

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS - UFMG
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - ICB
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM NEUROCIÊNCIAS

JULIANA DOS SANTOS LOPES APOLINÁRIO

EFICIÊNCIA CEREBRAL E VELOCIDADE DE PROCESSAMENTO DE ALUNOS
DO ENSINO BÁSICO EM BELO HORIZONTE

Belo Horizonte – Minas Gerais

Abril de 2018

JULIANA DOS SANTOS LOPES APOLINÁRIO

EFICIÊNCIA CEREBRAL E VELOCIDADE DE PROCESSAMENTO DE ALUNOS
DO ENSINO BÁSICO EM BELO HORIZONTE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Neurociências do Instituto de Ciência Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito à obtenção do título de Mestre em Neurociências.

Área de Concentração: Neurociências Básicas

Orientadora: Prof^ª Dr^ª Carmen Elvira Flores-Mendoza Prado

Belo Horizonte – Minas Gerais

Abril de 2018

043

Apolinário, Juliana dos Santos Lopes.

Eficiência cerebral e velocidade de processamento de alunos do ensino básico em Belo Horizonte [manuscrito] / Juliana dos Santos Lopes Apolinário. - 2018.

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

Orientadora: Profa Dra Carmen Elvira Flores Mendoza Prado.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológicas.

1. Neurociências. 2. Inteligência. 3. Cognição. 4. Desempenho de Aprendizagem. 5. Tempo de reação. I. Flores-Mendoza, Carmen. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Biológicas. III. Título.

CDU: 612.8



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NEUROCIÊNCIAS



FOLHA DE APROVAÇÃO

Eficiência Cerebral e Velocidade de Processamento de Alunos do Ensino Básico em Belo Horizonte, Minas Gerais

JULIANA DOS SANTOS LOPES APOLINARIO

Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em NEUROCIÊNCIAS, como requisito para obtenção do grau de Mestre em NEUROCIÊNCIAS, área de concentração NEUROCIÊNCIAS BÁSICAS.

Aprovada em 27 de abril de 2018, pela banca constituída pelos membros:

Prof(a). Carmen Elvira Flores Mendonça Prado - Orientador
UFMG

Prof(a). Amadeu Roselli Cruz
UFMG - ICB - Programa de Pós-Graduação em Neurociê

Prof(a). Eni Ribeiro da Silva
Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

Belo Horizonte, 27 de abril de 2018.

Agradecimentos

Veio de Deus ...um caminho traçado, a coragem de dar o primeiro passo, a força maior que habita em mim e que me reveste de garra, determinação e fé, a quem agradeço... Primeiramente.

À professora Carmen, que pela sua exigência me fez crescer e seu enorme conhecimento me motiva buscar sempre por um aprendizado sólido e eficiente.

Aos membros da banca, que se dispuseram a contribuir com o conhecimento e o tempo necessários para acrescentar considerações importantes à versão final.

Aos meus pais, Adelina e Júlio César, que sempre acreditaram no poder transformador dos estudos e em mim depositaram todo amparo, carinho e amor de que precisava.

Ao meu esposo Eustáquio Apolinário, exemplo de determinação e persistência, pelo apoio constante e por todas as vezes que me reergueu após inúmeros tropeços e quedas.

À minha família, de forma especial, minha irmã Ana Carolina, minhas sobrinhas Ana Júlia, Maria Luíza e minha tia Maria das Graças, pela confiança e apoio.

Aos amigos, Olavo, Flávia, Geraldo, Aparecida, Sandra e Heather, que foram imprescindíveis para a execução desse trabalho e à grande amiga Gisele Brandão por sempre me mostrar a parte verdadeira das coisas sempre com muita doçura, sabedoria e gentileza.

A todos os alunos e funcionários do Instituto de Educação de Minas Gerais pelo carinho e dedicação sempre demonstrados.

À equipe do LADI-UFMG com a qual vivenciei muitos momentos importantes durante esse percurso, em especial à Gabriela por seu empenho na aplicação dos testes psicológicos. Enfim, minha eterna gratidão a todos que estiveram comigo nessa trajetória.

