
25	6,67	5	3	3	6	IIB	4
26	6,59	2	0	0	0	IIB	4
27	6,31	4,5	1	2	3	IIA	2
28	6,29	4,5	2	2	4	IIA	2
29	6,17	5	4	4	8	IIB	4
30	6,09	6	3	4	7	IIB	4
31	6,09	3	3	0	3	IIIA	6
32	6,07	3,5	1	2	3	IIA	2
33	5,88	6	0	0	0	IIA	2
34	5,83	4	3	3	6	IIB	4
35	5,78	6	0	3	3	IIA	2
Média	7,13	6,2	3,34	3,43	6,77		4
DP	0,81	2	1,76	1,96	3,53		1

Legendas (em ordem alfabética): AlApEs – Alcance de apreensão na escrita; AlcCom – Alcance de computação; BAMT-UFMG – Bateria de Avaliação da Memória de Trabalho da Universidade Federal de Minas Gerais; DA – Desempenho acadêmico; DM – Desempenho em matemática; DP – Desvio Padrão; Ebp - quantificação da EqBal; ECMT – Executivo central da memória de trabalho; EqBal - prova piagetiana o *equilíbrio da balança*; MT - Memória de trabalho; RLM – Raciocínio lógico-matemático.

Fonte: Elaborado pela autora.

ANEXOS

ANEXO A - EXEMPLO DE PROBLEMAS DO SUBTESTE ALCANCE DE
COMPUTAÇÃO

Listas de 1 problema (marque 4 segundos)

5-4=	5 1 b 2	2+8=	10 a 11 14	9-9=	1 0 b 2
------	---------------	------	------------------	------	---------------

Listas de 2 problemas (marque 8 segundos)

8+1=	14 6 9 c	2+5=	16 7 b 15	2+1=	9 3 b 12
8-6=	8 2 b 1	6-2=	4 a 7 3	9-4=	2 5 b 8

Listas de 3 problemas (marque 12 segundos)

1+4=	6 17 5 c	3-1=	2 a 1 4	1+3=	4 a 12 18
8-2=	6 a 2 5	4+5=	13 11 9 c	7-5=	2 a 5 1
3+7=	19 13 10 c	3-3=	0 a 5 1	7+4=	4 7 11 c

Listas de 4 problemas (marque 16 segundos)

9-3=	1 6 b 3	9-5=	1 4 b 5	5-2=	3 a 2 5
3+7=	11 7 10 c	3+1=	7 5 4 c	7+7=	14 a 11 7
8-6=	3 4 2 c	9-7=	2 a 8 5	8-1=	3 7 b 1
9+1=	12 13 10 c	8+4=	13 12 b 10	4+3=	10 14 7 c

ANEXO B - FOLHA DE RESPOSTAS DO SUBTESTE ALCANCE DE
COMPUTAÇÃO

()5	—	()10	—	()1	—
()1		()11		()0	
()2		()14		()2	

()14	—	()16	—	()9	—
()6		()7		()3	
()9		()15		()12	
()8	—	()4	—	()2	—
()2		()7		()5	
()1		()3		()8	

()6	—	()2	—	()4	—
()17		()1		()12	
()5		()4		()18	
()6	—	()13	—	()2	—
()2		()11		()5	
()5		()9		()1	
()19	—	()0	—	()4	—
()13		()5		()7	
()10		()1		()11	

()1	—	()1	—	()3	—
()6		()4		()2	
()3		()5		()5	
()11	—	()7	—	()14	—
()7		()5		()11	
()10		()4		()7	
()3	—	()2	—	()3	—
()4		()8		()7	
()2		()5		()1	
()12	—	()13	—	()10	—
()13		()12		()14	
()10		()10		()7	

ANEXO C - EXEMPLO DE PROBLEMAS DE SUBTESTE ALCANCE DE APRENSÃO NA ESCUTA

Listas de 1 frase (marque 4 segundos)

Juca exigiu do vendedor uma mesa. Quem?	
O galo	
Juca	b
Óculos	
A galinha pôs o ovo e saiu do ninho. Pôs o quê?	
O ovo	a
O cachorro	
O vento	
O namorado de Eunice a beijou no meio da vila. Quem?	
O namorado de Eunice	a
João	
O tio de Eunice	

Listas de 2 frases (marque 8 segundos)

Ontem, João Ricardo capinou todo o mato.	Quando?
Na sexta-feira	
No mês passado	
Ontem	c
Durante o blecaute, Cecília procurou por uma vela.	Quem?
Papai	
O cachorro	
Cecília	c

A secretária informou que o diretor lhe contou tudo.	Quem informou?
O Diretor	
O repórter	
A secretária	c
De manhã, a menina alimentou o gato.	Quando?
Semana que vem	
Ontem	
De manhã	c

A menina lembrou que não se penteou depois do banho.	Quem?
O homem	
O garoto	
A menina	c
Heloísa recebeu notícias de sua mãe. Recebeu o quê?	
A mesa	
Notícias	b
O caixa	

Listas de 3 frases (marque 12 segundos)

Sempre me surpreendo com tanta terra. Quem?

Os peões

Eu

b

O dono da terra

Longe da rua o menino pode empinar a pipa. Onde?

