

Universidade Federal de Minas Gerais
Programa de Pós-Graduação em Neurociências

Marcela Mansur Alves

TREINAMENTO COGNITIVO EM ESCOLARES DE DIFERENTES
NÍVEIS INTELECTUAIS

Belo Horizonte, Minas Gerais

Outubro – 2012

Marcela Mansur Alves

TREINAMENTO COGNITIVO EM ESCOLARES DE DIFERENTES
NÍVEIS INTELECTUAIS

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Neurociências, do Instituto de Ciência Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Neurociências.

Linha de pesquisa: Neuropsiquiatria
clínica

Orientador: Carmen Flores-Mendoza
(Departamento de Psicologia – UFMG)

Co-orientador: Carlos Julio Tierra-
Criollo (Departamento de Engenharia
Elétrica – UFMG)

Belo Horizonte
Programa de Pós-Graduação em Neurociências
2012

Alves, Marcela Mansur.

Treinamento cognitivo em escolares de diferentes níveis intelectuais.
[manuscrito] / Marcela Mansur Alves. – 2012.

182 f. : il. ; 29,5 cm.

Orientadora: Carmen Flores-Mendoza. Co-orientador: Carlos Julio
Tierra-Criollo.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto
de Ciências Biológicas.

1. Cognição – Teses. 2. Inteligência - Teses. 3. Eletrofisiologia –
Teses. 4. Testes psicológicos – Teses. 5. Neuropsiquiatria - Teses. 6.
Neurociências – Teses. I. Flores-Mendoza, Carmen. II. Tierra-Criollo,
Carlos Julio. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de
Ciências Biológicas. IV. Título.

CDU: 612.8

Agradecimentos

A Deus pela força que me deu nos momentos de maior insegurança e por ter me dado a serenidade necessária para seguir em frente.

À professora Carmen, junto de quem estou há vários anos, que me moldou academicamente e a quem devo inúmeras oportunidades de crescimento acadêmico. Agradeço pelo aprendizado e pela confiança que sempre depositou em mim.

Ao professor Carlos Julio por ter me aberto as portas do NEPEB (Núcleo de Estudos e Pesquisa em Engenharia Biomédica-UFMG) e por me permitir explorar um problema de pesquisa totalmente novo para todos nós. Agradeço por ter me oferecido a possibilidade de aprendizado em um campo novo de conhecimento.

Aos meus pais, Jussara e Luiz César, por serem meu exemplo de amor e união, segurança e respeito, com quem aprendi os ensinamentos mais importantes da minha vida. Não há palavras que podem descrever o que vocês representam para mim.

Aos meus irmãos, Izabela e Matheus, por sempre acreditarem em mim e por terem tornado mais leve o meu caminho até aqui. Vocês são especiais demais para mim!

À Renis, minha grande companheira nesses quatro anos, que suportou minhas crises, meus medos e ouviu com carinho e atenção todos os meus desabafos. Pelos momentos de alegria e distração que tornaram mais suaves e coloridos os meus dias. Sem você não sei se estaria aqui hoje. Te adoro!!!!

A minha família pelo apoio e respeito as minhas idéias.

Aos meus amigos, que mesmo distantes, são elementos essenciais na minha vida.

À professora Maria Luíza da Faculdade de Letras por ter me oferecido com total desinteresse o espaço do Laboratório de Psicolinguística para a coleta dos dados.

Aos colegas do Laboratório de Avaliação das Diferenças Individuais e do NEPEB por toda colaboração que me deram. Em especial ao Carlos Guilherme que esteve comigo em todas as coletas, me auxiliando com toda a paciência do mundo. À Clarissa, pelo apoio e pelo companheirismo no início desse processo. Ao Sady e ao Fabrício pela ajuda essencial no processamento dos sinais de EEG.

À equipe de alunos do curso de psicologia da UFMG que colaboraram com minha coleta de dados e tornaram possível a conclusão desse trabalho: Cristina, Bruna, Michelle, Vanessa, Ana Paula, Isabella, Alessandra, Jessica, Gabriella, Luisa, Eduardo, Hana, Karin e Mirella.

Às escolas que acolheram o projeto e por terem cedido o espaço físico, os alunos e o tempo para realização dessa pesquisa. Aos pais dos alunos pela confiança em meu trabalho.

Aos professores, José Aparecido da Silva, Leonor Guerra, Danilo Melges e Wilma Lopes, pela gentileza de aceitar o meu convite para ler o meu trabalho e contribuir para o seu crescimento.

Enfim, agradeço a todos que torceram por mim nesta caminhada.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xii
RESUMO	xiv
ABSTRACT	xv
1. APRESENTAÇÃO.....	16
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	21
2.1. Modelos Psicométricos da Inteligência Humana: inteligência geral, inteligência fluida e cristalizada	21
2.2. Inteligência e Memória de Trabalho	26
2.3. Treinamento Cognitivo: as intervenções para melhoramento intelectual.....	36
2.3.1 Programas Desenvolvimentistas de Intervenção Cognitiva	37
2.3.2 Treinamento Cognitivo através da Memória de Trabalho	44
2.3.3 Outras Intervenções.....	52
2.3.4 Critérios Mínimos para se considerar o treinamento cognitivo bem-sucedido	56
2.4. Evidências Neurobiológicas da Inteligência.....	60
2.4.1. Plasticidade cerebral e treinamento cognitivo.....	71
3. DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA.....	79
4. OBJETIVOS	81
Objetivo geral	81
Objetivos específicos	81
5. ESTUDO PILOTO	82
6. ESTUDO 1 – Treinamento Cognitivo	82
6.1 Método	82
6.1.1 Delineamento	82

6.1.2 Participantes	83
6.1.3 Materiais/Instrumentos	86
6.1.4 Procedimentos	95
Avaliação do Pré-teste.....	95
Treinamento Cognitivo	96
Avaliação no Pós-teste	98
6.2 Resultados	99
Caracterização Inicial dos Grupos Controle e Experimental	99
Efeito do Treinamento Cognitivo em GC e GE	101
Análise do desempenho das crianças do GE durante o treinamento segundo seu grupo de QI.....	110
6.3 Discussão	114
6.3.1 Sugestões para trabalhos futuros - Treinamento Cognitivo	128
7. ESTUDO 2 – Evidências eletrofisiológicas das diferenças intelectuais em inteligência	129
7.1 Método	129
7.1.1 Delineamento	129
7.1.2 Participantes	129
7.1.3 Materiais/Instrumentos.....	130
7.1.4 Procedimentos	133
7.2. Processamento dos sinais de EEG	136
7.3 Resultados	139
Dados comportamentais	139
Dados do EEG - Dessincronização/Sincronização relacionada a evento.....	139
7.4 Discussão	144
7.4.1 Sugestões para trabalhos futuros – Inteligência e Eletrofisiologia	152

8. Considerações Finais	153
9. Referências Bibliográficas.....	154
ANEXO 1	170
ANEXO 2	172
ANEXO 3	173
ANEXO 4	175
ANEXO 5	179
ANEXO 6	181

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Distribuição do total de alunos do sexto ano por escola e autorizações recebidas	84
Tabela 2. Distribuição da amostra em grupo controle e experimental, segundo o nível de QI e sexo (n=53).....	85
Tabela 3. Porcentagem de respostas incorretas para os itens da escala de matemática do EADE (n=138).....	89
Tabela 4. Médias e desvios-padrões nos testes Raven, Raciocínio Verbal, Raciocínio Numérico, EADE (Português) e Notas escolares, antes e um mês depois do treinamento, para a amostra total (n = 53).....	102
Tabela 5. Médias e desvios-padrões nos testes Raven, Raciocínio Verbal, Raciocínio Numérico e no EADE (Português), antes e quatro meses depois do treinamento, para uma subamostra, considerando todos os níveis de QI (n= 20).....	107
Tabela 6. Número de tentativas em cada nível, em cada tarefa para mudar de nível, segundo o grupo de QI	113
Tabela 7. Porcentagem de crianças por grupo de QI que tiveram sucesso para atingir o critério de avanço.....	114
Tabela 8. Distribuição dos participantes, segundo QI e sexo.....	130
Tabela 9. Média de acertos e tempo de reação médio das crianças na tarefa 2-back, segundo o grupo de QI (n=13).....	139
Tabela 10. Coeficientes de correlação entre o QI, tempo de reação na tarefa cognitiva (TR), número de acertos na tarefa cognitiva (AC) e os valores de ERD/ERS por hemisfério cerebral (primeira coluna).	143

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Modelo de Memória de Trabalho proposto por Baddeley (2003).....	29
Figura 2. Localização da Memória de Trabalho no Cérebro. CE: executivo central; AR: ensaio vocal; IS: ensaio visuo-espacial; PS: armazenamento fonológico e VC: armazenamento visual. Extraído de Baddeley (2003).	31
Figura 3. Interface do programa sem nenhum usuário carregado	92
Figura 4. Exemplo do protocolo de avanço nas sessões de treinamento	97
Figura 5. Médias estimadas antes e após o treinamento cognitivo para o GC e GE no teste Raven.....	104
Figura 6. Médias estimadas antes e após o treinamento cognitivo para o GC e GE no teste Raciocínio Verbal.....	104
Figura 7. Médias estimadas antes e após o treinamento cognitivo para o GC e GE no teste Raciocínio Numérico.....	105
Figura 8. Médias estimadas antes e após o treinamento cognitivo para o GC e GE na prova de conhecimento escolar (EADE) e notas escolares, respectivamente.	105
Figura 9. Rendimento médio por nível de dificuldade na tarefa 123, segundo o grupo de QI.....	111
Figura 10. Rendimento médio por nível de dificuldade na tarefa ABC, segundo o grupo de QI.....	112
Figura 11. Rendimento médio por nível de dificuldade na tarefa Alfabeto, segundo o grupo de QI.....	112
Figura 12. Equipamento usado na coleta dos sinais de EEG.....	131
Figura 13. Modelo esquemático da tarefa 2-back (Schlottfeldt, 2012). Neste exemplo, deve-se marcar Alvo uma vez que a letra “D” foi apresentada duas telas anteriores a atual (canto inferior direito).....	133
Figura 14. Estrutura da cabine de coleta do EEG.....	134
Figura 15. Posicionamento dos Eletrodos no Sistema 10-20 modificado do equipamento utilizado. Fp: pré-frontal. F: frontal. C: central. P: parietal. T: temporal. Afz: terra. T7 e T8 correspondem ao T3 e T4 no sistema 10-20; P7 e P8 correspondem ao T5 e T6 no sistema 10-20.....	135

Figura 16. Esquema da definição do intervalo de referência e de atividade cognitiva para a tarefa 2-back.	137
Figura 17. Representação da relação entre ERD/ERS, potência e atividade neural.....	139
Figura 18. Exemplo de Potencial relacionado a evento em crianças de alto e médio QI (ver detalhes em Schlottfeldt, 2012).....	140
Figura 19. Porcentagens medianas de ERD/ERS para todas as derivações, segundo o grupo de QI. Os valores negativos indicam sincronização relacionada a evento e os positivos dessincronização.	141

LISTA DE ABREVIATURAS

APA – American Americanana de Psicologia

Gc – inteligência cristalizada

Gf – inteligência fluida

PISA - *Programm for International Student Assessment*

SAT- *Scholastic Assessment Test*

MT- memória de trabalho

MCP- memória de curto prazo

MLP – memória de longo prazo

RE - retentor episódico

PF – córtex pré-frontal

PET - tomografia por emissão de pósitrons

fMRI - imagem por ressonância magnética funcional

DSSH- Departamento de Saúde e Serviços Humanos

QI – quociente de inteligência

TDAH - Transtorno do Déficit de Atenção/Hiperatividade

BOMAT - Teste de Matrizes de Bochumer

DAT - Bateria Diferencial de Aptidões

TONI - Teste Não-verbal de Inteligência

WISC-III - Escalas Wechsler de Inteligência para Crianças – Terceira Edição

EEG – eletroencefalograma

EN – eficiência neuronal

ERS – sincronização relacionada a evento

ERD – dessincronização relacionada a evento

WAIS - Escalas Wechsler de Inteligência para Adultos

DCx- complexidade dimensional

IST - Teste de Estrutura da Inteligência

PLV - *phase locking value*

NSE – nível socioeconômico

BPR-5 – Bateria de Provas de Raciocínio

GC – grupo controle

GE – grupo experimental

EADE – Exame de Avaliação do Desempenho Escolar

CCEB – Critério de Classificação Econômica Brasil

RV – raciocínio verbal

RN – raciocínio numérico

PRE – potencial relacionado a evento

TR – tempo de reação

AC – número de acertos

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivos verificar a efetividade de um programa de treinamento de memória de trabalho para melhorar a inteligência de crianças brasileiras de diferentes níveis intelectuais; e investigar a relação entre os parâmetros de EEG e as diferenças individuais em inteligência. A fim de atingir o primeiro objetivo, foram selecionadas 53 crianças do sexto ano do ensino fundamental ($M= 11,17$ anos, $DP= 0,376$), as quais foram aleatoriamente designadas para compor o grupo experimental/GE ($n=26$) e o grupo controle/GC ($n = 27$). Cada grupo foi dividido em três subgrupos de acordo com o nível de QI: alto (QI acima de 120), médio (QI na faixa de 95 a 110 pontos) e baixo (QI entre 70 e 85 pontos). No pré-teste, as crianças foram avaliadas com medidas cognitivas e de desempenho escolar. Foram realizados dois pós-testes, em que se aplicaram os mesmos instrumentos do pré-teste, um deles se deu um mês após a última sessão de treinamento e o outro quatro meses após o término do treinamento. Para o programa de treinamento foram utilizadas três tarefas de memória de trabalho. As crianças receberam a intervenção na escola duas vezes por semana por um período de no máximo 10 semanas. Não foram encontradas diferenças significativas entre o grupo de treinamento e controle no pós-teste realizado um mês após o treinamento e naquele realizado quatro meses após, para nenhuma das medidas cognitivas e de desempenho escolar. Contudo, observou-se que para o teste Raven, no grupo de QI baixo, a diferença (índice d) entre GC e GE favorável a GC antes do treinamento de 0,25 (ou 3,75 pontos de QI) passou a ser favorável a GE logo após o treinamento ($d=-0,47$ ou 7,05 pontos de QI). Os resultados encontrados encontram suporte parcial na literatura e apontam para dificuldade de se encontrar mudanças intelectuais genuínas com programas de intervenção de curta duração. Entretanto, estudos com uma amostra maior e de menor idade e maior tempo de treinamento são necessários para verificar a generalidade de tais achados. No que se refere ao segundo objetivo, treze crianças com idade média de 11 anos (quatro de QI alto e nove de QI médio) tiveram seu sinal de eletroencefalografia (EEG) coletado durante a realização de uma tarefa cognitiva de memória de trabalho e durante o repouso. Análises foram realizadas a fim de relacionar e calcular a porcentagem de dessincronização relacionada a evento com o nível intelectual da criança e fornecer evidências acerca do fenômeno da eficiência neuronal. Os resultados encontrados apontam para maior porcentagem de dessincronização relacionada a evento (maior atividade neural) para as crianças de QI alto, principalmente nas regiões frontal e parietal, embora as análises não tenham alcançado significância estatística. Os resultados podem ser explicados se considerarmos a existência de variáveis moderadoras do fenômeno da eficiência neuronal, tais como o sexo, a dificuldade da tarefa utilizada e os intervalos de referência e de atividade selecionados.

Palavras-chave: treinamento cognitivo, inteligência, memória de trabalho, eletrofisiologia e eficiência neuronal

ABSTRACT

The present study have as main objectives to verify the effectiveness of working memory program to improve intelligence of Brazilian children of different intellectual levels, and to investigate the relationship between EEG parameters and individual differences in intelligence. In order to achieve the first objective, 53 children from the sixth year of primary education ($M = 11.17$ years, $SD = 0.376$) took part in this study. They were randomly assigned to compose the experimental group/GE ($n = 26$) and control group/GC ($n = 27$). Each group was divided into three subgroups according to the IQ level: high (IQ above 120), average (IQ in the range 95-110 points) and low (IQ between 70 and 85 points). At pretest, children were assessed with measures of cognitive and academic performance. There were two posttests, using the same instruments of the pretest, one of them took place one month after the last training session and the other four months after the end of training. Three tasks of working memory were used for training. The children received the intervention at the school twice a week for 10 weeks at the most. No significant differences were found between the training and control group at post-test performed one month after training and, also, four months after that, for any measures of cognitive and academic performance. However, for the low IQ group, the difference (d index) between GC and GE on the Raven test which was favorable to GC prior to the training (3.75 IQ points) came to be favorable to GE immediately after training ($d = -0.47$ or 7.05 IQ points). The results are partially supported in the literature and point to the difficulty in finding genuine intellectual change with intervention programs of short duration. Nevertheless, studies with a larger sample size, younger participants and longer duration of training are required to verify the generality of these findings. Regarding the second objective, thirteen children with a mean age of 11 years (four of high IQ and 9 of average IQ) had their EEG collected during the performance of a working memory task and during rest. Analyses were performed in order to calculate the correlation between the percentage of event-related desynchronization and intellectual level of the child and provide evidence about the phenomenon of neuronal efficiency. The results point to a greater percentage of event-related desynchronization (greater neural activity) for children of high IQ, especially in the frontal and parietal lobes, although the analysis did not reach statistical significance. The results can be explained if we consider the existence of moderating variables of the phenomenon of neuronal efficiency, such as sex, difficulty of the task used, and the reference and activity interval chosen.

Keywords: cognitive training, intelligence, working memory, electrophysiology, and neuronal efficiency.

1. APRESENTAÇÃO

Sabe-se que a inteligência humana é um dos aspectos do funcionamento psicológico mais estudado pela ciência psicológica desde seus primórdios. A inteligência pode ser entendida, de forma geral, como a capacidade para resolver problemas, para pensar abstratamente, para aprender com a experiência e adaptar-se ao ambiente (Gottfredson, 1997). Não obstante possa haver ainda desacordos com relação às dimensões específicas e organização estrutural da inteligência, independentemente do referencial teórico adotado, a grande maioria dos pesquisadores da área reconhece a importância da inteligência para o sucesso individual em vários aspectos da vida.

As pesquisas acumuladas ao longo dos mais de cem anos de estudo da inteligência apontam que a mesma se relaciona a mais de sessenta fenômenos sociais, dentre outros, o rendimento escolar, nível de escolaridade, rendimento salarial mensal, status ocupacional, saúde geral, longevidade, desempenho no trabalho, estabilidade emocional, criminalidade, envolvimento com drogas e comportamento sexual de risco (Da Silva, Ribeiro-Filho, & Santos, 2012; Strenze, 2007).

Embora muito se conheça sobre a estrutura, determinantes e desenvolvimento da inteligência humana, pouco ainda se sabe sobre a possibilidade de modificação da mesma. Segundo aponta Jensen (1981), em virtude da importância da inteligência para o sucesso individual e do escasso conhecimento dos mecanismos e processos envolvidos em sua modificação, nenhum outro tópico em toda a história da psicologia tem sido alvo de tão vastos investimentos de pesquisa nos últimos anos, especialmente nos Estados Unidos. Mesmo recebendo assíduos esforços financeiros de organismos internacionais e iniciativa privada, o panorama que se apresenta com relação à possibilidade de modificação da inteligência por parte da comunidade científica é motivo de conflito.

Alguns estudiosos são totalmente céticos com relação a essa possibilidade, afirmando repetidas vezes que, sendo a inteligência uma das características humanas mais estáveis ao longo do ciclo vital, seria impossível modificá-la. Acrescenta-se a isso o fato de que os programas de treinamento clássicos apenas seriam bem-sucedidos quando direcionadas a habilidades cognitivas específicas, possuindo efeito nulo para a inteligência geral. Outros pesquisadores ressaltam, também, que as intervenções cognitivas só possuem resultado no período em que são ministradas, desaparecendo quase que completamente seus efeitos com o transcorrer do tempo (Hernstein & Murray, 1994).

Não obstante, outro grupo de investigadores, ancorados em resultados recentes de pesquisas favoráveis a modificação da inteligência via intervenção ambiental direta ou indireta - como o Efeito Flynn, os estudos de adoção e estudos de modificação do padrão de funcionamento cerebral por meio da prática (plasticidade cognitiva) - afirmam que seriam necessários novos estudos, que enfocassem em diferentes estratégias para a efetivação da mudança. Nesse contexto, surgiram recentemente resultados de pesquisas em adultos mostrando que a memória de trabalho poderia ser o veículo para a modificação da inteligência (Buschkuhl & Jaeggi, 2010). A memória de trabalho constitui-se em um sistema cognitivo multidimensional que trabalha com processamento e armazenamento simultâneos das informações e que possibilita aos indivíduos a solução de problemas complexos de forma mais eficiente (Baddeley, 2003). Por exemplo, esse sistema nos permite dirigir enquanto pensamos nas atividades que temos que fazer durante o dia; ou ainda, lembrar um número importante de telefone, enquanto estamos resolvendo uma situação delicada de trabalho com o chefe. Os investigadores da área acreditam que a memória de trabalho e a inteligência geral compartilham os mesmos processos e circuitos cerebrais (Kane & Engle, 2002).

Entretanto, tais estudos estão longe de serem conclusivos. Ademais, ainda não existem estudos utilizando a memória de trabalho para modificação intelectual em crianças saudáveis em que se controla o nível intelectual inicial.

Considerando o contexto brasileiro, observa-se insuficiência de estudos dirigidos ao assunto em questão e, os que existem são da década de 70 e 80, os quais apresentaram diversos problemas metodológicos¹ (Flores-Mendoza, 2006).

Aliado a esse panorama, as modernas tecnologias de neuroimagem e a eletroencefalografia vêm possibilitando compreensões importantes no que diz respeito às propriedades específicas do cérebro responsáveis pela inteligência e a forma como o mesmo responde a intervenções ambientais (plasticidade cerebral). Estudos com o eletroencefalograma e a ressonância magnética, por exemplo, apontam que os cérebros de pessoas mais e menos inteligentes não agem da mesma maneira (Gray & Thompson, 2004). Os estudos objetivando encontrar as bases biológicas da inteligência humana têm recebido especial atenção da comunidade científica, uma vez que a localização anatômica e funcional dos processos cognitivos e a possibilidade de modificação de conexões sinápticas em resposta à intervenção pode trazer *insights* importantes sobre formas de intervenção mais bem-sucedidas.

Do ponto de vista social, pode-se apontar a enorme relevância de se estudar a possibilidade de modificação da inteligência humana, haja vista a extensa literatura apontando a forte relação entre a mesma e diversos fenômenos sociais, tais como longevidade, rendimento educacional, nível de escolaridade alcançado, renda, êxito

¹ A autora realizou uma busca na base de dados Scielo utilizando como termos de busca as frases “Treino Cognitivo”, “Intervenção Cognitiva” e “Intervenção Precoce” e apenas 11 artigos foram encontrados, sendo 1 deles teórico, um de treinamento de consciência fonológica e os outros nove relativos a intervenções diversas com crianças portadoras de diferentes patologias.

laboral, resposta à psicoterapia, saúde, altruísmo, hábitos de conduta antissociais, dentre outros (Nisbett *et al.*, 2012; Silva *et al.*, 2012; Strenze, 2007).

Ademais, estudos na infância têm recebido especial atenção em países em desenvolvimento, nos quais é comum a coexistência de fatores de risco ao desenvolvimento infantil pleno, uma vez que é nessa primeira etapa do ciclo vital que se formam as principais características (físicas, cognitivas e sócio-afetivas) do ser humano adulto. Também é nessa etapa do desenvolvimento humano que as tentativas de intervenção têm maior impacto positivo, pois haveria maior plasticidade em nível do desenvolvimento biológico, especialmente cerebral. Assim, pois, não surpreendentemente, as pesquisas em intervenção precoce infantil têm sido consideradas uma das áreas mais atuais e com melhores potenciais para investimento dentro de um país (Reynolds, 2004). Com resultados que podem ser aplicáveis por profissionais dos campos da psicologia, da educação, do desenvolvimento humano, da pediatria e bem-estar social, as intervenções infantis são um exemplar do crescimento das ciências preventivas.

Dessa forma, a presente pesquisa tem como objetivo geral investigar a possibilidade de modificação da cognição humana, através de treinamento cognitivo, em crianças de diferentes níveis intelectuais; e ainda, verificar se crianças de diferentes níveis intelectuais diferem entre si com relação ao funcionamento eletrofisiológico. A estrutura do presente trabalho inclui uma apresentação geral do tema e uma introdução teórica. Essa irá desenvolver com maior profundidade os temas trazidos nessa apresentação apenas brevemente – os modelos psicométricos de inteligência humana, focando especificamente na inteligência geral, fluida e cristalizada; a relação entre inteligência e memória de trabalho; os programas de treinamento cognitivo e suas forças

e limitações; uma discussão sobre as bases biológicas da inteligência e a relação com a modificação intelectual, por meio do conceito de plasticidade cerebral. Seguindo-se à introdução teórica, serão apresentados os objetivos do trabalho, a problematização e o método. Em sequência, serão apresentados os resultados da pesquisa, bem como a discussão dos mesmos face ao referencial teórico adotado.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Modelos Psicométricos da Inteligência Humana: inteligência geral, inteligência fluida e cristalizada

A inteligência humana pode ser considerada um dos construtos mais investigados na história da ciência psicológica em todos os tempos (Lubinsky, 2004). Considerando somente o banco de dados da Associação Americana de Psicologia, tem-se que, desde 1887, foram publicados 18.847 artigos que continham as palavras *Intelligence*, *Intellectual* ou *Ability* no título (Primi, 2002). Face à enorme quantidade de trabalhos publicados, é natural conjecturar que não haja uma convergência completa entre todas as teorias e definições existentes sobre a inteligência, embora um considerável acordo tenha sido alcançado. Assim, pois, no relato elaborado pela força tarefa da Associação Americana de Psicologia (APA), a inteligência recebeu a seguinte definição: “*os indivíduos diferem uns dos outros em sua capacidade para entender idéias complexas, adaptar efetivamente ao ambiente, aprender a partir da experiência, engajar em várias formas de raciocínio e superar os obstáculos*” (Neisser *et al.*, 1996, p.77).

Por se tratar de um fenômeno de extrema complexidade, seu estudo tem sido feito a partir de vários ângulos, complementares, embora aparentemente distintos. Segundo Andrés-Pueyo (2006), há três principais abordagens para o estudo da inteligência: a) a abordagem experimental, que se ocupa com o funcionamento e dinâmica da inteligência; b) a abordagem neurobiológica, que investiga as bases biológicas da inteligência, e c) a abordagem psicométrica, que se preocupa com a estrutura e medição das diferenças individuais em inteligência. Embora em grande parte dos mais de cem anos de estudo da inteligência humana, as três abordagens

tenham avançado paralelamente, na atualidade, o panorama que se apresenta é de convergência entre os enfoques com o objetivo de compreender de forma integrada todas as manifestações da inteligência humana.

Os estudos na abordagem psicométrica tiveram início no final do século XIX, com o trabalho pioneiro de Charles Spearman. Ao analisar quantitativamente o rendimento dos indivíduos em baterias de testes cognitivos, Spearman verifica a persistência de correlações positivas entre as mais diversas medidas cognitivas utilizadas. Ele atribui a existência dessas correlações a um fator comum, o qual ele cunhou de inteligência geral ou fator *g* (Flores-Mendoza & Nascimento, 2001). Segundo a concepção do fator *g*, toda atividade mental intelectual envolveria em maior ou menor grau uma única capacidade, indicando a existência de processos cognitivos comuns aos diferentes tipos de atividades mentais (Jensen, 1998; Neisser *et al.*, 1996; Primi, 2002). Não obstante, Spearman considerou também a existência de fatores específicos (“*s*”) nas medidas de inteligência, os quais seriam determinados pelas exigências particulares da tarefa concreta realizada pelo sujeito (Andrés-Pueyo, 2006). Spearman buscou, ainda, estudar os processos básicos ligados ao funcionamento cognitivo do fator *g*, os quais seriam: (a) apreensão das experiências significando uma capacidade ligada à percepção, à rapidez e à acuidade com que as pessoas percebem os estímulos; (b) educação de relações referindo-se à capacidade maior ou menor de estabelecer relações entre duas ou mais idéias, e (c) educação de correlatos referindo-se à capacidade maior ou menor que as pessoas demonstram de criar novas ideias a partir de uma ideia e uma relação (Flores-Mendoza & Nascimento, 2001; Jensen, 1998). Essa teoria, descrita de maneira resumida, ficou conhecida como teoria bifatorial da inteligência.

Durante o século XX, várias teorias psicométricas surgiram; algumas delas considerando a inteligência como sendo composta de diferentes componentes não relacionados entre si, e outras afirmando que os componentes da inteligência podem ser organizados de maneira hierárquica, ou seja, de forma que fatores mais específicos situam-se na parte inferior da estrutura da inteligência e os mais gerais tendem a se localizar no topo desta estrutura (Andrés-Pueyo, 2006). Essas últimas são as mais aceitas atualmente (Flores-Mendoza & Nascimento, 2001).

Dentre os modelos psicométricos mais utilizados e com maior número de estudos de validação empírica encontra-se o de Cattell-Horn (Andrés-Pueyo, 2006; Flores-Mendoza & Nascimento, 2001). Segundo Haavisto e Letho (2004), Cattell e Horn defendem a ideia que um único fator não seria suficiente para explicar toda a variância nos testes de inteligência e propõe a existência de dois fatores gerais, a inteligência cristalizada (*Gc*) e a inteligência fluida (*Gf*). Esses dois fatores foram replicados na meta-análise de 461 estudos contendo provas psicométricas de inteligência, realizada por Carroll, na década de 1980 (Stankov, 2000). Faz-se importante ressaltar, entretanto, que um número significativo de estudos posteriores apontam que ambos os fatores (*Gf* e *Gc*) se submetem ao fator *g* (Jensen, 1998), inclusive, alguns pesquisadores acreditam que inteligência fluida e inteligência geral sejam conceitos equivalentes (Ackerman, Beier, & Boyle, 2005).

Assim, *Gc* diz respeito a conhecimentos adquiridos durante a vida, em grande parte, dependentes da cultura (educação não formal) e do nível de escolaridade do sujeito (educação formal), e à possibilidade de se utilizar das capacidades básicas para adquirir novos conhecimentos, enquanto *Gf* é a capacidade de raciocinar e resolver problemas novos, extrair significados e se adaptar a situações não usuais. A inteligência fluida é, usualmente, medida através de testes de raciocínio figurativo e analógico,

classificação, e de testes de matrizes, tais como o teste das Matrizes Progressivas de Raven, que é um dos instrumentos mais utilizados para se operacionalizar *Gf*. Já a inteligência cristalizada pode ser avaliada por testes de vocabulário e informação geral. A inteligência fluida estaria mais fortemente assentada em processos biológicos, enquanto a inteligência cristalizada seria mais dependente da qualidade do ambiente (Schweizer & Koch, 2002). Haavisto e Letho (2004) apontam, ainda, que Cattell acreditava que a inteligência fluida influencia a inteligência cristalizada. Assim, pois, indivíduos possuidores de elevada inteligência fluida deveriam apresentar também elevada inteligência cristalizada, se oportunidades educacionais adequadas estivessem disponíveis.

Com relação ao padrão desenvolvimental das duas habilidades, estudos longitudinais (Kaufman, 2001) indicam a manutenção e o aumento da inteligência cristalizada com o passar dos anos (começando a declinar apenas por volta dos 70 anos), ao passo que a inteligência fluida declina com idade, atingindo seu ápice relativamente cedo, às vezes ainda na adolescência, e declínio mais acentuado na velhice. Algumas evidências apontam que o declínio de *Gf* estaria relacionado à diminuição da velocidade de processamento e perceptiva e dos processos de controle executivos decorrentes do envelhecimento cerebral (Gray & Thompson, 2004). Especificamente, a substância branca dos lobos frontais estaria mais vulnerável a atrofia na terceira idade, e, além disso, danos diversos ao sistema nervoso poderiam ser causados pela redução do fluxo sanguíneo cerebral (Craik & Bialystock, 2006). Faz-se interessante notar que o declínio da eficiência dos processos biológicos em idades mais avançadas (70 anos ou mais) limita a influência do contexto sociocultural nessa fase da vida, fazendo com que sejam necessárias maiores quantidades de *inputs* sociais e ambientais para manter a estabilidade do funcionamento cognitivo (Craik & Bialystock, 2006).

Haavisto e Letho (2004) e Schweizer e Koch (2002) chamam a atenção para o fato de que nos indivíduos mais jovens, especialmente na infância, *Gf* é o principal determinante do comportamento inteligente, uma vez que guia a aquisição de conhecimento cultural e específico. Já nos adultos, a relação se inverte, sendo a base de conhecimento formada pelo indivíduo durante sua vida que guiará a solução de problemas. Esses mesmos autores ressaltam que na infância e adolescência, *Gf* e *Gc* estão fortemente relacionados, haja vista que o currículo escolar comum padroniza o acesso ao conhecimento. Na idade adulta, a aquisição de conhecimento especializado em diferentes profissões diminui a relação entre ambas. Inclusive, de acordo com Haavisto e Letho (2004), a especialização do conhecimento na idade adulta torna a medição da inteligência cristalizada extremamente delicada, requerendo medidas específicas para diferentes profissões e nações. Ainda não há uma maneira de se garantir equivalência para o conhecimento adquirido por diferentes profissionais. Considerações similares levaram Ackerman (2000) a reafirmar a diferenciação feita por Cattell entre *Gc* histórica e *Gc* presente. A primeira se refere ao conhecimento que a pessoa adquire (e, obviamente, retém) até o final da educação básica e a segunda diz respeito à extensão e profundidade do conhecimento que a pessoa tem quando é testada. A medição tradicional de *Gc* é feita por meio das diferenças individuais observadas em *Gc* histórica (testes tais como o *Programm for International Student Assessment - PISA* ou o *Scholastic Assessment Test - SAT* americano).

Assim, pois, os estudos sobre a estrutura da inteligência humana apontam que a inteligência fluida e cristalizada são fatores gerais robustos e consistentes, emergindo em diferentes baterias cognitivas, em diferentes idades e por meio de técnicas fatoriais distintas (Andrés-Puyeo, 2006). *Gf* e *Gc* possuem, ainda, elevada capacidade preditiva de distintos aspectos do funcionamento individual, como desempenho escolar,

permanência e fracasso escolar, desempenho ocupacional, renda mensal, comportamento disruptivo, tipos de condutas em relação à manutenção da saúde, doenças neurodegenerativas, problemas de saúde física, dentre outras (Colom, 2008). O consenso relativo à existência dessas duas capacidades gerais fornece um referencial teórico sólido que possibilita avançar na compreensão da natureza da inteligência humana a partir do entendimento de seus processos básicos e sua base biológica e ambiental.

2.2. Inteligência e Memória de Trabalho

O enorme avanço alcançado pelas ciências cognitivas, nas décadas de 70 e 80 do século XX, em especial pela abordagem do processamento de informação, possibilitou a emergência de pesquisas que visam relacionar a inteligência aos processos cognitivos básicos, como memória e atenção (Flores-Mendoza & Nascimento, 2001). Uma melhor compreensão da natureza da cognição humana seria possível através de estudos das funções cognitivas básicas, dos recursos cognitivos e de processos e estratégias envolvidas na resolução de problemas (Hunt, 1989). As medidas utilizadas pela perspectiva do processamento de informação são voltadas para a análise componencial que tem por objetivo isolar os passos utilizados durante o processamento da informação. Esse tipo de avaliação pode funcionar como um complemento às medidas psicométricas ou como testes independentes que avaliem tanto a realização como os processos mentais envolvidos em uma tarefa (Hunt, 1989).

Nesse sentido, os avanços teóricos no estudo do comportamento humano desde a revolução cognitiva colocaram a memória de trabalho (MT) como o construto central na psicologia. A influência da memória de trabalho tem sido estudada nos contextos da psicologia clínica, educacional, cognitiva, social e desenvolvimental (Conway, Kane, &

Engle, 2003). Por exemplo, os estudos em neuropsicologia apontam que déficits na capacidade de MT podem ser vistos como marcadores para o início precoce da doença de Alzheimer (Rosen, Bergeson, Putnam, Harwell, & Sunderland, 2002).

De acordo com Baddeley (1998), a MT pode ser entendida como um sistema multicomponencial responsável pela manutenção ativa da informação face ao processamento existente e/ou à distração. A MT compreende não apenas os processos necessários para a memorização apropriada de estratégias e informação para completar uma tarefa específica, mas, também, atenção controlada, a qual permite focalizar na informação relevante durante a resolução de um problema ou situação (Ilkowska & Engle, 2010). A presença deste componente atencional é o que diferencia a MT daquilo que é conhecido como memória de curto-prazo (MCP). A memória de curto-prazo é um conceito clássico na psicologia, embora recente sob essa rubrica, e se refere a um sistema de armazenamento de capacidade limitada e que decai rapidamente com o tempo (Bueno & De Oliveira, 2004). A MCP é útil quando necessitamos guardar um conjunto limitado de informação por um curto período de tempo (por exemplo, um número de telefone para discar imediatamente ou uma sequência de nomes de ruas para se chegar a um local específico). Essa informação se perde se estratégias não são utilizadas para enviá-la a um sistema de armazenamento permanente ou não são do interesse do indivíduo. O sistema de memória com capacidade, teoricamente, ilimitada e que persiste indefinidamente é chamado de memória de longo-prazo (MLP) (Bueno & De Oliveira, 2004). De acordo com Abreu e Mattos (2010), a MLP não é um sistema de armazenamento único, mas dividido em componentes (com bases neuroanatômicas distintas) que são responsáveis por criar um depósito de informações tanto relacionadas a um conhecimento sobre “o que” as coisas são quanto de “como o são”.

Segundo Ilkowska e Engle (2010), manutenção e atualização são os principais componentes da MT. A manutenção envolve manter uma dada informação ativa para processamento temporário e utilizá-la para completar uma tarefa, ao passo que a atualização permite focalizar a atenção em uma nova informação para que possamos mudar nossas estratégias de abordagem de um objetivo.

Um dos modelos mais utilizados nas pesquisas em MT foi proposto por Baddeley e Hitch em 1970 (Baddeley, 1998). O modelo assume a existência de um sistema de controle atencional, chamado executivo central, que opera conjuntamente com dois sistemas subsidiários ou “escravos”: a alça fonológica (*phonological loop*), que se ocupa de informações auditivas e de linguagem; e esboço visuo-espacial (*visuospatial sketchpad*), que mantém e manipula informação visual e espacial. Evidências a favor desse modelo foram encontradas em estudos de psicologia experimental e neuropsicológicos de pacientes com doença de Alzheimer e lesões frontais (Baddeley 1998, 2000, 2003). O executivo central é, talvez, o componente mais importante da MT e, também, o menos estudado. Esse sistema possui as funções de focalizar, dividir e alterar o foco de atenção do indivíduo, além de atuar como conector entre a MT e a MLP (Baddeley, 2003). Segundo Baddeley (2000), a MT e a MLP eram tratadas como dois sistemas de memória independentes em virtude de resultados de estudos de dissociação dupla. Estudos subsequentes mostraram que pacientes que apresentam déficits na MCP possuem também déficits específicos na aprendizagem fonológica de longo-prazo, como a aquisição de uma segunda língua (Baddeley, Papagno, & Vallar, 1988). Na tentativa de solucionar o problema de ligação entre a MT e a MLP, Baddeley (2000) propõe a existência de um quarto componente para seu modelo, chamado de retentor episódico (RE). Esse componente, também de capacidade de armazenamento temporário limitada, pode integrar informações (episódios) de

diferentes fontes e conteúdos que pode ser potencialmente estendida ao longo do tempo. Nesse sentido, o RE possui um papel importante em alimentar e recuperar informações da MLP episódica, podendo, inclusive, criar novas representações cognitivas. O RE seria controlado pelo executivo central, o qual poderia recuperar a informação do armazenamento temporário, refletir sobre ela e, quando necessário, manipulá-la e modificá-la (Baddeley, 2000, 2003). A Figura 1 ilustra os componentes do modelo descrito acima.

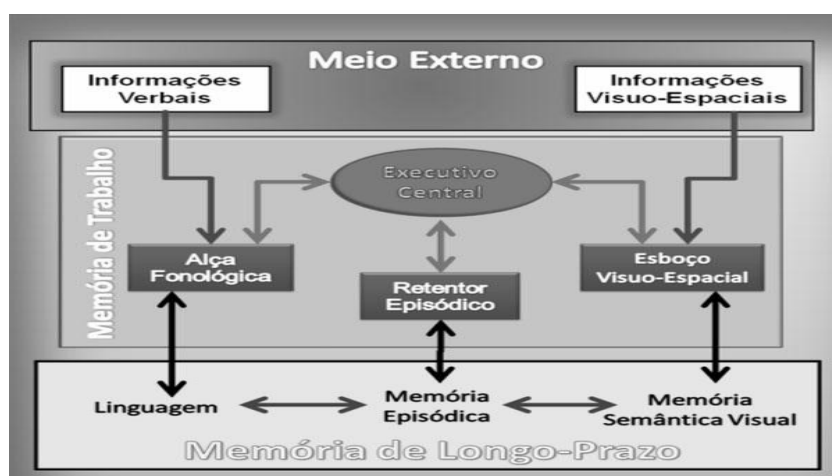


Figura 1. Modelo de Memória de Trabalho proposto por Baddeley (2003)².

Ao contrário do executivo central, a alça fonológica é o componente mais estudado da MT, consistindo num sistema de armazenamento fonológico sequencial temporário que mantém apenas por poucos segundos a memória auditiva, a menos que processos de ensaio vocal tomem lugar (Baddeley, 2000). A MT visual, o esboço visuo-espacial, também possui capacidade limitada de armazenamento, tipicamente de três ou quatro itens. De maneira análoga à alça fonológica, acredita-se que esse sistema seja fracionado em um componente de armazenamento visual e outro de recuperação e ensaio (Baddeley, 2003). Ainda de acordo com Baddeley (2003), o esboço visuo-

² Extraído do site do Núcleo de Neuropsicologia Clínica e Experimental da PUC-RJ (<http://www.nnce.org>)

espacial assume papel importante na aquisição de conhecimento semântico sobre a aparência e função dos objetos, orientação espacial e conhecimento geográfico.

No que se refere à localização anatômica da memória de trabalho, Kane e Engle (2002) fazem uma revisão da literatura, na qual destacam o papel crucial do córtex pré-frontal (PF) e seus circuitos para os processos de controle executivo envolvidos na MT. Mais especificamente, os autores chamam a atenção para o modelo proposto por Cohen e colegas (Braver *et al.*, 1997; Miller & Cohen, 2001) que destaca a função do córtex PF em manter a informação contextual em estado ativo, além de atuar na redução de distratores através de inibição lateral, funções essas bastante semelhantes às do executivo central no sistema de MT. Cohen e colegas (Braver *et al.*, 1997; Miller & Cohen, 2001) propõem que o sistema de MT se encontra distribuído ao longo do córtex cerebral, envolvendo, especificamente, áreas do córtex PF, o cíngulo anterior, o hipocampo, o córtex motor e o córtex sensorial posterior, as quais atuam de forma complementar para possibilitar um processamento dinâmico. Segundo Kane e Engle (2002) e Callicott *et al.* (1999), evidências da associação do córtex PF com os processos de controle atencional vêm de estudos com primatas não humanos, pacientes com lesões frontais e de imagem (tomografia por emissão de pósitrons – *PET* – e imagem por ressonância magnética funcional – *fMRI*) durante a realização de tarefas de MT em indivíduos saudáveis.