Resumo

A eficiência cerebral prediz diferenças individuais no desempenho cognitivo, podendo ser determinada pela atividade neuronal e consequente consumo energético do cérebro durante a realização de tarefas. Um dos importantes parâmetros de medida dessa eficiência é a velocidade de processamento, componente básico no estudo das diferenças individuais na inteligência. Considerando-se a realização de tarefas cognitivas simples, indivíduos mais rápidos apresentam menor ativação neuronal e, portanto, melhor eficiência cerebral. Dessa forma, é possível estabelecer uma relação positiva entre a velocidade com que as tarefas cognitivas simples são executadas e inteligência. O objetivo principal desse trabalho foi verificar a ocorrência de uma melhor eficiência cerebral em crianças brasileiras, em dois períodos distintos, através de medidas de tempo de reação. Para tanto, os dados obtidos em um estudo anterior, realizado em 2005 pelo Laboratório de Avaliação das Diferenças Individuais – LADI/UFMG, foram utilizados para efeito de comparação com o desempenho de crianças escolares em 2017/2018. A fim de emparelhar a amostra atual com a de 2005, testou-se 198 alunos com idade entre dez e quinze anos, matriculados na rede básica de ensino de Belo Horizonte, com o Teste das Matrizes Progressivas de Raven – Escala Geral. A amostra finalmente comparada foi constituída de 48 crianças avaliadas em 2005 e 48 crianças avaliadas em 2017/2018. A medida de Tempo de Reação foi obtida pela execução de uma tarefa de Discriminação Perceptual Informatizada. Os sujeitos também foram submetidos à uma Avaliação de Comportamentos Disruptivos Externalizantes através da Escala de Déficit de Atenção e Hiperatividade, a mesma medida utilizada em 2005. Pese ao esforço de emparelhamento em idade e nível socioeconômico, as variáveis sexo e hiperatividade tiveram maior influência sobre a amostra de 2017 do que sobre a amostra de 2005. Os resultados finais indicaram que as amostras não diferiram significativamente no desempenho cognitivo ao longo de 12 anos de intervalo. De forma semelhante, não houve diferenças estatisticamente significativas entre as amostras nos tempos gastos para tomada de decisão. Isto provavelmente se deve à correlação significativa entre tempo de reação e desempenho cognitivo (-0,33 em 2005 e -0,38 em 2017/2018). Conclui-se haver uma relação íntima entre desempenho cognitivo e velocidade de processamento, assim como há a necessidade de se controlar aspectos comportamentais das amostras em estudos que pretendam identificar ganhos cognitivos ao longo do tempo.

Palavras-chave: Eficiência Cerebral; Desempenho Cognitivo; Inteligência; Velocidade de Processamento.

Abstract

Brain efficiency predicts individual differences in cognitive performance, which can be determined by neuronal activity and consequent brain energy consumption during tasks. One of the important parameters of measurement of this efficiency is the processing speed, a basic component in the study of the individual differences of intelligence. Considering the accomplishment of simple cognitive tasks, faster individuals present less neuronal activation and, therefore, better brain efficiency. In this way, it is possible to establish a positive relation between the speed at which simple cognitive tasks are performed and intelligence. The main objective of this study was to verify the occurrence of a better cerebral efficiency in Brazilian children, at two different periods, through measures of reaction time. Therefore, the data obtained in an earlier study, carried out in 2005 by the Laboratory for Evaluation of Individual Differences - LADI / UFMG, were used to compare the performance of schoolchildren in 2017/2018. In order to match the current sample with that of 2005, 198 students aged between 10 and 15 years, enrolled in the public education system of Belo Horizonte, were tested with the Raven's Progressive Matrices Test - General Scale. The sample finally compared was composed of 48 children evaluated in 2005 and 48 children evaluated in 2017/2018. Reaction Time measurement was obtained by performing a Computerized Perceptual Discrimination task. Subjects also underwent an Out-of-Network Disruptive Behavior Assessment using the Attention Deficit and Hyperactivity Disorder Scale, the same measure used in 2005. Despite the matching effort in age and socioeconomic level, the gender and hyperactivity genders had a greater influence on the sample than in the 2005 sample. The final results indicated that the samples did not differ significantly in cognitive performance over a 12-year interval. Similarly, there were no statistically significant differences between the samples at the time spent for decision-making. This is probably due to the significant correlation between reaction time and cognitive performance (-0.33 in 2005 and -0.38 in 2017/2018). We conclude that there is an intimate relationship between cognitive performance and processing speed, as there is a need to control behavioral aspects of the samples in studies that intend to identify cognitive gains over time.

Keyword: Cerebral Efficiency; Cognitive Performance; Intelligence; Processing Speed

Lista de Figuras

Figura 1 - Curva de distribuição normal do Quociente de Inteligência - QI.....	25
Figura 2 - Lei de Hick - Tempo de Reação em Função de Bits de Informação	49
Figura 3 - Dispositivo utilizado para Medição do Tempo de Reação Simples	51
Figura 4 - Tempo de Reação e Tempo de Movimento em função de Bits de informação	52
Figura 5 - A) Tarefa de Discriminação Perceptual. B) Janela de Treino e Visualização dos Estímulos apresentados na Tarefa de Discriminação Perceptual	77
Figura 6 - Variáveis preditoras estandardizadas versus pontuação no Teste Raven para a amostra de 2005.....	88
Figura 7 - Variáveis preditoras estandardizadas versus pontuação Raven para a amostra de 2017	89