No banco

Longe da rua

b

Perto da praça

Pedro sabe que seu amiguinho perdeu o papel. Quem sabe?

Seu amiguinho

O homem

Pedro

c

A qualidade de vida se revelou boa naquela ilha. O quê?

A qualidade de vida

a

As curvas

As florestas

O carteiro que procurava Amélia olhou no mapa. Procurava quem?

Serviço

Casas

Amélia

c

A moça desceu do ônibus e tomou um táxi. Desceu de onde?

Da escada

Do poste

Do ônibus

c

Suas amigas acham que se confundiram com a roupa. Quem?

Suas amigas

a

Maria

Sua tia

Aquela senhora recebeu um bilhete e procurou o moço. Recebeu o quê?

Um bilhete

a

Um cheque

A roupa

Eu pedi uma salada e recebi uma sopa. Quem?

O médico

Mamãe

Eu

c

ANEXO D - FOLHA DE RESPOSTAS DO SUBTESTE ALCANCE DE
APREENSÃO NA ESCUTA

Quem? <input type="checkbox"/> O galo <input type="checkbox"/> Juca <input type="checkbox"/> Oculos	_____	Pôs o quê? <input type="checkbox"/> O ovo <input type="checkbox"/> O cachorro <input type="checkbox"/> O vento	_____	Quem? <input type="checkbox"/> O namorado de Eunice <input type="checkbox"/> João <input type="checkbox"/> O tio de Eunice	_____
--	-------	---	-------	---	-------

Quando? <input type="checkbox"/> Na sexta-feira <input type="checkbox"/> No mês passado <input type="checkbox"/> Ontem	_____	Quem informou? <input type="checkbox"/> O Diretor <input type="checkbox"/> O repórter <input type="checkbox"/> A secretária	_____	Quem? <input type="checkbox"/> O homem <input type="checkbox"/> O garoto <input type="checkbox"/> A menina	_____
Quem? <input type="checkbox"/> Papai <input type="checkbox"/> O cachorro <input type="checkbox"/> Cecília	_____	Quando? <input type="checkbox"/> Semana que vem <input type="checkbox"/> Ontem <input type="checkbox"/> De manhã	_____	Recebeu o quê? <input type="checkbox"/> A mesa <input type="checkbox"/> Notícias <input type="checkbox"/> O caixa	_____

Quem? <input type="checkbox"/> Os peões <input type="checkbox"/> Eu <input type="checkbox"/> O dono da terra	_____	O quê? <input type="checkbox"/> A qualidade de vida <input type="checkbox"/> As curvas <input type="checkbox"/> As florestas	_____	Quem? <input type="checkbox"/> Suas amigas <input type="checkbox"/> Maria <input type="checkbox"/> Sua tia	_____
Onde? <input type="checkbox"/> No banco <input type="checkbox"/> Longe da rua <input type="checkbox"/> Perto da praça	_____	Procurava quem? <input type="checkbox"/> Serviço <input type="checkbox"/> Casas <input type="checkbox"/> Amélia	_____	Recebeu o quê? <input type="checkbox"/> Um bilhete <input type="checkbox"/> Um cheque <input type="checkbox"/> Aroupa	_____
Quem sabe? <input type="checkbox"/> Seu amiguinho <input type="checkbox"/> O homem <input type="checkbox"/> Pedro	_____	Desceu de onde? <input type="checkbox"/> Da escada <input type="checkbox"/> Do poste <input type="checkbox"/> Do ônibus	_____	Quem? <input type="checkbox"/> O médico <input type="checkbox"/> Mãe <input type="checkbox"/> Eu	_____

A maior parte do quê? <input type="checkbox"/> Da cerca <input type="checkbox"/> Dos marinheiros <input type="checkbox"/> Dos assuntos	_____	Quem elogiou? <input type="checkbox"/> A professora <input type="checkbox"/> A menina <input type="checkbox"/> Os meninos	_____	Quem? <input type="checkbox"/> O ladrão <input type="checkbox"/> Celso <input type="checkbox"/> A multidão	_____
Quem? <input type="checkbox"/> Marina <input type="checkbox"/> Acunhada <input type="checkbox"/> Cláudia	_____	Quando? <input type="checkbox"/> Durante a semana <input type="checkbox"/> Ontem <input type="checkbox"/> Hoje	_____	Exigiu de quem? <input type="checkbox"/> De seu secretário <input type="checkbox"/> Do senador <input type="checkbox"/> Do motorista	_____
Quem? <input type="checkbox"/> Os plantadores <input type="checkbox"/> O gato <input type="checkbox"/> O seu vizinho	_____	Confiou o quê? <input type="checkbox"/> Jóias <input type="checkbox"/> Passarinho <input type="checkbox"/> Barco	_____	Quem? <input type="checkbox"/> Um garoto <input type="checkbox"/> Rogério <input type="checkbox"/> Um amigo	_____
Como? <input type="checkbox"/> Bem <input type="checkbox"/> Amotado <input type="checkbox"/> De calção	_____	Deu o quê? <input type="checkbox"/> Trabalho <input type="checkbox"/> Alegrias <input type="checkbox"/> Dinheiro	_____	Onde? <input type="checkbox"/> No serviço <input type="checkbox"/> No passeio <input type="checkbox"/> Nos feriados	_____