Com relação aos sistemas subsidiários da MT, Baddeley (2003) destaca o envolvimento da região têmporo-parietal esquerda nos processos da alça fonológica, especificamente o giro supramarginal (lobo parietal esquerdo) como locus de armazenamento da alça e o a área de Broca envolvida no ensaio vocal. Já regiões do hemisfério direito, tais como o córtex parietal inferior, o córtex pré-motor e o frontal

inferior, estão envolvidos nos processos do esboço visuo-espacial. A Figura 2 apresenta um modelo preliminar da localização dos componentes da MT no cérebro.

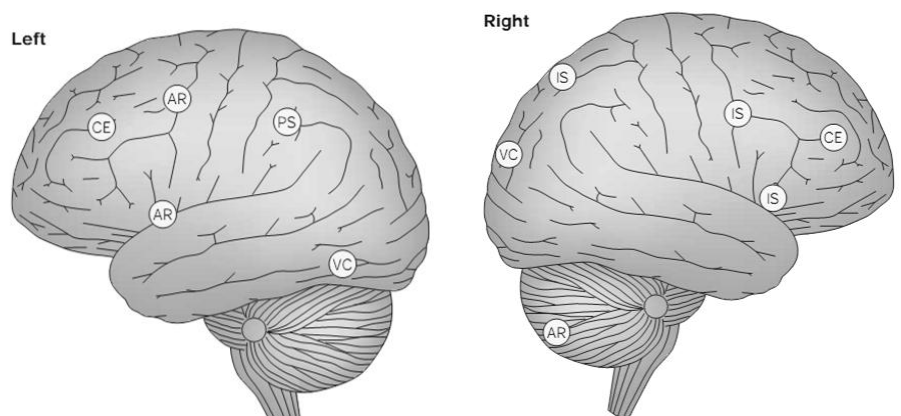


Figura 2. Localização da Memória de Trabalho no Cérebro. CE: executivo central; AR: ensaio vocal; IS: ensaio visuo-espacial; PS: armazenamento fonológico e VC: armazenamento visual. Extraído de Baddeley (2003).

No que se refere às mudanças neurodesenvolvimentais na memória de trabalho, Bunge e Wrighth (2007) destacam que na infância e adolescência o controle cognitivo e a habilidade de inibir distratores estão em pleno desenvolvimento, o que leva a uma mudança nas regiões cerebrais envolvidas na memória de trabalho. De forma geral, somente por volta dos 10-12 anos de idade é que o crescimento no volume de substancia cinzenta nos córtices parietal e frontal atinge seu ápice, tais regiões estão diretamente implicadas na memória de trabalho (Giedd, 2004). Alguns estudos mostram que para a resolução de tarefas de memória de trabalho, as crianças (até os 12 anos) não recorrem a regiões chave para os adultos no processo de MT, tais como o córtex pré-frontal dorsolateral e o córtex parietal. Ao invés, as crianças utilizam de regiões mais ventromediais do córtex, tais como a ínsula e o núcleo caudado anterior (Scherf, Sweeney, & Luna, 2006). Scherf *et al.* (2006) destacam que o engajamento dos circuitos pré-frontais e parietais na resolução de tarefas de memória de trabalho vai se

fortalecendo na infância e adquirem o padrão dos adultos já na adolescência. Crone, Wendelken, Donohue, van Leijenhorst e Bunge (2006) apontam, ainda, que à medida que aumenta a dificuldade das tarefas de MT, os adolescentes e adultos tendem a recrutar as regiões cerebrais envolvidas na resolução de problemas novos e complexos, ao passo que as crianças (8-12 anos) fracassam nessas atividades porque não conseguem recrutar regiões adicionais para a solução do problema.

Com base no exposto nos parágrafos acima, pode-se dizer que os pesquisadores concordam que a memória de trabalho possui um papel central para o desempenho eficaz em processos cognitivos superiores, tais como raciocínio, solução de problemas, tomada de decisões e pensamento abstrato. Não obstante, uma compilação de diversos estudos nos permite concluir que pessoas com altos escores em testes de inteligência também são capazes de examinar, recuperar e responder a estímulos mais rápida e eficientemente que pessoas com escores baixos e medianos (Neisser *et al.*, 1996; Nisbett *et al.*, 2012). Essas constatações levaram diversos investigadores a afirmarem que a MT e a inteligência são construtos altamente relacionados ou, para alguns, inclusive idênticos.

Há, pois, um considerável corpo de conhecimento relacionando a memória de trabalho à inteligência, tanto em crianças quanto em adultos (Ackerman *et al.*, 2005). Segundo Orzechowski (2010), os resultados de muitos estudos mostram que a memória de trabalho é o melhor preditor individual da capacidade de raciocínio e da inteligência geral. A primeira investigação dos correlatos da MT foi feita por Daneman e Carpenter (1980), os quais correlacionaram uma tarefa verbal de MT com testes de compreensão de leitura. Apesar do pequeno número amostral, os autores encontraram uma correlação de 0,72 entre as duas medidas. Em estudo clássico, Kyllonen e Christal (1990) também encontraram correlação de 0,80 entre um fator subjacente a medidas computadorizadas

de MT e um fator subjacente a medidas computadorizadas de Raciocínio. Contudo, esses autores chegam à conclusão que MT e a capacidade de raciocínio são construtos diferentes, uma vez que análises de validade convergente/discriminante com medidas de Conhecimento Geral e Velocidade de Processamento apontaram para a diferenciação entre esses fatores.

As investigações subsequentes apresentam resultados mistos, ora apoiando a hipótese de isomorfismo entre fator g/Gf e MT, ora indo em direção contrária. Por exemplo, Stauffer, Ree e Caretta (1996) encontraram uma correlação de 0,995 entre um fator representando a inteligência geral e um fator representando a MT. De forma semelhante, Kane e Engle (2002) afirmam que as medidas de MT se correlacionam substancialmente com medidas de inteligência fluida nos domínios verbal, numérico e espacial. Por outro lado, outros autores relatam correlações mais modestas ($r = 0,20$ a $r = 0,55$) entre medidas de MT e medidas de inteligência geral, tais como o teste Raven (Ackerman, Beier, & Boyle, 2002; Babcock, 1994; Jurden, 1995). Conway, Kane e Engle (2003) apresentam também uma revisão das conclusões obtidas por eles em estudos anteriores enfatizando que embora MT e fator g sejam, de fato, altamente correlacionados, eles não são construtos idênticos. Oberauer, Suß, Schulze, Wilhelm e Wittmann (2000) realizaram um estudo que forneceu *insights* importantes para as relações entre MT e capacidades cognitivas. Esses investigadores aplicaram 23 tarefas de MT representando conteúdos diversos e diferentes funções (tais como, armazenamento e transformação) e 45 testes cognitivos a 128 participantes. Análises fatoriais possibilitaram o agrupamento das tarefas de MT em três fatores – Verbal/Numérico, Figurativo/Espacial e Executivo/Velocidade. As correlações entre esses três fatores e os testes cognitivos variaram de 0,46 a 0,56, sendo que o fator

Executivo/Velocidade apresentou as mais altas correlações com os testes de velocidade de processamento incluídos na bateria cognitiva.

Os resultados de Oberauer *et al.* (2000) sugerem que o padrão de associação entre MT e inteligência pode ser altamente complexo, sendo as correlações dependentes das medidas cognitivas consideradas e do tipo e conteúdo das tarefas de MT utilizadas. Aqui se faz importante mencionar que alguns pesquisadores acreditam ser necessária uma diferenciação entre tarefas simples (*simple span tasks*) e tarefas complexas (*complex span tasks*) na mensuração da memória de trabalho (Conway *et al.*, 2005). As primeiras são utilizadas há muito na avaliação da MCP e requerem que o participante relembra pequenas listas de itens, tais como, palavras, números, localizações, na mesma ordem em que foram apresentadas. Exemplo desse tipo de tarefa é a de *span* de leitura (*reading span task*), na qual o participante lê sentenças e precisa lembrar-se da última palavra de cada uma delas em ordem de apresentação (Oberauer, 2004). No caso das tarefas complexas, a apresentação de um estímulo alvo a ser recordado é intercalada com a apresentação de uma tarefa de processamento secundário, tais como compreender sentenças e verificar resultados de equações. Essa tarefa secundária faz com que a informação a ser lembrada perca o foco de atenção momentaneamente, exigindo a ativação da memória cada vez que a informação a ser lembrada precisa voltar à ativa (Conway *et al.*, 2005). Exemplo desse tipo de tarefa é o *span* de operações (*operation span task*), a qual intercala a apresentação de um item a ser lembrado com uma equação matemática simples a ser resolvida pelo participante. Segundo Shipstead, Redick e Engle (2010) e Oberauer (2004), as tarefas simples apresentam um padrão inconsistente na predição das capacidades cognitivas superiores, ao passo que as tarefas complexas possuem correlações consistentes e moderadas com tais capacidades e conseguem discriminar com maior precisão indivíduos com alta e baixa capacidade intelectual.

Com relação aos mecanismos comuns à MT e à inteligência, alguns estudos apontam que são os processos de controle executivo que guiam a relação entre a memória de trabalho e medidas de inteligência (Conway, Cowan, Bunting, Theriault, & Minkoff, 2002), outros defendem a contribuição tanto dos processos de armazenamento quanto daqueles de controle (Colom, Flores-Mendoza, Quiroga, & Privado, 2005; Tillman, Nyberg, & Bohlin, 2007).

Ademais, os estudos na área sugerem que duas propriedades do sistema cognitivo se associam diferencialmente a G_f e G_c : a capacidade e a velocidade de processamento (Schweizer & Koch, 2002). No que se refere a G_f , parte-se do pressuposto que quanto maior o número de itens que pode ser simultaneamente mantido, maior seria a capacidade de trabalhar com esses itens também simultaneamente; portanto, maior capacidade de armazenamento temporário determinaria o grau de complexidade para processar a informação apropriadamente. Além disso, os recursos executivos são também considerados, uma vez que a capacidade de coordenar vários processos cognitivos é considerada como um componente essencial da eficiência cognitiva (Schweizer, Zimmermann, & Koch, 2001). Ainda com relação a G_f , o aumento da velocidade de processamento eleva a probabilidade de que a informação temporariamente armazenada para a solução de determinada tarefa possa ser apropriadamente processada antes que se perca. Com relação à G_c , a velocidade de processamento também tem sido considerada extremamente importante para a aprendizagem (Schweizer & Koch, 2002). Nesse caso, a velocidade afeta o tempo despendido para ligar o novo conhecimento ao corpo de conhecimento existente, bem como a transferência do material para a memória permanente. A capacidade de armazenamento, não obstante, apresenta relações com G_c , na medida em que a aprendizagem depende do número de itens que podem ser

armazenados temporariamente e da quantidade de informação que pode ser armazenada permanentemente. Pesquisadores como Haavisto e Letho (2004) apontam, ainda, que haveria uma relação entre conteúdo do material, memória de trabalho e *Gf* e *Gc*. Esses autores acreditam que *Gf* estaria ligado ao processamento de conteúdos visuo-espaciais pela memória de trabalho, enquanto o processamento de conteúdos verbais pela memória de trabalho estaria ligado a *Gc*.

Assim, pois, no que concerne à relação entre inteligência e MT pode-se resumir em linhas gerais que: a) a capacidade de MT não é idêntica ao fator *g*, à *Gf* e nem à capacidade de raciocínio, embora compartilhem processos e grande parte de sua variância; b) a MT pode ser considerada um construto de domínio geral; e c) a MT é mais semelhante à *Gf* e ao raciocínio do que a MCP somente (Ackerman *et al.*, 2005; Kane, Hambrick, & Conway, 2005).

Nesse sentido, os estudos citados sinalizam a importância e a necessidade de se considerar os processos cognitivos básicos para melhor compreensão da natureza da inteligência, incluindo as possíveis maneiras de se alterá-la.

2.3. Treinamento Cognitivo: as intervenções para melhoramento intelectual

Conforme ressalta Jensen (1981), há mais de meio século os psicólogos se esforçam para elaborar programas ou estratégias visando à modificação da capacidade intelectual dos indivíduos. Especialmente nos Estados Unidos e Europa, recursos financeiros de ordem pública e privada veem sendo direcionados na tentativa de se encontrar uma resposta efetiva para a questão. Até poucos anos atrás, a conclusão geral da comunidade acadêmica era a de que as intervenções existentes tinham pouco ou nenhum sucesso para a modificação intelectual (Buschkuehl & Jaeggi, 2010). Entretanto, nos últimos anos, um número significativo de estudos tem sido publicado

mostrando que certas intervenções possuem um impacto positivo sobre as medidas de inteligência (Nisbett, 2009).

Nesse tópico, serão apresentadas as principais intervenções destinadas ao melhoramento da inteligência e seus resultados. Como a literatura da área nos apresenta uma série de intervenções, utilizando estratégias e processos diferenciados, sistematizadas de maneira rudimentar optou-se aqui por dividir os estudos em três grandes grupos: estudos que utilizam abordagens de intervenção centradas na perspectiva desenvolvimentista; estudos que focam o treinamento na memória de trabalho; e, por último, estudos que se utilizam de abordagens diversas. Faz-se importante considerar que não serão discutidos, nesse trabalho, os estudos que visam ao aumento do desempenho em testes de inteligência pela simples prática nesses mesmos testes, uma vez que esse tipo de intervenção não leva à modificação dos processos fundamentais que formam a base do comportamento inteligente. Ademais, também se optou por não discutir os estudos direcionados à população idosa em virtude da peculiaridade de tal população e de tais pesquisas, o que fugiria totalmente ao escopo deste trabalho.

2.3.1 Programas Desenvolvimentistas de Intervenção Cognitiva

O desenvolvimento na infância é um importante determinante da capacidade adaptativa do indivíduo ao longo do ciclo vital. As oportunidades de crescimento nessa fase estabelecem as bases para o sucesso acadêmico, a saúde e o bem-estar geral das crianças. Assim, pois, surgem, por volta de 1950, principalmente nos Estados Unidos da América (EUA), diversos programas de intervenção infantil destinados, em especial, para crianças em situação de risco, entendendo-se por situação de risco ambiente social

economicamente desvantajoso, baixo nível intelectual materno e a presença de dificuldades desenvolvimentais na criança (C.T Ramey & S. Ramey, 1998).

O termo intervenção na infância é um conceito amplo e está longe de ser preciso. De maneira geral, inclui todos aqueles programas que objetivam potencializar o desenvolvimento infantil, embora inclua extensas variações (Deustch, 1998). Pode, pois, abranger os programas com bebês de baixo peso e famílias de baixa renda; intervenções visando às crianças (intervenções diretas), bem como aqueles que se destinam às suas mães; serviços oferecidos em centros destinados para esse fim (intervenções indiretas); programas destinados a melhorar resultados escolares e cognitivos, programas destinados a melhorar a saúde física e o desenvolvimento social; e serviços tão diversos como a melhora das competências dos pais, saúde infantil, maus-tratos, serviços sociais, dentre outros. Há, ainda, aquelas intervenções conceituadas como “programas de tratamento” que são destinados a crianças com patologias já instaladas (Deutsch, 1998). Houve, pois, um investimento maciço dos governos estaduais e federal dos EUA em tais programas que, em última instância, visou à redução dos enormes custos econômicos decorrentes do sistema público de saúde, do sistema penitenciário, dos serviços de seguridade social e da falta de preparação dos cidadãos para o mercado de trabalho altamente competitivo.

Os programas de intervenção precoce tornaram-se tão populares nos EUA que rapidamente encontraram campo fértil para sua expansão em diversos países da Europa, dentre eles Inglaterra, Áustria, Bélgica, Dinamarca, Alemanha, Irlanda, Espanha e Portugal (Soriano, 1998) e em quase toda América Latina (Waiser, 1999). De especial interesse para os nossos propósitos, são as intervenções destinadas a promover mudanças intelectuais, seja por meio da melhoria de nutrição e de habilidades escolares ou por meio de intervenção cognitiva.

Estudos recentes têm revelado a existência de associação negativa entre fatores nutricionais e de saúde pré-natal com o desenvolvimento cognitivo e aprendizagem das crianças. De maneira geral, tais estudos revelam que a desnutrição prolongada nos primeiros anos de vida pode ter efeitos nocivos para o desenvolvimento cerebral, com a conseqüente redução no volume cerebral, redução da taxa de divisão celular e não mielinização das fibras cerebrais, o que, por sua vez, afeta o desenvolvimento cognitivo e a capacidade de aprendizagem das crianças (Guesry, 1998; Lucas, 1998; Paine, Dorea, Pasquali, & Monteiro, 1992).

Assim, pois, os programas de intervenção destinados à melhoria do estado nutricional de gestantes, neonatos e crianças são cada vez mais frequentes e atingem, principalmente, as zonas economicamente comprometidas de países ricos e países em desenvolvimento. Seus objetivos são aumento da taxa de sobrevivência da gestante e do bebê, redução da mortalidade infantil, melhorias de higiene e aumento do peso/ altura para idade (Deusch, 1998). Para exemplificar, Rojas *et al.* (2003) interessaram-se por investigar o efeito do Programa de Desjejum Escolar sobre o rendimento em provas cognitivas em alunos da educação inicial e primária do Peru. Esse programa, que está a cargo do Instituto Nacional de Saúde do Peru, desde 2001, objetiva melhorar a nutrição de escolares em regiões de extrema pobreza e com altas taxas de desnutrição, mediante a distribuição de uma merenda que possui parte das vitaminas, minerais e proteínas necessárias para uma alimentação adequada. Um total de 1.787 crianças da educação inicial (quatro a sete anos) e primária (5 a 13 anos), participantes do programa, tiveram seu desempenho cognitivo avaliado por meio das provas de Cattell. Tanto o consumo recente quanto o consumo usual da merenda apresentou efeitos positivos sobre a pontuação total e nos subtestes específicos para todos os escolares, independente do nível de educação. Eilander *et al.* (2010) realizaram uma revisão sistemática da

literatura de estudos experimentais que objetivam quantificar o efeito dos micronutrientes (ex., zinco e vitaminas B) no desempenho cognitivo de crianças em idade escolar. Eles encontraram 17 estudos, sendo oito realizados em países em desenvolvimento e com elevadas taxas de desnutrição infantil. Os resultados encontrados pelos autores mostram uma elevação significativa do desempenho das crianças apenas em testes de inteligência fluida ($d = 0,14$, $p < 0,05$) e de desempenho escolar ($d = 0,30$, $p < 0,05$). Neisser *et al.* (1996) e Colom (2008) chamam a atenção para o fato de que intervenções precoces que forneçam uma dieta mais rica em proteínas e suplementos alimentares podem reverter as perdas cognitivas e de aprendizagem encontradas nas crianças que sofrem privações alimentares severas, em alguns casos o aumento de QI chega a 5 pontos e o ganho se mantém por mais de um ano.

Outra linha de evidência de como uma nutrição adequada nas fases iniciais da vida pode auxiliar o desenvolvimento cognitivo é fornecida pelos estudos do efeito da amamentação pelo leite materno no nível intelectual das crianças (Nisbett *et al.*, 2012). Alguns autores tem apresentado resultados indicando um aumento de QI de cerca de 3 pontos em bebês (nascidos a termo ou prematuros) que se amamentam de leite materno nos primeiros anos, mesmo controlando-se a classe social e o nível de inteligência da mãe. Esses ganhos cognitivos parecem permanecer na vida adulta (Anderson, Johnstone, & Remley, 1999; Mortensen, Michaelsen, Sanders, & Reinisch, 2002).

Com relação aos programas de intervenção com vistas a melhorar as habilidades cognitivas, a maior parte deles foca o desenvolvimento de habilidades cognitivas específicas, como a leitura e a escrita e a capacidade numérica. Alguns desses programas possuem menor envergadura e atuam através da comparação de crianças que frequentam pré-escolas ou classes específicas com aquelas que não frequentam. Por exemplo, Diamond, Gerde e Powell (2008) verificaram a eficácia de uma intervenção,

direcionada a crianças desfavorecidas socialmente com idade média de quatro anos, com objetivo de ensinar às crianças competências necessárias para a leitura e escrita, como a compreensão dos nomes das letras e seus sons. As crianças receberam o reforço durante um ano. Os resultados revelaram que as crianças se beneficiaram dos treinos desenvolvendo melhores habilidades de escrita e leitura na avaliação final. Starkley, Klein e Wakeley (2004) desenvolveram um programa para acelerar o desenvolvimento das capacidades matemáticas de crianças de nível socioeconômico baixo e médio entre os três e cinco anos de idade. O programa foi realizado durante o período escolar e em casa, com a participação dos pais. As atividades do programa incluíam enumeração e sentido de número, raciocínio aritmético, raciocínio geométrico, sentido espacial e relações lógicas. Os resultados apontaram para a efetividade da intervenção em melhorar as habilidades matemáticas das crianças que receberam o treino em comparação ao grupo controle, tanto as de nível baixo quanto as de médio. Não se pode, entretanto, falar em programas de intervenção para melhora intelectual sem mencionar três grandes programas que foram levados a cabo nos EUA: o programa *Head Start*, o projeto Abecedário e o projeto *Milwaukee*.

Em 1965, foi lançado, pelo Departamento de Saúde e Serviços Humanos (DSSH) dos EUA, o programa *Head Start* cujo objetivo primordial era preparar as crianças provenientes de famílias de baixa renda para a escola, através de uma combinação de serviços: educação, alimentação, assistência médica e dentária, serviços de saúde mental e de assistência social e educação de pais. A ideia original do seu criador, Jule Sugarman, era oferecer um curso de verão de apenas poucas semanas para crianças de baixa renda visando prepará-las para a entrada no jardim de infância (Currie, 1995). Contudo, em 1981, a direção do DSSP percebeu que era impossível compensar cinco anos de pobreza com um programa de seis semanas e decidiu modificar o

programa e expandi-lo (Currie, 1995). Assim, o programa *Head Start* básico³ passou a ser centrado em uma pré-escola que atenderia crianças de três a cinco anos. Em geral, as crianças participavam do programa em um turno, durante um ano escolar, embora algumas participem por dois anos (Deusch, 1998). Embora o programa tenha contribuído para mudar os padrões de atendimento à criança pequena nos EUA e tenha servido para despertar o interesse de inúmeros pesquisadores para a importância dos primeiros anos de vida, os resultados relativos ao melhoramento intelectual das crianças foram bastante desanimadores. Foram encontradas diferenças positivas entre o desempenho intelectual das crianças que participaram do programa e das que não participaram, contudo a diferença não se manteve ao longo do tempo e os QIs voltaram aos níveis encontrados antes do início do programa (Colom, 2008).

Já o Projeto Abecedário foi iniciado em 1972 e atendeu 111 crianças, 98% de origem afro-americana, sendo que 57 frequentavam um centro diurno de cuidado infantil, cinco dias na semana, do nascimento até os cinco anos de idade. As outras cinquenta e quatro crianças que serviram de controle, embora não tendo recebido a intervenção educacional, receberam cuidados médicos e nutricionais (Gray & McCormick, 2005). Os principais resultados do programa mostram que houve uma diferença significativa de 7,8 pontos de QI entre os grupos durante a aplicação do programa; a taxa de repetência e abandono escolar foi também diferente entre os grupos. Novamente, embora em menor grau quando comparado ao *Head Start*, pôde ser observado que parte dos ganhos cognitivos não se mantiveram ao longo do tempo, ou seja, quando as crianças tinham 12 anos, a diferença passou para cinco pontos de QI (Campbell *et al.*, 2008).

³ Com a expansão do programa pelo DSSH, ele foi subdividido em várias frentes de atuação, tais como: o *Early Head Start*, direcionado a promover cuidados pré-natais às gestantes; o *Migrant and Seasonal Head Start*, o qual oferecia suporte ao desenvolvimento de crianças filhas de migrantes e trabalhadores rurais, durante um período de poucas semanas. Informações mais detalhadas podem ser encontradas no site do programa <http://www.acf.hhs.gov/programs/ohs/index.html>.

O projeto *Milwaukee* teve início em 1966 e atendeu crianças filhas de mães com QI menor que 75 e moradoras de zonas marginais. As mães foram selecionadas quando estavam grávidas e receberam supervisão médica gratuita. As crianças eram levadas durante várias horas do dia, dos seis meses até os seis anos, a um centro de estimulação. Os principais resultados do projeto mostram que a diferença de QI entre o grupo experimental e o controle foi de 30 pontos durante a aplicação do programa, mas não houve diferença significativa de rendimento escolar entre os grupos. Essa diferença de QI reduziu-se para 10 pontos quando as crianças atingiram os 14 anos de idade (Colom, 2008, Nisbett *et al.*, 2012). Como esses outros programas de intervenção cognitiva foram realizados ao redor do mundo e para a maior parte deles, os principais resultados relativos à inteligência são: a) pequeno aumento de QI durante a intervenção; b) diminuição drástica ou perda total dos ganhos cognitivos ao longo do tempo; c) aumento mais acentuado em habilidades cognitivas específicas e outras medidas (ex.: fracasso escolar e nível de escolaridade alcançado) quando comparada a capacidades gerais (Campbell *et al.*, 2008).

Os resultados dos programas apresentados acima são motivo de constante debate e controvérsias. Grande número de especialistas na área acredita que os resultados positivos encontrados são vazios e negligenciáveis, não representando verdadeiros aumentos na inteligência, uma vez que a mesma pode ser considerada um dos traços mais estáveis do indivíduo ao longo de sua vida (Herrnstein & Murray, 1994). Os principais argumentos utilizados pelos defensores de tal posição são os seguintes: 1) o aumento intelectual é tão pequeno (em muitos casos, menor do que um ponto de QI, em média) que não significaria uma vantagem adaptativa real para a criança. Muito embora a melhora em indicadores sociais alcançados por esses programas, tais como menor abandono e fracasso escolar, seja socialmente benéfica, isso se deve muito mais ao fato

de aumentar o interesse das crianças socialmente desfavorecidas pela escola do que a um aumento intelectual que acompanhará a criança por toda a sua vida. Além do mais, em nenhum desses estudos teve-se o cuidado de verificar se o aumento de QI acontece para todos os níveis de QI inicial. Será que crianças de diferentes níveis intelectuais se beneficiam igualmente da intervenção? Em alguns casos, nenhuma avaliação do QI inicial foi realizada; 2) essa crítica está relacionada ao que os pesquisadores chamam de “*fade-out effects*”. Estudos que objetivam avaliar os resultados de programas de intervenção infantil, como aqueles financiados pelo projeto *Head Start I*, por exemplo, têm mostrado consistentemente que as diferenças de QI encontradas logo após o período de intervenção entre os grupos controle e experimental desaparecem em avaliações subsequentes (Herrnstein & Murray, 1994); e 3) acredita-se que os efeitos do treinamento não são generalizáveis, seriam apenas efeito de prática em tarefas específicas. Essa objeção está intrinsecamente relacionada ao fato de que o treino incide sobre habilidades cognitivas específicas que, embora aumentem a capacidade da criança de resolver problemas relacionados ao conteúdo ensinado, não possibilitam a resolução de problemas novos e não relacionados ao conteúdo visto.

Dado que as tentativas de promover uma aceleração do desenvolvimento intelectual via intervenções amplas e generalistas, como as mencionadas acima, não estão isentas de crítica e mostram resultados considerados não consistentes e até mesmo escassos, se considerado o escopo desses programas, novas estratégias vêm sendo desenvolvidas nos últimos dez anos, algumas delas fornecem razões para otimismo.

2.3.2 *Treinamento Cognitivo através da Memória de Trabalho*

A razão subjacente aos estudos que utilizam a memória de trabalho como veículo de mudança na inteligência está baseada na observação que a MT é intimamente

relacionada à inteligência, conforme discutido em maiores detalhes no tópico 2.2 (Ackerman *et al.*, 2005; Kane *et al.*, 2005). Nesse sentido, tais estudos visam verificar se ao treinar esses processos básicos melhoras em capacidades assentadas neles são observadas.

Um dos primeiros trabalhos abordando a questão foi publicado por Klingberg, Forssberg e Westerber (2002), no qual demonstraram o valor terapêutico de um treino de MT no tratamento do Transtorno do Déficit de Atenção/Hiperatividade (TDAH). Déficits na MT parecem desempenhar um papel crucial para a expressão dos principais sintomas dessa desordem, assim, ao treinar diretamente tais déficits, os autores esperavam não somente obter uma melhora dos sintomas do TDAH, mas também alcançar um impacto positivo no desempenho cognitivo dos participantes. Quatorze crianças com idade média de onze anos, diagnosticadas com o TDAH, foram divididas em um grupo de treinamento e um grupo controle sem contato. O grupo experimental recebeu o treinamento por um período de 5-6 semanas, sendo 25 minutos cada sessão. Uma característica importante da intervenção de Klingberg *et al.* (2002) recai no fato de ser adaptativa, ou seja, o nível de dificuldade das tarefas aumentava de acordo com a melhora do desempenho do participante. Os autores utilizaram três tarefas simples de memória de trabalho (*span* visuo-espacial, dígitos inverso e *span* de letras) e uma tarefa de tempo de reação. O teste Matrizes Progressivas de Raven – Escala Colorida foi utilizado como medida cognitiva no pré-teste e pós-teste. As crianças participantes do grupo de treinamento apresentaram ganhos significativos no desempenho no teste Raven comparando o pré-teste com o pós-teste. Em um segundo experimento, Klingberg *et al.* (2002) treinaram quatro adultos jovens (idades entre 23 e 29 anos) saudáveis utilizando o mesmo regime de treinamento. A única diferença foi que os adultos realizaram o teste Matrizes Progressivas de Raven – Escala Avançada no pré-

teste e pós-teste e não foi utilizado um grupo de controle. Resultados semelhantes foram encontrados, ou seja, aumento do desempenho intelectual após o treinamento. Deve-se ressaltar que a generalização de tais achados é limitada, haja vista o reduzido tamanho amostral em ambos os experimentos.

Klingberg *et al.* (2005) tentou estender os achados anteriores a uma amostra maior (44 crianças com TDAH e idade média de dez anos, sendo 20 do grupo experimental e 24 do controle), utilizando um programa de treinamento comercialmente disponível – o RoboMemo[®] (Cogmed Cognitive Medical Systems AB)⁴. Os autores realizaram, ainda, um segundo pós-teste três meses após o término do treino. Tanto no pós-teste imediato quanto no segundo pós-teste, os resultados encontrados replicam o dos estudos anteriores, isto é, o grupo de treinamento apresentando melhor desempenho no teste Raven do que o controle. Em um novo estudo com pré-escolares saudáveis, o grupo de Klingberg (Thorell, Lindqvist, Bergman, Bohlin, & Klingberg, 2009) usou o mesmo protocolo de treinamento empregado no estudo de 2005, mas não foram observadas melhoras no desempenho do grupo de treinamento comparado ao controle na Escala Wechsler de Inteligência para Pré-escolares. Similarmente, Holmes, Gathercole e Dunning (2009) não conseguiram replicar as melhoras cognitivas em crianças com MT reduzida usando o mesmo programa de treinamento proposto por Klingberg *et al.* (2002).

Jaeggi, Buschkuhl, Jonides e Perrig (2008) demonstraram a efetividade do treinamento em memória de trabalho no aumento da inteligência fluida de adultos universitários. Setenta universitários saudáveis (M= 25,6 anos, DP = 3,3 anos) foram divididas em um grupo de intervenção e um grupo controle sem contato. O teste Matrizes Progressivas de Raven – Escala Avançada ou o Teste de Matrizes de

⁴ <http://www.cogmed.com/>

Bochumer (BOMAT) foi utilizado para avaliar os ganhos em Gf . O grupo de intervenção foi subdividido em quatro de acordo com o número de sessões de treinamento (oito, doze, dezessete e dezenove dias). Cada sessão teve duração de 25 minutos e a tarefa de MT utilizada foi a *n-back*. Nessa tarefa, são apresentadas ao participante, fileiras de estímulo uma após a outra. Em cada apresentação em que o estímulo atual é o mesmo que foi apresentado n tentativas anteriores, o participante é solicitado a apertar um botão. Os autores utilizaram a versão dual para o estudo, na qual os participantes precisam desempenhar a tarefa simultaneamente em duas modalidades sensoriais (visual e auditiva). Os resultados encontrados mostraram que tanto o grupo controle quanto o experimental aumentaram seus escores no teste de inteligência, contudo o aumento para o grupo experimental foi significativamente maior do que para o controle ($d = 0,65$ e $d = 0,25$, respectivamente). Ademais, diferenças significativas foram encontradas entre os grupos de treinamento de acordo com o número de sessões de treinamento. De acordo com Buschkuehl e Jaeggi (2010), o mesmo grupo de pesquisadores mostrou que a tarefa *n-back* é tão efetiva quanto a *dual n-back* em promover melhor desempenho intelectual. O método dessa nova pesquisa foi similar ao empregado por Jaeggi *et al.* (2008).

Apesar dos resultados positivos encontrados nos estudos relatados, Moddy (2009) recomenda cautela ao interpretar os mesmos destacando que o trabalho sofre de alguns problemas metodológicos. Por exemplo, Moddy (2009) destaca que apenas um dos grupos de treinamento foi testado com o teste Raven, os outros três foram testados usando o teste BOMAT. Embora os testes sejam similares, Jaeggi *et al.* (2008) não oferece razão para a mudança de instrumento entre os grupos. Além disso, Moody (2009) destaca que os itens tanto do Raven quanto do BOMAT são organizados em ordem crescente de dificuldade (com os itens mais difíceis ao final do teste) e que, usualmente, o sujeito tem cerca de 50 minutos para realizar os testes. Contudo, nos

estudos acima relatados, os pesquisadores deram apenas 10 minutos para os participantes terminarem o BOMAT, significando que os mesmos não tiveram oportunidade de realizar os itens mais difíceis do teste. Segundo Moody (2009), a restrição de tempo colocada no teste alterou a finalidade do instrumento e, portanto, comprometeu a validade interna do estudo.

Na tentativa de verificar a pertinência das críticas sugeridas por Moody (2009), Colom *et al.* (2010) realizaram estudo semelhante ao de Jaeggi *et al.* (2008). Duzentos e oitenta e oito participantes (82% de mulheres, com idade média = 20,1 anos e DP = 3,4 anos) completaram três semanas de treinamento cognitivo. A capacidade cognitiva de todos os participantes foi avaliada com as Matrizes Progressivas de Raven- Escala Avançada e com os subtestes de raciocínio abstrato, verbal e relações espaciais da Bateria Diferencial de Aptidões (DAT) no pré-teste e no pós-teste, os quais foram aplicados sem limite de tempo. A amostra foi dividida, então, em dois grupos: 173 participantes realizaram o treinamento com tarefas de memória de curto-prazo e MT, enquanto 115 participantes realizaram tarefas de velocidade de processamento e atenção. Os principais resultados do estudo revelam aumento dos escores nos testes de inteligência do pré-teste para o pós-teste (mais de um desvio-padrão, em média), resultado semelhante ao encontrado por Jaeggi *et al.* (2008). Entretanto, não houve diferença nos ganhos alcançados entre o grupo que realizou treinamento em MT e aquele que fez somente tarefas de velocidade de processamento e atencionais. Segundo Colom *et al.* (2010), esse resultado indica que os treinamentos de memória de trabalho não são únicos em produzir alterações na inteligência.

Já Alloway e Alloway (2009) utilizam o treinamento em MT para promover melhoras na inteligência cristalizada. Quinze crianças (M = 12,9 anos e DP = 0,4 anos) com dificuldades de aprendizagem realizaram medidas de conhecimento geral

(vocabulário e operações matemáticas) no pré-teste e pós-teste. Oito crianças foram submetidas ao treinamento de MT usando o programa de treinamento *Jungle Memory*, desenvolvido pelos próprios autores, que consta de tarefas verbais e visuo-espaciais. O grupo controle participou de atividades de aprendizagem dirigida. Relativo ao grupo controle, o grupo de treinamento teve altos escores nas medidas de conhecimento geral após oito semanas de treinamento (diferença entre os grupos foi de 10 pontos de QI, $p < 0,05$). Chein e Morrison (2010), por outro lado, não encontraram aumento do desempenho no teste Raven Avançado e em outros testes de raciocínio em adultos jovens após treinamento em MT. O treinamento constou de duas tarefas de MT (uma verbal e outra visuo-espacial) e teve duração de quatro semanas.

Os estudos mais recentes com amostras clínicas apontam para o sucesso dos programas de treinamento cognitivo utilizando memória de trabalho. Shiran e Breznitz (2011) realizaram treinamento cognitivo em uma amostra de 91 estudantes universitários de Israel, sendo 41 deles disléxicos (grupo experimental) e 50 leitores normais (grupo controle). Testes de memória de trabalho, fluência verbal e leitura foram utilizados como medidas de pré-teste e pós-teste. Para o treinamento, foram utilizadas tarefas simples de memória de trabalho visuo-espacial, auditiva não-verbal e verbal visual. O programa de treinamento consistiu de 24 sessões de 15 minutos distribuídas em seis semanas. Os resultados encontrados indicam que o grupo experimental (tanto disléxico quanto o grupo sem problemas de leitura) se beneficiou do treinamento apresentando pontuações significativamente mais altas em todas as medidas de pós-teste quando comparados aos controles. Faz-se importante destacar que esse estudo não verificou se o ganho em memória de trabalho e leitura promoveu mudanças cognitivas nos participantes.

Já o estudo conduzido por Beck, Hanson, Puffenberger, Benninger e Benninger (2010) avaliou a eficácia de um programa de treinamento intensivo de memória de trabalho para 52 crianças e adolescentes (idades entre sete e 17 anos) com TDAH. O treinamento em MT consistiu de 25 sessões, de 30 a 40 minutos, distribuídas em seis semanas e realizadas em casa com a supervisão dos pais. A avaliação de pós-teste foi realizada quatro meses após o final da intervenção. Os exercícios incluíam tarefas de MT verbal e visuo-espacial. Foram utilizadas testes de desatenção, entrevistas estruturadas e de memória de trabalho como medidas de pré-teste e pós-teste. Os resultados encontrados indicam que 48,1% das crianças do grupo que recebeu o treinamento apresentaram mudanças clinicamente significativas, com a redução dos sintomas de desatenção, hiperatividade e comportamento desafiador. Ainda, o grupo experimental apresentou desempenho superior ao controle em todas as medidas de memória de trabalho (organização, metacognição, planejamento, iniciativa dentre outras) no pós-teste, sendo que as magnitudes do efeito variaram de 0,20 a 0,92. Também trabalhando com treinamento de memória de trabalho em crianças com TDAH. Prins, Dovis, Ponsioen, Brink e van der Oord (2011) objetivaram verificar os benefícios de se incluir elementos de videogame em programas clássicos de treinamento. Para tanto, participaram do estudo 51 crianças com TDAH com idades entre sete e 12 anos que foram aleatoriamente designadas a um dos dois programas de treinamento – MT no formato de videogame (contando uma história em que a criança deveria resolver o problema proposto para salvar o mundo de um grupo de robôs diabólicos) e MT no formato clássico (utilizado por Klingberg *et al.*, 2002 e já mencionado neste tópico). As sessões de treinamento aconteciam uma vez por semana por três semanas consecutivas. As análises realizadas mostraram que o desempenho de memória de trabalho aumentou significativamente para as crianças do grupo de

videogame do pré-teste para o pós-teste ($t=3,075$, $p<0,01$), enquanto nenhuma mudança significativa foi encontrada para o grupo de treinamento clássico ($t=1,072$, $p=0,29$).

No caso de estudos recentes com amostra não clínicas, Jaeggi, Buschkuhl, Jonides e Shah (2011) objetivaram verificar os benefícios a curto e longo-prazo do treinamento em MT para setenta e seis crianças, as quais foram divididas em grupo experimental (idade média de 9,12 anos) e controle (idade média de 8,83 anos). As crianças do GE foram treinadas em sessões de 15 minutos, cinco dias por semana, durante um mês. A tarefa utilizada para treinamento foi uma variante da tarefa *n-back* visuo-espacial adaptada para uso em crianças com formato de videogame. As crianças do GC foram treinadas em tarefas de vocabulário e conhecimento com o mesmo protocolo adotado para GE. Foram utilizados os testes Matrizes Progressivas de Raven – Escala Colorida e o Teste Não verbal de Inteligência (TONI) como medidas de pré-teste e pós-teste. Os resultados encontrados apontam para a existência de diferenças significativas entre GE e GC nas medidas de inteligência tanto no pós-teste imediato ($d=0,55$) quanto no pós-teste realizado três meses após o final do treino ($d=0,32$). Contudo, os autores ressaltam que apenas aquelas crianças que melhoraram consideravelmente seu desempenho ao longo das sessões de treinamento apresentaram melhora nas medidas de inteligência fluida.

Em geral, os resultados apresentados nesse tópico são mistos. A maior parte dos estudos mostrou resultados favoráveis à intervenção utilizando a MT. Contudo, alguns estudos fracassaram em encontrar resultados semelhantes. Shipstead *et al.* (2010) acrescentam que os estudos que utilizam a MT como veículo de mudança intelectual são, ainda, recentes e carecem, portanto, de cuidados metodológicos adequados. Esses autores destacam, por exemplo, a necessidade de se utilizar uma bateria de testes de

inteligência, ao invés de um instrumento único, para se verificar a melhora após treinamento. Segundo os autores, medidas únicas não conseguem capturar construtos mentais complexos como a inteligência. Apesar dos problemas metodológicos, Shipstead *et al.* (2010) apontam a MT como a estratégia de intervenção mais promissora encontrada nos últimos anos.

2.3.3 Outras Intervenções

Rueda, Rothbart, McCandliss, Saccomanno e Posner (2005) testaram o impacto de treinamento de atenção sobre a inteligência de crianças pequenas. O paradigma utilizado consistiu em uma série de nove (experimento 1) ou dez (experimentos 2 e 3) tarefas diferentes de atenção executiva que foram apresentadas em formato de jogo de vídeo-game. Cada tarefa possuía diferentes níveis de dificuldade e eram adaptativas ao desempenho do participante. Vinte e quatro crianças de quatro anos e 12 crianças com seis anos de idade foram treinadas. As sessões de treinamento tiveram duração de três semanas. O teste de inteligência de Kaufman foi utilizado antes e após a intervenção. Os autores relatam diferenças significativas entre o grupo treinado e o controle apenas para as crianças de quatro anos. Os autores argumentam que o mesmo resultado não foi encontrado para as crianças de seis anos, porque não houve variabilidade no desempenho das tarefas usadas para treino para as crianças dessa idade.