Lista de Tabelas

Tabela 1- Perfil sócio educacional das amostras comparadas	75
Tabela 2 - Caracterização da amostra durante a primeira fase do estudo.....	80
Tabela 3 - Caracterização da amostra durante a segunda fase do estudo	81
Tabela 4 - Caracterização da amostra durante a terceira fase do estudo	82
Tabela 5 - Desempenho médio no teste SPM das amostras de 2005 e 2017.....	84
Tabela 6 - Desempenho comportamental das amostras 2005 e 2017.....	85
Tabela 7 - Correlações entre dimensões comportamentais e desempenho cognitivo em cada amostra	86
Tabela 8 - Estatísticas descritivas dos parâmetros de eficiência cerebral (velocidade de processamento e precisão) apresentada pelos grupos de comparação.....	87
Tabela 9 - Correlação de Pearson entre parâmetros de eficiência cerebral (velocidade de processamento e precisão) e o desempenho intelectual em cada grupo de comparação.	87

Lista de Abreviaturas e Siglas

ABEP: Associação Brasileira de Empresas de Mercado

APM: Matrizes Progressivas Avançadas de Raven

APOE: *Apolipoprotein E*

BA: Área de Brodmann

BDNF: *Brain-derived neurotrophic factor*

CAAE: Certificado de Apresentação para Apreciação Ética

CCEB: Critério de Classificação Econômica Brasil

COEP: Comitê de Ética em Pesquisas.

CP/UFMG: Centro Pedagógico da Universidade Federal de Minas Gerais

CPM: Matrizes Progressivas Coloridas de Raven

DAT1: Gene Transportador de Dopamina

DFH: Desenho da Figura Humana

DRD4: Receptor de Dopamina - D4

DSM-IV: *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders – Version IV*

DTI: Imagem por tensor de difusão

ECPs: Processos Cognitivos Elementares

ECTs: Tarefas Cognitivas Elementares

FA: Anisotropia Fracionada

FAFICH: Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas.

Fator *g*: Fator de inteligência geral.

Fator *s*: Fator de inteligência específico.

fMRI: Imagem por Ressonância Magnética Funcional

FSIQ: *Wechsler Adult Intelligence Scale Full Scale IQ*

Gc: Inteligência cristalizada.

Gf: Inteligência fluida.

GM: Substância Cinzenta

h^2 : Índice de Herdabilidade

IC: Idade Cronológica

IEMG: Instituto de Educação de Minas Gerais

IM: Idade Mental

ISIR: Sociedade Internacional de Pesquisa de Inteligência

ISSID: Sociedade Internacional para o Estudo das Diferenças Individuais

IT: Tempo de Inspeção

K:M: Fator Perceptivo-Mecânico

LADI: Laboratório de Avaliação das Diferenças Individuais.

LTM: Memória de longo Prazo

MT: Tempo de Movimento

NSE: Nível Socioeconômico

PET: Tomografia por Emissão de Póstron

P-FIT: Teoria da Integração Parieto-Frontal da Inteligência

PMA: aptidões mentais primárias

QI: Quociente de Inteligência.

RT: Tempo de Reação

SPM: Matrizes Progressivas Gerais de Raven

SPSS: *Statistical Package for the Social Sciences*

STM: Memória de longo Prazo

TALE: Termo de Assentimento Livre e Esclarecido

TCLE: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TDAH: Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade

TNF-alfa: *Tumor necrosis factor alfa*

UFMG: Universidade Federal DE Minas Gerais

V:ED: Fator Verbal-Educativo

VBM: Morfometria Baseada em Voxel

WAIS-III: *Wechsler Adult Intelligence Scale-III*

WM: Memória de Trabalho

WM: Substância Branca

SUMÁRIO

1	Apresentação	13
2	Referencial Teórico	17
2.1	Eficiência cerebral	17
2.2	Inteligência humana e eficiência cerebral	19
2.2.1	Abordagem psicométrica e Quociente de Inteligência (QI)	23
2.2.2	Aspectos neurobiológicos da inteligência	26
2.2.3	Diferenças individuais e eficiência cerebral	29
2.3	Processamento cognitivo básico	36
2.3.1	Velocidade de processamento e inteligência	39
2.3.2	Tempo de reação, tempo de movimento e capacidade cognitiva	47
2.3.3	Fatores que interferem na velocidade de processamento	55
2.3.4	Comportamentos disruptivos externalizantes e desempenho cognitivo	63
2.4	Aumento cognitivo ao longo do tempo	67
3	Objetivos	73
3.1	Objetivo geral	73
3.2	Objetivos específicos	73
4	Método	74
4.1	Participantes	74
4.2	Instrumentos	75
4.3	Procedimentos	79
5	Resultados	84
6	Discussão	90
7	Conclusão	94
	Referências	97
	Apêndice A – - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)	123
	Apêndice B - Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE)	124
	Apêndice C - Termo de Autorização	125
	Apêndice D - Questionário Socioeconômico (QSE)	126
	Anexo I –Termo de Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisas	131