O impacto do método ábaco (aritmética mental) sobre a inteligência foi investigado por Irwing, Hamza, Khaleefa e Lynn (2008) em crianças sudanesas com idades entre sete e 11 anos. Todos os participantes (n = 3.185) realizaram o teste Matrizes Progressivas de Raven – Escala Geral antes e após o treino. O grupo experimental (n=1.348) foi submetido a um programa intenso de 2 horas por dia durante 34 semanas. O grupo controle não teve qualquer tipo de contato com os pesquisadores.

Controlando os efeitos de prática, o grupo experimental teve um ganho significativo de sete pontos de QI atribuíveis ao treino.

Schellenberg (2004) investigou o impacto de lições de música no QI total das Escalas Wechsler de Inteligência para Crianças – Terceira Edição (WISC-III). O autor defende que as experiências relacionadas ao treinamento musical (atenção concentrada e memorização) devem possuir um impacto positiva na capacidade cognitiva geral. Para testar essa hipótese, um total de 144 crianças de seis anos de idade, em média, foi selecionado aleatoriamente para um dos quatro grupos, a saber: aulas de teclado, aulas de voz, aulas de teatro e controle sem aulas. As aulas foram ministradas durante 36 semanas. Schellenberg (2004) agrupou os grupos de teclado e voz em um grupo chamado treinamento musical e os outros dois grupos sem treinamento. A média de aumento do desempenho no WISC-III para o grupo experimental foi de sete pontos de QI, enquanto para o grupo controle de apenas quatro pontos de QI.

Hager e Hasselhorn (1998) avaliaram a efetividade de um programa de treinamento cognitivo para crianças, desenvolvido na Alemanha, cujo objetivo é ensinar às crianças estratégias que aumentariam a sua capacidade de raciocínio indutivo. Neste programa são utilizadas 120 tarefas representando seis tipos básicos de procedimentos para processamento de informação: generalização, discriminação, classificação cruzada, reconhecimento de relações, diferenciação de relações e construção de sistemas. O treinamento é, geralmente, distribuído em 10 sessões de 20 minutos cada. As crianças começam trabalhando com materiais concretos nas sessões iniciais, passando para níveis abstratos de raciocínio à medida que avançam. Em meta-análise, os autores demonstraram que o programa é efetivo na melhora da capacidade fluida de crianças de diferentes idades, com magnitudes do efeito de aproximadamente meio desvio-padrão.

Tomic e Klauer (1996) avaliaram os resultados da aplicação do mesmo programa de treino de raciocínio indutivo, em crianças holandesas e alemãs, com idade média de sete anos, para o aumento da inteligência fluida. Os resultados mostraram um aumento da inteligência fluida, em torno de quatro pontos, durante o programa e nove meses após o término do mesmo. Contudo, as crianças não conseguiram transferir os ganhos cognitivos atingidos para melhorar o seu desempenho em conteúdos matemáticos. Klauer, Willmes e Phye (2002) também apresentam evidências de que o treino do raciocínio indutivo pode aumentar o desempenho intelectual de crianças em testes de inteligência fluida, mas que os ganhos não se estendem a medidas de inteligência cristalizada. Mackey, Hill, Stone e Bunge (2011) investigaram o efeito diferencial de programas de treinamento de raciocínio e velocidade de processamento para crianças de sete a 10 anos de idade. Dezesete crianças realizaram o treino em raciocínio (jogos em formato computadorizado e não computadorizado) e onze realizaram treino em velocidade (jogos em formato computadorizado e não computadorizado), por um período de oito semanas com sessões de 75 minutos de duração. Os resultados encontrados indicaram que o treinamento em raciocínio resultou em melhor desempenho no pós-teste apenas nos testes de inteligência (TONI) e na tarefa de memória de trabalho visuo-espacial, ao passo que o treino em velocidade resultou em melhor desempenho apenas para os testes de velocidade (por ex.: o subteste de Código da bateria WISC-III), mas não nas medidas de inteligência e memória de trabalho. O trabalho de Nutley *et al.* (2011) apresentaram evidências a favor de ganhos em inteligência fluida após treinamento de raciocínio não-verbal para crianças de quatro anos. Cento e doze crianças foram aleatoriamente designadas a quatro condições de treinamento: a) memória de trabalho (tarefas visuo-espaciais); b) raciocínio não verbal (completar sequencia, identificar padrão e categorização); c) memória de trabalho mais

raciocínio não-verbal e um grupo controle. Os resultados encontrados indicam que nenhum dos tipos de treinamento resultou em melhor desempenho no pós-teste para o escore total no teste Raven- Escala Colorida. Contudo, o grupo treinado em raciocínio não verbal obteve melhor desempenho do que os demais na série B do teste Raven (que consiste basicamente de itens de raciocínio analógico) e no teste de Cubos do WISC-III. Já o grupo treinado em memória de trabalho obteve melhor desempenho nas medidas de memória de trabalho visuo-espacial no pós-teste. O grupo que recebeu treino combinado apenas obteve melhor desempenho do que os demais na variável latente extraída através de análise fatorial de todos os testes utilizados como medidas para mensuração do ganho. Os autores concluem que, apesar dos ganhos observados após o treinamento, os ganhos conquistados em uma função cognitiva não se transferiram para as demais.

No contexto brasileiro, há poucos estudos sobre a temática. Alencar e Nascimento (1977) propuseram-se a investigar os efeitos de um programa educacional para escolares com privação cultural (famílias de baixo nível socioeconômico). A amostra consistiu de crianças de seis anos, sendo seis do grupo experimental (3 meninos e 3 meninas), sem informações sobre a quantidade de crianças do grupo controle. O programa era ministrado pelas próprias professoras da escola durante 4 horas por dia e era composto de tarefas de linguagem, percepto-motricidade e criatividade, além de aquisição de hábitos sociais. Tanto as crianças do GE quanto do GC foram submetidas periodicamente a testes de inteligência (WISC, Desenho da Figura Humana de Goodenough e Colúmbia) e criatividade. Os resultados mostraram que as crianças abrangidas pelo programa revelaram-se superiores às demais, em inteligência. Contudo, destacam-se alguns problemas metodológicos nesse estudo, a saber: 1) a avaliação inicial de inteligência se deu dois meses após o início do programa, ou seja, não se pode afirmar se os ganhos observados foram decorrentes do programa ministrado ou

resultantes de diferenças cognitivas já existentes entre as crianças; e 2) os testes utilizados como medida de pré-teste e pós-teste não possuíam normas para o Brasil. Já Macedo, Andreucci e Montell (2004) investigaram o resultado de intervenções psicopedagógicas (método piagetiano) no desempenho intelectual e em algumas funções cognitivas específicas em crianças provenientes de famílias de baixa renda, expostas a fatores pessoais e sociais adversos, como desnutrição, estresse familiar, ambiente doméstico e de estimulação empobrecidos. Foram examinadas 63 crianças (idades entre 6 e 11 anos), alunas de escolas gratuitas e em regime de semi-internato que recebem crianças consideradas sob risco pessoal e social. Quarenta e três crianças receberam atividades que objetivam ativação cognitiva, durante período mínimo de um ano. As técnicas da ativação escolhidas foram: método de aprendizagem ativa, com base em Piaget e método de ativação cognitiva para, através de exercícios psicomotores, desenvolver os pré-requisitos para aprendizagem e prevenção de dificuldades escolares. Os testes Raven, Bender e Desenho da Figura Humana foram utilizados para avaliar o impacto da intervenção. Não foram observadas diferenças entre os dois grupos em relação às funções cognitivas após a intervenção. Os autores ressaltam que tais resultados podem dever-se a que a recuperação de crianças com as dificuldades descritas é difícil e demorada.

2.3.4 Critérios Mínimos para se considerar o treinamento cognitivo bem-sucedido

Apesar de resultados muitas vezes contraditórios, as pesquisas discutidas nos tópicos acima acenam, em geral, para a possibilidade de modificação da inteligência através de treinamento utilizando estratégias diversas. Algumas dessas estratégias, tais como a utilização de tarefas de MT, parecem ser mais efetivas e replicáveis do que outras (Buschkuehl e Jaeggi, 2010). Entretanto, conforme ressalta Shipstead *et al.*

(2010) muitos desses estudos apresentam falhas que minimizam a validade dos resultados encontrados.

Em primeiro lugar, o uso repetido de uma mesma medida de inteligência no mesmo estudo não é indicado, já que a prática nos mesmos itens diminui consideravelmente a sensibilidade para avaliar os processos intelectuais (te Nijenhuis, van Vianen, & van der Flier, 2007). Outro questão frequente que se coloca é a inclusão de grupos controle sem contato com o pesquisador (Buschkuehl & Jaeggi, 2010). Embora a inclusão de um grupo controle seja apropriada para controlar efeitos de teste-reteste e para assegurar que a intervenção investigada funciona de fato, a utilização de grupo controle ativo é desejável. Isso porque uma vez que os grupos controle sem contato interagem apenas com os experimentadores antes e após a intervenção, o uso desse tipo de grupo não possibilita o controle de fatores inespecíficos relativos à história dos participantes, inclusive relacionados à interação prolongada com os pesquisadores e a aspectos motivacionais.

Shipstead *et al.* (2010) também destaca a questão da utilização de uma única medida de inteligência para se verificar os ganhos alcançados. Embora seja importante afirmar que uma dada intervenção causou o aumento dos escores no teste, o objetivo verdadeiro de uma intervenção não é a mudança nos escores de um teste e sim mudar as capacidades cognitivas do indivíduo. Portanto, o pesquisador precisa certificar-se que as mudanças observadas nos escores do teste refletem mudanças genuínas no construto desejado. Assim, segundo Shipstead *et al.* (2010), para que os resultados alcancem generalização o uso de múltiplos testes é critério necessário. Mesmo que o pesquisador não consiga extrair escores fatoriais, a combinação dos resultados de vários testes em um escore único pode ajudar a minimizar as mudanças específicas nas tarefas e levar a resultados mais robustos.

Com relação às tarefas usadas para treinamento, especificamente falando dos treinamentos envolvendo a MT, Barnett e Ceci (2002) fazem uma advertência para os pesquisadores: a necessidade de clarificar o significado do termo transferência do aprendizado para outras tarefas e situações. Os autores destacam que a questão da transferência tem implicações práticas importantes, na medida em que todo o sistema educacional (obrigatório ou especializado) se baseia na ideia de transferência da aprendizagem para outras situações e contextos fora do contexto de origem. Como consequência, grande parte do investimento humano e financeiro na educação se justifica pelo fato do conhecimento poder ser transferido para situações além daquelas em que se deu aprendizagem. Se os críticos estão corretos em afirmar que a transferência não é um processo factível, então todo o investimento na educação deve ser repensado. Nesse sentido, Barnett e Ceci (2002) enfatizam a importância de esclarecer as definições operacionais do termo transferência. Haveria dois tipos gerais de transferência, a saber: a de curto (*near transfer*) e a de longo alcance (*far-transfer*). A primeira se refere ao aumento do desempenho em tarefas que são extremamente semelhantes às aquelas nas quais o treinamento se deu. Exemplo disso seria a melhora do desempenho em tarefas de MT seguidas por treinamento em tarefas de MCP. Esse tipo de transferência é o mais comum e também o mais fácil de ser alcançado via treinamento. O segundo tipo está relacionado à melhora do desempenho em tarefas que não possuem a mesma natureza ou aparência das tarefas nas quais o participante foi treinado. O melhor desempenho em medidas de inteligência fluida seguido ao treinamento em MT seria um exemplo. A suposição para a transferência de longo alcance ocorrer é que as duas tarefas devem compartilhar processos subjacentes. Esse é o tipo desejável de transferência e aquele que produz mudanças cognitivas significativas. Ademais, Buschkuehl e Jaeggi (2010) propõem que um programa de

treinamento bem-sucedido deve incluir tarefas que preencham os seguintes critérios: (1) minimização do desenvolvimento de estratégias específicas para aquela tarefa; (2) adaptabilidade das tarefas, se adequando o desempenho do participante ao prevenir demandas excessivas ou automatização; e (3) complexidade suficiente para treinar vários processos simultaneamente.

Finalmente, não se sabe ainda como e porque tais intervenções funcionam. Passos importantes têm sido dados na direção de esclarecer essa questão em pesquisas, tais como aquela realizada por Dahlin, Neely, Larsson, Backman e Nyberg (2008), na qual mostram que o treinamento cognitivo leva a melhoras nas capacidades não treinadas apenas se as duas capacidades ativam regiões cerebrais semelhantes. Esse aspecto será discutido em maiores detalhes posteriormente.

Concluindo, apesar dos avanços concernentes à melhora da inteligência via treinamento, certos aspectos metodológicos ainda necessitam ser mais bem estudados. Conforme ressaltam Buschkuehl e Jaeggi (2010) e Shipstead *et al.* (2010), o treinamento ideal deveria incorporar as seguintes características: (1) tamanho amostral significativo; (2) aleatorização dos participantes para os grupos de pesquisa, com o intuito de minimizar os problemas de validade interna do estudo; (3) grupo controle ativo que engaje em atividades durante o período de treino, embora diferentes daquelas realizadas pelo grupo experimental; (4) seleção cuidadosa de múltiplos testes de inteligência para o pré-teste e o pós-teste; (5) avaliação dos efeitos de longo prazo em todos os grupos, não apenas no grupo experimental; (6) utilização de tarefas complexas de MT, quando essa é o veículo da mudança esperada; e finalmente (7) avaliação da transferência de longo alcance.

2.4. Evidências Neurobiológicas da Inteligência

Conforme mencionado do tópico 2.1, uma das formas para se estudar a inteligência é abordá-la em seus aspectos biológicos (Andrés-Puyeo, 2006). Pode-se considerar que os primeiros trabalhos desde a perspectiva biológica da inteligência datam de mais de dois séculos atrás, quando foram feitas inúmeras tentativas de se localizar as funções cognitivas superiores no cérebro (Jung & Haier, 2007).

Mais recentemente, Gray e Thompson (2004) enfatizaram que há dois principais enfoques para as investigações neurobiológicas da inteligência – os estudos da genética comportamental e molecular e os estudos que focam a estrutura e a fisiologia do cérebro humano. Os primeiros objetivam verificar se as diferenças interindividuais e intergrupais na inteligência acompanham as variações genéticas. Nesse caso, através de estudos de adoção e de gêmeos foi possível descobrir, por exemplo, que há uma forte herdabilidade genética para as diferenças individuais em inteligência, algo em torno de 40 a 60% (Chipuer, Rovine, & Plomin, 1990; Devlin, Daniels, & Roeder, 1997). A genética molecular se ocupa, por outro lado, por identificar os genes que estão associados à função intelectual. Não obstante alguns resultados de estudos apontem para alguns polimorfismos de genes específicos ligados as variações intelectuais, tais resultados são ainda difíceis de serem replicados (Gray & Thompson, 2004).

No que concerne à relação entre estrutura e fisiologia cerebral e inteligência, as modernas tecnologias de neuroimagem (*PET*, *fMRI*) e o eletroencefalograma (EEG) vêm possibilitando compreensões importantes. Os primeiros estudos focaram em corroborar as concepções antropológicas e arqueológicas de que cérebros maiores seriam capazes de armazenar e processar maior quantidade de informação (Jung & Haier, 2007). Em meta-análise realizada recentemente, McDaniel (2005) demonstra que

as correlações entre o volume cerebral total e medidas psicométricas da inteligência, embora moderadas ($r = 0,33$) são consistentes. Toga e Thompson (2005) apontam que diversas pesquisas sucessivas mostram que os fatores genéticos são, também, em grande parte, responsáveis pelas diferenças individuais no volume de substância cerebral branca (88%) e cinzenta (82%).

As investigações realizadas visam também verificar como a inteligência se relaciona ao funcionamento cerebral. Embora os resultados dos estudos não sejam conclusivos, sabe-se que áreas dos córtices frontal, parietal e temporal são ativadas em diferentes tarefas cognitivas (Gray & Thompson, 2004; Olesen, Macoveanu, Tegne, & Klingberg, 2007). Na tentativa de identificar uma rede neuronal responsável pelo desempenho em tarefas de inteligência e oferecer uma explicação mais sólida de como o cérebro produziria o comportamento inteligente, Jung e Haier (2007) propõe a Teoria da Integração Parieto-Frontal. Segundo os autores, não haveria no cérebro um centro da inteligência, sendo a mesma resultante do funcionamento de uma rede neuronal que está distribuída entre os córtices parietal e frontal. Confirmando essa teoria, Haier *et al.* (2009) apresentam evidências, em estudo feito com universitários, de que diferentes etapas do processamento cognitivo se dão ao longo de todo o córtex cerebral. Assim, pois, a resolução de problemas, a avaliação e o teste de hipóteses aconteceria nos lobos frontais, a inibição de respostas alternativas ocorreria no cíngulo anterior e o processamento de símbolos abstratos e regras seria de responsabilidade do córtex parietal. Ademais, uma grande quantidade de estudos tem apontado para o fato de que os cérebros de pessoas mais e menos inteligentes não funcionam da mesma maneira. Haier, Siegel, Tang, Abel e (1992) observaram uma relação inversa entre o consumo cerebral de glicose durante a realização de um teste de inteligência (Matrizes Progressivas de Raven – Escala Avançada) e os escores obtidos nesse mesmo teste.

Com base nesse achado, Haier *et al.* (1992) introduzem o conceito da eficiência neuronal (EN) para explicar as diferenças individuais na capacidade cognitiva humana ao afirmar que a inteligência seria função de quão eficientemente o cérebro humano processa informações. A hipótese da eficiência neuronal e outros mecanismos subjacentes à cognição humana vêm sendo sistematicamente estudados através da quantificação da atividade elétrica cerebral ou eletroencefalografia.

Desde a descoberta do EEG humano, em 1929, um número significativo de estudos tem buscado verificar a relação entre a atividade elétrica cerebral e a inteligência psicométrica. (Duffy, Iyer, & Surwillo, 1999). Os parâmetros de EEG utilizados para associação à inteligência variam enormemente de uma investigação para outra. Por exemplo, em alguns estudos, realizados principalmente com adultos de diferentes níveis intelectuais, associações negativas entre a inteligência, avaliada por testes psicométricos, e a latência de cada pico de onda foram encontradas, indicando que pessoas com QI mais elevado respondem mais rapidamente ao estímulo apresentado (Ertl & Schafer, 1969). Observa-se, não obstante, a recorrência de estudos visando relacionar a potência de diferentes bandas do EEG, especialmente as banda alfa (8 a 13 Hz) e teta (4 a 8 Hz), aos processos cognitivos e de memória (Klimesch, 1999). No caso de alfa, a atividade rítmica é normalmente registrada no indivíduo em vigília. A atividade elétrica na banda teta é vista normalmente na sonolência, mas também pode ser encontrada durante a vigília (Duffy *et al.*, 1999). Tais estudos se utilizam basicamente da metodologia de sincronização/dessincronização relacionada a evento (ERS/ERD), na qual as oscilações na potência das bandas do EEG durante o repouso ou estado de referência são contrastadas com um período de realização de atividade cognitiva. Quando a potência aumenta do repouso para o teste diz-se que houve sincronização relacionada a evento, ao passo que quando diminui houve

dessincronização relacionada a evento. Fisiologicamente, a magnitude da dessincronização reflete a quantidade de populações neuronais envolvidas no desempenho de uma tarefa específica num dado momento, embora haja variações na resposta neuronal para todas as bandas de frequência, por exemplo, quando há o aumento da demanda cognitiva (por exemplo, de um período de repouso para um período de atividade) teta sincroniza e alfa dessincroniza (Klimesch, 1999; Pfurtscheller, Stancák Jr, & Neuper, 1996).

O fenômeno da dessincronização da banda alfa tem sido extensivamente estudado como um correlato eletrofisiológico das diferenças individuais em inteligência (Neubauer & Fink, 2009a). Acredita-se que haja uma relação negativa entre inteligência e ativação cortical, com os indivíduos mais inteligentes necessitando utilizar menos recursos (consumo de energia) para lidar com as demandas cognitivas colocadas. Esse fenômeno foi chamado por Haier *et al.* (1992) de eficiência neuronal (EN). De forma geral, as pesquisas na área apontam para uma mesma direção – uma relação inversa entre a inteligência psicométrica e a ativação cortical durante o desempenho em tarefas cognitivas elementares, tarefas de memória de trabalho e resolução de problemas. Indivíduos com alta inteligência apresentam significativamente menor dessincronização (menor ativação cortical) na banda alfa quando comparados aos de menor QI (Grabner, Fink, Stipacek, Neuper, & Neubauer, 2004; Jausovec, 1996; Klimesch, Doppelmayr, Pachinger, & Russegger, 1997). Esses resultados confirmam as evidências recentes sobre a existência de uma associação positiva entre inteligência e eficiência neuronal (Neubauer & Fink, 2009a). Contudo, os estudos encontrados ressaltam a presença de variáveis moderadoras da relação entre inteligência e ativação cortical, tais como o sexo, a complexidade da tarefa e a topografia cerebral.

Com relação ao sexo como variável moderadora entre a atividade cortical e capacidade cognitiva, os estudos fornecem evidência consistente de eficiência neuronal apenas para os homens, enquanto que para as mulheres os resultados encontrados são nulos ou na direção oposta - associação positiva entre inteligência e ativação cortical (Fink & Neubauer, 2006; Jausovec & Jausovec, 2005; Neubauer, Grabner, Fink, & Neuper, 2005; Neubauer & Fink, 2003; Neubauer, Fink, & Schrausser, 2002). Neubauer *et al.* (2002, 2005) e Fink e Neubauer (2006) mostraram, por outro lado, que o sexo parece interagir com o conteúdo das tarefas e o domínio de habilidade avaliada na determinação dos resultados. Assim, pois, esses autores encontraram suporte para a hipótese da eficiência neuronal (isto é, negativa associação entre inteligência e ativação cerebral) para os homens predominantemente quando estão desempenhando tarefas de conteúdo visuo-espacial e para as mulheres apenas quando realizam tarefas verbais. Isso significa que mesmo os homens com alto QI necessitam realizar maior esforço mental para lidar com conteúdo verbal com o qual não possuem facilidade; ao passo que mesmo as mulheres com alto QI precisam de elevado esforço mental para realizar tarefas visuo-espaciais. Esses resultados vão ao encontro de estudos que frequentemente veem relatando diferenças de sexo em habilidades cognitivas específicas (Codorniu-Raga & Vigil-Colet, 2003; Halpern, 1997), com os homens apresentando melhor desempenho em tarefas visuo-espaciais e numéricas e as mulheres desempenho superior em tarefas verbais.

O grau de complexidade da tarefa e a dificuldade dos seus itens parecem também ser um moderador para a corroboração da hipótese da EN. Neubauer e Fink (2003) não encontraram suporte diferencial para a hipótese da EN quando compararam cinco diferentes níveis de complexidade da mesma tarefa. Por outro lado, Grabner, Neubauer e Stern (2006), ao estudarem a EN em jogadores de xadrez experientes,

neófitos e não jogadores, mostraram que as versões das tarefas de memória e raciocínio cujos conteúdos giraram em torno das peças do jogo de xadrez exigiram menos esforço para os jogadores experientes do que as versões neutras das mesmas tarefas (16.83% ERD versus 20.89% ERD, respectivamente). Já Doppelmayer *et al.* (2005) coletaram o EEG durante a realização do teste das Matrizes Progressivas de Raven, dividido em itens fáceis e difíceis. Os autores encontraram que para a banda alfa superior (10-13 Hz), os sujeitos mais inteligentes exibiram ERD mais elevadas para os itens mais difíceis (quando comparados aos fáceis), enquanto que os sujeitos menos inteligentes apresentaram padrão oposto. Em geral, as evidências parecem mostrar que a capacidade cognitiva dos sujeitos mais inteligentes não é bem avaliada por tarefas de baixa complexidade, mas pelas de alta. Os indivíduos mais inteligentes parecem ser capazes de elevar a excitabilidade neuronal (esforço cognitivo) para resolver os itens mais difíceis, enquanto que os de menor inteligência diminuem a sua atividade cortical, uma vez que sabem que o aumento do esforço não vai ser capaz de ajudá-los a resolver as tarefas mais complexas. Os estudos desenvolvidos por Grabner, Stern e Neubauer (2003) e Neubauer, Freudenthaler e Pfurtscheller (1995) apoiam a hipótese anterior ao mostrarem que as diferenças na dessincronização/ sincronização entre indivíduos com alta e baixa inteligência praticamente desaparecem quando tarefas familiares (isto é, que demandam menos esforço cognitivo) são usadas. Além disso, alguns autores têm sugerido que o nível de escolaridade também influencia a EN. Micheloyannis *et al.* (2006) demonstraram que universitários (18,3 anos de escolaridade) respondem mais eficientemente (com menor ativação de redes neuronais) em tarefas simples quando comparados a indivíduos com educação secundária (11,3 anos de escolaridade).

No que se refere à topografia de distribuição dos padrões de ativação no córtex cerebral, as pesquisas encontradas mostram que a EN não se dá de maneira semelhante

para todo o cérebro. Um dos principais resultados encontrados por Jausovec e Jausovec (2004), utilizando duas tarefas de memória de trabalho, foi que para a banda alfa superior (10-13 Hz), os participantes com baixo QI mostraram maior ativação das regiões frontais, enquanto os participantes com alto QI apresentaram maior ativação para as regiões parieto-occipitais. Uma possível explicação poderia estar relacionada à automatização dos processos cognitivos. As regiões frontais são utilizadas quando a tarefa exige desenvolvimento de novas estratégias, planejamento e monitoramento. Ao passo que as regiões parietais e posteriores estão envolvidas na recuperação automática de informação previamente existente e conteúdos espaciais (Cabeza & Nyberg, 2000; Preusse, van der Meer, Deshpande, Krueger, & Wartenburger, 2011). A partir destes resultados, é possível afirmar que os indivíduos superdotados apresentam padrões de transmissão de informação diferentes daqueles encontrados em indivíduos com inteligência normal, especialmente no que se refere às áreas posteriores, sendo que os primeiros apresentam mais eficiência para distribuir os recursos cognitivos necessários durante a resolução de problemas.

Há outro conjunto de estudos cujo objetivo é correlacionar parâmetros espectrais do EEG espontâneo (repouso) com medidas de habilidades cognitivas. Os resultados encontrados indicam a existência de um padrão contraditório de associações, o qual parece depender da idade do participante e da banda do EEG considerada para a análise. No caso de adultos (amostras com idades entre 20 e 40 anos), os estudos de Jausovec (1998, 2000) e Marosi *et al.* (1999) revelam que as medidas espectrais do EEG espontâneo refletem de maneira bastante ineficiente as capacidades envolvidas na inteligência. As associações encontradas não são significativas ou apontam para uma maior potência em alfa ligeiramente superior para os indivíduos com maior inteligência. Contudo, os estudos de Polunina e Davidov (2006) e Von Stein e Sarnthein (2000)

mostram que parâmetros espectrais de EEG podem prever o desempenho nas Escalas Wechsler de Inteligência para Adultos (WAIS). Por exemplo, melhor desempenho nos subtestes que avaliam memória de trabalho/curto-prazo está relacionado à maior atividade teta em regiões temporais. Com relação aos adolescentes, o estudo de Aguirre-Perez, Otero-Ojeda, Pliego-Rivero e Ferreira-Martinez (2007) com uma amostra de alunos de escolas públicas mexicanas, realizando tarefas de memória de trabalho, mostrou diferenças significativas na potência absoluta entre adolescentes com alta e baixa inteligência apenas em teta (4 a 7 Hz), com os adolescentes de baixo QI apresentando os mais altos valores. Nenhuma outra diferença foi significativa. O estudo de Alexander, O'Boyle e Benbow (1996) demonstrou que a potência em alfa no repouso foi significativamente menor em sujeitos com inteligência média comparados àqueles em idade universitária e superdotados. Não houve diferenças significativas na potência em alfa entre adolescentes superdotados e em idade universitária. De forma semelhante, os resultados encontrados por Jausovec (1996) apontam que, durante o repouso com olhos abertos, indivíduos com alta inteligência apresentam maior potência em alfa. Para as crianças, os estudos de Fonseca *et al.* (2003), Yang, Yang e Chaou (2005), Novikova *et al.* (2009) e Schmid, Tirsch e Scherb (2002) apresentam resultados semelhantes, a saber: crianças com maior nível intelectual apresentaram maior potência em alfa quando comparados aos sujeitos com menor nível intelectual. Os resultados aparentemente contraditórios encontrados podem ser explicados de duas principais maneiras. Em primeiro lugar, conforme ressalta Klimesch (1999), as medidas de potência do EEG são extremamente afetadas por uma variedade de fatores inespecíficos, tais como espessura do crânio e volume do fluido cérebro-espinhal, e por fatores metodológicos, como a distância entre eletrodos. Em segundo lugar, a potência em alfa no repouso tem sido vista como um indicador neurofisiológico de maturidade cognitiva,

especialmente para os processos ligados ao raciocínio (Schmid *et al.*, 2002). De acordo com Klimesch (1997), a potência em alfa reflete a velocidade de processamento nas redes tálamo-corticais. Isso explicaria o fato de que as diferenças mais significativas entre sujeitos com diferentes níveis intelectuais e idades serem majoritariamente observadas nas regiões cerebrais frontais. A evolução da potência em alfa no ciclo vital deveria acompanhar, pois, a curva do desenvolvimento intelectual. Assim, pois, sabe-se que há um aumento progressivo dos aspectos fluidos da inteligência na infância e início da adolescência, uma estabilização entre a adolescência e início da idade adulta e depois uma queda progressiva (Neisser *et al.*, 1996; Nisbett *et al.*, 2012). Aparentemente, os resultados encontrados para a potência em alfa e sua relação com a inteligência seguem esse mesmo padrão.

Parece razoável hipotetizar que as bases biológicas da inteligência podem estar relacionadas, também, a propriedades do processamento global ao nível de grandes redes neurais. Assumindo que o sucesso no desempenho em testes de inteligência requer o estabelecimento de uma rede distribuída em grande escala através de recrutamento seletivo de populações neuronais especializadas e da supressão de redes neurais irrelevantes e competitivas, pode-se esperar que indivíduos mais inteligentes exibam um alto nível de integração cortical dinâmica durante a realização de tarefas mentais. Alternativamente, indivíduos menos inteligentes podem ser caracterizados por dinâmica neural mais difusa e caótica durante o desempenho das mesmas tarefas cognitivas (Lee, Wu, Yu, Wu & Chen, 2012). Anokhin, Lutzenberger e Birbaumer (1999) propõem duas medidas para caracterizar propriedades neurais globais da dinâmica eletro-cortical: 1) a coerência de EEG, uma medida quantitativa de correlação entre sinais de EEG detectados em diferentes regiões cortical e 2) complexidade dimensional (DCx) de EEG, uma medida derivada da teoria de dinâmica não-linear e caos determinístico.

Anokhin *et al.* (1999) demonstraram que maior coerência em longa-distância e menor complexidade dimensional no ritmo teta de sinais de EEG, durante tarefas cognitivas, predizem melhor performance em testes de inteligência em adolescentes. Thatcher, Krause e Hrybyk (1986) demonstraram que o escore total do Teste de Estrutura da Inteligência (IST) apresentou correlações positivas significativas com a coerência na banda teta e relação negativa com a DCx. Estas medidas de EEG foram responsáveis por 30% da variabilidade do escore total de IST. Os resultados sugerem que a relação ordem-caos em atividade cerebral dinâmica pode ser um dos fatores biológicos que explicam as diferenças individuais em habilidades cognitivas em adolescentes. Marosi *et al.* (1997), em um estudo longitudinal com crianças na idade escolar divididas em 3 grupos (normais, com comprometimento moderado e severo na escrita-leitura), identificou diferenças significativas entre os valores de coerência para os 3 grupos, consistindo de um aumento de coerência frontal em todos os ritmos, com exceção do ritmo teta, para as crianças normais. O estudo feito por Jausovec (2000) mostrou que os adolescentes intelectualmente superiores apresentaram maior cooperação entre as regiões cerebrais frontal, temporal e central, especialmente no hemisfério direito, durante a solução de problemas estruturados e não estruturados. Neubauer e Fink (2009b) utilizaram o índice PLV (*phase locking value*) para calcular o grau de conectividade entre pares de eletrodos de curta (ex., eletrodos F3-F7) e longa distância (ex., eletrodos F8-P4), para cada hemisfério cerebral, em jovens adultos, durante a realização de tarefas visuo-espaciais e verbais. Os resultados encontrados mostram que, com respeito aos pares de curta distância, podem ser observadas correlações predominantemente positivas entre o PLV e o QI em participantes do sexo masculino, apontando para maior conectividade em indivíduos considerados intelectualmente brilhantes nas regiões frontais e parietais. Não foram encontradas diferenças

estatisticamente significativas entre indivíduos com alta e baixa inteligência para os eletrodos de longa distância. Assim, as análises da relação positivas entre coerência e medidas de inteligência, e negativas entre DCx e inteligência sugerem que indivíduos mais inteligentes são caracterizados por uma maior seletividade e maior integração espaço-temporal de atividade neural durante desempenho em tarefas cognitivas, demonstrando maior eficiência neuronal.

A inteligência humana é um dos construtos mais sólidos e investigados da história da ciência psicológica. Em virtude de sua importância para a predição de diversos fenômenos sociais, a compreensão das bases biológicas das capacidades cognitivas superiores assume papel vital no campo do conhecimento neurocientífico atual. Nesse sentido, o uso pioneiro da eletroencefalografia identificou aspectos funcionais do cérebro relacionados às diferenças individuais nos processos cognitivos superiores e direcionou os estudos de neuroimagem acerca das bases biológicas da inteligência. Atualmente, diversos parâmetros do EEG, tais como ERD, coerência e complexidade dentre outros, têm sido recorrentemente relacionados às atividades cognitivas e conceitos importantes como o de eficiência neuronal têm emergido.

De maneira geral, a análise das pesquisas encontradas permite concluir que as medidas quantitativas de EEG, tais como a ERS/ERD, a coerência e a complexidade intra e inter-hemisférica, potência no repouso, amplitude do pico de determinadas frequências, potencial relacionado a evento, dentre outras menos utilizadas são preditores das diferenças individuais em inteligência em indivíduos saudáveis, provendo um tamanho de efeito de médio a grande, o que permite a identificação e o conhecimento do substrato neurofisiológico da inteligência. Contudo, algumas dificuldades emergem nesse panorama. Por exemplo, tem sido tarefa árdua entender as

causas fisiológicas subjacentes às relações encontradas entre os parâmetros do EEG e a inteligência. Não se sabe ao certo, por exemplo, quais circuitos neuronais estão envolvidos na lentificação da frequência em alfa encontrada em indivíduos menos inteligentes (Klimesch, 1999). Neubauer e Fink (2009a) também ressaltam que não se sabe ao certo o porquê de o fenômeno da eficiência neuronal ser encontrado apenas em homens, mas não em mulheres. Muito embora o número de estudos buscando relacionar as diferenças intelectuais com parâmetros do funcionamento cerebral tenha evoluído muito nas duas últimas décadas do século XX e na primeira década do século XXI, bem como a qualidade de tais estudos, há muitas questões ainda sem respostas. Para que haja um avanço significativo na área, novos estudos são necessários.

2.4.1. Plasticidade cerebral e treinamento cognitivo

Conforme destacado no tópico anterior, o estudo da estrutura e fisiologia cerebral em sua relação com as diferenças individuais em inteligência tem avançado sobremaneira nos últimos vinte anos. Nesse panorama, as pesquisas acerca das mudanças estruturais e funcionais no cérebro em função de intervenções cognitivas tem recebido especial atenção. A plasticidade cerebral e como ela pode ser influenciada pelo treinamento ao longo da vida vem se tornando um tópico de pesquisa importante para pesquisadores da neurociência e do desenvolvimento e para profissionais de saúde. Neste tópico, serão discutidas algumas investigações que visam o estudo da relação entre aprendizagem mental (treinamento) e modificações estruturais e funcionais no cérebro. Contudo, antes de tratar mais de perto essa questão, faz-se importante apresentar um panorama geral do contexto no qual tais pesquisas se desenvolveram.

No campo de estudo sobre a inteligência humana, desde o advento das pesquisas em genética comportamental, um considerável número de importantes pesquisadores da

área afirma que cerca de 75 a 80% (para países desenvolvidos) das diferenças individuais em inteligência se deve à genética (Petrill, 2006). Na genética quantitativa, o termo herdabilidade (h^2) é definido como a proporção da variância total nos fenótipos (no caso, o QI) atribuível à variação no genótipo. Enquanto as estimativas da variância não genética se concentram no ambiente compartilhado (c^2) e no ambiente não compartilhado (e^2). O primeiro se refere às diferenças existentes entre as famílias, por exemplo, o nível de educação dos pais, o status socioeconômico, orientação religiosa, que são responsáveis pelas variações na inteligência (as estimativas giram em torno de 0 a 5%). O segundo se refere às diferenças existentes dentro da família (estimativas giram em torno de 15%), tais como a ordem de nascimento, a relação com os pais, os professores, a personalidade, que diferem entre as crianças (Petrill, 2006). Essas estimativas são dependentes da idade e da população em que os estudos são realizados.

Haja vista a extrema influência da genética na inteligência humana acredita-se que o ambiente teria pouco ou nada a fazer no sentido de alterá-la. Contudo, algumas evidências apontam que a influência ambiental pode ser maior do que o usualmente estimado. O fenômeno conhecido como Efeito Flynn exemplifica que a inteligência estaria sujeita a alterações, provavelmente fruto de influências ambientais (Flynn, 2006). O pesquisador neozelandês James Flynn começou a observar que resultados de grupos diferentes de pessoas em testes padronizados de inteligência têm consistentemente aumentado ao longo das décadas. Em 1984, Flynn padronizou 73 estudos, com 7.500 participantes com idades entre dois e 48 anos, para sugerir a existência de “ganhos maciços” no QI nos EUA. Ele obteve um nível de ganhos por volta de 0.33 pontos de QI por ano, de 1932 a 1978, somando um total de 15 pontos de QI durante este período. Flynn demonstrou que o aumento dos resultados aparece em todo teste, em todo intervalo de idade, em todo país moderno e industrializado (Nisbett

et al., 2012; Wicherts *et al.*, 2004). Ainda não se conhecem as causas exatas desse aumento da inteligência, mas fatores ambientais, como melhorias nutricionais e sanitárias, avanços tecnológicos e na educação tem sido considerados fortes candidatos (Flynn, 2006). Ainda, o psicólogo Eric Turkheimer e seus colegas (Turkheimer, Haley, Waldron, D'Onofrio, & Gottesman, 2003) recentemente mostraram que a herdabilidade da inteligência é dependente da classe social. Eles encontraram valores de 0,70 para a herdabilidade do QI em crianças de classe média alta e de apenas 0,10 para crianças de classe baixa. Outra evidência a favor da influência ambiental no QI vem de estudos de adoção. Em meta-análise com 62 estudos (N = 17.767 crianças adotadas), van IJzendoorn, Juffer e Poelhuis (2005) mostraram que crianças adotadas possuem maior pontuação em testes de QI e melhor desempenho escolar do que seus pares ou irmãos que não foram adotados. Nisbett (2009) traz os resultados de dois estudos realizados na França que mostram que crianças adotadas por famílias de nível socioeconômico (NSE) alto têm, em média, 12 pontos de QI a mais do que crianças adotadas por famílias de baixo NSE. Assim, segundo destaca Nisbett (2009), o grau de herdabilidade da inteligência não coloca limitações ao grau em que o ambiente possa vir a modificá-la. Contudo, de acordo com Jensen (1981), o problema real está em conseguir controlar experimentalmente as influências ambientais na inteligência.

Já no campo das neurociências, as primeiras abordagens assumiam que o desenvolvimento neuronal estaria completo em tenra idade com pouca plasticidade podendo ser observada na idade adulta. Atualmente, se reconhece que mudanças cognitivas na idade adulta são multidirecionais, incluindo ganho e manutenção, assim como o declínio (Martin & Zöllig, 2009). O conceito de plasticidade cortical ou neuroplasticidade se refere à capacidade do cérebro de mudar e alterar sua estrutura e função sob condições contextuais específicas, que pode ocorrer por meio de

mecanismos diversos, tais como reorganização funcional, modificação da conectividade sináptica, competição inter-hemisférica dentre outros (Sohlberg & Mateer, 2009; Willis & Schaie, 2009).

Empiricamente, as neurociências focalizaram no conceito de plasticidade estrutural e funcional muito antes do que a psicologia e desenvolveram paradigmas bem-estabelecidos para examinar a plasticidade neuronal e neurofisiológica desde a célula até o nível cerebral. Segundo Rosenzweig e Bennett (1996), no início da década de 1960, dois programas experimentais anunciaram achados demonstrando que o cérebro pode ser alterado por treinamento e experiência diferencial. O propósito desses estudos foi analisar a relação entre as diferenças individuais na química cerebral e a capacidade de resolução de problemas de ratos de laboratório. Outros estudos subsequentes revelaram que efeitos cerebrais significantes poderiam ser induzidos se manipulada a qualidade do ambiente (enriquecido *versus* empobrecido) de ratos em qualquer etapa do ciclo de vida e com períodos curtos de exposição. Resultados semelhantes foram encontrados para várias espécies de mamíferos (macacos, esquilos, gatos) e aves. Rosenzweig e Bennett (1996) destacam que a busca pelos processos responsáveis pelas mudanças na neuroquímica cerebral, em roedores, em decorrência de experiência em ambientes enriquecidos levou os pesquisadores a descobrir que tais ambientes elevam a taxa de síntese protéica, aumentando a quantidade de proteínas no córtex.

Essas descobertas despertaram o interesse de outros grupos de investigação e de entidades públicas por investir a plasticidade cerebral em humanos (Willis & Schaie, 2009). Nesse sentido, as pesquisas que investigam a relação entre aprendizagem mental e modificação do padrão de funcionamento cerebral foram possibilitadas pelo avanço das técnicas de neuroimagem e as melhorias em técnicas mais antigas de estudo do

cérebro, como o EEG. A ideia por trás desses estudos é a de que a estrutura e eficiência cerebral podem ser modificadas com a prática em determinada atividade mental.

Assim, pois, esses estudos têm mostrado que tanto as pessoas mais inteligentes quanto as menos inteligentes se beneficiam do treinamento, tornando-se mais eficientes processadores, ou seja, consumindo menos energia cerebral (Haier, 2006). Em estudo clássico, Haier *et al.* (1992) demonstrou que a prática mental leva a maior eficiência cerebral em adultos de diferentes níveis intelectuais. Uma amostra de oito adultos (idades variando entre 19 e 32 anos) foi solicitada a praticar durante um período de quatro semanas o jogo Tetris. A inteligência foi avaliada pelo teste Matrizes Progressivas de Raven – Escala Avançada e o consumo de glicose durante a realização do teste foi medido pelo PET, antes e após o treino no Tetris. Após o treino, houve menor consumo de glicose para todos os participantes, sendo que para os de QI mais elevado a diferença do consumo de glicose antes e após o treino foi maior. Em outro estudo de referência, Maguire *et al.* (2000) estudaram a relação entre alterações estruturais no cérebro em função da *expertise*. Esses autores compararam o cérebro de taxistas londrinos (n=16, M = 44 anos), com anos de experiência variados na função, com o cérebro de controles normais, pareados em sexo e idade. Os taxistas londrinos foram escolhidos, uma vez que passam por treinamento extensivo de dois anos antes de conseguirem a licença de taxista. Nesse treinamento, eles necessitam conhecer todos os caminhos das 2.000 ruas da cidade de Londres, ou seja, precisam desenvolver um mapa mental da cidade. As imagens dos cérebros dos dois grupos foram obtidas com ressonância magnética e as análises realizadas com a técnica de morfometria baseada no voxel, a qual consegue detectar pequenas alterações estruturais no cérebro. Os resultados apontaram para o aumento significativo do volume da substância cinzenta dos taxistas quando comparados aos controles apenas no hipocampo posterior

bilateralmente [$F(1,30) = 4,1; p < 0,05$]. Ademais, Maguire *et al.* (2000) mostraram que a quantidade de anos como taxista se correlacionou positivamente com o volume do hipocampo posterior ($r = 0,6; p < 0,05$). A parte posterior do hipocampo tem sido frequentemente relacionada com a habilidade de navegação espacial. Outro estudo realizado pelo mesmo grupo (Maguire *et al.*, 2003) apresenta resultados similares. Utilizando paradigma semelhante, Draganski *et al.* (2006) mostram que há um aumento no volume da substância cinzenta cerebral durante períodos de aprendizagem extensiva de conteúdos acadêmicos, para universitários estudantes de medicina, especialmente no hipocampo posterior. Esse resultado indica que a aquisição de grande quantidade de informação abstrata pode estar relacionada a um padrão particular de mudanças estruturais no cérebro. Não obstante, Olesen, Westerberg e Klingberg (2004) e Nyberg *et al.* (2003) mostraram que houve aumento da atividade cerebral nos córtices pré-frontal a parietal após cinco semanas de treinamento em memória de trabalho em adultos. Resultados similares foram encontrados por Westerberg e Klingberg (2007) em pesquisa realizada com adultos normais. A prática em tarefas de memória de trabalho elevou a atividade cerebral nos giros frontal médio e inferior durante o treinamento e uma semana depois.

Neubauer, Grabner, Freudenthaler, Beckmann e Guthke (2004) avaliaram os padrões de ativação cortical, através do método da dessincronização/sincronização, de homens entre 18 e 40 anos, antes e depois de sessões de treinamento cognitivo. Os principais resultados encontrados apontam que tanto os indivíduos de alta quanto de baixa inteligência se beneficiaram do treinamento. Entretanto, quanto mais alto era o QI do participante maior foi a diminuição da ativação cortical do pré para o pós-teste, especialmente para as áreas cerebrais envolvidas com os processos de raciocínio (córtex frontal). McNab *et al.* (2009) utilizaram o fMRI e o PET para examinar as mudanças de

densidade dos receptores de dopamina D1 e D2, seguidas a cinco semanas de treinamento. Os resultados indicam efeito do treinamento nos receptores D1 (diminuição da capacidade ligante) das regiões pré-frontais ventro-lateral e dorsolateral e dos córtices posteriores direito e esquerdo.

Em estudo mais recente, Hoekzema *et al.* (2010) utilizaram o fMRI para verificar mudanças funcionais no cérebro de 27 crianças com diagnóstico de TDAH após dez dias de treinamento cognitivo (atenção e inibição). Os resultados encontrados mostram que as crianças do grupo que recebeu o treinamento em comparação com aquelas que não receberam apresentaram maior atividade no pós-teste no córtex frontal, temporal e no cerebelo. Todas essas estruturas estão afetadas em crianças com TDAH, possuindo funcionamento reduzido nas mesmas. Jausovec e Jausovec (2012) também realizaram estudo a fim de verificar a plasticidade do cérebro em resposta ao treinamento em memória de trabalho. Os participantes consistiam de 30 estudantes de psicologia (com idade média de 20 anos) e completaram cerca de 30 horas de treinamento, sendo que o grupo experimental realizou atividades de MT, MCP e raciocínio matricial e o grupo controle recebeu treinamento em comunicação e habilidades sociais. O teste Matrizes Progressivas de Raven – Escala Avançada foi utilizado como medida de pós-teste. Os resultados encontrados apontam que o grupo que recebeu treinamento cognitivo apresentou, no pós-teste, funcionamento significativamente mais pronunciado nas regiões frontais no pós-teste e também menor porcentagem de dessincronização na banda alfa e de sincronização na banda teta do que o grupo não treinado, assim como melhor desempenho no teste Raven ($d=0,88$ entre pré-teste e pós-teste para o grupo experimental e $d=0,03$ para o grupo controle).

De forma geral, os estudos apresentados apontam que o treinamento cognitivo poderia ser efetivo também a nível cerebral (Klingberg, 2010). Não há, ainda, uma explicação causal clara o suficiente sobre os mecanismos envolvidos na plasticidade cortical em humanos. Garlick (2002) hipotetiza que, em princípio, a plasticidade poderia ser observada a nível neuronal pelas mudanças das conexões entre os neurônios fruto da experiência. Essas mudanças podem ser observadas através da ativação de novas redes neuronais pelo crescimento da árvore dendrítica, pelas mudanças axonais ou, ainda, pela elevação ou diminuição da liberação de determinados neurotransmissores. Contudo, o próprio autor chama atenção para o fato de que não contém nessa explicação uma causa inicial da plasticidade, já que o neurônio não representaria um mecanismo que pode ser alterado ativamente por fatores externos. Segundo Garlick (2002), uma possível resposta estaria nos genes, ou melhor, na interação entre ambiente e gene, que seria capaz de alterar a produção de certas proteínas. Entretanto, essas são, ainda, hipóteses que precisam ser mais bem trabalhadas. Pode-se, no entanto, asseverar que, conforme ressaltado por Sternberg (2008), a inteligência é susceptível à modificação, cabendo aos pesquisadores identificar os aspectos determinantes dessa possibilidade.

Em resumo, os estudos neuroeletrofisiológicos analisados até o momento permitem levantar duas grandes evidências: a) a possibilidade de registrar as diferenças individuais na inteligência em nível cerebral e, b) a possibilidade de alterar essas diferenças via treinamento cognitivo. Portanto, maiores esforços se fazem necessários para ampliar essas evidências.

3. DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA

A análise das considerações apresentadas nos tópicos anteriores sobre memória de trabalho e plasticidade cerebral em resposta a intervenções ambientais como, por exemplo, aquelas relativas a treinamento cognitivo, pode-se dizer que:

1. A literatura internacional aponta a existência de estreita relação entre *Gf* e *Gc* com medidas de processamento, tais como a memória de trabalho. A existência de tal relação tem possibilitado superar as limitações de programas clássicos de intervenção cognitiva infantil mediante a utilização de tarefas de memória de trabalho para o incremento da inteligência. Contudo, estudos internacionais e nacionais que buscam utilizar a memória de trabalho para o treinamento cognitivo de crianças saudáveis de diferentes níveis intelectuais são praticamente inexistentes.
2. Entre os poucos estudos, há, no campo das intervenções cognitivas, acentuado debate acerca da efetividade, durabilidade e generalização dos ganhos cognitivos. Observa-se que os resultados são, em alguns pontos, contraditórios e apontam para a existência de lacunas metodológicas. Portanto, infere-se fragilidade dos dados publicados e se reforça a necessidade de promover esse tipo de investigação.
3. Por fim, o estudo psicométrico da inteligência humana tem buscado incorporar medidas complementares como as neurofisiológicas, visando maior compreensão dos determinantes das diferenças individuais no constructo. Nesse sentido, as investigações realizadas, utilizando parâmetros de EEG, têm mostrado sensibilidade às diferenças intelectuais. Essa é uma área pouco

explorada em nível nacional e que merece maior escrutínio, especialmente em se tratando de crianças.

A estratégia geral para atender aos problemas acima expostos, o presente trabalho consistiu na realização de um estudo piloto e de dois estudos principais. O estudo piloto objetivou verificar a adequação da metodologia a ser utilizada na investigação principal (ex. idade dos participantes, procedimentos, instrumentos e análise de dados). Os dois estudos centrais ao projeto de investigação objetivou verificar a efetividade de treinamento cognitivo para modificação da inteligência de crianças de diferentes níveis intelectuais e identificar um padrão eletrofisiológico que diferencie o desempenho cognitivo entre as crianças. Os três estudos encontram-se descritos logo após a seção de Objetivos.

4. OBJETIVOS

Objetivo geral

Verificar a efetividade de treinamento em memória de trabalho para a modificação da inteligência de escolares de diferentes níveis intelectuais.

Objetivos específicos

- a. verificar se o treinamento em memória de trabalhos produz modificação nas medidas psicométricas de inteligência comparando grupo experimental e grupo controle
- b. verificar se os grupos experimentais de diferentes níveis cognitivos se beneficiam igualmente do treinamento
- c. identificar se há manutenção dos ganhos em distintos intervalos de tempo
- d. verificar se há transferência dos ganhos para atividades escolares
- e. verificar se houve, ao longo das sessões de treinamento, evolução do desempenho para cada indivíduo do grupo experimental
- f. verificar se há diferenças no padrão de funcionamento da atividade elétrica cerebral entre crianças de diferentes níveis de habilidade intelectual

5. ESTUDO PILOTO

Antes de iniciar o protocolo de avaliação e treinamento cognitivo com as crianças e as medidas dos parâmetros eletrofisiológicos foi realizado um estudo piloto, em 2010, com um número pequeno de participantes a fim de aprimorar a metodologia com relação aos procedimentos de coleta dos dados e instrumentos de avaliação utilizados, bem como realizar ajustes no programa desenvolvido para o treinamento cognitivo. O relato detalhado do estudo piloto pode ser apreciado em dois documentos publicados, quais sejam: Mansur-Alves, M., Filho, S.A.S., Flores-Mendoza, C., & Tierra-Criollo, C.J. (2012). The Event-Related Desynchronizarion (ERD) correlated to Psychometric Intelligence in Brazil: A Neural Efficiency Study Methodology. *Revista Brasileira de Engenharia Biomédica*, 28, 36-43. E em Mansur-Alves, M., Flores-Mendoza, C., & Tierra-Criollo, C.J. (no prelo). Evidências preliminares da efetividade do treinamento cognitivo para melhorar a inteligência de crianças escolares. *Psicologia: Reflexão e Crítica* (Anexo 1).

6. ESTUDO 1 – Treinamento Cognitivo

6.1 Método

6.1.1 Delineamento

O delineamento experimental com pré-teste e pós-teste e grupo controle foi utilizado no presente estudo. Segundo Campbell e Stanley (1963), esse tipo de experimento envolve: (1) sorteio aleatório para composição dos grupos experimental e controle; (2) avaliação inicial das habilidades de interesse (pré-teste); (3) alguma forma de intervenção que difere entre os grupos; e (4) uma medida final das habilidades de interesse (pós-teste).

A principal razão para a escolha desse delineamento é que ele minimiza os vieses que podem reduzir a validade interna do estudo. Pesquisadores que usam tal delineamento podem assumir, com maior grau de certeza, que as mudanças no desempenho ocorridas entre o pré-teste e o pós-teste foram causadas pela manipulação experimental.

6.1.2 Participantes

Os participantes foram recrutados em três escolas públicas da cidade de Belo Horizonte, sendo duas delas municipais e uma federal, após aprovação do projeto pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG (Anexo 2). A seleção das escolas seguiu um critério de conveniência. Foi estabelecido contato com seis escolas públicas de Belo Horizonte, lotadas em diferentes regionais da cidade. Contudo, apenas três das escolas contatadas pela nossa equipe apresentaram interesse e infraestrutura para receber a pesquisa.

As instituições de ensino participantes se caracterizam por serem escolas de ensino fundamental organizadas em três Ciclos de Formação Humana, assim constituídos: 1º ciclo (1º, 2º e 3º anos escolares); 2º ciclo (4º, 5º e 6º anos escolares) e 3º ciclo (7º, 8º e 9º anos escolares). Apenas alunos do sexto ano do 2º. ciclo (11-12 anos) das três escolas participaram do presente estudo.

Os participantes foram selecionados em duas etapas. Em um primeiro momento, foi enviado Termo de Consentimento Livre e Esclarecido aos pais de todos os alunos do sexto ano de todas as três escolas (Anexo 3). A Tabela 1 apresenta o total de alunos do sexto ano por escola e o total de autorizações recebidas por meio do Termo de Consentimento.

Tabela 1. Distribuição do total de alunos do sexto ano por escola e autorizações recebidas

Escola	Tipo	Total de alunos	Autorizações
1	pública federal	46	38
2	pública municipal	108	84
3	pública municipal	18	16
Total		172	138

Oitenta por cento dos pais autorizaram a participação dos seus filhos nesse estudo. Assim, 138 alunos do sexto do 2º ciclo escolar foram selecionados, sendo 52,2% do sexo feminino, com média de 11,18 anos e desvio-padrão de 0,554. A maior parte dos alunos (71,8%) é proveniente dos níveis socioeconômicos B2 e C1.

A esses alunos foram aplicados dois testes de inteligência, a saber: as Matrizes Progressivas de Raven – Escala Geral e os subtestes de Raciocínio Verbal e Raciocínio Numérico da Bateria de Provas de Raciocínio (BPR-5).

As pontuações nos testes de inteligência foram utilizadas para selecionar a amostra do treinamento cognitivo. Em primeiro lugar, transformaram-se as pontuações brutas de cada um dos testes a escore z, controlando a idade e o sexo, haja vista o efeito desenvolvimental esperado. Depois, os escores z para cada teste foram transformados a QI (pela fórmula $z \cdot 15 + 100$) e esses foram categorizados em três intervalos: QI alto: pontuação maior do que 120; QI médio: entre 95-110, e QI baixo: entre 70-85. Em segundo lugar, foi realizado o procedimento de tabulação cruzada entre os QIs encontrados nos dois testes de inteligência a fim de verificar se a posição da criança segundo seu nível intelectual se mantinha a mesma nos dois instrumentos. Este cuidado foi adotado visando minimizar as chances de classificações de QI inadequadas das crianças em cada grupo. Assim, foram selecionadas apenas as crianças classificadas no mesmo intervalo de QI para os dois testes.

Finalmente, com base nos critérios definidos acima, 93 alunos (20 de QI baixo, 43 de QI médio e 10 de QI alto) foram selecionados para o treinamento. Contudo, apenas 53 alunos (59% da amostra selecionada), sendo 31 meninas e 22 meninos, participaram efetivamente da pesquisa, uma vez que os pais das demais crianças não permitiram a participação de seus filhos nessa segunda etapa do estudo. A fim de verificar se a amostra desistente seria de alguma maneira diferente daquela que permaneceu no estudo, foram realizadas análises estatísticas de comparação de grupo. Contudo, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$) relativas à idade, sexo e nível socioeconômico entre os alunos participantes e aqueles cujos pais não permitiram a participação na segunda etapa do estudo.

Assim, a idade média da amostra é de 11,17 anos, com desvio-padrão de 0,376, sendo todos do 6º ano do segundo ciclo. O agrupamento das crianças em controle (GC) e experimental (GE) foi feita de forma aleatória. Na Tabela 2 encontra-se a divisão das crianças entre os grupos GC e GE segundo seu nível intelectual e sexo.

Tabela 2. Distribuição da amostra em grupo controle e experimental, segundo o nível de QI e sexo (n=53)

Grupo Treinamento	Grupo de QI						Total
	Baixo (70-85)		Médio (95-110)		Alto (>120)		
	M	F	M	F	M	F	
Controle	1	3	9	10	2	2	27
Experimental	1	3	7	11	2	2	26
Total	2	6	16	21	4	4	53

6.1.3 Materiais/Instrumentos

* Matrizes Progressivas de Raven – Escala Geral (CEPA, 2001)

O teste de Raven foi utilizado como medida de inteligência no pré-teste e pós-teste. É uma medida de inteligência não verbal, que avalia mais especificamente o fator “g” (construto proposto por Spearman), de forma a reduzir a contaminação do conhecimento cultural e variado daqueles que fossem testados.

Os cadernos do teste contêm uma série de matrizes ou desenhos nos quais falta uma parte. Na parte inferior da página, há uma série de seis ou oito alternativas que completa logicamente o conjunto. O teste é dividido em séries que estão ordenadas em dificuldade crescente. Cada série apresenta um problema introdutório de solução clara e estes vão se complexificando a cada novo item. A Escala Geral é formada por 60 problemas divididos em cinco séries com 12 problemas cada uma (A, B, C, D, E). A pontuação total corresponde ao número de acertos em todas as séries, sendo os escores brutos transformados em percentil para fins de comparação. Para o presente estudo, o índice de consistência interna do Raven, calculado pelo alfa de Cronbach, foi de 0,917. Este resultado indica elevada precisão do instrumento.

* Bateria de Provas de Raciocínio – BPR-5 (Almeida & Primi, 2000)

Foi utilizada como medida de inteligência no pré-teste e pós-teste. A BPR-5 é uma bateria cognitiva multidimensional que oferece estimativa tanto do funcionamento cognitivo geral quanto das forças e fraquezas em áreas cognitivas específicas. Esta bateria é constituída de cinco subtestes denominados Prova de Raciocínio Verbal (RV), Prova de Raciocínio Abstrato (RA), Prova de Raciocínio Mecânico (RM), Prova de Raciocínio Espacial (RE) e Prova de Raciocínio Numérico (RN). A BPR-5 possui duas formas, uma com menor nível de dificuldade, com normas para a 6^a, 7^a e 8^a série do

Ensino Fundamental (Forma A), e outra com nível de dificuldade maior, com normas para a 1ª, 2ª e 3ª séries do Ensino Médio (Forma B). O manual do instrumento apresenta evidências de validade de construto, de critério e precisão.

Para o presente estudo, foram aplicadas apenas as provas de raciocínio verbal e numérico da forma A da bateria, em virtude do reduzido tempo de aplicação disponibilizado pelas escolas para aplicação dos instrumentos. A prova de raciocínio verbal (RV) associa-se à inteligência fluida e à inteligência cristalizada definida e avalia a extensão e profundidade do conhecimento verbal vocabular e a capacidade de raciocinar utilizando conceitos previamente aprendidos. A prova de raciocínio verbal é composta de 25 questões. Já a prova de raciocínio numérico (RN) associa-se à inteligência fluida e mensura a compreensão de conceitos quantitativos básicos, como adição, subtração, multiplicação e divisão e manipulação de símbolos numéricos. A prova de RN é constituída por 20 questões. Os níveis de consistência interna da forma A do instrumento, apontados no manual, variam de 0,80 a 0,89, indicando elevada precisão do mesmo. Os estudos de validade apontam para a existência de um fator único no instrumento, de acordo com o esperado teoricamente. Além disso, o instrumento apresentou validade preditiva moderada das notas escolares, indicando boa validade de critério.

* Exame de Avaliação do Desempenho Escolar (EADE)

No Brasil, não existem provas de conhecimento escolar validadas para uso em contextos de avaliação psicológica. O Teste de Desempenho Escolar (Stein, 1994), único instrumento disponível para avaliação do desempenho de alunos de 1ª. a 6ª. séries, mostrou em pesquisas realizadas pelo Laboratório de Avaliação e Diferenças Individuais da UFMG baixa capacidade de discriminação de grupos de diferentes níveis

de conhecimento escolar. Ademais, sua aplicação está limitada para alunos da sexta série do ensino fundamental, utilizando-se de uma nomenclatura em desuso no novo sistema educacional brasileiro, o qual atualmente totaliza nove anos de educação básica obrigatória.

Nesse sentido, com o intuito de obter uma medida objetiva do desempenho escolar dos alunos participantes no pré-teste e no pós-teste foi criado o Exame de Avaliação do Desempenho Escolar (EADE) pela autora do presente estudo (Anexo 4). Os itens do instrumento foram criados por meio de um levantamento, na biblioteca da Faculdade de Educação da UFMG, de questões em livros didáticos de quinta e sexta série⁵. Os livros selecionados foram aqueles que continham exercícios referentes ao conteúdo escolar para alunos do quinto e sexto ano do ensino fundamental. Foram selecionadas cem questões de matemática e cento e quarenta e cinco questões de português. A fim de criar uma prova de desempenho escolar concisa e de rápida aplicação, foram sorteadas aleatoriamente nove questões de matemática e nove questões de português.

As escalas de português e matemática foram submetidas, separadamente, à análise de consistência interna para verificar sua confiabilidade. Para uma amostra de cento e trinta e oito alunos, o alfa de Cronbach (α) encontrado para a escala de matemática foi de 0,382 e para a escala de português foi de 0,829. Como pode ser observado, apenas o α da escala de português pode ser considerado satisfatório. A consistência interna encontrada para a escala de matemática foi baixa. Encontrou-se, também, elevada dificuldade dos itens da escala de matemática para todos os participantes, representada pelo cálculo da porcentagem de respostas incorretas para

⁵ Borgatto, A.M.T., Bertin, T.C.H., Marchezi, V.L.C. (2006). Tudo é linguagem. São Paulo: Ática.
Lellis, M. & Imenes, L.M. (2009). Matemática – 5º ano. São Paulo: Editora Moderna.

cada item da escala, conforme pode ser observado na Tabela 3. Não houve, portanto, variabilidade suficiente nas respostas, o que pode ter contribuído para a redução da consistência interna dessa escala.

Tabela 3. Porcentagem de respostas incorretas para os itens da escala de matemática do EADE (n=138)

Item	Respostas incorretas (%)
1	60,9
2	59,4
3	79,0
4	86,2
5	31,2
6	68,8
7	93,5
8	52,9
9	78,3

Tendo em vista dos resultados dessa análise preliminar do instrumento, optou-se por utilizar como medida objetiva do desempenho escolar no pré-teste e no pós-teste apenas a escala de Português.

* Notas escolares

Como medida complementar do desempenho escolar no pré-teste e no pós-teste foi solicitada às escolas a liberação das notas dos alunos nas disciplinas de português e matemática para o primeiro trimestre do ano e para o último. A avaliação nas escolas participantes acontece a cada trimestre, sendo que o primeiro trimestre antecedeu ao treinamento (pré-teste) e o último trimestre sucedeu ao treinamento (pós-teste). As escolas públicas em Minas Gerais não atribuem notas ao desempenho dos alunos e sim conceitos, que variam de “A” a “E”. O significado atribuído a cada conceito é descrito a seguir:

- A - o aluno atingiu de 86% a 100% dos objetivos propostos;
- B - o aluno atingiu de 66% a 85% dos objetivos propostos;
- C - o aluno atingiu de 50% a 65% dos objetivos propostos;
- D - o aluno atingiu de 30% a 49% dos objetivos propostos;
- E - o aluno atingiu abaixo de 30% dos objetivos propostos

Em linhas gerais, o conceito “C” significa que o aluno necessitará de acompanhamento atento para evitar que ele venha atingir um desempenho escolar abaixo do mínimo para aprovação. Durante o percurso do ciclo, os conceitos “D” e “E” significam que o aluno necessitará de acompanhamento específico. Já os conceitos “D” e “E” como resultado do processo do ensino-aprendizagem ao final de cada ciclo (última avaliação trimestral), significam que o aluno deverá ficar retido por desempenho escolar.

Para os propósitos do presente estudo, os conceitos foram transformados em uma escala do tipo *likert* variando de zero (desempenho mínimo) a quatro (desempenho máximo). As notas de matemática e português foram somadas para se obter uma medida do desempenho escolar global dos participantes.

* Critério de Classificação Econômica Brasil – CCEB/Critério Brasil

O inventário foi desenvolvido com o intuito de estabelecer algum tipo de segmentação da população brasileira em classes de consumo, conforme necessidade de agências de *marketing* em compreender seu público alvo (Pereira, 2004). A metodologia envolvida no critério busca averiguar junto às famílias os bens que elas possuem e em que quantidade. A cada uma dessas posses é atribuído um peso, bem como para a quantidade em que elas existem na casa investigada. Entre esses bens tem-se:

automóvel, geladeira, televisão, dentre outros. Além disso, é questionado o nível de instrução do chefe de família, ao qual também se atribui pontuação. O critério discrimina classes econômicas e não sociais, uma vez que mede poder de compra. O Critério Brasil é o que melhor segmenta a população em categorias conforme capacidade de consumo, tornando-se, portanto, uma medida *proxy* do nível socioeconômico (ABEP, 2003). A partir da pontuação na escala de itens de consumo obtêm-se a classificação econômica que, no Brasil, se distribui em sete classes: A1, A2, B1, B2, C1, C2, D e E.

A opção por este instrumento se deu pelo fato de seu poder de discriminação que acarreta em sua ampla utilização em pesquisas de classificação econômica no Brasil. Além do mais, o instrumento é prático, inteligível, de fácil acesso, pouco dispendioso, não exigindo muita instrução ou tempo do respondente.

* Questionário de Saúde Geral

Com o intuito de obter informações sobre a saúde geral da criança foi elaborado um questionário, especialmente para o estudo, contendo itens de bem-estar e saúde geral (Anexo 5). O questionário foi respondido pelos pais ou responsáveis pela criança. O questionário é composto por itens que avaliam a presença de problemas de saúde na criança, tais como transtornos de aprendizagem, ansiedade, dificuldades de atenção e dificuldades físicas, e se a mesma faz uso de alguma medicação controlada. Foi utilizado como medida para exclusão da criança do estudo, na medida em que apresentassem transtornos de aprendizagem e deficiência intelectual, relatados pelos pais.

* Tarefas Informatizadas de Memória de Trabalho

Para o treinamento cognitivo foi desenvolvido um programa informatizado de memória de trabalho contendo três tarefas, a saber: Ordem Numérica (123), Alfabeto e ABC Gramatical. Os estímulos apresentados nessas tarefas foram adaptados do *software* desenvolvido por Flores-Mendoza, Colom, Garcia e Castilho (2001) para avaliação da MT em adultos com deficiência mental.

De forma geral, o programa desenvolvido apresenta uma interface que permite ao usuário (treinador) fazer alterações nas configurações originais das tarefas, além de um banco de dados que armazena os dados de cada participante de uma sessão para outra. A interface do programa é apresentada na Figura 3:

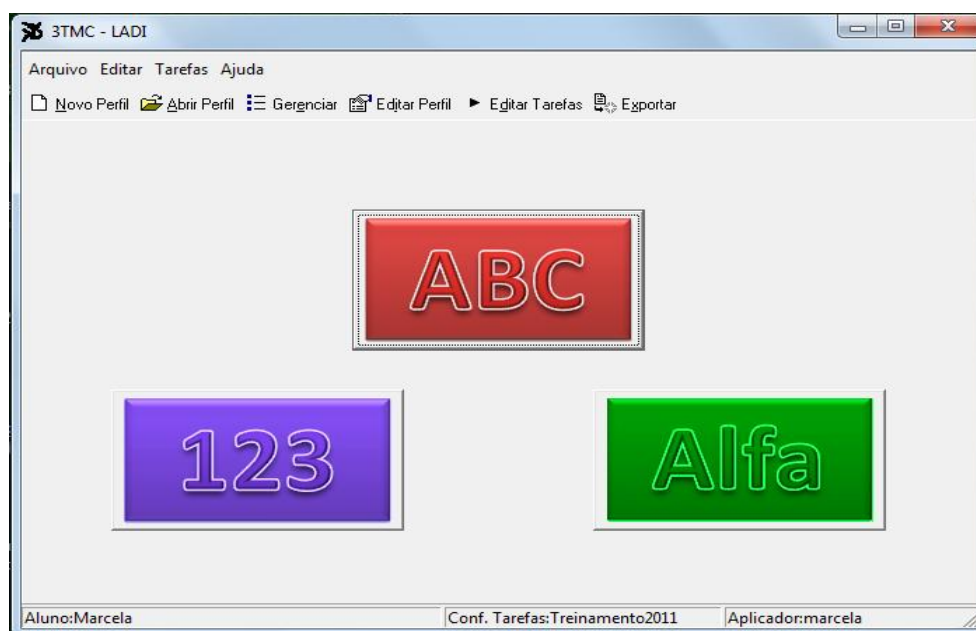


Figura 3. Interface do programa sem nenhum usuário carregado

A tarefa 123 (Ordem Numérica) é composta por quatro níveis de dificuldade (baixo, médio 1, médio 2, alto). Cada nível de dificuldade é composto por 30 ensaios e dois itens de treino. A criança avança de um nível para outro automaticamente quando atinge o critério de avanço especificado (nesse caso, 60% de acerto). Destaca-se que o

critério de avanço foi determinado com base dos resultados do estudo piloto realizado em 2010. Foi calculado o rendimento médio dos alunos de cada nível de QI em cada uma das tarefas e selecionou-se como critério de avanço o rendimento médio do grupo de QI mais baixo. A tarefa da criança consiste em realizar operações matemáticas de adição simples (por exemplo: $1+1=?$ e $4+3=?$) enquanto memoriza o resultado das mesmas, o qual deve ser colocado em ordem crescente. As operações realizadas incluem sempre números que variam de zero a nove. A cada nível o número de valores a ser memorizado aumenta. A sequência de operações matemáticas segue um algoritmo de aleatoriedade para cada nível. Um ponto de fixação (cruz) aparece na tela 1,5 segundos antes do aparecimento de cada ensaio. Cada par de números para cada ensaio é apresentado por 3 segundos. O intervalo entre cada ensaio é de 500ms. A criança tem um tempo máximo de 20 segundos para responder. Ao final de cada ensaio, a criança recebe um *feedback* do seu desempenho que consiste na apresentação de uma figura de desenho animado com dedo para cima se acertou ou para baixo se errou. O escore da criança por nível é o número de respostas corretas.

A tarefa ABC gramatical compõe-se de três níveis de dificuldade (baixo, médio e alto), sendo que cada nível contém 30 ensaios e dois itens de treino. A criança avança de um nível para outro automaticamente quando atinge o critério de avanço especificado (nesse caso, 60% de acerto). A tarefa consiste na apresentação de uma série de sentenças sobre a posição das letras, na qual a criança deverá responder qual a ordem corretas das letras apresentadas. Por exemplo: "A vem antes de B" (Tela 1); Qual a ordem correta?: 1-BA 2- AB (Tela 2). A cada nível, as sentenças vão se tornando mais complexas, tal como "A vem antes de B" (Tela 1); "D vem depois de C" (Tela 2); Qual a ordem correta?: 1-ABCD; 2-BADC; 3-CDAB; 4-DCAB. Um ponto de fixação aparece na tela 1,5 s antes do aparecimento de cada ensaio. O intervalo entre cada

ensaio é de 500 ms. Apresentam-se frases por 7 segundos (nível baixo), 15 segundos (nível médio) e 20 segundos (nível alto). As alternativas de respostas são apresentadas posteriormente. O tempo máximo para a resposta é de 10 segundos (nível baixo) e 20 segundos (níveis médio e alto). Ao final de cada ensaio, a criança recebe um *feedback* do seu desempenho, que consiste na apresentação de uma figura de desenho animado com dedo para cima, se acertou, ou para baixo, se errou. O escore da criança por nível é o número de respostas corretas.

A tarefa Alfabeto é composta de três níveis de dificuldade (baixo, médio e alto), sendo que cada nível apresenta 32 ensaios e dois itens de treino. A criança avança de um nível para outro automaticamente quando atinge o critério de avanço especificado (nesse caso, 60% de acerto). A tarefa consiste na apresentação de uma série de palavras, das quais a criança deverá lembrar a primeira letra e digitá-la em ordem alfabética (por exemplo: MAU, BAR e CEU = B,C,M). Um ponto de fixação aparece na tela 1,5 s antes do aparecimento de cada ensaio. O intervalo entre cada ensaio é de 500 ms. Apresentam-se palavras curtas de três letras por 2 segundos (nível baixo), 5 segundos (nível médio), 8 segundos (nível alto). Logo se apresentam as alternativas de respostas. O tempo máximo para dar uma resposta é de 20 segundos. Ao final de cada ensaio, a criança recebe um *feedback* do seu desempenho que consiste na apresentação de uma figura de desenho animado com dedo para cima se acertou ou para baixo se errou. O escore da criança por nível é o número de respostas corretas.

Os parâmetros de registro para cada uma das tarefas e para cada nível são: nome, sexo, idade, data de aplicação, nível da tarefa, número de acertos, porcentagem de respostas corretas (rendimento), tempo de reação médio, tempo de reação médio das corretas e tempo total gasto no nível.

6.1.4 Procedimentos

Primeiramente, o presente trabalho foi enviado para apreciação pelo Comitê de Ética em Pesquisa (COEP) da UFMG em outubro de 2009, recebendo aprovação final em novembro de 2009 (Anexo 2). Uma vez aprovado o trabalho, foi realizado contato com seis escolas de diferentes regionais de Belo Horizonte, sendo que apenas três delas autorizaram a realização do estudo em suas dependências, conforme descrito na seção “Participantes”. O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido foi enviado aos pais para solicitar autorização para a participação de seus filhos no estudo, juntamente com um questionário sobre a situação socioeconômica da família e um questionário de saúde geral. Os procedimentos do presente estudo podem ser divididos em três etapas - pré-teste, treinamento cognitivo e pós-teste – as quais serão descritas a seguir.

Avaliação do Pré-teste

Entre os meses de abril e maio 2011, todos os alunos dos sextos anos das três escolas, cujos pais autorizaram a participação, foram avaliados com os testes Matrizes Progressivas de Raven – Escala Geral, Bateria de Provas de Raciocínio (RV e RN) e EADE. Esses testes, aplicados tanto para seleção da amostra quanto para o pré-teste do treinamento, foram administrados de forma coletiva nas salas de aula das respectivas escolas por estudantes de psicologia da UFMG, sob a coordenação da autora do presente projeto. A aplicação dos instrumentos foi realizada em três sessões, cada uma delas com 50 minutos de duração. Todos os aplicadores receberam um mês de treinamento para a aplicação desses testes. As aplicações dos testes ocorreram sem nenhum comprometimento das condições necessárias para um bom ambiente da avaliação, segundo relatório dos aplicadores. Nessa etapa, foi também solicitado às escolas que

enviassem as notas referentes ao desempenho dos alunos na primeira avaliação trimestral.

Treinamento Cognitivo

A etapa de aplicação do programa de treinamento cognitivo teve início em agosto de 2011 e encerrou-se na última semana de outubro de 2011. O número de semanas de treinamento para cada criança variou segundo o ritmo de evolução de cada uma delas nas tarefas propostas. Assim, o tempo de treinamento variou de um mínimo de seis semanas a um máximo de 10 semanas. O treinamento aconteceu nas dependências das escolas, em salas equipadas com computadores nos quais foram executados os programas contendo as tarefas para treinamento. As crianças foram acompanhadas durante as sessões por dois auxiliares de pesquisa, estudantes do curso de Psicologia da UFMG, os quais foram extensivamente treinados no protocolo de intervenção utilizado. Faz-se importante salientar que os auxiliares não tinham conhecimento quanto ao nível intelectual de cada uma das crianças participantes do treinamento.

Cinquenta e três crianças participaram dessa fase e foram divididas aleatoriamente em dois grupos: controle (n=27) e experimental (n=26). As crianças do grupo experimental foram divididas em duplas para facilitar a logística da intervenção e melhorar a supervisão das sessões por parte das auxiliares de pesquisa. Cada dupla participou do treinamento duas vezes por semana em dias e horários alternados. O tempo de duração de cada sessão foi variável (mínimo de 25 e máximo de 50 minutos), dependendo do ritmo de cada criança. Na primeira sessão de cada criança no treinamento, os aplicadores explicaram às crianças o objetivo geral do estudo, o funcionamento e a duração da pesquisa. As crianças do grupo experimental foram

treinadas utilizando as tarefas de MT descritas na seção “Materiais/Instrumentos”, sempre na seguinte ordem por sessão: tarefa Alfabeto, tarefa 123 (Ordem Numérica) e tarefa ABC gramatical. As instruções para cada uma das tarefas estavam escritas na tela do computador e eram lidas pelos auxiliares de pesquisa juntamente com as crianças para evitar dúvidas. Apenas se iniciava uma sessão quando a criança entendia perfeitamente o que deveria ser feito, ou seja, quando acertava os dois itens de treino de cada nível de cada uma das tarefas. O protocolo adotado para cada sessão foi o seguinte: na primeira sessão, a criança realizava o nível 1 de cada uma das três tarefas utilizadas para treino. Uma vez atingido o critério de avanço (60% de acerto) na sessão para uma das tarefas ou para todas, na sessão seguinte, a criança faria o nível seguinte da tarefa para a qual conseguiu atingir o critério. Para as outras cujo critério não foi atingido ela permanecia no nível em que estava. E assim, a criança continuava até terminar os três níveis de cada uma das três tarefas. No entanto, se a criança permanecesse quatro sessões consecutivas no mesmo nível de uma dada tarefa, a tarefa era retirada do treino e, no caso, de acontecer isso para todas as três tarefas o treinamento seria encerrado para aquela criança. O protocolo adotado está representado na Figura 4.

Sessão 1	Sessão 2	Sessão 3
Tarefa Alfabeto – Nível 1 (60%) Tarefa Ord. Num. – Nível 1 (60%) Tarefa ABC – Nível 1 (40%)	Tarefa Alfabeto – Nível 2 (60%) Tarefa Ord. Num. – Nível 2 (50%) Tarefa ABC – Nível 1 (60%)	Tarefa Alfabeto – Nível 3 (60%) Tarefa Ord. Num. – Nível 2 (60%) Tarefa ABC – Nível 2 (60%)

Figura 4. Exemplo do protocolo de avanço nas sessões de treinamento

A cada sessão a criança recebia um reforço comestível (balas, lanches e bombons) e ao final de cada mês de treinamento a criança recebia um reforço tangível melhor (brinquedos) como forma de mantê-las engajadas no estudo.

Já as crianças dos grupos controles, não tiveram contato com a equipe de pesquisa durante o período de treinamento, i.e., não receberam nenhum tipo de intervenção. Essa estratégia foi adotada em virtude do número reduzido de auxiliares de pesquisa e dos empecilhos colocados pelas próprias escolas para se retirar as crianças de sala de aula dentro do período escolar.

Um relatório de controle sobre o progresso das crianças durante as sessões e sobre os aspectos comportamentais das crianças em cada sessão foi mantido pelas auxiliares de pesquisa para análise qualitativa posterior. Foram realizadas reuniões quinzenais de supervisão com as auxiliares de pesquisa para sanar dúvidas e relatar os aspectos ressaltados acima referentes aos grupos. Essas reuniões e os relatórios de controle permitiram observar, a partir do segundo mês de treinamento, diminuição da motivação das crianças do GE para participação e engajamento nas sessões de treinamento.

Avaliação no Pós-teste

Duas coletas de pós-teste foram realizadas. No primeiro pós-teste, que ocorreu em novembro de 2011 (intervalo de cerca de um mês após o término do treinamento), todas as crianças participantes do treinamento foram novamente submetidas aos testes Matrizes Progressivas de Raven- Escala Geral, Bateria de Provas de Raciocínio (RV e RN) e EADE. Esses testes foram administrados de forma coletiva nas salas de aula por estudantes de psicologia da UFMG, sob a coordenação da autora do presente projeto. A aplicação dos instrumentos foi realizada em três sessões, cada uma delas com 50 minutos de duração. As aplicações dos testes ocorreram sem nenhum comprometimento das condições necessárias para um bom ambiente da avaliação, segundo relatório dos

aplicadores. Nessa etapa, foi também solicitado às escolas que enviassem as notas referentes ao desempenho dos alunos na última avaliação trimestral do ano de 2011.

No segundo pós-teste, que ocorreu em março de 2012, portanto três meses após o primeiro pós-teste e quatro meses após o término do treinamento cognitivo, apenas vinte alunos (todos eles de uma mesma escola), dos cinquenta e três participantes, foram retestados com as Matrizes Progressivas de Raven- Escala Geral e Bateria de Provas de Raciocínio (RV e RN). Isso se justificou pelo fato de que apenas uma das escolas conseguiu inserir no cronograma de atividades escolares já programadas para o mês de março de 2012, as coletas desse segundo pós-teste. Não obstante, a prova de desempenho escolar EADE não foi aplicada porque a escola citada somente liberou dois horários de 50 minutos para a aplicação dos testes, sendo impossível aplicar a bateria completa. Ademais, não foi possível conseguir as notas escolares de matemática e português para esses alunos, uma vez que a primeira avaliação trimestral ainda não tinha sido concluída.

6.2 Resultados

Caracterização Inicial dos Grupos Controle e Experimental

Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos, controle e experimental, no que se refere à idade dos participantes e ao sexo ($p > 0,05$). No que se refere ao tipo de escola frequentado pelos participantes de cada grupo, 55,6% dos participantes do grupo controle e 51,9% dos do grupo experimental são provenientes de escolas públicas municipais. O valor de χ^2 encontrado foi de 0,074 com uma probabilidade associada de 0,785, indicando que as duas variáveis (tipo de escola e grupo) não são estatisticamente diferentes. Com relação ao nível médio de QI dos grupos, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre GC e

GE [$t(52) = -0,088$; $p=0,930$], indicando que ambos os grupos tinham o mesmo nível de QI inicial (antes do treinamento).

Com relação à caracterização social, econômica e escolar de GC e GE, 80,8% e dos participantes de GE e 70,4% dos de GC frequentaram pré-escola. 69,2% dos pais das crianças do GE e 70,4% dos pais das crianças de GC se autodeclararam cristãos. O nível socioeconômico familiar predominante para os alunos do grupo GC é o C1 (48,1% dos respondentes), assim como também o é para o GE (37% dos respondentes). Quanto ao nível de escolaridade do principal provedor da família, 44% para GC e 54,2% de GE possuíam ensino fundamental completo como maior nível de escolaridade. Esses resultados indicaram não haver diferenças socioeconômicas e de escolaridade entre os grupos.

No que se refere ao histórico de saúde da família das crianças de GC e GE, para nenhum dos grupos, os familiares apresentam diagnóstico de retardo mental, autismo, Transtorno de Déficit Atenção/Hiperatividade ou Transtorno Bipolar. Para as crianças do GC, 11,8% apresentam histórico de depressão na família e 5,9% de alcoolismo. Já para as crianças de GE, 23,5% apresentam histórico de depressão na família e 17,6% apresentam histórico de alcoolismo. Contudo, essas diferenças não são estatisticamente significativas ($\chi^2=0,810$; $p=0,368$ para depressão; e $\chi^2= 1,133$; $p=0,287$ para alcoolismo).

Segundo relato dos pais com relação à saúde da própria criança, nenhuma das crianças de GC ou de GE apresentam problemas de ansiedade, atenção e de comportamento ou diagnóstico de transtorno de aprendizagem, deficiência mental ou autismo.

Efeito do Treinamento Cognitivo em GC e GE

Três formas de análise foram consideradas. Em primeiro lugar, uma análise de variância de medidas repetidas intra e entre grupos (*Mixed between-within subjects analysis of variance*) é o teste estatístico aconselhável quando não existem diferenças significativas entre GC e GE no ponto de partida. Dessa forma se verifica se o ganho (ou perda) de score após o treinamento é significativo (análise intragrupo) e se os ganhos (ou perdas) após o treinamento são diferentes entre os grupos (análise intergrupo). Em segundo lugar, a estimativa do índice d de Cohen foi utilizada para melhor visualizar em unidades de desvios-padrão (e logo QI) a diferença entre os grupos antes e depois do treinamento. O índice d , ou diferença Cohen, constitui diferenças entre os grupos expressas em unidades de desvios padrões (Conboy, 2003). A fórmula para tal cálculo é:

$$(1) \quad \frac{X_1 - X_2}{S_{pooled}}$$

$$(2) \quad s = \sqrt{\frac{(n_1 - 1) s_1^2 + (n_2 - 1) s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

Onde: na fórmula (1) X_1 e X_2 são as médias das amostras 1 e 2 respectivamente. S_{pooled} é a variância agrupada e é calculada por meio da fórmula (2), onde n_1 é o tamanho da amostra do grupo 1; n_2 é o tamanho da amostra do grupo 2; S_1 é o desvio-padrão do grupo 1 e S_2 é o desvio-padrão do grupo 2.

Em terceiro lugar, foi utilizada, também, a abordagem do score de ganho (*gain score approach*), a qual é considerada a forma de análise mais precisa para esse tipo de

delineamento (Gliner, Morgan, & Harmon, 2003). Nessa abordagem, os escores do pré-teste são subtraídos dos escores do pós-teste para cada grupo (experimental e controle), sendo a diferença utilizada como variável dependente para as análises de diferenças de grupo.

As análises estatísticas citadas acima para verificar o efeito do treinamento cognitivo foram realizadas em três etapas: a) para a amostra total (conjuntamente para crianças de QI baixo, QI médio e QI alto) antes e um mês após o treinamento; b) para uma subamostra de crianças considerando os QIs baixo, médio e alto antes e quatro meses após o treinamento; c) para a amostra total, mas separadamente para cada grupo de QI, antes e um mês após o treinamento.

Nesse sentido, a Tabela 4 apresenta as médias de desempenho de ambos os grupos, para a amostra total (todos os grupos de QI), antes e após o treinamento cognitivo para as seguintes medidas: Raven, Raciocínio Verbal, Raciocínio Numérico, prova de conhecimento escolar (EADE-Português) e as notas escolares. Nessa mesma tabela, também estão apresentados os valores do índice *d* e os escores de ganho.

Tabela 4. Médias e desvios-padrões nos testes Raven, Raciocínio Verbal, Raciocínio Numérico, EADE (Português) e Notas escolares, antes e um mês depois do treinamento, para a amostra total (n = 53)

Grupo	Antes	Depois	Escore de Ganho	<i>n</i>
Raven				
Controle	40,27 (9,44)	39,23 (9,02)	-1,0	26
Experimental	39,80 (8,89)	39,40 (8,43)	-0,4	27
	<i>d</i> = 0,05	<i>d</i> = -0,01		
Raciocínio Verbal				
Controle	4,50 (2,0)	11,86 (5,4)	7,35	26
Experimental	4,71 (2,0)	11,71 (5,3)	7,00	27
	<i>d</i> = -0,10	<i>d</i> = 0,02		
Raciocínio Numérico				
Controle	8,92 (5,4)	9,31 (5,1)	0,38	26

Experimental	7,71 (4,9) $d = 0,23$	7,47 (3,72) $d = 0,42$	-0,23	27
	EADE (português)			
Controle	12,52 (4,8)	15,81 (5,8)	3,28	26
Experimental	12,67 (3,9) $d = -0,03$	15,21 (3,8) $d = 0,12$	2,54	27
	Nota escolar			
Controle	4,15 (1,7)	4,19 (2,1)	0,03	26
Experimental	4,37 (1,9) $d = -0,12$	4,37 (2,1) $d = -0,08$	0,00	27

* Os desvios-padrão estão entre parênteses; índice d de Cohen positivo indica diferença a favor do grupo controle, ao passo que os valores negativos indicam diferença a favor do grupo experimental; para os escores de ganho, a significância estatística está indicada na tabela por **.

As análises de medidas repetidas intra e inter-grupo mostraram não haver efeito significativo do treinamento cognitivo para nenhum dos testes cognitivos e de desempenho escolar, como indicado pela significância de Wilks' Λ utilizado para verificar o efeito de tempo (antes x depois). Os resultados evidenciaram não haver efeito de tempo, para nenhum dos dois grupos (controle e experimental), nos resultados do teste Raven ($\Lambda = 0,980$; $p = 0,343$; $\eta^2 = 0,020$). Não houve, também, efeitos diferenciados entre os grupos ($p = 0,953$). No teste de Raciocínio Verbal, os resultados encontrados evidenciaram haver efeito de tempo, para ambos os grupos ($\Lambda = 0,355$; $p = 0,000$; $\eta^2 = 0,645$). Isso significa que tanto GC quanto GE obtiveram resultados melhores nessa medida no pós-teste. Não houve, no entanto, efeitos diferenciados entre os grupos ($p = 0,971$). Para o teste de Raciocínio Numérico, os resultados evidenciaram não haver efeito de tempo, para nenhum dos dois grupos ($\Lambda = 0,999$; $p = 0,614$; $\eta^2 = 0,001$). Também aqui, não houve efeitos diferenciados entre os grupos ($p = 0,368$). Já para o EADE/Português, os resultados evidenciaram haver diferenças intra-grupos ($\Lambda = 0,639$; $p = 0,000$; $\eta^2 = 0,361$), ou seja, as médias de desempenho se alteraram do pré-teste para o pós-teste para cada grupo (GE e GC) separadamente. Contudo, não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos ($p = 0,855$). Para as notas escolares, os

resultados evidenciaram não haver efeito de tempo, para nenhum dos dois grupos ($\Lambda = 1,000$; $p = 0,902$; $\eta^2 = 0,000$). Também aqui, não houve efeitos diferenciados entre os grupos ($p=0,710$). Todos esses resultados podem ser mais bem visualizados por meio das Figuras 5 a 8.

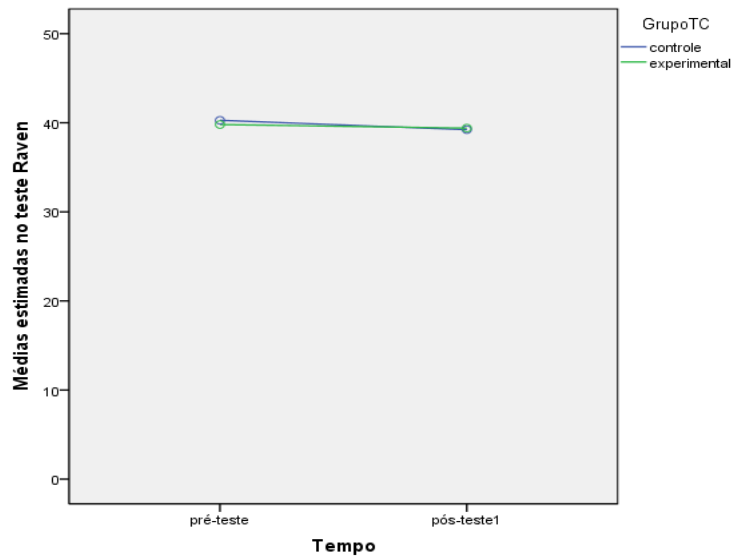


Figura 5. Médias estimadas antes e após o treinamento cognitivo para o GC e GE no teste Raven

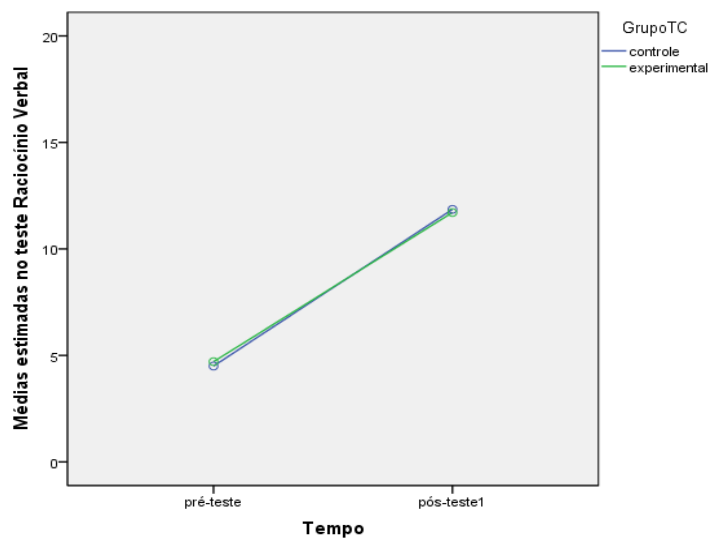


Figura 6. Médias estimadas antes e após o treinamento cognitivo para o GC e GE no teste Raciocínio Verbal

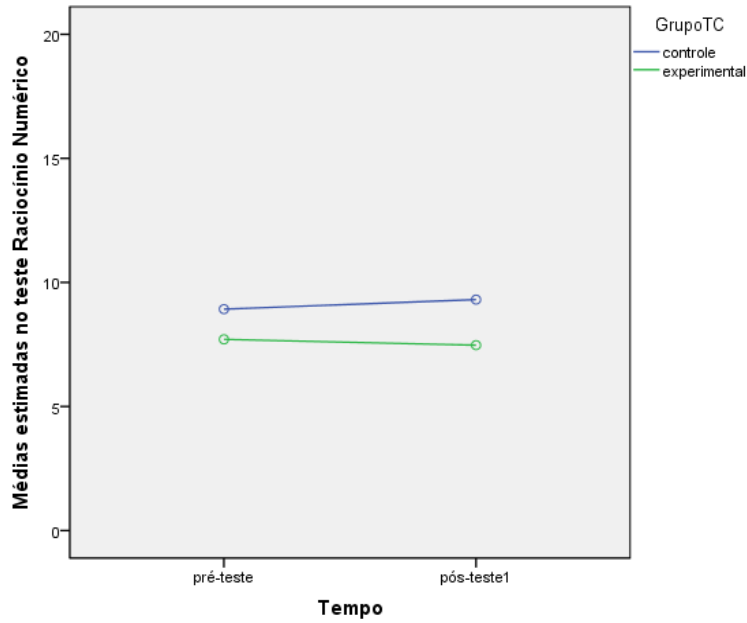


Figura 7. Médias estimadas antes e após o treinamento cognitivo para o GC e GE no teste Raciocínio Numérico

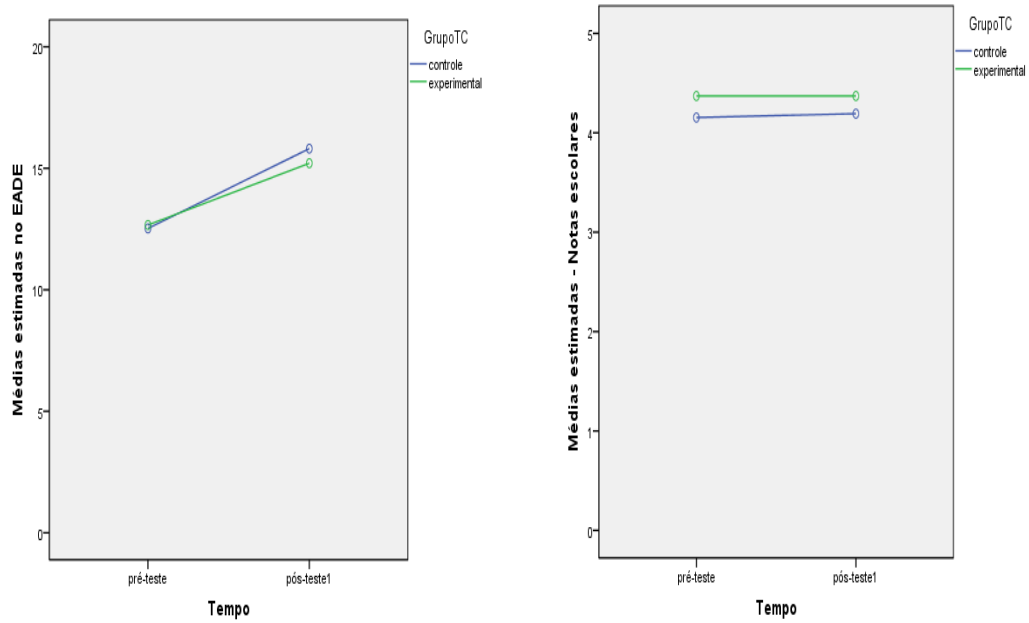


Figura 8. Médias estimadas antes e após o treinamento cognitivo para o GC e GE na prova de conhecimento escolar (EADE) e notas escolares, respectivamente.

Quando se estimou a diferença entre GC e GE no Raven, encontrou-se que o índice d (favorável para GC) de 0,05 (ou $0,05 \times 15 = 0,75$ pontos de QI) passou para $d = -0,01$ favorável para GE após o treinamento (ou $0,01 \times 15 = 0,15$ pontos de QI). No Raciocínio Verbal, o índice d favorável a GE era igual a $-0,10$ (ou 1,5 pontos de QI), mas após o treinamento a diferença foi favorável a GC ($d = 0,02$). Para o Raciocínio Numérico, o índice d que era favorável a GC (0,23 ou 3,45 pontos de QI), antes do treinamento, continuou favorável a este grupo ($d=0,42$) após o treinamento. Portanto, nas medidas de inteligência, não houve um padrão claro de ganhos para nenhum dos grupos. No caso das medidas de conhecimento escolar, conforme pode ser observado na Tabela 4, também não houve uma tendência de ganhos a favor de nenhum dos grupos. Tal resultado indica que GE também não obteve nenhum benefício realmente significativo na esfera da aprendizagem.

Com relação aos escores de ganho calculados, o panorama que se apresenta é de que houve um melhor desempenho no pós-teste do que no pré-teste nas medidas de Raciocínio Verbal e na prova de conhecimento escolar (EADE) para ambos os grupos, muito provavelmente resultado de um efeito desenvolvimental. Contudo, essas diferenças não alcançaram significância estatística.

A fim de verificar se um intervalo maior de tempo poderia ser necessário para consolidar a mudança esperada com o treinamento cognitivo realizou-se uma comparação entre os grupos GC e GE antes de treinamento e quatro meses após o treinamento (pós-teste 2) para uma subamostra de participantes ($n=20$). As estatísticas descritivas (média e desvio-padrão), o índice d e o escore de ganho para os testes Raven, Raciocínio Verbal, Raciocínio Numérico e prova de conhecimento de português são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Médias e desvios-padrões nos testes Raven, Raciocínio Verbal, Raciocínio Numérico e no EADE (Português), antes e quatro meses depois do treinamento, para uma subamostra, considerando todos os níveis de QI (n= 20)

Grupo	Antes	Depois	Escore de Ganho	<i>n</i>
Raven				
Controle	44,9 (5,1)	41,5 (6,7)	-3,4	10
Experimental	46,0 (5,1)	43,0 (5,0)	-3,0	10
	<i>d</i> = - 0,21	<i>d</i> = -0,25		
Raciocínio Verbal				
Controle	4,70 (1,9)	11,20 (6,6)	6,5	10
Experimental	4,80 (2,6)	13,20 (3,6)	8,4	10
	<i>d</i> = -0,04	<i>d</i> = -0,37		
Raciocínio Numérico				
Controle	11,0 (4,5)	10,0 (5,5)	-1,0	10
Experimental	11,1 (2,8)	10,3 (5,1)	-0,8	10
	<i>d</i> = -0,02	<i>d</i> = -0,05		
EADE (português)				
Controle	14,0 (3,3)	20,4 (8,0)	2,4	10
Experimental	15,8 (3,2)	21,4 (6,2)	5,6	10
	<i>d</i> = -0,55	<i>d</i> = -0,13		

* Os desvios-padrão estão entre parênteses; índice *d* de Cohen positivo indica diferença a favor do grupo controle, ao passo que os valores negativos indicam diferença a favor do grupo experimental; para os escores de ganho, a significância estatística está indicada na tabela por **.

As análises de medidas repetidas intra e inter-grupo mostraram não haver efeito significativo do treinamento cognitivo para nenhum dos testes cognitivos e de desempenho escolar, como indicado pela significância de Wilks' Λ utilizado para verificar o efeito de tempo (antes x depois). Os resultados evidenciaram haver efeito de tempo, para os dois grupos (controle e experimental), nos resultados do teste Raven ($\Lambda = 0,548$; $p = 0,03$; $\eta^2 = 0,452$). Não houve, entretanto, efeitos diferenciados entre os grupos ($p = 0,651$). No teste de Raciocínio Verbal, os resultados encontrados evidenciaram haver efeito de tempo, para ambos os grupos ($\Lambda = 0,419$; $p = 0,000$; $\eta^2 = 0,581$). Isso significa que tanto GC quanto GE obtiveram resultados melhores nessa medida no segundo pós-teste. Não houve, contudo, efeitos diferenciados entre os grupos

($p=0,350$). Para o teste de Raciocínio Numérico, os resultados evidenciaram não haver efeito de tempo, para nenhum dos dois grupos ($\Lambda = 0,960$; $p = 0,428$; $\eta^2 = 0,040$). Também aqui, não houve efeitos diferenciados entre os grupos ($p=0,916$). Para o EADE/Português, os resultados evidenciaram não haver diferenças intra-grupos ($\Lambda = 0,953$; $p = 0,373$; $\eta^2 = 0,047$), ou seja, as médias de desempenho não se alteraram do pré-teste para o segundo pós-teste para cada grupo (GE e GC) separadamente. Também não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos ($p = 0,457$).

Quando se estimou a diferença entre GC e GE no Raven, encontrou-se que o índice d , que era favorável a GE antes do treinamento continua favorável quatro meses após o treinamento. No Raciocínio Verbal, o índice d favorável a GE era igual a $-0,04$ (ou $0,6$ pontos de QI), mas após quatro meses depois do treinamento a diferença favorável a GE aumentou ($d = -0,37$). Para o Raciocínio Numérico, o índice d que era favorável a GE ($d=-0,02$), antes do treinamento, continuou favorável a este grupo ($d=-0,05$), em magnitude muito semelhante, quatro meses após treinamento. No caso das medidas de conhecimento escolar, houve uma redução da diferença inicial entre GC e GE. Antes do treinamento a diferença era de $0,55$, favorável a GE, passando para $0,13$, favorável a GE.

Com relação aos escores de ganho calculados, o panorama que se apresenta é de que houve um melhor desempenho no segundo pós-teste do que no pré-teste nas medidas de Raciocínio Verbal e na prova de conhecimento escolar (EADE) para ambos os grupos, muito provavelmente resultado de um efeito desenvolvimental. Contudo, essas diferenças não alcançaram significância estatística.

Realizaram-se, ainda, análises de comparação entre os grupos de treinamento (GC e GE), antes e logo após a intervenção, considerando cada nível de QI

separadamente. Essa análise foi realizada com o objetivo de verificar se o nível intelectual das crianças poderia ser uma variável mediadora da mudança cognitiva. Contudo, optou-se por realizar as análises de comparação entre GC e GE apenas para o teste de inteligência Raven, para a prova de conhecimento escolar (EADE) e para as notas escolares, uma vez que para o teste de Raciocínio Verbal e Numérico houve uma perda amostral maior no pós-teste para o grupo de QI baixo do que para os outros grupos de QI.

As análises de medidas repetidas intra e inter-grupo mostraram não haver efeito significativo do treinamento cognitivo para nenhum dos níveis de QI no teste Raven ($p=0,893$ para o QI baixo; $p=0,690$ para o QI médio, e $p=0,931$ para o QI alto), na prova de conhecimento escolar ($p=0,492$ para o QI baixo; $p=0,104$ para o QI médio, e $p=0,343$ para o QI alto) e nas notas escolares ($p=0,595$ para o QI baixo; $p=0,635$ para o QI médio, e $p=0,802$ para o QI alto). Entretanto, é interessante observar que para o teste Raven, para o grupo de QI baixo, a diferença (índice d) entre GC e GE favorável a GC antes do treinamento de 0,25 (ou 3,75 pontos de QI) passou a ser favorável a GE logo após o treinamento ($d=-0,47$ ou 7,05 pontos de QI). Esse ganho do grupo experimental no teste Raven para as crianças de baixo QI não foi observada para os grupos de QI médio e alto, para os quais a diferença inicial entre GE e GC permaneceu a mesma após o treinamento. O mesmo padrão não pôde ser observado para a prova de conhecimento escolar e para as notas escolares. Para estes, a diferença inicial entre GC e GE permaneceu praticamente a mesma após o treinamento, independente do nível de QI inicial das crianças.

Em resumo, os resultados apresentados indicam não haver diferenças no pós-teste entre os grupos GC e GE para nenhuma das medidas cognitivas e de desempenho

escolar e para nenhum dos intervalos de tempo (um mês e quatro meses após o final do treinamento). Porém, para o grupo de QI baixo, foi possível observar uma redução da diferença inicial. Dito em outras palavras, para as crianças de baixo QI a diferença inicial a favor do grupo GC se reduz no primeiro pós-teste e o grupo GE passa então a apresentar um melhor desempenho.

Análise do desempenho das crianças do GE durante o treinamento segundo seu grupo de QI

A fim de verificar se algum nível de evolução das crianças poderia ser observado ao longo das sessões de treinamento cognitivo optou-se por realizar uma descrição do desempenho das crianças de GE nas tarefas utilizadas para a intervenção cognitiva comparando os grupos de QI. Acreditava-se que mesmo que o treinamento ministrado para as crianças não fosse convertido em ganho intelectual e em desempenho escolar, poder-se-ia observar uma evolução das crianças ao longo das sessões de treinamento de modo que: a) haveria uma diminuição da diferença em eficiência entre os grupos de QI e b) o treinamento resultaria em um ganho em eficiência, independente do nível de QI da criança, já que poderia reduzir a discrepância entre o desempenho nos níveis iniciais e finais das tarefas.

Para tanto, os parâmetros de comparação utilizados foram: 1) rendimento médio de cada grupo de QI em cada nível de cada uma das tarefas; 2) média de tentativas para completar o nível, e 3) porcentagem de sucesso em atingir o critério de avanço.

No que se refere ao rendimento médio dos grupos de QI nas tarefas de MT, as Figuras 9 a 11 permitem observar que o rendimento das crianças no nível mais fácil de cada tarefa foi semelhante independente do nível de QI. Houve para o nível 1 (fácil) de todas as tarefas uma elevada porcentagem de acerto (estimativas próximas a 90%),

sendo, entretanto, mais alta para a tarefa 123 e mais baixa para a tarefa ABC, independente do nível de QI da criança. Percebe-se, ainda, uma queda no rendimento das crianças de todos os níveis de QI a partir do segundo nível de dificuldade, que foi, contudo, mais acentuada para as crianças de QI médio e baixo. Não obstante, as diferenças de rendimento dos grupos de QI no nível inicial das tarefas que era praticamente nula aumentaram consideravelmente para os níveis mais difíceis de todas as três tarefas (níveis 3 e 4), sendo que o grupo de QI alto se afastou dos demais apresentando rendimento marcadamente superior. O teste não paramétrico de Kruskal-Wallis para amostras independentes indica que as diferenças entre os grupos de QI nos níveis 3 e 4 são estatisticamente significativas para as tarefas 123 ($p=0,04$) e Alfabeto ($p=0,03$), mas não o são para a tarefa ABC ($p=0,15$).

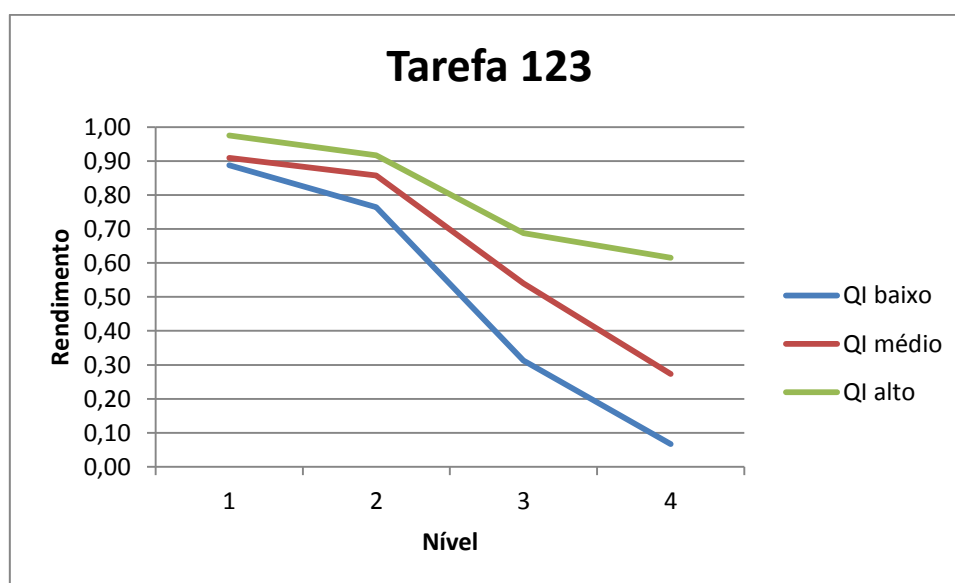


Figura 9. Rendimento médio por nível de dificuldade na tarefa 123, segundo o grupo de QI

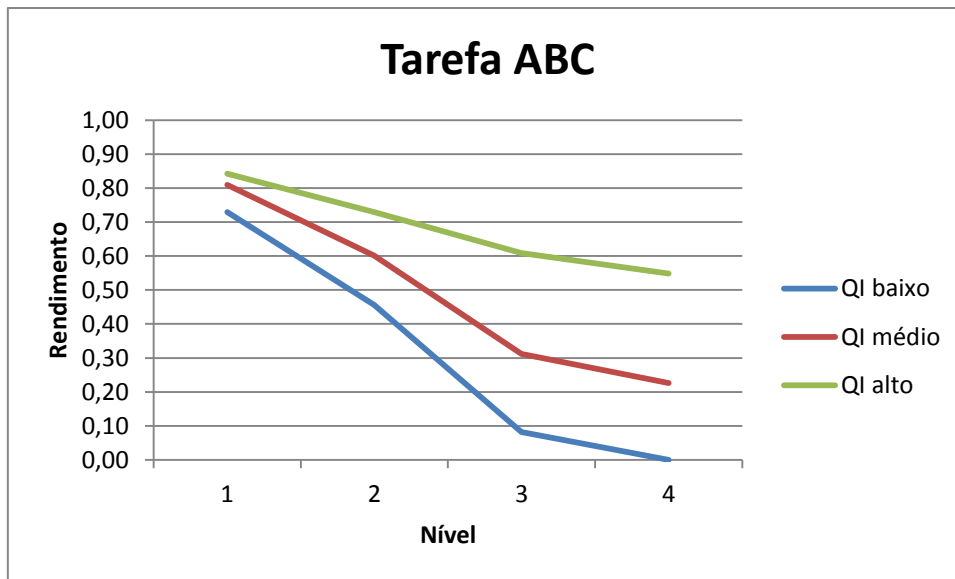


Figura 10. Rendimento médio por nível de dificuldade na tarefa ABC, segundo o grupo de QI

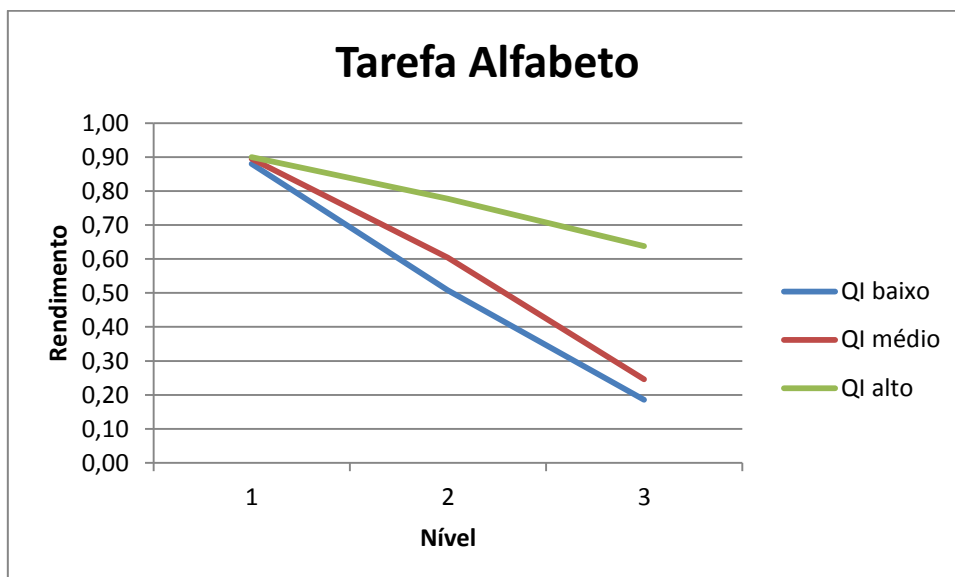


Figura 11. Rendimento médio por nível de dificuldade na tarefa Alfabeto, segundo o grupo de QI

Já no que se refere ao número médio de tentativas para completar cada nível de dificuldade, Tabela 6 mostra que as crianças de QI alto precisaram de menor número de tentativas para mudar de nível em todas as três tarefas. Observa-se, também, que a

tarefa ABC foi a mais exigente, independente do nível de QI das crianças, já que para a mesma as crianças necessitaram de maior número de tentativas para mudar de nível.

Tabela 6. Número de tentativas em cada nível, em cada tarefa para mudar de nível, segundo o grupo de QI

Tarefa/Nível	Grupo de QI		
	Baixo	Médio	Alto
		Tarefa 123	
Nível 1	1,0	1,0	1,0
Nível 2	1,2	1,0	1,0
Nível 3	1,5	1,6	1,2
Nível 4	3,0	2,5	2,0
		Tarefa ABC	
Nível 1	1,4	1,2	1,25
Nível 2	2,0	2,1	1,25
Nível 3	4,0	2,5	2,0
Nível 4	NC	1,3	2,3
		Tarefa Alfabeto	
Nível 1	1,0	1,0	1,0
Nível 2	1,4	1,6	1,0
Nível 3	2,5	2,6	2,0

Nota: NC: Não conseguiu mudar de nível

Já a Tabela 7 permite observar a porcentagem de crianças de cada grupo de QI que tiveram sucesso em atingir o critério para avançar de nível para cada tarefa. Pode-se perceber que à medida que aumenta o nível de dificuldade em cada uma das tarefas diminui a porcentagem de crianças que completam com o sucesso o nível, para todas as tarefas e independente do grupo de QI. Observa-se, também, que as crianças do grupo de QI alto são mais bem-sucedidas em completar os níveis das tarefas.

Tabela 7. Porcentagem de crianças por grupo de QI que tiveram sucesso para atingir o critério de avanço

Tarefa/Nível	Grupo de QI		
	Baixo	Médio	Alto
	Tarefa 123		
Nível 1	100%	100%	100%
Nível 2	80%	94,4%	100%
Nível 3	20%	66%	100%
Nível 4	0%	33%	100%
	Tarefa ABC		
Nível 1	100%	100%	100%
Nível 2	20%	77%	100%
Nível 3	0%	33,3%	75%
Nível 4	0%	27,7%	50%
	Tarefa Alfabeto		
Nível 1	100%	100%	100%
Nível 2	60%	72,2%	100%
Nível 3	20%	5,5%	75%

Em linhas gerais, os resultados acima indicam que as diferenças entre os grupos de QI nos primeiros níveis de cada uma das tarefas, que eram pequenas, se mantiveram ou se acentuaram ao longo das sessões de treinamento, sendo que para os níveis mais difíceis de cada tarefa as crianças de maior QI tiveram desempenho significativamente superior às demais. Ademais, não foi observado progresso entre os níveis para nenhum dos grupos de QI, indicando que mesmo após várias sessões o desempenho das crianças nos níveis mais fáceis das tarefas continuou bastante superior ao desempenho das mesmas nos níveis mais difíceis.

6.3 Discussão

A inteligência humana é um dos construtos psicológicos mais bem investigados de todos os tempos e pelos mais variados campos da ciência psicológica em suas interfaces. Desde filósofos até geneticistas do comportamento buscam compreender a origem, a estrutura, a natureza e o impacto social da inteligência em toda a sua

complexidade. Nos últimos 20 anos, especial interesse tem sido voltado para desenvolver programas e estratégias visando potencializar a capacidade cognitiva, em diferentes idades. Apesar das muitas tentativas feitas, o panorama que se apresenta aos pesquisadores e aos leigos é, ainda, conflitante. Enquanto algumas estratégias falham em atingir o objetivo proposto, outras investigações são bem-sucedidas em promover mudanças intelectuais. Entretanto, tais investigações carecem de cuidados metodológicos essenciais. Não obstante, a comunidade acadêmica tem demonstrado considerável interesse em buscar marcadores neurofisiológicos e genéticos da cognição. As pesquisas na área apontam para a possibilidade de se encontrar as bases biológicas da inteligência e para a importância do ambiente na promoção da plasticidade cerebral. Nesse sentido, a presente investigação objetivou verificar a possibilidade de mudança cognitiva em crianças de diferentes níveis intelectuais, através de treinamento em memória de trabalho.

O primeiro passo adotado para atingir os objetivos propostos foi verificar se o treinamento em memória de trabalho produz modificação na inteligência e no desempenho escolar, comparando grupo experimental e grupo controle, considerando todas as crianças conjuntamente, ou seja, sem separação por nível de QI. A memória de trabalho foi escolhida como veículo da mudança cognitiva, uma vez que tem sido amplamente associada aos processos cognitivos superiores, tais como leitura, escrita, planejamento e inteligência (para revisão ver Morrison & Chein, 2011). Para tanto, foram utilizadas análises de variância de medida repetida intra e inter-grupos, cálculo da diferença entre os grupos (GC e GE) por meio do índice d de Cohen e uso da abordagem do escore de ganho. Todas as análises empregadas são extensamente utilizadas nos demais estudos internacionais sobre o tema (Jaeggi *et al.*, 2008; Klingberg, 2010; Shipstead *et al.*, 2010) e recomendadas em delineamentos do tipo

experimental e quase-experimental (Gliner *et al.*, 2003). Os resultados encontrados a partir das três abordagens de análise estatística utilizadas indicam que não houve efeito do treinamento cognitivo para o grupo experimental no pós-teste realizado um mês após o término do treinamento. Para as medidas de inteligência, as médias, no Raven e no Raciocínio Numérico, de ambos os grupos (GC e GE) praticamente não se alteraram entre o pré-teste e o pós-teste. Já para o Raciocínio Verbal, houve um ganho de aproximadamente sete pontos tanto para GC quanto para GE, o que indica que tal ganho não foi resultado do treinamento e sim de fatores desenvolvimentais. O mesmo se deu para a prova de conhecimento escolar (EADE), para a qual se encontrou um escore de ganho de cerca de três pontos para GC e GE. Para as notas escolares, não houve evidências de melhora no desempenho para nenhum dos grupos.

O segundo ponto de interesse sobre o efeito do treinamento cognitivo se refere aos resultados encontrados quando são considerados, nas análises, os grupos de inteligência baixa, média e alta. Nenhum estudo nacional ou internacional publicado até o momento objetivou identificar se há diferenças entre os grupos experimentais de diferentes níveis cognitivos no que se refere aos resultados dos programas de treinamento, embora os resultados advindos dessa metodologia tenham repercussões diretas no planejamento de programas de treinamento cognitivo. Novamente, não foi encontrado efeito significativo do treinamento para nenhum dos grupos de QI. Contudo, observa-se melhor desempenho no pós-teste para o grupo de QI baixo do que para o de QI médio e alto, visto através da redução mais elevada da diferença inicial existente entre GE e GC no teste Raven. Para o grupo de QI baixo, houve aumento do desempenho de GE no teste Raven (medida de inteligência fluida), ao passo que não foi observado ganho na mesma medida cognitiva para o grupo de QI médio e alto.

De acordo com Klingberg (2010) e Shipstead *et al.* (2010), uma das melhores maneiras de verificar se o treinamento cognitivo produz mudanças intelectuais genuínas e se o cérebro necessita de um espaço de tempo maior para consolidar os ganhos alcançados no treinamento é incluir no delineamento do estudo um segundo pós-teste com um intervalo de tempo maior após o final do treinamento. Nesse sentido, no presente estudo, um segundo pós-teste, quatro meses após o término do treinamento cognitivo, foi realizado com uma subamostra de crianças (n=20). De forma geral, os resultados encontrados apresentam o mesmo padrão daqueles do primeiro pós-teste, a saber: a não existência de diferenças estatisticamente significativas entre GC e GE para nenhuma das medidas utilizadas. Ademais, acrescenta-se que também houve aumento do desempenho tanto de GC quanto de GE na prova de conhecimento escolar e no teste de Raciocínio Verbal no segundo pós-teste, ao passo que os escores no Raven e no teste de Raciocínio Numérico praticamente não se alteraram.

Com relação ao objetivo de verificar se houve, ao longo das sessões de treinamento, evolução do desempenho das crianças do grupo experimental nas tarefas de memória de trabalho indicando ganho em nível de eficiência, os resultados encontrados indicam que as diferenças existentes entre as crianças de diferentes níveis de QI não foram reduzidas do início para o fim do treinamento. De forma geral, em todos os parâmetros considerados para análise (rendimento, número de tentativas para mudar de nível e porcentagem de sucesso para atingir o critério de avanço), nos níveis mais fáceis das três tarefas de MT, as diferenças entre as crianças foram praticamente inexistentes. Contudo, à medida que se aumentou a demanda cognitiva das tarefas (níveis difíceis), as crianças de QI alto se afastaram das demais apresentando maior eficiência. Em conjunto, esses resultados indicam que o treinamento cognitivo não foi efetivo para reduzir a diferença inicial entre as crianças.

O panorama de resultados apresentado acima aponta para a existência de importantes pontos que merecem ser mais bem discutidos. Em primeiro lugar, de maneira geral, as evidências levantadas no presente estudo indicam que não foi possível promover mudanças intelectuais em crianças na faixa etária de 11-12 anos através de treinamento em memória de trabalho. Nos últimos dez anos, a memória de trabalho tem sido vista como uma alternativa possível e atraente para solucionar o recorrente problema das tentativas fracassadas de modificação da inteligência (Buschkuohl & Jaeggi, 2010; Colom, 2008; Sternberg, 2008). Isso porque para que o treinamento ou o aprendizado em um processo/conteúdo possa ser transferido a outro é necessário que os elementos e os mecanismos subjacentes a um deles também estejam presentes no outro (Barnett & Ceci, 2002). Nesse sentido, grande número de estudos vem consistentemente apontando que a MT e inteligência, especialmente a fluida, seriam processos psicologicamente isomórficos que estariam assentados nos mesmos circuitos neuronais, tais como o córtex parietal e pré-frontal (Ackerman *et al.*, 2005; Kane & Engle, 2002; Klingberg, 2010). Assim, pois, o treinamento da capacidade do indivíduo de trabalhar com vários itens simultaneamente e coordenar vários processos cognitivos, que é conhecida como MT, estaria relacionada diretamente a maior capacidade de resolver problemas novos e trabalhar com conteúdos abstratos (*Gf*) e, também, à capacidade de adquirir conhecimento (aprendizagem) e usar o conhecimento existente de forma eficiente (*Gc*) (Alloway & Alloway, 2009; Schweizer & Koch, 2002). Contudo, não há consenso, na literatura internacional, acerca da efetividade de programas de treinamento em memória de trabalho na promoção de mudanças intelectuais. Alguns estudos, tanto com adultos quanto com crianças, tais como os de Klingberg *et al.* (2002), Klingberg *et al.* (2005), Jaeggi *et al.* (2008), Alloway e Alloway (2009) e Jaeggi *et al.* (2011), apresentaram evidências de que há ganhos do treino em MT em medidas de inteligência

fluida e cristalizada. Já outras pesquisas, como as de Klauer e Phye (2008), Holmes *et al.* (2009), Thorell *et al.* (2009), Chein e Morrison (2010) e Nutley *et al.* (2011), mostraram que embora o treino de MT produza efeitos em medidas de controle inibitório e de memória, não há evidências de transferência desses benefícios para medidas de inteligência fluida ou cristalizada.

Segundo Morrison e Chein (2011), em parte, esses resultados contraditórios podem ser explicados pelas diferentes abordagens adotadas pelos pesquisadores no que se refere ao uso da MT para treinamento. Alguns estudos incluem no programa de treinamento uma grande diversidade de tarefas de memória de trabalho, além de tarefas de percepção e memória episódica (Klingberg *et al.*, 2002, 2005). A vantagem desse tipo de programa de treinamento é que a diversificação das atividades aumenta a probabilidade de alguma delas, ou uma combinação delas, produzir as mudanças desejadas, embora não se saiba ao certo qual dos componentes do programa produziu a mudança cognitiva. Em outros casos, as tarefas utilizadas para o treinamento são únicas, tais como as tarefas *n-back* utilizadas nos estudos de Jaeggi *et al.* (2008, 2011). Nesses casos, o benefício é que o pesquisador tem controle sobre qual tarefa produziu as mudanças observadas. Morrison e Chein (2011) e Shipstead *et al.* (2010) destacam, ainda, que tarefas de treinamento que focalizem o componente atencional e de domínio-geral da MT, tais como a *n-back*, poderiam ser mais eficazes em promover mudanças intelectuais. O componente atencional da MT é fundamental na redução da interferência de estímulos irrelevantes e no gerenciamento do uso de estratégias específicas de solução de problemas, apresentando maior validade preditiva em atividades cognitivas superiores se comparados aos domínios-específicos (Cowan *et al.*, 2005; Lépine, Gilhooly, & Wynn, 2005). Portanto, um programa de treinamento que inclua em sua base um componente atencional de domínio-geral pode ser mais efetivo em aumentar o

desempenho em atividades diversas. Mansur-Alves, Flores-Mendoza e Tierra-Criollo (no prelo) e Prins *et al.* (2011) apresentaram evidências preliminares de que a introdução de elementos atencionais em um dos grupos de treinamento, através de jogos informatizados (videogame) possui impacto positivo, resultando em ganhos nas medidas cognitivas utilizadas ou redução da diferença inicial entre grupo controle e experimental. No presente estudo, embora as tarefas utilizadas para treinamento tenham sido de componente único, ou seja, apenas de MT, e tenham também sido desenhadas para cobrir os componentes atencionais da MT, acredita-se que tenham inserido alguns elementos de conteúdo específico, tais como capacidade de fazer cálculo e domínio de sequências lógicas. A existência de diferenças individuais entre as crianças nesses elementos e a dificuldade de se garantir um nível de conhecimento uniforme nos mesmos pode ter dificultado a resolução das tarefas de MT por algumas crianças e, como consequência, inserido uma dificuldade adicional para as mesmas, reduzindo, assim, a possível eficácia do treino ministrado. Faz-se pertinente, ainda, acrescentar que em alguns dos estudos nos quais se observa efeito positivo do treinamento em MT para melhoramento intelectual são utilizadas tarefas que saturam em conteúdos diversificados de MT, tais como símbolos numéricos, linguísticos e visuo-espaciais. A presença do componente visuo-espacial no treinamento diferencia o presente estudo dos demais, uma vez que naqueles foram utilizados para treinamento os símbolos linguísticos e numéricos. Assim sendo, seria pertinente supor que a efetividade do treinamento em MT estaria estreitamente ligada à inclusão de tarefas visuoespaciais, não somente pela importância que as mesmas assumem no funcionamento cognitivo de forma geral (Jensen, 1998), mas também pelo fato de itens dos instrumentos cognitivos utilizados nesses estudos para mensuração do ganho (por exemplo: Raven e BOMAT)

serem de natureza visuo-espacial (Abad, Colom, Rebollo, & Escorial, 2004; Colom, Escorial, & Rebollo, 2004).

Por outro lado, McDaniel e Bugg (2012) ressaltam a importância de considerar a validade ecológica das tarefas utilizadas para treinamento e os aspectos motivacionais das tarefas. Segundo esses autores, as estratégias treinadas e as tarefas utilizadas em laboratório possuem pouca semelhança com as demandas encontradas pelos sujeitos em seu cotidiano. Seria, pois, mais relevante e eficiente treinar estratégias específicas (ensaio subvocal, organização, estabelecimento de relações, dentre outras) que pudessem ser aplicadas à solução de problemas diversos e que pudessem ser generalizadas para outras situações e atividades. McDaniel e Bugg (2012) enfatizam, ainda, que os programas de treinamento que possuem resultados positivos em nível da plasticidade dos sistemas cerebrais são aqueles cujas tarefas utilizadas para treinamento possuem repercussões diretas para a vida dos indivíduos treinados (Draganski *et al.*, 2006; Maguire *et al.*, 2000, 2003). Com relação aos aspectos motivacionais, McDaniel e Bugg (2012) e Craik e Bialystok (2006) afirmam que a inserção de um maior número de tarefas, as quais apresentem uma maior variedade de estímulos do mesmo conteúdo, podem manter por mais tempo o engajamento e a atenção, especialmente de crianças e idosos, na atividade proposta. No presente estudo, as observações comportamentais realizadas pelas assistentes de pesquisa nas sessões de treinamento apontam para a redução do envolvimento das crianças do meio para o final do treinamento. Acredita-se que a repetição das mesmas tarefas, embora com níveis de dificuldade crescentes, tenha reduzido o interesse das crianças a partir de um dado momento, embora nenhuma medida objetiva de motivação tenha sido utilizada para avaliar o envolvimento das crianças com o treino. Prins *et al.* (2011) e Nutley *et al.* (2011) ressaltam a importância do interesse no treino ao incluírem em seus estudos medidas objetivas e subjetivas do

nível motivacional das crianças durante o treinamento, utilizando-as como variáveis de controle e moderadoras dos resultados encontrados.

Outra questão que tem emergido nos últimos estudos é a necessidade de se repensar o tempo de treinamento (McDaniel & Bugg, 2012). Em geral, os estudos revisados incluem programas de treinamento que possuem duração mínima de quatro e máxima de 15 semanas. Para alguns autores, considerando a inteligência um dos construtos psicológicos mais estáveis ao longo do ciclo vital e com elevada herdabilidade (Jensen, 1998; Neisset *et al.*, 1996; Nisbett *et al.*, 2012) seria ingênuo supor que a prática concentrada em curto período de tempo em determinadas tarefas pudesse refletir em mudanças intelectuais genuínas (Hernstein & Murray, 1994). Ademais, inclusive em nível de plasticidade cerebral, faz sentido pensar que a repetição da prática, a intensidade e o tempo do treino seriam componentes essenciais para promover mudanças neuronais mais duradouras (Kleim & Jones, 2008).

Healy, Wohldmann, Parker e Bourne (2005) acreditam que a solução para esse problema seria optar pelo que eles chamam de prática distribuída nos programas de treinamento. A prática distribuída consiste em ministrar atividades que possam acelerar o desenvolvimento cognitivo ou promover mudanças intelectuais por um período mais extenso de tempo. Seria o mesmo que criar um programa de treinamento de MT, por exemplo, que pudesse ser aplicado durante todo o ano escolar, uma vez por semana, em casa e na escola. No caso específico do contexto brasileiro e da organização do nosso sistema de educação formal atual entende-se que seja praticamente impossível estabelecer um programa de treinamento baseado numa prática distribuída sem apoio do poder público. A infraestrutura existente nas escolas públicas, a falta de envolvimento da direção e dos docentes, o baixo envolvimento dos pais na educação dos filhos são

alguns dos aspectos dificultadores da implementação de tais programas. Ainda no que se refere à produção de mudanças intelectuais genuínas, Morrison e Chein (2011) e Shipstead *et al.* (2010) afirmam que as assertivas, geralmente feitas pelos pesquisadores, de que o treinamento em MT reflete em ganhos em uma habilidade cognitiva ampla são feitas com base nos resultados positivos encontrados para uma única medida de inteligência (por exemplo, o estudo de Jaeggi *et al.*, 2008, 2011). Na verdade, para se alcançar tamanho grau de generalização os estudos deveriam incluir medidas intelectuais múltiplas para averiguar os ganhos, as quais permitissem a extração de uma variável intelectual latente (Morrison & Chein, 2011). Entretanto, até o presente momento, há somente um estudo com crianças que utiliza uma bateria de testes para aferição do ganho cognitivo em treinamento em MT (Nutley *et al.*, 2011) e os resultados desse estudo não mostrou evidências de transferência dos ganhos para a inteligência.

Morrison e Chein (2011) propõem, não obstante, interpretações alternativas para os ganhos intelectuais encontrados em alguns estudos. Esses autores destacam que as melhoras observadas nos escores dos testes de inteligência, por serem de pequena magnitude, poderiam ser o resultado dos níveis de investimento dos participantes e das expectativas que possuem com o estudo. Isso fica mais evidente nos estudos que incluem grupos controle sem contato com o pesquisador. Nesses casos, acredita-se que os sujeitos controle não experienciem o mesmo grau de motivação ou possuem expectativas semelhantes do grupo experimental acerca dos benefícios do treinamento, se esforçando menos nas avaliações de pós-teste para demonstrar resultados positivos.

No que se refere a um possível efeito positivo do treinamento para as crianças de baixo QI no teste Raven encontrado no presente estudo, há respaldo parcial na literatura.

Campbell *et al.* (2008), Herrnstein e Murray (1994) e Nisbett (2009) e Nisbett *et al.* (2012) apontam que a maioria dos programas de intervenção cognitiva existentes foram concebidos para crianças de baixa inteligência ou com risco de atrasos no desenvolvimento. Esses autores destacam que tais programas objetivam suprir uma lacuna existente no desenvolvimento dessas crianças oferecendo estimulação ambiental adequada que possa acelerar o desenvolvimento cognitivo, promovendo plasticidade cerebral. Assim, pois, crianças de menor nível intelectual se beneficiariam mais dos programas de treinamento, uma vez que esses forneceriam a elas um ambiente de estimulação estruturado e dirigido. Colom (2008) também apresenta evidências de que as crianças de menor inteligência são aquelas que mais se beneficiam de programas destinados a melhorar a cognição através de suplementos nutricionais. Por outro lado, conforme mostram Haier (2006), Hager e Hasselhorn (1998) e Herrnstein e Murray (1994) indivíduos mais inteligentes absorvem mais rápida e eficazmente os conteúdos que lhe são ministrados, apresentando ganho igual ou superior ao das crianças de menor inteligência. Os resultados encontrados no presente estudo apontam para um provável benefício para as crianças de QI baixo no treinamento, o qual não foi observado para o grupo de QI médio e QI alto. Poder-se-ia especular que a reduzida variabilidade de tarefas utilizadas para treinamento pode ter levado as crianças com maior inteligência a diminuir o interesse pela atividade não proporcionando melhora. Não obstante, essa tendência de ganho tenha sido encontrada para as crianças de baixo QI deve-se considerar com cautela esses resultados. Primeiro porque há reduzido número de crianças com baixo QI no presente estudo, isso faz com que o resultado encontrado possa ser influenciado por desempenhos extremos (*outliers*) e, segundo, porque a tendência foi apenas observada para o teste Raven e não para os demais, podendo ser apenas um artefato produzido pelo estudo.

No que concerne ao alargamento das diferenças no desempenho das tarefas de MT ao longo das sessões de treinamento para o grupo experimental, acredita-se tenha sido resultado do aumento da exigência cognitiva das tarefas em seus níveis mais difíceis. É sabido, que tanto a nível psicométrico quando fisiológico, que frente a tarefas de elevado grau de dificuldade, os indivíduos mais inteligentes parecem ser capazes de elevar a excitabilidade neuronal (esforço cognitivo) para resolvê-las, enquanto que os de menor inteligência diminuem a sua atividade cortical e o seu envolvimento com a mesma, uma vez que sabem que o aumento do esforço não vai ser capaz de ajudá-los a resolver as tarefas mais complexas (Grabner *et al.*, 2003; Neubauer *et al.*, 1995; Neubauer & Fink, 2009 a e b). Talvez, fosse importante, reduzir a exigência cognitiva das tarefas incluídas em um dado programa de treinamento para as crianças de QI baixo até que houvesse comprovação de que o aprendizado foi consolidado. Só então, seria recomendado aumentar o nível de dificuldade do treino.

Outro ponto importante que merece ser destacado se refere à questão da transferência dos ganhos em inteligência para o desempenho escolar das crianças. No presente estudo, também não foram observadas melhoras no desempenho escolar das crianças como resposta ao treinamento. As pesquisas que utilizam a MT como veículo da mudança na inteligência não incluem no pré-teste e pós-teste medidas de desempenho escolar ou conhecimento (Klingberg *et al.*, 2002, 2005; Jaeggi *et al.*, 2008, 2011; Nutley *et al.*, 2011; Thorell *et al.*, 2009), à exceção do trabalho de Alloway e Alloway (2009) cujo treinamento em MT teve objetivo de melhorar o desempenho das crianças em medidas de inteligência cristalizada. A inclusão de medidas de alcance escolar nesse tipo de pesquisas seria extremamente importante. Considerando a elevada e bastante reconhecida associação existente entre inteligência e rendimento educacional seria razoável esperar que ganhos na inteligência resultantes de treinamento cognitivo

em MT deveriam ser convertidos em ganhos em medidas de desempenho ou alcance escolar (Nisbett *et al.*, 2012; Strenze, 2007). Entretanto, em estudo recente com participantes de 16 a 34 anos de idade, Dolan *et al.* (2006) mostra que não há associação entre alcance educacional e o fator *g* (inteligência geral). Os autores mostram que o alcance educacional pareceu estar mais relacionado a componentes primários (específicos) da inteligência. Se isto estiver correto, então treinar a MT (que tem alta associação com o fator *g* ou com *Gf*, os quais estão menos sujeitos a modificação e escassamente associados a desempenho escolar) não teria vantagens para o sistema educacional. Mas sim teria o treinamento em *Gc*, o qual possui maior associação com o desempenho escolar e é mais modificável. Se considerarmos o presente estudo, as crianças foram classificadas com base em teste *Gf* e o treinamento foi em um processo isomórfico a *Gf*, a saber, a MT. Poderia se especular que se o nível de QI das crianças tivesse sido determinado com base em testes de inteligência cristalizada, o treino em *Gf* (ou MT) poderia levar à modificação da *Gc*, ou ainda, que o treino em *Gc* poderia trazer benefícios a *Gf*. Esta hipótese faz sentido se considerarmos os resultados obtidos pelo estudo de Rindermann, Flores-Mendoza e Mansur-Alves (2010) por meio de delineamento longitudinal. Os autores objetivaram investigar a relação entre *Gf* e *Gc* apontada pela teoria do investimento de Raymond Cattell. De acordo com essa teoria, a inteligência fluida funciona como uma base para o desenvolvimento da inteligência cristalizada, sendo que a primeira é o resultado de processos maturacionais biológicos (não dependente de fatores ambientais, tais como nível de escolaridade dos pais ou estimulação cognitiva) e a segunda seria resultante da primeira associada a esses fatores ambientais (Cattell, 1987). Participaram do estudo de Rindermann *et al.* (2010) crianças brasileiras (7 a 15 anos) e alemãs (11 a 19 anos) com diferentes níveis intelectuais. Os autores encontraram que a inteligência fluida não possui um impacto mais acentuado em

G_c do que G_c possui em G_f ($\beta_{f1} \rightarrow cr2=0,16$ vs. $\beta_{cr1} \rightarrow fl2=0,20$). Ao contrário, o padrão de efeito indica um impacto ligeiramente maior de G_c em G_f , o que não apoia a teoria do investimento de Cattell e indica a possibilidade de que treinamentos cognitivos em G_c podem apresentar efeitos benéficos em G_f . Estudos futuros poderiam averiguar essa hipótese.

Em resumo, os resultados encontrados no presente estudo e os pontos de discussão acima levantados colocam em xeque a possibilidade de modificação da inteligência com base nos programas de treinamento de MT existentes. Os achados incongruentes têm levantado alguns autores a pedir cautela na interpretação dos resultados positivos dos estudos (Moody, 2009); ao passo que outros estão ainda otimistas com os resultados bem-sucedidos (Klingberg, 2010). Um dos maiores obstáculos para se tirar conclusões acerca do corpo de conhecimento sobre a efetividade dos programas de treinamento em MT, de acordo com Morrison e Chein (2011), é a falta de consistência metodológica entre os estudos, sendo as principais áreas de divergência entre os procedimentos experimentais adotados: a duração do treinamento, a duração das sessões de treinamento, o número de sessões de avaliação e os instrumentos utilizados, local do treinamento (em casa, no laboratório e na escola), o tipo de tarefa de MT utilizada e o tipo de grupo controle usado. Ademais, os insucessos de alguns estudos têm servido para reascender a antiga crença de que, talvez, a inteligência não possa ser modificada (Jensen, 1981; Moody, 2009) não obstante a existência de um conjunto sólido de evidências de que fatores ambientais podem estimular o desenvolvimento cognitivo de um grupo e reduzir a influência da genética da inteligência, possibilitando plasticidade cerebral, tais como o Efeito Flynn, os estudos de adoção, o efeito do NSE, os estudos de resposta positiva do cérebro a experiências ambientais particulares (Gray & Thompson, 2002; Flynn, 2006; Maguire *et*

al., 2000; Nisbett, 2009; Nisbett *et al.*, 2012; Turkheimer *et al.*, 2003). Essa aparente contradição traz à tona a necessidade de novos estudos na área, não somente sobre efetividade de estratégias interventivas, mas também da urgência e importância dos estudos que busquem compreender como a inteligência se organiza no cérebro, ou melhor, como o cérebro produz o comportamento inteligente.

O presente estudo apresentou limitações, tais como o tamanho amostral, a infraestrutura utilizada para o treinamento, o tipo de tarefa de treinamento e as medidas cognitivas e de desempenho escolar utilizadas nas avaliações de pré-teste e pós-teste. Entretanto, acredita-se que o mesmo tenha proporcionado uma grande contribuição às áreas na psicologia, medicina, neurociência e educação. Por ser a única investigação desse caráter no contexto brasileiro e por incluir elementos não presentes nas investigações internacionais sobre o tema, os resultados encontrados aqui podem despertar o interesse de outros grupos de pesquisa e das esferas governamentais sobre a temática, proporcionando um ponto de partida coeso.

6.3.1 Sugestões para trabalhos futuros - Treinamento Cognitivo

Sugere-se que os próximos estudos sobre o tema explorem outras possibilidades metodológicas, a saber: a inclusão de grupo controle com contato; a diversificação das tarefas utilizadas para treinamento; a inclusão de treinamento de componentes atencionais em comparação com os demais; a verificação dos ganhos cognitivos a nível cerebral; treinamento com crianças na primeira infância (3- 6 anos), já que é nessa etapa do desenvolvimento humano que as tentativas de intervenção têm maior impacto positivo, pois haveria maior plasticidade em nível do desenvolvimento biológico, especialmente cerebral (Kleim & Jones, 2008; Reynolds, 2004); e treinamento em inteligência cristalizada ao invés de fluida somente, uma vez que na infância e

adolescência, *Gf* e *Gc* estão fortemente relacionados (Cattell, 1987; Haavisto & Letho, 2004; Schweizer e Koch, 2002).

7. ESTUDO 2 – Evidências eletrofisiológicas das diferenças intelectuais em inteligência

7.1 Método

7.1.1 Delineamento

Nesse estudo, objetivou-se verificar a associação de parâmetros eletrofisiológicos com o nível intelectual das crianças. Para tanto, foi utilizado o delineamento correlacional, que se caracteriza por ser uma pesquisa do tipo descritivo em que se busca descrever a ocorrência conjunta de determinados fenômenos sem, no entanto, estabelecer se as relações encontradas são ou não causais (Gil, 2004).

7.1.2 Participantes

A amostra desse estudo consiste em uma subamostra do estudo 1. De todas as 53 crianças selecionadas para o estudo 1, somente foi enviado o Termo de Consentimento (Anexo 6) para o estudo 2 para as crianças de uma das escolas participantes. Optou-se por selecionar apenas as crianças desta escola pela proximidade da mesma do Laboratório onde os dados de EEG seriam coletados e, como consequência, pela facilidade de deslocamento da equipe de pesquisa retirar e retornar com a criança para a escola. Assim, foram enviados vinte e cinco termos de consentimento, dos quais se obteve autorização para quatorze crianças (10 de QI médio e quatro de QI alto). Contudo, uma das crianças de QI médio foi excluída da análise dos dados, uma vez que o sinal de EEG coletado para a mesma não pôde ser aproveitado em decorrência do grande número de trechos removidos pela presença de artefatos (ruídos no sinal de

interesse). A média de idade das crianças foi de 11,19 (DP= 0,403), sendo 56,3% do sexo feminino, todas elas clinicamente saudáveis, segundo informações provenientes do questionário de saúde enviado aos pais (ver Tabela 8).

Tabela 8. Distribuição dos participantes, segundo QI e sexo

Sexo	Grupo de QI	
	Médio (95-110)	Alto (>120)
Masculino	6	1
Feminino	3	3
Total	9	4

7.1.3 Materiais/Instrumentos

* Matrizes Progressivas de Raven – Escala Geral (CEPA, 2001)

Instrumento descrito em detalhes na seção 6.1.3.

*Eletroencefalógrafo

A eletroencefalografia é uma técnica não invasiva, não sendo, portanto, em nenhuma medida prejudicial ao sujeito ao qual é submetida. Estudos internacionais e nacionais contendo registros eletroencefalográficos são realizados com crianças normais ou de população clínica, e em nenhum deles foram relatados danos à saúde física e psicológica das crianças nem durante a realização do estudo nem posteriormente (Fonseca *et al.*, 2003; Palmini, 2004; Ristanovic', Martinovic', & Jovanovic', 1999). Dentre os muitos instrumentos de investigação da atividade cerebral, o aparelho de EEG pode, ainda, registrar a atividade elétrica e suas mudanças durante a execução de uma tarefa, com uma boa resolução temporal (Duffy *et al.*, 1999). Por outro lado, a eletroencefalografia apresenta uma limitação técnica relacionada à insuficiência de detalhes espaciais para identificar as estruturas e funções relacionadas à atividade

elétrica, as quais podem ser visualizadas com ressonância e outros métodos de neuroimagem.

Para o registro dos sinais de EEG, utilizou-se um amplificador de sinais biológicos (BrainAmp DC, Brain Vision), com 32 canais, com filtro passa-alta e passa-baixa de 0,016 Hz e 100 Hz, respectivamente, filtro *notch* de 60 Hz e frequência de amostragem de 500 Hz. Também, utilizou-se uma touca (modelo actiCAP32Ch Standard-2) com 32 eletrodos ativos (tamanho da circunferência 54-58 cm) afixados ao couro cabeludo por meio de um gel condutivo. Os eletrodos ativos indicam a impedância (LED verde-bom e LED vermelho-ruim). Durante todo procedimento procurou-se manter a impedância abaixo de 10 kohms. O equipamento de EEG usado para a coleta pode ser visto na Figura 12:



Figura 12. Equipamento usado na coleta dos sinais de EEG

* Tarefa 2-back

Essa tarefa foi programada no *software* E-prime (Psychology Software Tools, Inc.). A tarefa consistiu na apresentação sequencial de um conjunto de letras, uma de cada vez, as quais deveriam ter a sequência memorizada. Desta maneira, a cada apresentação de uma letra na tela o sujeito deve dizer se ela se repetiu anteriormente ou não. A tarefa de 2-Back consiste na apresentação de letras na tela, uma de cada vez, por um período de tempo. A cada novo ensaio, uma tela com uma consoante, aleatoriamente escolhida, é apresentada ao sujeito que deve então decidir se esta letra, na tela atual, foi apresentada em duas telas anteriores. O sujeito deve pressionar alvo somente quando houver, na tela atual, a letra apresentada em duas telas anteriores. Caso contrário, deve pressionar não é alvo (Figura 13). A tarefa 2-Back é composta de uma fase de instrução com 12 ensaios, uma de treino com 30 ensaios e uma experimental de 90 ensaios dividida em três blocos. Ao final de cada bloco, faz-se um intervalo de 1-2 minutos, no qual se elogia o desempenho do testando. Para começar a fase experimental, o sujeito precisava conseguir 80% de acerto na fase de treino.

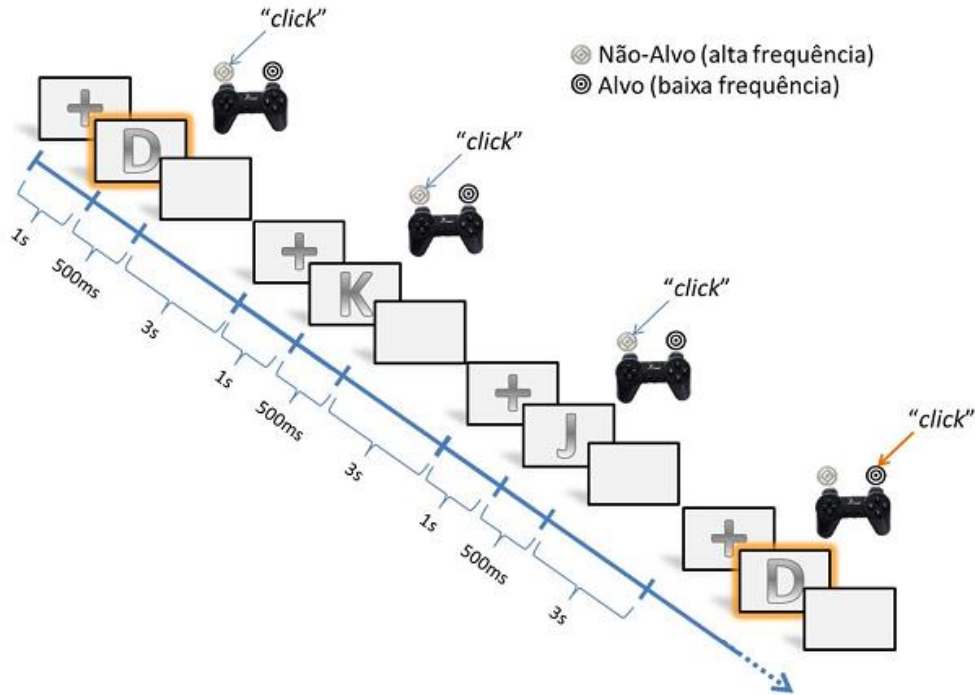


Figura 13. Modelo esquemático da tarefa 2-back (Schlottfeldt, 2012). Neste exemplo, deve-se marcar Alvo uma vez que a letra “D” foi apresentada duas telas anteriores a atual (canto inferior direito).

Em cada ensaio é apresentada uma tela de dica visual: um estímulo central (cruz) com a duração de 1000ms que antecede imediatamente o estímulo experimental (vide Figura 13). Este estímulo, que deve ser classificado pelo sujeito como alvo ou não alvo, é apresentado por 500ms e é seguido por uma tela em branco com a duração de 3000ms. Somente durante este intervalo de 3500ms (referente à duração da apresentação do estímulo e da tela em branco) o *software* aceita respostas, as quais são codificadas como corretas ou incorretas. Caso não haja resposta dentro deste intervalo, o *software* contabiliza como erro e passa automaticamente para o próximo ensaio. Em cada ensaio, a chance de conter um estímulo do tipo alvo é de 33%.

7.1.4 Procedimentos

Todas as coletas de EEG aconteceram no Laboratório de Psicolinguística (Faculdade de Letras/UFMG), o qual possui uma parceria com o NEPEB (Faculdade de

Engenharia/UFMG). A sala na qual os dados foram coletados possui isolamento acústico. Nesta sala, os sujeitos ficavam confortavelmente sentados em uma cadeira com suporte para braços com a finalidade de minimizar artefatos musculares. Todas as tarefas foram realizadas utilizando um computador pessoal (PC) ligado a um monitor de 17 polegadas, de tela de cristal líquido, perpendicularmente posicionado a 1,3m dos olhos do examinando (Figura 14). As coletas foram realizadas na primeira semana do mês de outubro de 2011, pela autora do presente trabalho com a ajuda de um mestrando do Programa de Pós-Graduação em Neurociências com experiência na coleta de sinais de EEG. As coletas foram agendadas com os pais por telefone e todas as informações sobre os procedimentos de coleta foram transmitidas aos mesmos também por telefone. A equipe de pesquisa pegava a criança na escola e a levava de volta quando do encerramento da coleta. As sessões tiveram duração média de 2 horas e 30 minutos. Todos os alunos se encontravam num estado emocional, aparentemente tranquilo e nenhum fazia uso de medicamento (ex. barbitúricos) que pudesse modificar o EEG.



Figura 14. Estrutura da cabine de coleta do EEG

A colocação dos eletrodos no couro cabeludo foi feita utilizando uma touca, com eletrodos posicionados (Figura 15) de acordo com o sistema internacional 10-20,

conforme preconizado pela Sociedade Brasileira de Neurofisiologia Clínica⁶: Fp1/Fp2 (pré-frontal); F3/F4, F7/F8 (frontal); T3/T4/T5/T6 (temporal); C3/C4 (central); P3, P4, P7, P6 (parietal), O1/O2 (occipital), Fz, Cz, Pz (frontal, central, parietal médio), referência Fcz e “terra”; acrescidos dos eletrodos Fc5, Fc1, Fc2, Fc6 (centro-frontal); TP9/TP10 (têmporo-parietal); CP1, CP2, CP5, CP6 (parieto-central), Fcz e Oz (linha média). Os números pares correspondem ao hemisfério direito e os ímpares ao esquerdo; as letras maiúsculas designam a região cerebral de onde provêm os potenciais e “z” relaciona-se à linha média. A partir de agora, cada um dos vinte eletrodos associados a uma região cerebral será referido como uma derivação.

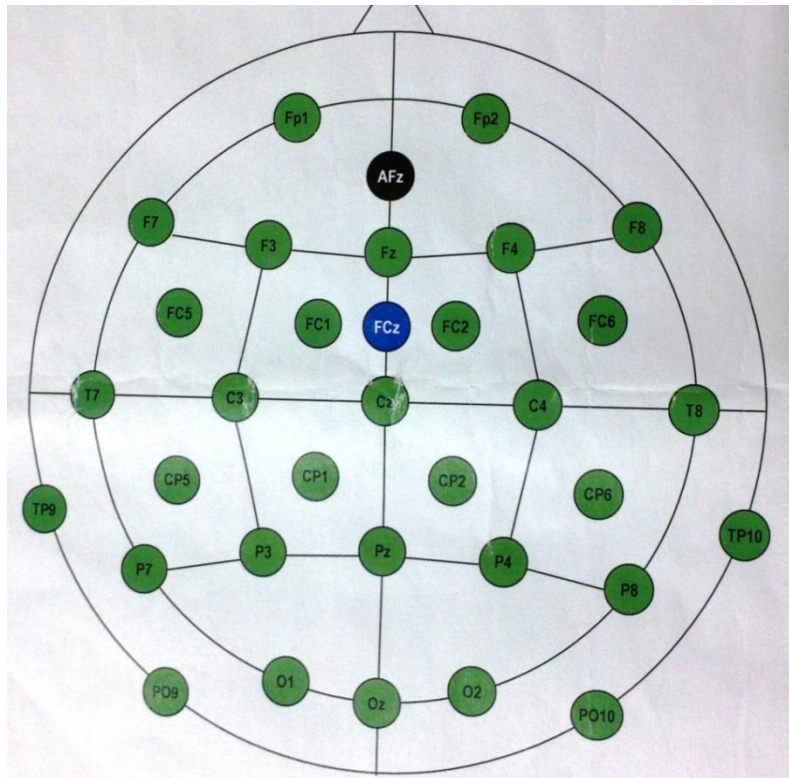


Figura 15. Posicionamento dos Eletrodos no Sistema 10-20 modificado do equipamento utilizado. Fp: pré-frontal. F: frontal. C: central. P: parietal. T: temporal. Afz: terra. T7 e T8 correspondem ao T3 e T4 no sistema 10-20; P7 e P8 correspondem ao T5 e T6 no sistema 10-20.

⁶ <http://www.sbnc.org.br/>

O EEG foi coletado em duas etapas: (1) em vigília, com o sujeito em repouso, com os olhos abertos, durante 3 minutos, e com os olhos fechados por mais 3 minutos, obedecendo às ordens para não piscar os olhos, não engolir saliva ou não mexer de forma exagerada; (2) em vigília, durante atividade cognitiva. Nessa etapa, a criança realizou a tarefa 2-back descrita anteriormente. Foi solicitado à criança que evitasse, ao máximo, movimentar-se. Essa etapa teve duração média de 1 hora e 30 minutos e foi acompanhada pelo aplicador, o qual se encontrava na cabine de coleta, juntamente com a criança.

7.2. Processamento dos sinais de EEG

Para processamento dos sinais de EEG foi utilizado o *software* MATLAB (MathWorks Company) e a Interface NeuroSignal –Análise de Eletroencefalografia – desenvolvida pelo Núcleo de Estudos e Pesquisa em Engenharia Biomédica da UFMG. O primeiro passo seguido após a coleta dos dados foi a mudança da referência de Fcz para as regiões têmporo-parietais (TP9 e TP10, as quais são próximas a mastoide). Como a atividade cognitiva também pode ser encontrada na região central foi necessário referenciar todos os canais para um local com menor atividade elétrica cerebral.

Em seguida foi realizado o pré-processamento *off-line* dos sinais EEG obtidos. Foi utilizado um filtro *Butterworth* de ordem 4 para seleção da banda a ser analisada. O filtro foi definido como passa-faixa de 8 a 13 Hz, uma vez que delimita a banda alfa de interesse do presente estudo, pois é aquela que mais recorrentemente se associa com a atividade cognitiva em tarefas de raciocínio e memória (Klimesh, 1997). O procedimento de filtragem foi direta e reversa (fase zero).

Para a observação de atividade cognitiva é necessária a utilização de diversos trechos sincronizados com a tarefa, chamados de épocas. Para este estudo, a época consiste de um intervalo de 500ms antes da apresentação do ponto de fixação (cruz) para definição de uma linha de base ou intervalo de referência, e os 500ms após o início da apresentação do ponto de fixação e antes da apresentação da letra na tela, o qual seria o intervalo referente à atividade cognitiva (Figura 16).

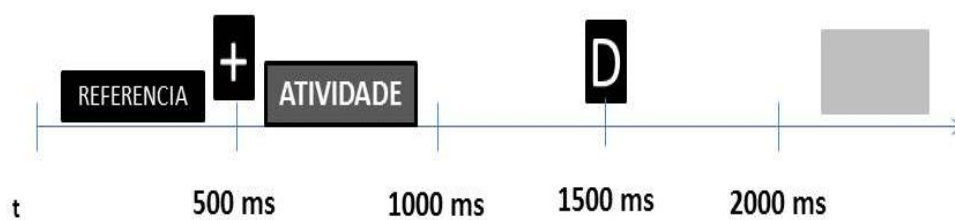


Figura 16. Esquema da definição do intervalo de referência e de atividade cognitiva para a tarefa 2-back.

A remoção das épocas consideradas com artefatos foi realizada pelo *software* NeuroSignal. O artefato em processamento de sinais pode ser entendido como um trecho de atividade elétrica estranho ao fenômeno estudado. É sabido que os sinais de EEG coletados contêm grande quantidade de artefatos (ruídos), os quais podem ser externos ou fisiológicos. Os artefatos externos incluem todo tipo de interferência que contamina o EEG, com exceção dos sinais fisiológicos, quando do processo de aquisição. Um exemplo de artefato externo são aqueles oriundos da interferência eletromagnética que se origina do Sistema Elétrico de Potencia que opera na frequência de 60 Hz, no Brasil (Amabile, 2008). Já os artefatos fisiológicos são originados do próprio voluntário submetido à coleta de EEG, sendo os mais frequentes os artefatos

eletromiográficos, cardíacos e oculares (Semmlow, 2004). Nesse sentido, primeiramente foi escolhido um trecho de 20 segundos de sinal de EEG considerado livre de artefatos para a obtenção de um limiar. Tal trecho pode consistir de vários subtrechos que, concatenados, fornecem um nível de base para extração da variabilidade e desvio padrão do sinal. Desta maneira, épocas que apresentaram 5% de valores de tensão consecutivos (amostras consecutivas) ou 10% de amostras quaisquer fora de três desvios-padrões (limiar) eram marcados como discrepantes e excluídos da análise. Em seguida, o *software* realiza a promediação de todas as épocas livres de artefatos e gera o Potencial Relacionado ao Evento (PRE). O *software* NeuroSignal também realizou a análise ERD/ERS. Para tanto, em primeiro lugar a PSD (*Power Spectral Density*) foi estimada para o intervalo de referência e para o intervalo onde se considerou o processamento cognitivo, utilizando-se os trechos livres de fortes artefatos. A partir da estimativa da PSD, pode-se obter a potência na banda alfa (8 a 13 Hz), pelo cálculo da área abaixo da curva da PSD. Em segundo lugar, calculou-se a porcentagem de dessincronização relacionada a evento pela fórmula proposta por Klimesch (1999), a saber: $[(\text{potência no intervalo de referência} - \text{potência na atividade cognitiva}) / \text{potência no intervalo de referência}] * 100$. Devido à dificuldade de interpretar as respostas incorretas aos ensaios (que poderiam tanto estar relacionadas à falta de motivação quanto à de habilidade de resolução de problemas), somente os ensaios corretamente resolvidos foram utilizados para as análises de ERD/ERS.

Os valores de ERD negativos indicam que houve sincronização do ritmo alfa e os valores positivos indicam que houve dessincronização em alfa. A Figura 17 apresenta a relação do ERD com a potência e a atividade neural (cortical), conforme proposto por Pfurtscheller *et al.* (1996).

Valores	ERD/ERS	Potência	Atividade Neural
Positivos (+)	Dessincronização	Diminuição	Maior
Negativos (-)	Sincronização	Aumento	Menor

Figura 17. Representação da relação entre ERD/ERS, potência e atividade neural.

7.3 Resultados

Dados comportamentais

A Tabela 9 apresenta as estatísticas descritivas do desempenho das crianças na tarefa 2-back, segundo seu grupo de QI. A fim de verificar a existência de diferenças no número de acertos e no tempo de reação entre as crianças de níveis diferentes de QI foi utilizado o teste Mann-Whitney para amostras independentes. Ao nível de $p < 0,05$, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos de QI no que se refere ao número de acertos na tarefa ($p=0,330$). Contudo, o tamanho do efeito foi elevado (índice $d = 0,86$). Para o tempo de reação, as diferenças entre os grupos foram não estatisticamente significativas ($p=0,825$) com tamanho de efeito moderado ($d=0,33$).

Tabela 9. Média de acertos e tempo de reação médio das crianças na tarefa 2-back, segundo o grupo de QI (n=13)

QI	Média de acertos	Tempo de reação médio (em segundos)
Alto	97,0 (14,5)	84,0 (20,0)
Médio	86,6 (12,2)	89,6 (26,0)

Nota: os desvios-padrões estão entre parênteses.

Dados do EEG - Dessincronização/Sincronização relacionada a evento

Em primeiro lugar, com o objetivo de mostrar que, de fato, existe uma atividade cognitiva relacionada ao processamento do estímulo de interesse foi calculado o Potencial Relacionado a Evento (PRE) das crianças de alta e média inteligência. Um exemplo de PRE que emergiu foi o P300, que é um pico positivo que ocorre

aproximadamente 300 ms após a estimulação que, contudo, também pode ser classificado pela ordem de ocorrência sendo, portanto, também chamado de P3 – o que significa que é a terceira onda positiva após o estímulo e, sua latência, tem sido constantemente relacionado ao processamento cognitivo, sendo capaz de diferenciar indivíduos com alta e baixa inteligência (Duan *et al.*, 2009). Uma descrição mais aprofundada dos resultados da relação entre o PRE e as diferenças individuais em inteligência para a amostra do presente estudo pode ser encontrada em Schlottfeldt (2012). A Figura 18 mostra a presença do componente P300 no presente estudo, de acordo com o grupo de QI ao qual as crianças pertencem. Pode-se observar que a onda P3 aparece um pouco antes para o voluntário de QI alto do que para o de QI médio.

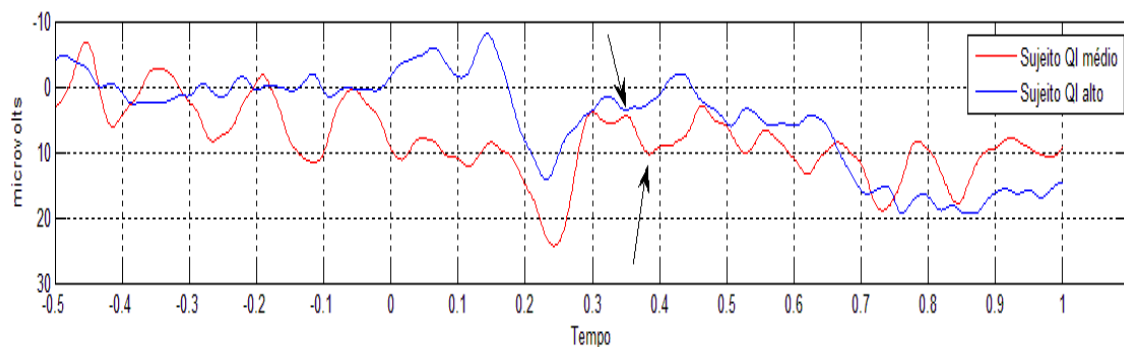


Figura 18. Exemplo de Potencial relacionado a evento em crianças de alto e médio QI (ver detalhes em Schlottfeldt, 2012)

A fim de elucidar o fenômeno da eficiência neuronal para a presente amostra, inicialmente podem ser observadas, na Figura 19, as porcentagens medianas de ERD/ERS para todas as derivações, segundo o grupo de QI. A mediana foi utilizada em substituição à média, uma vez que para amostras pequenas essa última sofre grande influência dos valores extremos (*outliers*).

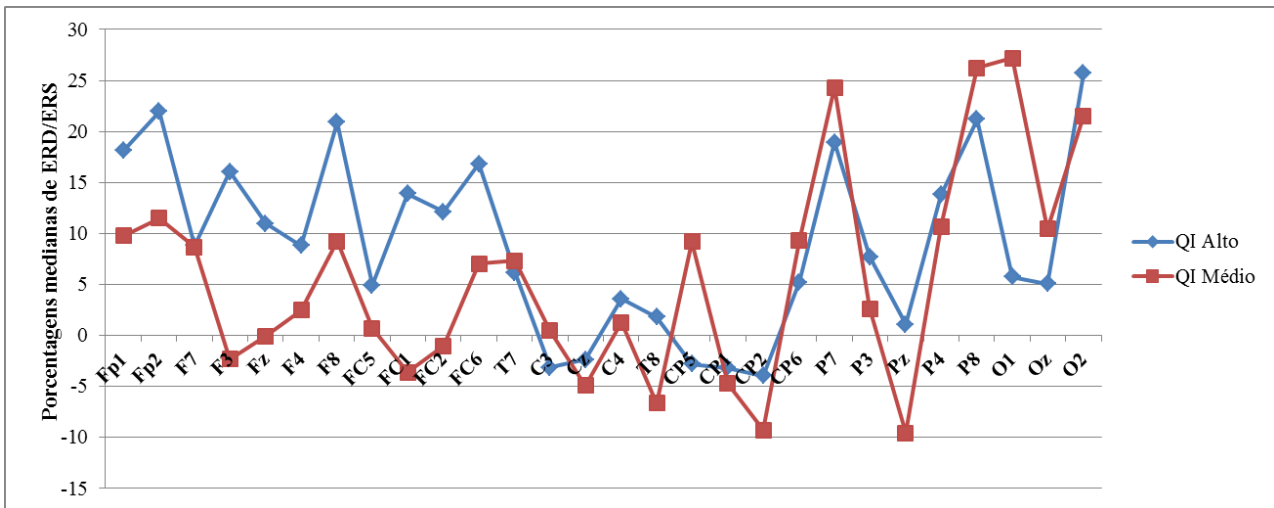


Figura 19. Porcentagens medianas de ERD/ERS para todas as derivações, segundo o grupo de QI. Os valores negativos indicam sincronização relacionada a evento e os positivos dessincronização.

A Figura 19 permite observar que, de maneira geral, tanto para as crianças com QI alto quanto para aquelas de QI médio houve uma tendência a dessincronização relacionada a evento, ou seja, elevada atividade neural durante a preparação para a resolução da tarefa cognitiva. Para as crianças de QI médio, houve uma diminuição da atividade neural (sincronização relacionada a evento) nas derivações da região central ou circundantes (derivações FC1, FC2, Cz, CP1 e CP2) e na região parietal média (Pz).

O mesmo parece ter acontecido para as crianças de QI alto, para as quais se observa na figura uma diminuição da atividade neural nas derivações da região central marcadamente (C3, Cz, C4, CP5, CP1 e CP2). A Figura 19 também permite observar que a porcentagem de dessincronização relacionada a evento foi maior para as crianças de QI alto na região frontal (F7, F3, Fz, F4), na região fronto-central (FC5, FC1, FC2) e na região parietal média e esquerda (Pz, P4 e P8). Contudo, o teste não paramétrico de Mann-Whitney para amostras independentes mostrou não haver diferenças estatisticamente significativas entre os grupos de QI com relação à porcentagem de ERD/ERS para nenhuma das derivações ($p > 0,05$).

Interessante observar que o teste não paramétrico de Friedman para amostras relacionadas comparando o padrão de ERD/ERS dentro de cada grupo separadamente mostrou que para as crianças de QI médio há diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) na porcentagem de ERD/ERS entre a região parietal e frontal, indicando haver funcionamento diferenciado entre elas no momento da resolução da tarefa cognitiva. Ao passo que para as crianças de QI alto, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas na porcentagem de ERD/ERS entre as regiões parietal e frontal ($p = 0,275$).

Uma técnica estatística de análise amplamente utilizada na literatura internacional para possibilitar uma maior compreensão do fenômeno da eficiência neuronal é computar os coeficientes de correlação entre a pontuação nos testes de inteligência e os valores de ERD durante a tarefa cognitiva (Neubauer & Fink, 2009a). O teste de correlação de Spearman (ρ) foi utilizado devido aos desvios de normalidade da amostra.

A Tabela 10 apresenta os coeficientes de correlação entre as variáveis QI, tempo de reação na tarefa cognitiva, número de acertos na tarefa cognitiva e os valores de ERD/ERS por hemisfério cerebral.

Tabela 10. Coeficientes de correlação entre o QI, tempo de reação na tarefa cognitiva (TR), número de acertos na tarefa cognitiva (AC) e os valores de ERD/ERS por hemisfério cerebral (primeira coluna).

	QI	TR	AC
TR	-0,119	----	0,435
AC	0,404	0,435	----
F_HE	0,190	0,567*	0,317
F_HD	0,273	0,570*	0,033
P_HE	-0,185	0,080	-0,212
P_HD	0,386	0,003	0,259
CP_HE	-0,108	-0,229	-0,289
CP_HD	0,052	0,083	-0,006
FC_HD	0,281	0,490	-0,066
FC_HE	0,265	0,466	0,107
O1_HE	-0,094	-0,218	-0,063
O2_HD	0,047	-0,160	-0,306
T7_HE	0,121	0,223	0,099
T8_HD	-0,030	0,353	-0,386
Fz	0,364	0,501	0,146
Oz	0,014	-0,080	-0,096
Pz	0,295	-0,397	-0,102

Nota: TR = tempo de reação; AC = número de acertos; HD = hemisfério direito; HE = hemisfério esquerdo; F = frontal; P = parietal; CP= parieto-central; FC= fronto-central; O = occipital; T = temporal; a letra z indica linha média; * $p < 0,05$.

Os resultados apresentados na Tabela 10 mostram que as correlações entre QI, tempo de reação e número de acertos, embora sem alcançar significância estatística, indicam associação positiva entre QI e número de acertos e negativa entre o QI e o tempo de reação. O nível intelectual da criança se correlacionou negativamente com a porcentagem de ERD/ERS para a região parietal esquerda, centro-parietal esquerda e occipital esquerda, embora sem alcançar significância estatística. Isso indica que, para essas regiões cerebrais, as crianças de maior nível intelectual apresentaram uma tendência a menor porcentagem de dessincronização relacionada a evento, ou seja, maior eficiência neuronal. Para as demais regiões, as correlações entre QI e ERD/ERS

foram positivas, embora não significativas, indicando que maior QI está associado a maior ERD (maior ativação).

Faz-se importante destacar que as únicas correlações que alcançaram significância estatística foram entre o tempo de reação e os valores de ERD/ERS para ambos os hemisférios na região frontal. As correlações encontradas entre essas variáveis foram positivas, indicando que maior porcentagem de ERD (maior ativação) está associada a maior tempo de reação.

7.4 Discussão

O estudo das bases neurofisiológicas da inteligência humana tem sido tópico de interesse recorrente de diferentes grupos de pesquisa nos últimos trinta anos (Gray & Thompson, 2002; Neubauer & Fink, 2009a; Neubauer *et al.*, 2005). Muito embora, o interesse inicial dos pesquisadores estivesse voltado para o estudo da latência dos potenciais evocados (PRE) e as diferenças individuais em inteligência, o paradigma neurocientífico para o estudo das diferenças individuais em inteligência mais bem estabelecido atualmente é o que se refere ao fenômeno da eficiência neuronal (EN), investigado através do método da dessincronização relacionada a evento no ritmo alfa (Neubauer & Fink, 2009a). Sabe-se que indivíduos com maior nível intelectual usam seus cérebros de maneira mais eficiente (menor consumo de energia ou menor ativação cortical) quando se engajam na resolução de tarefas com elevada demanda cognitiva (Haier *et al.*, 1992). Não obstante a recorrência da relação negativa encontrada entre inteligência e consumo de energia cerebral a nível internacional, não há pesquisas sobre o tema no contexto brasileiro. Nesse sentido, o presente estudo teve como um de seus objetivos investigar a relação entre os parâmetros de EEG, mais especificamente da porcentagem de ERD/ERS, e as diferenças individuais em inteligência.

Entende-se a ERD como uma medida da quantidade de populações neuronais envolvidas na realização de uma atividade cognitiva, sendo tanto mais elevada quanto maior a quantidade de neurônios envolvidos na resolução daquela atividade (maior atividade cortical). Para o cálculo da ERD é necessário que a potência do EEG tenha sido mensurada em duas condições distintas – durante um intervalo de referência e durante atividade cognitiva. As pesquisas são consistentes em apontar que quanto maior a inteligência menor a porcentagem de ERD, indicando, assim, maior eficiência neuronal de pessoas mais inteligentes (Doppelmayr *et al.*, 2002, 2005, Grabner *et al.*, 2004; Neubauer *et al.*, 2002). Em outras palavras, pessoas mais inteligentes consomem menos energia cerebral, respondendo às demandas cognitivas colocadas de forma mais precisa e eficiente. No presente estudo, de forma geral, os resultados encontrados para a porcentagem de ERD e sua relação com a inteligência parecem contrariar, à primeira vista, a tendência dos estudos internacionais – porcentagem mais elevada de ERD (maior atividade cortical) para as crianças de QI alto quando comparadas as de médio para diversas regiões corticais (Figura 19). Ademais, a correlação de *Spearman* encontrada entre a ERD e o nível intelectual das crianças foi, no geral, positiva, indicando que maior inteligência se associa com maior porcentagem de ERD. Entretanto, os resultados encontrados levantam a possibilidade de discussão de vários pontos interessantes.

Em primeiro lugar, novas evidências têm sido acrescentadas às já existentes sobre o fenômeno da dessincronização do ritmo alfa e sua relação com a inteligência, ressaltando a presença de variáveis moderadoras da relação entre inteligência e ativação cortical, tais como sexo, complexidade da tarefa e topografia cerebral.

Com relação ao sexo, os estudos fornecem evidência consistente de eficiência neuronal apenas para os homens, enquanto que para as mulheres os resultados encontrados são nulos ou na direção oposta - associação positiva entre inteligência e ativação cortical (Fink & Neubauer, 2006; Jausovec & Jausovec, 2005; Neubauer *et al.*, 2005; Neubauer & Fink, 2003; Neubauer *et al.*, 2002). No presente estudo, crianças de ambos os sexos foram consideradas conjuntamente para as análises (as meninas em quantidade superior aos meninos em ambos os grupos de QI), não sendo possível separá-los haja vista o reduzido tamanho amostral. Essa peculiaridade pode ter contribuído para o aparecimento de associações positivas entre inteligência e ERD, embora ainda não se tenha uma explicação precisa, a nível internacional, de como o sexo interferiria nessa relação. Neubauer *et al.* (2002, 2005) e Fink e Neubauer (2006) acreditam que o sexo parece interagir com o conteúdo das tarefas e o domínio de habilidade avaliada na determinação dos resultados. Assim, pois, esses autores encontraram suporte para a hipótese da eficiência neuronal (isto é, negativa associação entre inteligência e ativação cerebral) para os homens predominantemente quando estão desempenhando tarefas de conteúdo visuo-espacial e para as mulheres apenas quando realizam tarefas verbais. Isso significa que mesmo os homens com alto QI necessitam realizar maior esforço mental para lidar com conteúdo verbal com o qual não possuem facilidade; ao passo que mesmo as mulheres com alto QI precisam de elevado esforço mental para realizar tarefas visuo-espaciais. Esses resultados vão ao encontro de estudos que frequentemente veem relatando diferenças de sexo em habilidades cognitivas específicas (Codorniu-Raga & Vigil-Colet, 2003; Halpern, 1997), com os homens apresentando melhor desempenho em tarefas visuo-espaciais e numéricas e as mulheres desempenho superior em tarefas verbais.

O grau de complexidade da tarefa e a dificuldade dos seus itens parecem também ser um moderador para a corroboração da hipótese da EN (Neubauer e Fink, 2009a; Doppelmayer *et al.*, 2005; Pfurtscheller *et al.*, 1996). De acordo com esse grupo de autores, a relação negativa esperada entre inteligência e ERD se inverte quando a demanda cognitiva da tarefa é de acentuada dificuldade. Nesse caso, os indivíduos de maior inteligência apresentam maiores valores de ERD (ativação cortical), porque ao perceberem ser capazes de resolver os problemas mais difíceis investem energia na solução dos mesmos; ao passo que os indivíduos com menor inteligência diminuem a sua atividade cortical, uma vez que sabem que o aumento do esforço não vai ser capaz de ajudá-los a resolver as tarefas mais complexas. Por exemplo, Doppelmayer *et al.* (2005) coletaram o EEG durante a realização do teste das Matrizes Progressivas de Raven, dividido em itens fáceis e difíceis. Os autores encontraram que para a banda alfa superior (10-13 Hz), os sujeitos mais inteligentes exibiram ERD mais elevadas para os itens mais difíceis (quando comparados aos fáceis), enquanto que os sujeitos menos inteligentes apresentaram padrão oposto.

Os resultados da associação positiva entre ERD e inteligência para a maior parte das regiões cerebrais, encontrados no presente estudo, podem ser explicados em parte pelo grau de exigência cognitiva da tarefa utilizada. Sabe-se que as tarefas complexas de memória de trabalho (MT) colocam uma exigência acentuada no sistema cognitivo do indivíduo, sendo necessária grande quantidade de energia cerebral para solucioná-las eficazmente (Kane & Engle, 2002). Nesse sentido, o rendimento de indivíduos de maior inteligência é usualmente superior aos de menor inteligência nas tarefas de MT, justamente pelo excesso de demanda que essas colocam no sistema cognitivo dos últimos. Em estudos futuros, seria, pois, interessante incluir um controle do nível de

dificuldade dos ensaios das tarefas cognitivas utilizadas e verificar se a porcentagem de ERD altera-se nos diferentes grupos de QI, considerando ensaios fáceis e difíceis.

No que se refere à topografia de distribuição dos padrões de ativação no córtex cerebral, os resultados encontrados no presente estudo são coerentes com aqueles relatados na literatura internacional, os quais apontam que as crianças de QI alto apresentaram maior porcentagem de ERD concentradas nas regiões frontais e parietais quando comparados aos de menor nível intelectual (Jausovec & Jausovec, 2004, 2012; Neubauer & Fink, 2003, 2009a). As regiões frontais são utilizadas quando a tarefa exige desenvolvimento de novas estratégias, planejamento, monitoramento e atenção executiva. Ao passo que as regiões parietais e posteriores estão envolvidas na recuperação automática de informação previamente existente e processamento de conteúdos específicos de cada tarefa (Cabeza & Nyberg, 2000; Jausovec & Jausovec, 2004, 2012). As tarefas de MT, como a utilizada no presente estudo, carregam componentes tanto atencionais e de planejamento quanto componentes específicos, como, por exemplo, processamento de letras, no presente caso (Baddeley, 2000, 2003), sendo, portanto, coerente pensar que a resolução correta e eficiente de tal tarefa esteja ligada a ativação maior das populações neuronais das regiões frontais e parietais.

Outro ponto que merece destaque e corrobora a discussão apresentada no parágrafo anterior é a presença de diferenças estatisticamente significativas no funcionamento da região parietal e frontal (ou seja, elas não foram utilizadas na mesma proporção para a resolução da tarefa) para as crianças do grupo de QI médio. Por outro lado, essa diferença não foi encontrada para aquelas do grupo de QI alto. É possível pensar que os indivíduos mais inteligentes apresentam padrões de transmissão de informação diferentes daqueles encontrados em indivíduos com inteligência normal,

sendo que os primeiros apresentariam mais eficiência para distribuir os recursos cognitivos necessários durante a resolução de problemas selecionando, com igual poder de ativação, as regiões mais importantes para atingir a meta proposta. Ao passo que as pessoas com inteligência normal ou baixa necessitariam atuar de forma difusa e caótica, até encontrar aquela que fosse a mais adequada para a solução do problema proposto (Jung & Haier, 2007). Anokhin *et al.* (1999), Jausovec (2000) e Neubauer e Fink (2009b) afirmam que pessoas mais inteligentes são caracterizados por uma maior seletividade e maior integração espaço-temporal da atividade neuronal durante desempenho em tarefas cognitivas, sendo isso sinônimo de eficiência neuronal. Parece, pois, razoável hipotetizar que as bases biológicas da inteligência podem estar relacionadas, também, a propriedades do processamento global ao nível de grandes redes neurais. Assumindo que o sucesso no desempenho em testes de inteligência requer o estabelecimento de uma rede distribuída em grande escala através de recrutamento seletivo de populações neuronais especializadas e da supressão de redes neurais irrelevantes e competitivas, pode-se esperar que indivíduos mais inteligentes exibam um alto nível de integração cortical dinâmica durante a realização de tarefas mentais. Alternativamente, indivíduos menos inteligentes podem ser caracterizados por dinâmica neural mais difusa e caótica durante o desempenho das mesmas tarefas cognitivas. Vale destacar que a interpretação proposta está baseada apenas em tendências apresentadas e não em significância estatística, sendo necessária uma amostra maior para verificar a validade de tal interpretação. Ademais, conforme ressalta Anokhin *et al.* (1999) e Neubauer e Fink (2009b), para entender de forma mais clara a dinâmica eletro-cortical das populações neuronais as medidas de coerência e complexidade dimensional seriam as mais adequadas.

Faz-se importante, ainda, destacar que o intervalo de análise selecionado para o presente estudo pode ser, em parte, responsável pelos resultados encontrados, uma vez que tanto o intervalo de referência quanto o intervalo de atividade cognitiva podem ter sido insuficientes para determinar o aparecimento da resposta de interesse.

No caso do intervalo de referência (intervalo no qual não haveria atividade cognitiva), a literatura aponta a seleção de diferentes momentos para a análise. Por exemplo, o estudo de Mansur-Alves *et al.* (2012) utilizou o EEG espontâneo (repouso) para o cálculo da potência de referência, contrastando-o com um intervalo de atividade cognitiva durante realização de tarefa de memória de trabalho. Desse estudo, participaram oito meninos com idade média de 8,75 anos (DP=0,667) de diferentes níveis intelectuais. Os autores encontraram correlação negativa entre a porcentagem de ERD e o nível de inteligência das crianças (ou seja, maior eficiência neuronal das crianças de maior QI). Já Neubauer *et al.* (2002, 2005) utilizaram como intervalo de referência para o cálculo da ERD/ERS um tempo de 1000 ms entre a apresentação do ponto de fixação (cruz) e o que eles chamaram de sinal de aviso (*warning signal*) – estímulo sonoro que antecedia o aparecimento da atividade na tela. Neubauer *et al.* (2002, 2005) selecionaram, portanto, um intervalo de tempo maior do que aquele utilizado no presente estudo, para estabelecer a linha de base, encontrando correlações negativas entre o QI e a porcentagem de ERD/ERS (maior eficiência neuronal de adultos com maior QI).

No que se refere ao intervalo de atividade cognitiva, também são indicados na literatura diferentes momentos para o cálculo da ERD/ERS, os quais parecem estar relacionados ao tipo de tarefa utilizada e a aspectos específicos de programação da mesma (Neubauer & Fink, 2009a). Nos estudos de Neubauer *et al.* (2002, 2005) e

Neubauer e Fink (2003), na tarefa de tempo de reação do tipo decisão (decidir se um dado estímulo faz parte de um conjunto), a apresentação do estímulo na tela teve duração de 2000 ms após o qual foi computada a resposta do participante. Os autores selecionaram como intervalo de atividade cognitiva para o cálculo da ERD/ERS os 500 ms que antecederam a resposta ao estímulo apresentado. Por outro lado, as diferentes tarefas cognitivas (velocidade de processamento, memória de curto-prazo e aritmética) utilizadas por Jausovec (1998, 2000) para o cálculo da potência durante atividade foram consideradas em conjunto e durante todo o tempo de resolução por parte dos participantes, sem seleção de um intervalo específico de interesse.

No presente estudo, a seleção dos 500 ms após o início da apresentação da cruz e antes da apresentação da letra para intervalo durante atividade objetivou eliminar os componentes de resposta e preparação motora que aparecem nas tarefas nas quais o sujeito necessita realizar um movimento para fornecer uma resposta e que parecem ativar os mesmos circuitos cerebrais (ex: frontais e parietais) daqueles observados em planejamento cognitivo (Jackson, Doyon, Richards, & Malouin, 2004; Jackson, Lafleur, Malouin, Richards, & Doyon 2001; Jonhson *et al.*, 2002). Contudo, acredita-se que a brevidade do intervalo selecionado para marcar o momento de atividade cognitiva pode também ter impedido a captação dos componentes cognitivos relativos à resolução da tarefa, especialmente daqueles relacionados à tomada de decisão face ao estímulo apresentado. Nesse sentido, estudos futuros poderiam realizar o cálculo da ERD/ERS em distintos intervalos de referencia e de atividade a fim de possibilitar comparações da relação entre ERD/ERS e inteligência em diferentes fases do processamento cognitivo e fornecer informações importantes acerca da distribuição do fenômeno eficiência neuronal pelo córtex cerebral.

Diante do exposto, acredita-se que os resultados encontrados apontam para a possibilidade de que as diferenças individuais em inteligência possam ser detectadas por meio da estimação de parâmetros do EEG humano, especificamente através do fenômeno da eficiência neuronal. O presente estudo contribui na medida em que, ao encontrar tendências na direção esperada pela literatura internacional, abre caminhos para outros estudos sobre a temática no contexto neurocientífico nacional. No entanto, faz-se essencial destacar que nenhuma das análises realizadas alcançou significância estatística. Acredita-se que esse fato esteja relacionado ao reduzido tamanho amostral e à impossibilidade de realizar análises adequadas de comparação de grupo incluindo o nível baixo de inteligência. A inclusão de maior número de crianças em cada grupo intelectual possibilitaria comparações mais ricas nos parâmetros de EEG selecionados, vislumbrando o aparecimento de tendências mais claras de diferença de grupo com significância estatística.

7.4.1 Sugestões para trabalhos futuros – Inteligência e Eletrofisiologia

Sugere-se para estudos futuros estender as análises realizadas, inicialmente apenas para a banda alfa, para as demais bandas de EEG que apresentam relação com a cognição, tais como a banda teta. Klimesh (1999) destaca que a banda teta, especialmente nas regiões parietais e frontais, estaria relacionada a processos de atenção executiva, os quais são fundamentais para a solução de problemas novos e de alta complexidade, além de atuarem nos momentos em que o sistema cognitivo necessita de processamento paralelo. Seria, também, importante dividir a banda alfa em duas sub-bandas de frequências diferentes (a banda alfa inferior, entre 7 e 10 Hz, e a banda alfa superior entre 10 e 13 Hz), haja vista que a literatura aponta para padrões de dessincronização distintos para as duas sub-bandas. Segundo Doppelmayr *et al.*, (2005)

e Klimesh (1997, 1999), a dessincronização na banda alfa inferior estaria ligada a aspectos não específicos da tarefa e seria generalizada topograficamente, provavelmente representando um fator geral comum a todas as tarefas e processos atencionais. Por outro lado, a dessincronização na banda alfa superior é topograficamente restrita e representaria processamento de informação sensorial e semântica. Para a divisão do alfa em sub-bandas é usual utilizar-se o método conhecido como IAF (*Individual Alpha Frequency*), o qual sugere que os limites das bandas sejam definidos individualmente (Klimesh, 1999). Além disso, poder-se-ia realizar análises de coerência e integração hemisférica, complementares às análises espectrais realizadas, para verificar se os padrões relatados na literatura internacional são confirmados ou refutados para a amostra de crianças brasileiras. Pretende-se, também, realizar comparações entre o pré-teste e o pós-teste do EEG, depois do treinamento cognitivo, a fim de verificar se os padrões de funcionamento eletrofisiológicos podem ser alterados com intervenção ambiental.

8. Considerações Finais

Em termos gerais, o presente estudo apresentou dois resultados de interesse: 1) a dificuldade de aumentar a inteligência mediante treino cognitivo, e 2) a ausência de correlação significativa entre os parâmetros de ERD/ERS, calculados para a banda alfa, e o QI, não confirmando o fenômeno da eficiência neuronal relatado em estudos internacionais realizados com adultos. Nesse último caso, foi possível constatar, apenas em tendência, uma porcentagem maior de dessincronização em alfa para as crianças mais inteligentes. Ambos os resultados encontram suporte parcial na literatura.

Hipóteses explicativas foram descritas para cada um desses resultados assim como direções para futuras investigações. Também foram levantadas algumas

limitações do estudo que podem ter contribuído para a interpretação dos resultados encontrados, como, por exemplo, o tamanho amostral e o número e o tipo de medidas cognitivas e de desempenho escolar utilizadas no pré-teste e no pós-teste do treinamento.

Não obstante as limitações apresentadas acredita-se que o presente estudo trouxe grandes contribuições na medida em que é um dos primeiros estudos efetuados no Brasil em que se associa saberes diferenciados (Psicologia, Engenharia Biomédica e Neurociências) para desvelar questões comportamentais e neuropsicológicas.

9. Referências Bibliográficas

- Abad, F.J., Colom, R., Rebollo, I., & Escorial, S. (2004). Sex differential item functioning in the Raven's Advanced Progressive Matrices: evidence for bias. *Personality and Individual Differences, 36*, 1459–1470.
- Abreu, N. & Mattos, P. (2010). Memória. Em: L. Malloy-Diniz., D. Fuentes., P. Mattos., & N. Abreu (orgs.). *Avaliação Neuropsicológica* (pp. 76-86). Porto Alegre: Artmed.
- Ackerman, P.L. (2000). Domain-Specific Knowledge as the “Dark Matter” of Adult Intelligence: Gf/Gc, Personality and Interest Correlates. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences, 55*, 69–84.
- Ackerman, P.L., Beier, M.E., & Boyle, M.O. (2005). Working Memory and Intelligence: The Same or Different Constructs? *Psychological Bulletin, 131*, 30–60.
- Ackerman, P. L., Beier, M. E., & Boyle, M. O. (2002). Individual differences in working memory within a nomological network of cognitive and perceptual speed abilities. *Journal of Experimental Psychology: General, 131*, 567–589.
- Aguirre-Perez, D.M., Otero-Ojeda, G.A., Pliego-Rivero, F.B., & Ferreira-Martinez, A.A. (2007). Relationship of working memory and EEG to academic performance: a study among high school students. *International Journal of Neuroscience, 117*, 869–882.
- Alencar, E.L.S., & Nascimento, M.L. (1977). Efeitos de um programa pré-escolar no desenvolvimento cognitivo de crianças com privação cultural. *Arquivo Brasileiro de Psicologia Aplicada, 29*, 103-110.
- Alexander, J.E., O'Boyle, M.W., & Benbow, C.P. (1996). Developmentally advanced EEG alpha power in gifted male and female adolescents. *International Journal of Psychophysiology, 23*, 25-31.

- Alloway, T. P., & Alloway, R. G. (2009). The efficacy of working memory training in improving crystallized intelligence. *Nature Precedings*. Disponível em: <http://precedings.nature.com/documents/3697/version/1>. Acesso em 17 de janeiro de 2011.
- Almeida, L., & Primi, R. (2000). Bateria de Provas de Raciocínio – BPR-5: Manual de aplicação. São Paulo: Casa do Psicólogo.
- Amabile, R.A.N. (2008). *Remoção de Artefatos e Análise de Parâmetros Espectrais em Sinais de EEG: Efeitos do Fármaco Flunitrazepam*. Dissertação de Mestrado: Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Elétrica. Orientador: Carlos Júlio Tierra-Criollo.
- Anderson, J. W., Johnstone, B. M., & Remley, D. T. (1999). Breast-feeding and cognitive development: A meta-analysis. *American Journal of Clinical Nutrition*, 70, 525–535.
- Andrés-Pueyo, A. (2006). Modelos Psicométricos da Inteligência. Em: C. Flores-Mendoza & R. Colom (Orgs.), *Introdução à Psicologia das Diferenças Individuais* (pp.73-102). Porto Alegre: Artmed.
- Anokhin, A.P., Lutzenberger, W., & Birbaumer, N. (1999). Spatiotemporal organization of brain dynamics and intelligence: an EEG study in adolescents. *International Journal of Psychophysiology*, 33, 259–273.
- Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa – ABEP (2003). *Critério de Classificação Econômica Brasil – CCEB – Dados com base no levantamento socioeconômico 2000-IBOPE*. Disponível em: < <http://www.abep.org> >. Acessado em: 09 de outubro de 2010.
- Babcock, R. L. (1994). Analysis of adult age differences on the Raven's Advanced Progressive Matrices test. *Psychology and Aging*, 9, 303–314.
- Baddeley (2003). Working Memory: Looking Back and Looking Forward. *Nature Reviews: Neuroscience*, 4, 829- 839.
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 417-423.
- Baddeley, A. (1998). Recent developments in working memory. *Current Opinion in Neurobiology*, 8, 234–238.
- Baddeley, A., Papagno, C., & Vallar, G. (1988). When long-term learning depends on short-term storage. *Journal of Memory and Language*, 27, 586-595.
- Barnett, S. M., & Ceci, S. J. (2002). When and where do we apply what we learn? A taxonomy for far transfer. *Psychological Bulletin*, 128, 612-637.
- Beck, S.J., Hanson, C.A., Puffenberger, S.S., Benninger, K.L., & Benninger, W.B. (2010). A Controlled Trial of Working Memory Training for Children and

- Adolescents with ADHD. *Journal of Clinical Child & Adolescent Psychology*, 39, 825-836.
- Braver, T. S., Cohen, J. D., Nyström, L. E., Jonides, J., Smith, E. E., & Noll, D. C. (1997). A parametric study of prefrontal cortex involvement in human working memory. *NeuroImage*, 5, 49-62.
- Bueno, O. F. A. & De Oliveira, M.G.M. (2004). Memória e Amnésia. Em: Andrade, V.M., Dos Santos, F.H., & Bueno, O.F.A. *Neuropsicologia Hoje* (pp. 135-165). São Paulo: Artes Médicas.
- Bunge, S.A. & Wright, S.B. (2007). Neurodevelopmental changes in working memory and cognitive control. *Current Opinion in Neurobiology*, 17, 243–250.
- Buschkuehl, M., & Jaeggi, S.M. (2010). Improving intelligence: a literature review. *Swiss Medical Weekly*, 140, 266–272.
- Cabeza, R., & Nyberg, L. (2000). Imaging cognition II: an empirical review of 275 PET and fMRI studies. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12, 1–47.
- Callicott, J. H., Mattay, V.S., Bertolino, A., Finn, K., Coppola, R., Frank, J.A., Goldberg, T. E., Weinberger, D.R. (1999). Physiological Characteristics of Capacity Constraints in Working Memory as Revealed by Functional MRI. *Cerebral Cortex*, 9, 20-26.
- Campbell, D., & Stanley, J. (1963). *Experimental and quasi-experimental designs for research*. Chicago, IL: Rand-McNally.
- Campbell, F.A., Wasik, B.H., Pungello, E., Burchinal, B., Barbarin, O., Kainz, K., Sparling, J. & Ramey, C.T. (2008). Young adults outcomes from The Abecedarian and CARE early childhood educational interventions. *Early Childhood Research Quarterly*, 23, 452-456.
- Cattell, R. B. (1987). *Intelligence: Its structure, growth and action*. Amsterdam: Elsevier.
- Centro Editor de Psicologia Aplicada – CEPA (2001). *Manual das Matrizes Progressivas de Raven – Escala Geral. Séries A, B, C, D e E*. Tradução e adaptação: Francisco Campos. Rio de Janeiro: CEPA. 2a ed.
- Chein, J. M., & Morrison, A. B. (2010). Expanding the mind’s workspace: Training and transfer effects with a complex working memory span task. *Psychonomic Bulletin, & Review*, 17, 193-1999.
- Chipuer, H.M., Rovine, M., & Plomin, R. (1990). LISREL modelling: Genetic and environmental influences on IQ revisited. *Intelligence*, 14, 11-29.
- Codorniu-Raga, M.J., & Vigil-Colet, A. (2003). Sex differences in psychometric and chronometric measures of intelligence among young adolescents. *Personality and Individual Differences*, 35, 681-689.

- Colom, R. (2008). *Nos limites da inteligência: é o ingrediente do êxito na vida?* São Paulo: Vetor Editora (Tradução Carmen Flores-Mendoza e Fernanda Maria Franco).
- Colom, R., Escorial, S., & Rebollo, I. (2004). Sex differences on the Progressive Matrices are influenced by sex differences on spatial ability. *Personality and Individual Differences, 37*, 1289–1293.
- Colom, R., Flores-Mendoza, C., Quiroga, M. A., & Privado, J. (2005). Working memory and general intelligence: The role of short-term storage. *Personality and Individual Differences, 39*, 1005–1014.
- Colom, R., Quiroga, M.A., Shih, P.C., Martínez, K., Burgaleta, M., Martínez-Molina, A., Román, F.J., Requena, L., & Ramírez, I. (2010). Improvement in working memory is not related to increased intelligence scores. *Intelligence, 38*, 497-505.
- A., Román, F.J., Requena, L., & Ramírez, I. (2010). Improvement in working memory is not related to increased intelligence scores. *Intelligence, 38*, 497–505.
- Conboy, J.E. (2003). Algumas medidas típicas univariadas da magnitude do efeito. *Análise Psicológica, 21*, 145-159.
- Conway, A. R. A., Cowan, N., Bunting, M. F., Theriault, D. J., & Minkoff, S. R. B. (2002). A latent variable analysis of working memory capacity, short-term memory capacity, processing speed and fluid intelligence. *Intelligence, 30*, 163–183.
- Conway, A. R. A., Kane, M. J., & Engle, R. W. (2003). Working memory capacity and its relation to general intelligence. *Trends in Cognitive Sciences, 7*, 547–552.
- Cowan, N., Elliott, E. M., Scott Saults, J., Morey, C. C., Mattox, S., Hismjatullina, A., et al. (2005). On the capacity of attention: Its estimation and its role in working memory and cognitive aptitudes. *Cognitive Psychology, 51*, 42–100.
- Craik, F.I.M. & Bialystok, E. (2006). Cognition through the lifespan: mechanisms of change. *Trends in Cognitive Sciences, 10*, 131-138.
- Crone, A., Wendelken, C., Donohue, S., van Leijenhorst, L. & Bunge, S.A. (2006). Neurocognitive development of the ability to manipulate information in working memory. *Proceedings of the National Academy of Science, 103*, 9315-9320.
- Currie J, Thomas D. (1995). "Does Head Start Make A Difference?". *American Economic Review, 85*, 341–341.
- Da Silva, J.A., Ribeiro-Filho, N. P., & Santos, R. C. (2012). Inteligência humana e suas implicações. *Temas em Psicologia, 20*, 155-188.
- Dahlin, E., Neely, A., Larsson, A., Bäckman, L. & Nyberg, L. (2008). Transfer of learning After Updating Training mediated by the Striatum. *Science, 320*, 1510-1512.

- Daneman, M., & Carpenter, P. A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, *19*, 450–466.
- Deutsch, R. (1998). How Early Childhood Interventions Can Reduce Inequality: An Overview of Recent Findings. *International Development Bank*. Washington, DC.
- Devlin, B., Daniels, M., & Roeder, K. (1997). The heritability of IQ. *Nature*, *388*, 468–471.
- Diamond, K.E., Gerde, H.K. & Powell, D.R. (2008). Development in early literacy skills during the pre-kindergarten year in Head Start: Relations between growth in children's writing and understanding of letters. *Early Childhood Research Quarterly*, *23*, 467-478.
- Dolan, C.V., Colom, R., Abad, F.J., Wicherts, J., Hessen, D.J., & van der Sluis, S. (2006). Multi-group covariance and mean structure modeling of the relationship between the WAIS-III common factors and sex and educational attainment in Spain. *Intelligence*, *34*, 193-210.
- Doppelmayr, M., Klimesch, W., Sauseng, P., Hodlmoser, K., Stadler, W., & Hanslmayr, S. (2005). Intelligence related differences in EEG-bandpower. *Neuroscience Letters*, *381*, 309–313.
- Doppelmayr, M., Klimesch, W., Stadler, W., Pollhuber, D. & Heine, C. (2002). EEG alpha power and intelligence. *Intelligence*, *30*, 289-302.
- Draganski, B., Gaser, C., Kempermann, G., Kuhn, G., Winkler, J., Büchel, C. & May, A. (2006). Temporal and Spatial Dynamics of Brain Structure Changes during Extensive Learning. *The Journal of Neuroscience*, *26*, 6314–6317.
- Duan, X., Jiannong, S., Shiyue, S., Xingli, Z., Shi, J., Sun, S., Zhang, X., et al. (2009). Neural Mechanisms of 1-Back Working Memory in Intellectually Gifted Children. *3rd International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering*, 2009. ICBBE 2009 (pp. 1-3). IEEE. doi:10.1109/ICBBE.2009.5163101
- Duffy, F.H., Iyer, V.G., & Surwillo, W.W. (1999). *Eletroencefalografia clínica e mapeamento cerebral topográfico: tecnologia e prática*. Rio de Janeiro: Revinter.
- Eilander, A., Gera, T., Sachdev, H.S., Transler, C., van der Knaap, H.C.V., Kok, F.J., & Osendarp, S.J.M. (2010). Multiple micronutrient supplementation for improving cognitive performance in children: systematic review of randomized controlled trials. *American Journal of Clinical Nutrition*, *91*, 115–1130 .
- Ertl J.P., & Schafer, E. W. P. (1969). Brain response correlates of psychometric intelligence. *Nature*, *223*, 421- 422.
- Fink, A., & Neubauer, A.C. (2006). EEG alpha oscillations during the performance of verbal creativity tasks: differential effects of sex and verbal intelligence. *International Journal of Psychophysiology*, *62*, 46-53.

- Flores-Mendoza, C.E. (2006). O estudo das diferenças individuais no Brasil. Em: C. Flores-Mendoza & R. Colom (orgs.), *Introdução à Psicologia das Diferenças Individuais* (pp.37-57). Porto Alegre: Artmed.
- Flores-Mendoza, C. E., Colom, R. B., Garcia, L. F. & Castilho, A. V. (2001). Dificultades en el rendimiento escolar y la memoria de trabajo. *Boletim de Psicologia, 1*, 21-36.
- Flores-Mendoza, C. E. & Nascimento, E. (2001). Inteligência: O construto melhor investigado em psicologia. *Boletim de Psicologia, LI*, 37-48.
- Flynn, J. R. (2006). O efeito Flynn: repensando a inteligência e aquilo que a afeta. Em: C. Flores-Mendoza & R. Colom (orgs.), *Introdução à Psicologia das Diferenças Individuais* (pp.387-411). Porto Alegre: Artmed.
- Fonseca, L.C., Tedrus, G., Martins, S.V., Gibert, M.A.P., Antunes, T.A., & Laloni, D.T. (2003). Eletrencefalograma quantitativo em escolares sadios - Análise de frequências. *Arquivos de Neuropsiquiatria, 61*, 796-801.
- Garlick, D. (2002). Understanding the nature of the general factor of intelligence: the role of individual differences in neural plasticity as an explanatory mechanism. *Psychological Reviews, 109*, 116-136.
- Giedd, J.N. (2004). Structural magnetic resonance imaging of the adolescent brain. *Annals of New York Academics Science, 102*, 177-85.
- Gil, A.C. (2007). *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo: Atlas.
- Gliner, J.A., Morgan, G.A., & Harmon, R.J. (2003). Pretest-Posttest Comparison Group Designs: Analysis and Interpretation. *Journal of American Academy of Child and Adolescent Psychiatry, 42*, 500-503.
- Gottfredson, L. (1997). Mainstream Science on Intelligence: An Editorial With 52 Signatories, History, and Bibliography. *Intelligence, 24*, 13-23.
- Grabner, R.H., Fink, A., Stipacek, A., Neuper, C., & Neubauer, A.C. (2004). Intelligence and working memory systems: evidence of neural efficiency in alpha band ERD. *Cognitive Brain Research, 24*, 212–225.
- Grabner, R.H., Neubauer, A.C., & Stern, E. (2006). Superior performance and neural efficiency: the impact of intelligence and expertise. *Brain Research Bulletin, 69*, 422–439.
- Gray, J.R., & Thompson, P. (2004). Neurobiology of intelligence: Science and Ethics. *Nature, 5*, 471-182.
- Gray, R., & McCormick, M. (2005). Early Childhood Intervention Programs in the US: Recent Advances and Future Recommendations, *The Journal of Primary Prevention, 26*, 259-275.

- Guesry, P. (1998). The Role of Nutrition in Brain Development. *Preventive Medicine*, 27, 189-194.
- Haavisto, M.L. & Letho, J.E. (2004). Fluid/spatial and crystallized intelligence in relation to domain-specific working memory: A latent-variable approach. *Learning and Individual Differences*, 15, 1–21.
- Hager, W. & Hasselhorn, M. (1998). The Effectiveness of the Cognitive Training for children from a differential perspective: a metaevaluation. *Learning and Instruction*, 8, 411–438.
- Haier, R. (2006). Teoria Biológica da Inteligência. Em: C. Flores-Mendoza & R. Colom (orgs.), *Introdução à Psicologia das Diferenças Individuais* (pp.131-142). Porto Alegre: Artmed.
- Haier, R., Colom, R., Schroeder, D.H., Condon, C.A., Tang, C., Eaves, E. & Head, K. (2009). Gray matter and intelligence factors: Is there a neuro-g? *Intelligence* 37, 1136–144.
- Haier, R.J., Siegel, B., Tang, C., Abel, L., & Buchsbaum, M.S. (1992). Regional glucose metabolic changes after learning a complex visuospatial/motor task: a positron emission tomography study. *Brain Research*, 570, 134–143.
- Halpern, D. (1997). Sex Differences in Intelligence: Implications for Education. *American Psychologist*, 52, 1091-1102.
- Healy, A. F., Wohldmann, E. L., Parker, J. T., & Bourne, L. E. (2005). Skill training, retention, and transfer: The effects of a concurrent secondary task. *Memory & Cognition*, 33, 1457–1471.
- Hernstein, R.J., & Murray, C. (1994). *The Bell Curve: Intelligence and Class Structure in American Life*. New York: Free Press.
- Hoekzema, E., Carmona, S., Tremols, V., Gispert, J.D., Guitart, M., Fauquet, J., Rovira, M., Bielsa, A., Soliva, J.C., Tomas, X., Bulbena, A., Ramos-Quiroga, A., Casas, M., Tobena, A., & Vilarroya, O. (2010). Enhanced Neural Activity in Frontal and Cerebellar Circuits After Cognitive Training in Children with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *Human Brain Mapping*, 31, 1942-1950.
- Holmes J., Gathercole, S.E., Dunning, D.L. (2009). Adaptive training leads to sustained enhancement of poor working memory in children. *Developmental Science*, 12, 9–15.
- Hunt, E. (1989). Cognitive Science: Definition, Status, and Questions. *Annual Review of Psychology*, 40, 603-629.
- Ilkowska, M. & Engle, R.W. (2010). Trait and State Differences in Working Memory Capacity. Em: A. Gruszka., G. Matthews., & B. Szymura (eds.), *Handbook of Individual Differences in Cognition: Attention, Memory, and Executive Control* (pp. 295-320). London: Springer.

- Irwing, P., Hamza, A., Khaleefa, O. & Lynn, R. (2008). Effects of Abacus training on the intelligence of Sudanese children. *Personality and Individual Differences*, 45, 694-696.
- Jackson, P.L, Doyon, J., Richards, C.L., & Malouin F. (2004). The efficacy of combined physical and mental practice in the learning of a foot-sequence task after stroke: a case report. *Neurorehabilitation & Neural Repair*, 18, 106-11.
- Jackson, P.L., Lafleur, M.F., Malouin, F., Richards, C., & Doyon, J. (2001). Potential role of mental practice using motor imagery in neurologic rehabilitation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 82, 1133-41.
- Jaeggi, S. M., Buschkuhl, M., Jonides, J., & Perrig, W.J. (2008). Improving fluid intelligence with training on working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105, 6829-6833.
- Jaeggi, S.M., Buschkuhl, M., Jonides, J., & Shah, P. (2011). Short- and long-term benefits of cognitive training. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108, 10081-10086.
- Jausovec, N. (2000). Differences in cognitive processes between gifted, intelligent, creative, and average individuals while solving complex problems: an EEG study. *Intelligence*, 28, 213–237.
- Jausovec, N. (1998). Are gifted individuals less chaotic thinkers? *Personality and Individual Differences*, 25, 253–267.
- Jausovec, N. (1996). Differences in EEG Alpha Activity Related to Giftedness. *Intelligence*, 23, 159-173.
- Jausovec, N., & Jaosuec, K. (2012). Working memory training: Improving intelligence – Changing brain activity. *Brain and Cognition*, 79, 96–106.
- Jausovec, N., & Jausovec, K. (2005). Differences in induced gamma and upper alpha oscillations in the human brain related to verbal/performance and emotional intelligence. *International Journal of Psychophysiology*, 56, 223–235.
- Jausovec, N., & Jausovec, K. (2004). Differences in induced brain activity during the performance of learning and working-memory tasks related to intelligence. *Brain and Cognition*, 54, 65–74.
- Jensen, A.R. (1998). *The g factor*. London: Praeger.
- Jensen, A.R. (1981). Raising the IQ: The Ramey and Haskins Study. *Intelligence*, 5, 29-40.
- Johnson, S.H., Rotte, M., Grafton, S.T., Hinrichs, H., Gazzaniga, M.S., & Heinze, H.J. (2002). Selective activation of a parietofrontal circuit during implicitly imagined prehension. *NeuroImage*, 17, 1693–1704.

- Jung, R.E., & Haier, R.J. (2007). The Parieto-Frontal Integration Theory (P-FIT) of intelligence: Converging neuroimaging evidence. *Behavioral and Brain Sciences*, 30, 135-187.
- Jurden, F. H. (1995). Individual differences in working memory and complex cognition. *Journal of Educational Psychology*, 87, 93–102.
- Kaufman, A. S. (2001). WAIS-III IQs, Horn's theory and generational changes from young adulthood to old age. *Intelligence*, 29, 131-167.
- Kane, M. J., & Engle, R. W. (2002). The role of prefrontal cortex in working-memory capacity, executive attention, and general fluid intelligence: an individual differences perspective. *Psychonomic Bulletin and Review*, 9, 637–671.
- Kane, M.J., Hambrick, D.Z., & Conway, A.R.A. (2005). Working Memory Capacity and Fluid Intelligence Are Strongly Related Constructs: Comment on Ackerman, Beier, and Boyle (2005). *Psychological Bulletin*, 131, 66–71.
- Klauer, K.J., & Phye, G.D. (2008). Inductive Reasoning: A Training Approach. *Review of Educational Research*, 78, 85-123.
- Klauer, K.J., Willmes, K., & Phye, G.D. (2002). Inducing Inductive Reasoning: Does It Transfer to Fluid Intelligence? *Contemporary Educational Psychology*, 27,1–25.
- Kleim, J.A., & Jones, T.A. (2008). Principles of Experience-Dependent Neural Plasticity: Implications for Rehabilitation After Brain Damage. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 51, 225-239.
- Klimesch, W. (1999). EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. *Brain Research Reviews*, 29, 169–195.
- Klimesch, W. (1997). EEG-alpha rhythms and memory processes. *International Journal of Psychophysiology*, 26, 319–340.
- Klimesch, W., Doppelmayr, M., Pachinger, T., & Russegger, H. (1997). Event-related desynchronization in the alpha band and the processing of semantic information. *Cognitive Brain Research*, 6, 83–94.
- Klingberg, T. (2010). Training and plasticity of working memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 14, 317–324.
- Klingberg, T., Forssberg, H., & Westerberg, H. (2002). Increased brain activity in frontal and parietal cortex underlies the development of visuo-spatial working memory capacity during childhood. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14:1–10
- Klingberg T., Forssberg H., & Westerberg, H. (2002). Training of working memory in children with ADHD. *Journal of Clinical Experimental Neuropsychology*, 24, 781-791.

- Klingberg T., Fernell, E., Olesen, P.J., Johnson, M., Gustafsson, P., Dahlstrom, K., Dahlstrom, K., Gillberg, C.G., Forsberg, H., & Westerberg, H. (2005). Computerized training of working memory in children with ADHD – a randomized, controlled trial. *Journal of American Academic Child Adolescent Psychiatry*, *44*, 177–186.
- Kyllonen, P. C., & Christal, R. E. (1990). Reasoning ability is (little more than) working-memory capacity?! *Intelligence*, *14*, 389–433.
- Lee, T.W., Wu, Y.T., Yu, Y.W.Y., Wu, H.C., & Chen, T.J. (2012). A smarter brain is associated with stronger neural interaction in healthy young females: A resting EEG coherence study. *Intelligence*, *40*, 38–48.
- Lépine, R., Barrouillet, P., & Camos, V. (2005). What makes working memory spans so predictive of high-level cognition? *Psychonomic Bulletin & Review*, *12*, 165–170.
- Lubinski, D. (2004). Introduction to the Special Section on Cognitive Abilities: 100 Years After Spearman's (1904) "General Intelligence", Objectively Determined and Measured". *Journal of Personality and Social Psychology*, *86*, 96-111.
- Lucas, A. (1998). Programming by Early Nutrition: An Experimental Approach. *The Journal of Nutrition*, *128*, 401-406.
- Macedo, C.S., Andreucci, L.C. & Montelli, T.C.B. (2004). Alterações Cognitivas em Escolares de Classe Socioeconômica Desfavorecida – Resultados de Intervenção Psicopedagógica. *Arquivos de Neuropsiquiatria*, *62*, 852-857.
- Mackey, A.P., Hill, S.S., Stone, S.I., & Bunge, S.A. (2011). Differential effects of reasoning and speed training in children. *Developmental Science*, *14*, 582–590.
- Maguire, E.A., Gadian, D.G., Johnsrude, I.S., Good, C.D., Ashburner, J., Frackowiak, R.S.J., & Frith, C.D. (2000). Navigation-related structural change in the hippocampi of taxi drivers. *Proceedings of the National Academy of Sciences U. S. A*, *97*, 4398-4403.
- Maguire, E.A., Spiers, H.J., Good, C.D., Hartley, T., Frackowiak, R.S.J. & Burgess, N. (2003). Navigation Expertise and the Human Hippocampus: A Structural Brain Imaging Analysis. *Hippocampus*, *13*, 208–217.
- Mansur-Alves, M., Filho, S.A.S., Flores-Mendoza, C., & Tierra-Criollo, C.J. (2012). The event-related desynchronization (ERD) correlated to psychometric intelligence in Brazil: a neural efficiency study methodology. *Revista Brasileira de Engenharia Biomédica*, *28*, 36-43.
- Mansur-Alves, M., Flores-Mendoza, C., & Tierra-Criollo, C.J. (no prelo). Evidências preliminares da efetividade do treinamento cognitivo para melhorar a inteligência de crianças escolares. *Psicologia: Reflexão e Crítica*.
- Marosi, E., Rodriguez, H., Harmony, T., Yanez, G., Rodriguez, M., Bernal, J., Fernandez, T., Silva, J., Reyes, A., & Guerrero, V. (1999). Broad band spectral

- parameters correlated with different IQ measurements. *International Journal of Neuroscience*, 97, 17–27.
- Martin, M., & Zöllig, J. (2009). Cognitive plasticity and training: Key issues at the intersection of behavioral and neurophysiological research. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 27, 371–373.
- McDaniel, M. A. (2005) Big-brained people are smarter: A meta-analysis of the relationship between in vivo brain volume and intelligence. *Intelligence*, 33, 337–46.
- McDaniel, M.A., & Bugg, J.M. (2012). Memory training interventions: What has been forgotten? *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 1, 45–50.
- McNab, F., Varrone, A., Farde, I., Jucaite, A., Bystritsky P., Forssberg, h., Klingberg, T. (2009). Changes in cortical dopamine D1 receptor binding associated with cognitive training. *Science*, 323, 800-802.
- Micheloyannis, S., Pachou, E., Stam, C.J., Vourkas, M., Erimaki, S., & Tsirka, V. (2006). Using graph theoretical analysis of multi-channel EEG to evaluate the neural efficiency hypothesis. *Neuroscience Letter*, 402, 273-277.
- Miller, E. K., & Cohen, J. D. (2001). An integrative theory of pre-frontal cortex function. *Annual Review of Neuroscience*, 24, 167-202.
- Moody, D.E. (2009). Can intelligence be increased by training on a task of working memory? *Intelligence*, 37, 327–328.
- Morrison, A. B., & Chein, J.M. (2011). Does working memory training work? The promise and challenges of enhancing cognition by training working memory. *Psychonomic Bulletin Reviews*, 18, 46–60.
- Mortensen, E. L., Michaelsen, K. M., Sanders, S. A., & Reinisch, J. M. (2002). The association between duration of breastfeeding and adult intelligence. *Journal of the American Medical Association*, 287, 2365–2371.
- Neisser, U., Boodoo, G., Bouchard, T. J., Boykin, A.W., Brody, N., Ceci, S.J., Halpern, D.F., Loehlin, J.C., Perloff, R., Stenberg, R.J., & Urbina, S. (1996). Intelligence: Knows and Unknowns. *American Psychologist*, 51, 77-101.
- Neubauer, A.C., & Fink, A. (2009a). Intelligence and neural efficiency. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 33, 1004–1023.
- Neubauer, A.C., & Fink, A. (2009b). Intelligence and neural efficiency: Measures of brain activation versus measures of functional connectivity in the brain. *Intelligence*, 37, 223–229.
- Neubauer, A.C. & Fink, A. (2003). Fluid intelligence and neural efficiency: effects of task complexity and sex. *Personality and Individual Differences*, 35, 811–827.

- Neubauer, A.C., Fink, A., & Schrausser, D.G. (2002). Intelligence and neural efficiency: the influence of task content and sex on the brain–IQ relationship. *Intelligence, 30*, 515–536.
- Neubauer, A., Freudenthaler, H.H., & Pfurtscheller, G. (1995). Intelligence and spatiotemporal patterns of event-related desynchronization (ERD). *Intelligence, 20*, 249–266.
- Neubauer, A.C., Grabner, R.H., Fink, A., Neuper, C. (2005). Intelligence and neural efficiency: further evidence of the influence of task content and sex on the brain–IQ relationship. *Cognitive Brain Research, 25*, 217–225.
- Neubauer, A.C., Grabner, R.H., Freudenthaler, H.H., Beckmann, J.F., Guthke, J. (2004). Intelligence and individual differences in becoming neurally efficient. *Acta Psychologica, 116*, 55–74.
- Nisbett, R.E. (2009). *Intelligence and How To Get It: Why Schools and Cultures Count*. New York: W. W. Norton & Company.
- Nisbett, R.E., Aronson, J., Blair, C., Dickens, W., Flynn, J., Halpern, D. & Turkheimer, E. (2012). Intelligence: New Findings and Theoretical Developments. *American Psychologist, 67*, 130-159.
- Novikova, S.I., Malakhovskaya, E.V., Pushina, N. P., Tsetlin, M. M., Filatov, A. I., Posikera, I. N., & Stroganova, T. A. (2009). Relationships between EEG θ and α Spectral Amplitudes and Cognitive Ability in Preschool Children. *Human Physiology, 35*, 409–415.
- Nutley, S.B., Soderqvist, S., Bryde, S., Thorell, L.B., Humphreys, K., & Klingberg, T. (2011). Gains in fluid intelligence after training non-verbal reasoning in 4-year-old children: a controlled, randomized study. *Developmental Science 14*, 591–601.
- Nyberg, L., Sandblom, J., Jones, S., Neely, A.S., Petersson, K.M., Ingvar, N., & Backman, L. (2003). Neural correlates of training-related memory improvement in adulthood and aging. *Proceedings of the National Academic Sciences, 100*, 13728–13733.
- Oberauer, K. (2004). The Measurement of Working Memory Capacity. Em: O. Wilhelm & R.W. Engle (eds.), *Handbook of Understanding and Measuring Intelligence* (pp.393-408). California: Sage Publications.
- Oberauer, K., Suß, H.-M., Schulze, R., Wilhelm, O., & Wittmann, W. W. (2000). Working memory capacity facets of a cognitive ability construct. *Personality and Individual Differences, 29*, 1017–1045.
- Olesen, P.J., Macouveau, J., Tegner, J. & Klingberg, T. (2007). Brain Activity Related to Working Memory and Distraction in Children and Adults. *Cerebral Cortex, 17*, 1047-1054.

- Olesen, P.J., Westerberg, H. & Klingberg, T. (2004). Increased prefrontal and parietal activity after training of working memory. *Nature Neuroscience*, 7, 75-79.
- Orzechowski, J. (2010). Working Memory Capacity and Individual Differences in Higher-Level Cognition. Em: A. Gruszka., G. Matthews., & B. Szymura (eds.), *Handbook of Individual Differences in Cognition: Attention, Memory, and Executive Control* (pp. 353-368). London: Springer.
- Paine, P., Dorea, J.G., Paquali, L. & Monteiro, A.M. (1992). Growth and Cognition in Brazilian Schoolchildren: A Spontaneously Occurring Intervention Study. *International Journal of Behavioral Development*, 15, 169-183.
- Palmini, A. (2004). Transtorno de Hiperatividade/Déficit de Atenção, Descargas Epileptiformes ao EEG, Crises Epilépticas e Epilepsia: Abordagem Prática de Intrigantes Associações. *Journal of Epilepsy Clinical Neurophysiology*, 10, 53-58.
- Pereira, V.R. (2004). *Métodos alternativos do Critério Brasil para construção de indicadores socioeconômicos: teoria da resposta ao item*. Dissertação de mestrado: Pontifícia Universidade Católica, do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Elétrica. Orientador: Reinaldo Castro Souza. Co-orientador: Tufi Machado Soares.
- Petrill, S.A. (2006). Genes, ambiente e inteligência. Em: C. Flores-Mendoza & R. Colom (Orgs.), *Introdução à Psicologia das Diferenças Individuais* (pp. 143-155). Porto Alegre: Artmed.
- Pfurtscheller, G., Stancák Jr, A., & Neuper, Ch. (1996). Event-related synchronization(ERS) in the alpha band – an electrophysiological correlate of cortical idling: A review. *International Journal of Psychophysiology*, 24, 39-46.
- Polunina, A.G., & Davidov, D.M. (2006). EEG correlates of Wechsler Adult Intelligence Scale. *International Journal of Neuroscience*, 116, 1231–1248.
- Preusse, F., van der Meer, E., Deshpande, G., Krueger, F., & Wartenburger, I. (2011). Fluid intelligence allows flexible recruitment of the parieto-frontal network in analogical reasoning. *Frontiers in Human Neuroscience*, 5, 1-14.
- Primi, R. (2002). Inteligência Fluida: definição fatorial, cognitiva e neuropsicológica. *Paidéia*, 12, 57-75.
- Prins, P.J.M., DAVIS, S., Ponsioen, A., ten Brink, E., & van der Oord, S. (2011). Does Computerized Working Memory Training with Game Elements Enhance Motivation and Training Efficacy in Children with ADHD? *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 14, 115-122.
- Ramey, C.T. & Ramey, S. (1998). Early Intervention and Early Experience. *American Psychologist*, 53, 109-120.
- Reynolds, A.J. (2004). Research on early childhood interventions in the confirmatory mode. *Children and Youth Services Review*, 26, 15-38.

- Ristanovic, D., Martinovic, M. Z. & Jovanovic, V. (1999). Topography of visual EEG reactivity in school-age children. *Brain and Development*, 21, 236–243.
- Rindermann, H., Flores-Mendoza, C., & Mansur-Alves, M. (2010). Reciprocal effects between fluid and crystallized intelligence and their dependence on parents' socioeconomic status and education. *Learning and Individual Differences*, 20, 544–548.
- Rosen, V.M., Bergeson, J.L., Putman, K., Harwell, A., & Sunderland, T. (2002). The role of working memory capacity in retrieval. *Journal of Experimental Psychology: General*, 126, 211–227.
- Rosenzweig, M.R. & Bennett, E.L. (1996). Psychobiology of plasticity: effects of training and experience on brain and behavior. *Behavioural Brain Research*, 78, 57–65.
- Rojas, C., Montes, C.J., Rosas, A.A., Llanos-Zavalaga, F., Baltasar, G.S., Asenjo, P.L., Moya, J.G., Miranda, P.L., Anderson, A.F., Escurra, M.M., Vigil, N.V., Benites, M.V., Cajamarca, O.C., & Jhusey, D.S. (2003). Aproximación al Efecto del Programa de Desayunos Escolares sobre el Rendimiento Intelectual en Alumnos de Educación Inicial y Primaria del Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 20, 31–38.
- Rueda, M.R., Rothbart, M.K., McCandliss, B.D., Saccomanno, L., & Posner, M.I. (2005). Training, maturation, and genetic influences on the development of executive attention. *Proceedings of the National Academic Sciences USA*, 102, 14931–14936.
- Schellenberg, E.G. (2004). Music lessons enhance IQ. *Psychological Science*, 15, 511–514.
- Scherf, K.S., Sweeney, J.A., & Luna, B. (2006). Brain basis of developmental change in visuospatial working memory. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18, 1045–1058.
- Schlottfeldt, C.G.M.F. (2012). *Análise da relação entre potenciais relacionados a eventos e inteligência em um grupo de crianças*. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Neurociências, Universidade Federal de Minas Gerais. Não publicado.
- Schmid, R.G., Tirsch, W.S., & Scherb, H. (2003). Correlation between spectral EEG parameters and intelligence test variables in school-age children. *Clinical Neurophysiology*, 113, 1647–1656.
- Schweizer, K. & Koch, W. (2002). A revision of Cattell's Investment Theory Cognitive properties influencing learning. *Learning and Individual Difference*, 13, 57–82.
- Schweizer, K., Zimmermann, P., & Koch, W. (2001). Sustained attention, intelligence and the crucial role of perceptual processes. *Learning and Individual Differences*, 12, 271–286.

- Semmlow, J.L. (2004). *Biosignal and Biomedical Images Processing: MATLAB Basic Applications*. New York: Marcel Dekker.
- Shipstead, Z., Redick, T.S., & Engle, R.W. (2010). Does working memory training generalize? *Psychologica Belgica*, 50, 245-276.
- Shiran, A., & Breznitz, Z. (2011). The effect of cognitive training on recall range and speed of information processing in the working memory of dyslexic and skilled readers. *Journal of Neurolinguistics*, 24, 524–537.
- Sohlberg, M.M., & Mateer, C.A. (2009). *Reabilitação Cognitiva: Uma Abordagem Neuropsicológica Integrativa*. São Paulo: Editora Santos.
- Soriano, V. (1998). *Early Intervention in Europe: Organisation of Services and Support for Children and Their Families: Trends in 17 European Countries*. Dinamarca: European Agency for Development in Special Needs Education.
- Stankov, L. (2000). Structural extensions of a hierarchical view on human cognitive abilities. *Learning and Individual Differences*, 12, 35–51.
- Starkey, P., Klein, A. & Wakeley, A. (2004). Enhancing young children's mathematical knowledge through a pre-kindergarten mathematics intervention. *Early Childhood Research Quarterly* 19, 99–120.
- Stauffer, J. M., Ree, M. J., & Caretta, T. R. (1996). Cognitive-components tests are not much more than g: An extension of Kyllonen's analysis. *Journal of General Psychology*, 123, 193–205.
- Stein, L.M. (1994). *TDE – teste de desempenho escolar: manual para aplicação e interpretação*. São Paulo: Casa do Psicólogo.
- Sternberg, R. (2008). Increasing fluid intelligence is possible after all. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105, 6791–6792.
- Strenze, T. (2007). Intelligence and socioeconomic success: A meta-analytic review of longitudinal research. *Intelligence*, 35, 401-426.
- te Nijenhuis, J., van Vianen, A.E.M., & van der Flier, H. (2007). Score gains on g-loaded tests: No g. *Intelligence*, 35, 283–300.
- Tillman, C.M., Nyberg, L., & Bohlin, G. (2008). Working memory components and intelligence in children. *Intelligence*, 36, 394–402.
- Thatcher, R.W., Krause, P.J., & Hrybyk, M. (1986). Cortico-cortical associations and EEG coherence: a two-compartmental model. *Electroencephalograph. Clinical Neurophysiology*, 64, 123-143.
- Thorell, L.B., Lindqvist, S., Bergman, N.S., Bohlin, G., & Klingberg, T. (2009). Training and transfer effects of executive functions in preschool children. *Developmental Science*, 12, 106–113.

- Toga, A.W. & Thompson, P.M. (2005). Genetics of Brain Structure and Intelligence. *Annual Reviews of Neuroscience*, 28, 1–23.
- Tomic, W. & Klauer, K.J. (1996). On the effects of training inductive reasoning: How far does it transfer and How long do the effects persist? *European Journal of Psychology of Education*, 11, 283-299.
- Turkheimer, E., Haley, A., Waldron, M., & D’Onofrio, B. (2003). Socioeconomic Status Modifies Heritability of IQ in Young Children. *Psychological Science*, 14, 623-628.
- van IJzendoorn, M.H., Juffer, F., & Poelhuis, C.W.K. (2005). Adoption and Cognitive Development: A Meta-Analytic Comparison of Adopted and Nonadopted Children’s IQ and School Performance. *Psychological Bulletin*, 131, 301–316.
- Von Stein, A., & Sarnthein, J. (2000). Different frequencies for different scales of cortical integration. From local gamma to long-range alpha/theta synchronization. *International Journal of Psychophysiology*, 38, 301–313.
- Waiser, M. (1999). *Early Childhood Care and Development Programs in Latin American: How Much do They Cost?* The World Bank and the Inter-American Development Bank, Washington D.C.
- Westerberg, H. & Klingberg, T. (2007). Changes in cortical activity after training of working memory - a single-subject analysis. *Physiology & Behavior*, 92,186-192.
- Wicherts, J.M., Dolan, C.V., Hessen, D. J.; Oosterveld, P., Baal, G., Caroline, M., van Boomsma, D. I.; Span, M. M. (2004). Are intelligence tests measurement invariant over time? Investigating the nature of the Flynn effect. *Intelligence*, 32, 509-537.
- Willis, S. L., & Schaie, K.W. (2009). Cognitive training and plasticity: Theoretical perspective and methodological consequences. *Restorative Neurology and Neuroscience* 27, 375–389.
- Yang, Cc, Yang, Cc, Chaou, W.T. (2005). Functional Correlations of Spatial Quantitative EEG and Intelligences in a Nonalphabetical Language Group. *Applied Neuropsychology*, 12, 151–157.

The event-related desynchronization (ERD) correlated to psychometric intelligence in Brazil: a neural efficiency study methodology

Marcela Mansur-Alves*, Sady Antonio dos Santos Filho, Carmen Flores-Mendoza, Carlos Julio Tierra-Criollo

Abstract The phenomenon of alpha band desynchronization (ERD) has been extensively studied as an electrophysiological correlation of individual intelligence differences. However, in Brazil, there is lack of research regarding the subject. The present study intended to verify the relationship between psychometric intelligence and neural efficiency, using event-related desynchronization, on children with different intellectual levels. Eight clinically healthy male children with an average age of 8.75 years, from the city of Belo Horizonte, participated in the study, divided into one high IQ group and one average IQ group. The children had their intelligence evaluated by psychometric tests and EEGs were collected in two different moments – during rest and while performing cognitive tasks. The results showed that the more intelligent children presented lower percentages of ERD when compared to the average IQ group, for frontal, parietal and temporal regions, though the differences between the groups did not achieve statistical significance. To sum up, this study presented a preliminary evidence of a methodology for neural efficiency studies using event-related desynchronization correlated to the psychometric intelligence tests used in Brazilian children. However, new studies are required to verify the generality of this methodology and the findings of the present study.

Keywords Intelligence, Neural efficiency, Electroencephalography, Child.

A dessincronização relacionada a evento (DRE) correlacionada à inteligência psicométrica no Brasil: uma metodologia para estudo da eficiência neuronal

Resumo O fenômeno da dessincronização relacionada a evento (DRE) da banda alfa tem sido extensivamente estudado como um correlato eletrofisiológico das diferenças individuais em inteligência. Contudo, no Brasil, há escassez de pesquisas relativas ao tema. O presente estudo objetivava verificar a relação entre inteligência psicométrica e eficiência neuronal, por meio da metodologia de dessincronização relacionada a evento, em crianças com diferentes níveis intelectuais. Participaram do estudo oito crianças da cidade de Belo Horizonte, do sexo masculino, com idade média de 8,75 anos, clinicamente saudáveis divididas em grupo de alto QI e médio QI. As crianças tiveram sua inteligência avaliada por meio de testes psicométricos e o EEG coletado em dois momentos distintos – durante o repouso e durante a realização de tarefas cognitivas. Os resultados mostraram que as crianças de maior inteligência apresentaram menores porcentagens de DRE quando comparadas as de QI médio, para as regiões frontal, parietal e temporal, embora as diferenças entre os grupos não tenham alcançado significância estatística. Para concluir, o presente estudo apresentou evidências iniciais de uma metodologia para estudos da eficiência neuronal, utilizando a dessincronização relacionada a evento, correlacionada a testes de inteligência psicométrica em crianças brasileiras. Entretanto, novos estudos são necessários para verificar a generalidade dessa metodologia e dos achados do presente estudo.

Palavras-chave Inteligência, Eficiência neuronal, Eletroencefalografia, Criança.

Porto Alegre, 05 de junho de 2012.

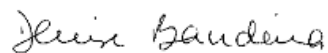
Ilmos. Srs.

Marcela Mansur-Alves, Carmen Flores-Mendoza, Carlos Julio Tierra-Criollo:

Prezados autores:

A revista **Psicologia: Reflexão e Crítica** informa que a resenha intitulada “Evidências preliminares da efetividade do treinamento cognitivo para melhorar a inteligência de crianças escolares.”, submetida pelo processo editorial online, obteve aceite final e será publicada no **Volume 26 nº3-2013**.

Atenciosamente,



Profa. Denise Ruschel Bandeira,
Editora.

ANEXO 2



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - COEP

Parecer nº. ETIC 0490.0.203.000-09

Interessado(a): Profa. Carmen Elvira Flores-Mendoza
Departamento de Psicologia
FAFICH - UFMG

DECISÃO

O Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG – COEP aprovou, no dia 04 de novembro de 2009, o projeto de pesquisa intitulado "Treinamento de capacidade cognitiva fluida e cristalizada de escolares de diferentes níveis intelectuais: evidências psicométricas e eletrofisiológicas" bem como o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

O relatório final ou parcial deverá ser encaminhado ao COEP um ano após o início do projeto.

Profa. Maria Teresa Marques Amaral
Coordenadora do COEP-UFMG

ANEXO 3

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – Treinamento

Prezado Senhor(a),

Este é um convite para a participação voluntária na pesquisa intitulada “*Treinamento da capacidade cognitiva fluida e cristalizada de escolares de diferentes níveis intelectuais – Evidências psicométricas e eletrofisiológicas*”, desenvolvida pela doutoranda do programa de pós-graduação em Neurociências da UFMG, Marcela Mansur Alves, e supervisionada pela profa. Dra. Carmen Flores-Mendoza. Esse estudo está em acordo com os esforços que o Laboratório de Avaliação das Diferenças Individuais (LADI) vem fazendo na tentativa de ajudar crianças com baixo desempenho escolar a ter sucesso na escola. **Assim, pois, tal estudo tem como objetivo principal avaliar a efetividade de um programa de melhoramento intelectual e de reforço escolar para crianças na faixa etária dos nove aos onze anos de idade, independentemente se o desempenho da criança na escola é alto, médio ou baixo.** O programa será ministrado às crianças nas dependências da própria escola, durante o período escolar, por estudantes de Psicologia, prévia e adequadamente treinados para tal fim. Como em qualquer estudo que visa verificar a efetividade de uma dada intervenção, há sempre dois grupos – um grupo treinado com jogos livre e um grupo treinado com tarefas de memória. Nosso objetivo é verificar qual grupo melhora o desempenho escolar e por quanto tempo. No final da investigação se o programa for bem sucedido, a escola poderá estendê-lo para crianças com problemas de aprendizagem. Assim, pois, **o seu filho poderá ser escolhido** para fazer parte de um dos dois grupos, sendo que essa escolha será determinada através de sorteio. Aos senhores(as) será enviado um questionário de informações gerais, com perguntas a respeito da saúde da criança e da qualidade do ambiente doméstico. **Faz-se importante lembrar que para que o programa de treinamento seja bem-sucedido, uma vez consentida a participação de seu filho (a), é necessário que ele compareça freqüentemente às sessões, evitando ausências injustificadas.**

Nos termos da Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde, a pesquisa deve ser livremente consentida, sendo garantido ao senhor(a):

- a) A privacidade quanto aos dados de identificação e resultados obtidos, uma vez que o sigilo sobre as informações apuradas é total durante e após o término da pesquisa. Os resultados obtidos eventualmente divulgados em trabalhos científicos não revelarão sua identidade;
- b) Todas as informações sobre o estudo serão fornecidas pelo pesquisador para que o senhor (a) possa decidir livremente sobre a sua participação na pesquisa;
- c) As informações prestadas pelo senhor(a) durante a pesquisa não implicarão em riscos ou benefícios e como a participação é voluntária, não haverá nenhum compromisso financeiro com a equipe da UFMG;
- d) A liberdade de recusar a participar da pesquisa ou retirar o consentimento, a qualquer momento.

Quaisquer dúvidas ou pedido de informação a respeito do projeto, elas serão imediatamente atendidas pela professora Carmen Flores-Mendoza.

Agradecemos a sua atenção.

Profa. Dra. Carmen Flores-Mendoza
Departamento de Psicologia/UFMG

Ps. Marcela Mansur Alves

Doutoranda

Telefone Comitê de Ética e Pesquisa da UFMG: 3409-4592 - Av. Antônio Carlos 6627, Unidade Administrativa II/ 2º andar - Sala 2005, Campus Pampulha, Belo Horizonte.

² Telefone Professora Carmen Flores-Mendoza: 3409 6275 ou ainda 99694333- Av. Antônio Carlos 6627, FAFICH, Sl. 4046.

AUTORIZAÇÃO

Em vista dos esclarecimentos prestados, manifesto a minha concordância em participar voluntariamente do estudo respondendo às perguntas e fornecendo os dados necessários e consentindo a participação de meu(a) filho(a), _____ (nome da criança), em todas as atividades relacionadas ao treinamento cognitivo, a serem desenvolvidas pela pesquisa *“Treinamento da capacidade cognitiva fluida e cristalizada de escolares de diferentes níveis intelectuais – Evidências psicométricas e eletrofisiológicas”*

Por ser verdade, _____ (Assinatura do Responsável Legal)

Telefone de contato: _____

Belo Horizonte, _____ de _____ de 2011.

ANEXO 4

Exame para Avaliação do Desempenho Escolar (EADE)⁷

Nome: _____

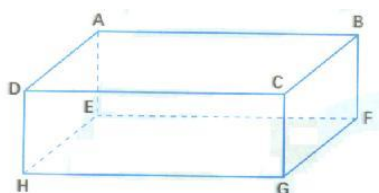
Idade: ___ Sexo: () F () M Série escolar: _____ Data de nascimento: _____

Escola: _____ Data de Aplicação: _____

Instruções

Abaixo se encontram algumas tarefas parecidas com as que você faz na escola. Algumas são de matemática outras de português. Alguns destes exercícios você já pode ter estudado na escola e outros que ainda não estudou ou nem conhece. Assim, o importante é que tente fazer com atenção, da melhor maneira possível, tudo o que puder.

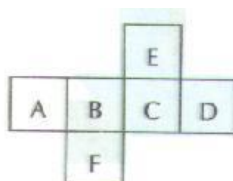
1) No bloco retangular da figura, AB mede 22cm, BC mede 13 cm e CG mede 6cm:



Nesse caso, é verdade que:

- a) HG mede 28cm
- b) AE mede 13 cm
- c) DH mede 19cm
- d) HE mede 13cm

2) Na figura, temos a planificação de um cubo:



Imagine que o cubo tenha sido montado.

Nesse caso, a face oposta à face B é a face:

- a) A
- b) C
- c) D
- d) F

⁷ Prova de desempenho escolar elaborada exclusivamente para fins de pesquisa- 2011

3) Se 6 garrafas de vinho custam 70 reais, qual deve ser, em reais, o preço de 9 garrafas?

- a) 105
- b) 110
- c) 115
- d) mais que 120

4) O menor múltiplo comum entre 60 e 75 é :

- a) 150
- b) 300
- c) 450
- d) 600

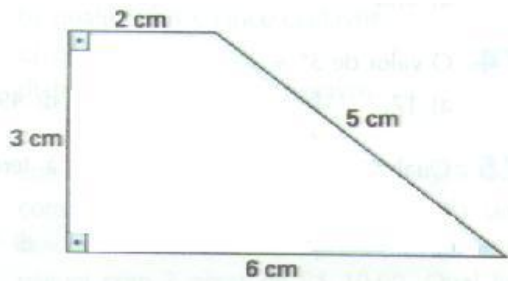
5) 6 moedas de 0,50 reais, 3 moedas de 0,25 reais e 7 moedas de 0,05 reais fazem a quantia de:

- a) quatro reais e dez centavos
- b) quatro reais e cinco centavos
- c) quatro reais
- d) três reais e noventa centavos

6) Um filme de 24 poses custa R\$6,45. Na compra de dois desses filmes, a loja dá um desconto de R\$2,50. Comprei 2 filmes e paguei com 2 notas de R\$10,00. Qual foi o meu troco?

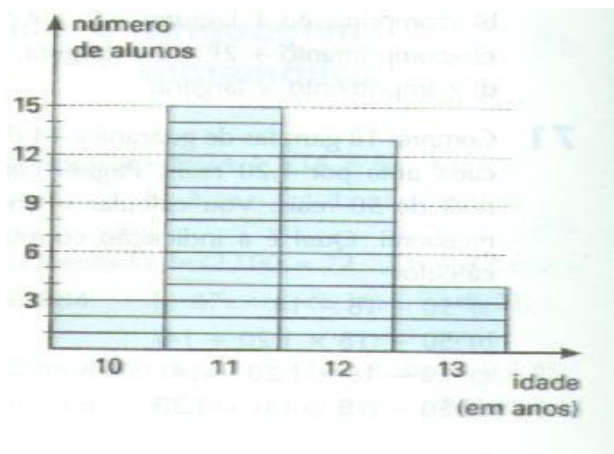
- a) R\$ 7,10
- b) R\$ 9,40
- c) R\$9,60
- d) R\$10,40

7) Qual é a área da figura?



- a) 12 cm^2
- b) 14 cm^2
- c) 17 cm^2
- d) 41 cm^2

8) Observe o gráfico



De acordo com o gráfico:

- a) Há 11 alunos com 15 anos.
- b) Há 4 alunos com 13 anos.
- c) A maioria dos alunos tem 12 anos
- d) Há 12 alunos com 12 anos.

9) Quanto é 13% de R\$ 850,00 ?

- a) R\$ 130,00
- b) R\$ 120,50
- c) R\$ 110,50
- d) R\$ 108,00

SUB-TOTAL:

1) Leia a anedota a seguir para responder à questão abaixo:

Quem diz o que quer...

O capataz dizia para os novos operários:

- Meu nome é Pedro. Pedro quer dizer pedra. Posso, se for preciso, cair em cima de vocês como uma pedra. Posso ser quente como pedra de vulcão ou frio como pedra de gelo. Posso até ser pedra no sapato. Vai depender se vocês. Quero o nome de todos. Você aí, qual o seu nome?
- Lasca Pedra.

Capataz é o chefe de um grupo de trabalhadores braçais. Considere essa informação e a forma como Pedro se apresentou e responda: Que sentimento o capataz pretendeu provocar nos operários?

- a) euforia
 - b) medo
 - c) confiança
 - d) desconfiança
- 2) Em que conjunto **a letra x** representa o mesmo fonema?
- a) tóxico - taxativo
 - b) enxame - inexaurível
 - c) intoxicado - exceto
 - d) têxtil - êxtase
- 3) Devem ser acentuadas todas as palavras da opção:

- a) taxi - juri - gas
- b) ritmo - amor - lapis
- c) chines - ruim - jovem
- d) juriti - gratis - traz
- e) açúcar - abacaxi – moléstia

4) Aponte o único conjunto no qual há erro da divisão silábica:

- a) flui-do, sa-guão, dig-no
- b) cir-cuns-cre-ver, trans-cen-den-tal, trans-pa-ren-te
- c) con-vic-ção, subma-ri-no, rit-mo
- d) ins-tru-ir, an-te-pas-sa-do, se-cre-ta-ri-a
- e) co-o-pe-rar, dis-tân-cia, bi-sa-vô

5) Para as frases abaixo marque se os pronomes destacados são pessoais reto ou possessivos:

- a) Fiquei muito feliz com **seu** convite () pessoal reto () possessivo
- b) Mas **eu** de medicina não entendo nada () pessoal reto () possessivo
- c) Então **minha** vida está por um fio! () pessoal reto () possessivo
- d) Se **ele** dizia que ia viver [...] () pessoal reto () possessivo

6) Preencha as lacunas, usando **a letra h** nas palavras que devem ser grafadas com essa letra:

- a) ___oje e) ___erva
- b) ___iato f) ___úmido
- c) ___ontem g) ___umano
- d) ___istória h) ___igiene

7) Complete as frases abaixo com o passado ou futuro dos verbos em destaque:

- a) De madrugada, elas **comer** _____ tudo o que estava na geladeira.
- b) No próximo dia 13, elas **trair** _____ o jornal que pedimos.
- c) Domingo que vem minhas amigas **far** _____ uma surpresa para o Miau.
- d) As pessoas ainda **esper** _____ muito umas das outras.
- e) Estava um tempo chuvoso. Por isso, todos **resolver** _____ ficar em casa.

8) Leia as tiras abaixo e, depois, responda às questões.



(Folha de S. Paulo, 1º/6/2003.)

Identifique um substantivo composto.

R. _____



(Fernando Gonsales. Niquel Náusea — Nem tudo que balança cai!, cit., p. 20.)

Identifique, no 2º quadrinho, três substantivos masculinos.

R. _____, _____, _____.

9) Crie substantivos a partir dos verbos abaixo:

a) pretender _____

b) distender _____

c) ascender- _____

d) suspender _____

e) repreender _____

SUB-TOTAL :

TOTAL⁸:

ANEXO 5

QUESTIONÁRIO DE SAÚDE E BEM-ESTAR

Nome da criança: _____	Data de nascimento da criança: ____/____/____
Telefone para contato: _____	Data: ____/____/____
_____	Escola: _____

Obs: Esse questionário deve ser preenchido preferencialmente pela mãe ou pelo responsável que permanece mais tempo com a criança.

Nome do respondente: _____	Idade: _____
<u>Grau de parentesco do respondente:</u>	
<input type="checkbox"/> Mãe <input type="checkbox"/> Pai <input type="checkbox"/> Mãe adotiva / madrastra <input type="checkbox"/> Pai adotivo / padrasto <input type="checkbox"/> Avó	
<input type="checkbox"/> Avô <input type="checkbox"/> Outro _____	
<u>Grau de parentesco do adulto que permanece mais tempo com a criança diariamente</u>	
<input type="checkbox"/> Mãe <input type="checkbox"/> Pai <input type="checkbox"/> Mãe adotiva / madrastra <input type="checkbox"/> Pai adotivo / padrasto <input type="checkbox"/> Avó	
<input type="checkbox"/> Avô <input type="checkbox"/> Outro _____	

1. Esse questionário objetiva conhecer mais sobre a saúde e bem-estar do seu filho (a). **É MUITO IMPORTANTE QUE VOCE RESPONDA A TODAS AS PERGUNTAS. ESSES DADOS SERAO UTEIS NA ELABORACAO DE PROGRAMAS DE MELHORAMENTO DO DESEMPENHO ESCOLAR.** As respostas dadas serão confidenciais.

2. Responda às questões assinalando a resposta que mais se assemelha ao que acontece com seu filho (a). Não há respostas certas ou erradas.

3. As questões se encontram a seguir:

1. Qual é o nível de instrução do provedor da família?

⁸ O total representa a somatória do sub-total em matemática com o sub-total em português.

1. () Ensino Primário (até 4º série)
2. () Ensino Fundamental (entre 5º e 8º série)
3. () Ensino Médio Incompleto
4. () Ensino Médio Completo
5. () Universidade Incompleta
6. () Universidade Completa
7. () Pós-Graduação

2. Idade dos pais na época do nascimento:

Mãe: _____

Pai: _____

3. Marque, abaixo, doenças diagnosticadas na família e indique o membro que sofre dela:

- () Retardo Mental
Parentesco com criança: _____
- () Epilepsia
Parentesco com criança: _____
- () Esquizofrenia
Parentesco com a criança: _____
- () Transtorno Bipolar
Parentesco com a criança: _____
- () Transtorno do Déficit de Atenção/Hiperatividade (TDAH)
Parentesco com a criança: _____
- () Austimo/Síndrome de Asperger
Parentesco com a criança: _____
- () Alcoolismo
Parentesco com a criança: _____
- () Depressão/Ansiedade
Parentesco com a criança: _____
- () Transtorno Obsessivo-Compulsivo (TOC)
Parentesco com a criança: _____

4. Um profissional de saúde já disse a você que seu filho tem alguma das seguintes condições:

- a. ansiedade/depressão () sim () não
- b. transtornos de aprendizagem () sim () não
- c. dificuldades atencionais () sim () não
- d. problemas de comportamento () sim () não
- e. alergias crônicas ou sinusite () sim () não
- f. problemas ortopédicos crônicos () sim () não
- g. deficiência mental () sim () não
- h. epilepsia () sim () não
- i. surdez ou prejuízos na audição () sim () não
- j. problemas na fala () sim () não
- k. cegueira parcial/total ou problemas de visão
() sim () não
- l. outros. Quais: _____

5. A criança faz uso de alguma medicação?

() sim () não Quais: _____

Por quanto tempo? _____

ANEXO 6

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – Eletroencefalograma

Prezado Senhor(a),

Este é um convite para a participação voluntária na pesquisa intitulada “*Treinamento da capacidade cognitiva fluida e cristalizada de escolares de diferentes níveis intelectuais – Evidências psicométricas e eletrofisiológicas*”, desenvolvida pela doutoranda do programa de pós-graduação em Neurociências da UFMG, Marcela Mansur Alves, e supervisionada pela profa. Dra. Carmen Flores-Mendoza. Uma das etapas dessa pesquisa, que visa avaliar a efetividade de um programa de melhoramento intelectual e de reforço escolar de crianças na faixa etária dos nove a dez anos de idade, consiste na participação das crianças em sessões de medição dos sinais eletroencefalográficos (EEG) em dois momentos distintos – um no início do estudo e outro no final do estudo. **O intuito dessa avaliação é saber que áreas cerebrais se ativam no bom aprendizado, para tanto utilizaremos o EEG.** A avaliação eletroencefalográfica se dá através da colocação de eletrodos no couro cabeludo durante a execução de uma dada atividade, como por exemplo, um jogo. Essa técnica é utilizada no mundo inteiro, por profissionais de saúde, para saber como o cérebro está funcionando em um dado momento. O EEG, como é conhecido, é bastante utilizado por ser uma técnica não invasiva, ou seja, não causa nenhum tipo de dano a pessoa que está sendo avaliada. O senhor não somente poderá acompanhar sua criança ao local onde as coletas acontecerão como também é desejável que o faça para se assegurar da total segurança da técnica. **Salientamos que caso avaliação de EEG de seu filho (a) apresente padrões de atividade cerebral não-esperados para a idade, esses resultados serão fornecidos ao Sr. por meio de um relatório. Quaisquer dúvidas referentes a esse projeto entre em contato pelos telefones abaixo.**

Nos termos da Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde, a pesquisa deve ser livremente consentida, sendo garantido ao senhor(a):

- a) A privacidade quanto aos dados de identificação e resultados obtidos, uma vez que o sigilo sobre as informações apuradas é total durante e após o término da pesquisa. Os resultados obtidos eventualmente divulgados em trabalhos científicos não revelarão sua identidade;
- b) Todas as informações sobre o estudo serão fornecidas pelo pesquisador para que o senhor (a) possa decidir livremente sobre a sua participação na pesquisa;

c) As informações prestadas pelo senhor(a) durante a pesquisa não implicarão em riscos ou benefícios e como a participação é voluntária, não haverá nenhum compromisso financeiro com a equipe da UFMG;

d) A liberdade de recusar a participar da pesquisa ou retirar o consentimento, a qualquer momento.

Quaisquer dúvidas ou pedido de informação a respeito do projeto, elas serão imediatamente atendidas pela professora Carmen Flores-Mendoza

Agradecemos a sua atenção.

Profa. Dra. Carmen Flores-Mendoza
Departamento de Psicologia/UFMG

Ps. Marcela Mansur Alves
Doutoranda

Telefone Comitê Ética e Pesquisa da UFMG: 3409-4592 - Av. Antônio Carlos 6627, Unidade Administrativa II/ 2º andar - Sala 2005, Campus Pampulha, Belo Horizonte.

² Telefone Professora Carmen Flores-Mendoza: 34096277 ou 6275 ou ainda 99694333- Av. Antônio Carlos 6627, FAFICH, Sl. 4046.

AUTORIZAÇÃO

Em vista dos esclarecimentos prestados, manifesto a minha concordância em participar voluntariamente do estudo respondendo às perguntas necessárias e consentindo a participação de meu(a) filho(a), _____
(nome da criança), nas sessões de avaliação eletroencefalográfica, a serem desenvolvidas pela pesquisa “*Treinamento da capacidade cognitiva fluida e cristalizada de escolares de diferentes níveis intelectuais – Evidências psicométricas e eletrofisiológicas*””

Por ser verdade, _____ (Assinatura
do responsável legal)

Telefone de contato: _____

Belo Horizonte, _____ de _____ de 2011.