1 Apresentação

Desde a sua criação, a psicologia experimental procurou explicar as diferenças individuais no desempenho humano. Algumas pesquisas de neuroimagem, envolvendo paradigmas comportamentais complexos, demonstram que indivíduos com desempenho mais rápido apresentam maior atividade cerebral que os mais lentos. Outras indicam que indivíduos com desempenho mais rápido mostram menor atividade neural do que os de performance lenta. Alguns resultados sugerem que um determinante crítico das diferenças no desempenho é a eficiência das interações entre as regiões do cérebro e que indivíduos mais lentos podem exigir mais controle executivo pré-frontal do que indivíduos mais rápidos para se realizar a mesma tarefa com sucesso (Rypma, Berger, Prabhakaran, Bly, Kimberg, Biswal, & D'Esposito, 2006).

Uma das propostas é que os indivíduos diferem na eficiência com que realizam as operações cognitivas fundamentais. As teorias de eficiência cognitiva sugerem que, quando as operações cognitivas podem ser realizadas rapidamente, a alocação de recursos pode ser minimizada e o desempenho maximizado. A evidência comportamental para explicar as diferenças na eficiência de desempenho entre os indivíduos depende das medidas de velocidade de processamento, a partir da realização de tarefas cognitivas relativamente simples que medem o tempo necessário para executar operações cognitivas elementares. (Vernon, 1983).

As neurociências começam a contribuir para o entendimento das bases biológicas das diferenças individuais na inteligência. Os estudos de atividade cerebral têm demonstrado haver relação entre a estrutura e o funcionamento do cérebro e o processamento da informação, tempos de reação e de inspeção, velocidade da condução neuronal, potenciais evocados e metabolismo da glicose no cérebro durante a realização de tarefas (Miranda, 2002).

Cada vez mais presente no contexto científico da última década, a neurociência cognitiva busca abordar questões neurofisiológicas e comportamentais, preenchendo a grande lacuna existente entre a função cerebral e as atividades mentais. O advento das modernas técnicas de neuroimagem, incluindo a magnetoencefalografia, tomografia por emissão de positron e ressonância magnética funcional revolucionou este campo de pesquisa.

A Inteligência, sendo um construto biológico, também assume posições sociais e culturais relevantes para o desenvolvimento do indivíduo e sua melhor adaptação com o meio que o cerca. Sendo assim, podemos defini-la como a habilidade para lidar com a complexidade (Gottfredson, 1997a), para aprender (Carroll, 1997) e para evitar cometer erros cognitivos comuns (Gordon, 1997). Somente a partir do final do século XIX, o estudo da inteligência apresentou um caráter quantitativo e mensurável, por meio dos testes psicológicos, tendo como instrumento de interpretação os métodos de análise estatística.

A partir das correlações estabelecidas entre os escores de vários testes cognitivos obtém-se um fator comum, o qual foi descrito primeiramente por Spearman (1904) como fator de inteligência geral ou simplesmente “fator *g*.” Ele é o responsável pela capacidade cognitiva do indivíduo sendo definido por Arthur Jensen como sendo a variância compartilhada dos diversos testes cognitivos (Jensen, 1998a).

Diferenças individuais no desempenho dos vários domínios analisados nos testes psicométricos, como raciocínio, habilidade matemática, velocidade de processamento e tempo de reação, memória e habilidade espacial podem ser percebidas como diferenças em “*g*” (Flores-Mendoza *et al.*, 2006).

A tecnologia de imagem cerebral pode ser o desenvolvimento mais importante na pesquisa de inteligência nos últimos 40 anos. Através da ressonância magnética, é possível medir a estrutura do cérebro e acompanhar as mudanças relacionadas à atividade cerebral durante a realização de testes cognitivos. Entre outros achados, exames de ressonância magnética sugerem que homens e mulheres podem apresentar diferentes áreas do cérebro relacionadas ao fator *g* (Haier, 2014).

Considerando que o sucesso no desempenho em testes de inteligência requer o estabelecimento de uma rede distribuída em grande escala através de uma seleção de células nervosas 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. Por essa mesma análise, pode-se considerar que indivíduos menos inteligentes podem ser caracterizados por uma dinâmica neural mais difusa e caótica durante o desempenho das mesmas tarefas cognitivas (Lee, Wu, Yu, Wu & Chen, 2012).

Nosso cérebro é uma rede complexa de regiões interconectadas onde a informação é constantemente processada e integrada. Essa integração é um processo contínuo que nos permite avaliar o mundo ao nosso redor e responder de maneira rápida e flexível a

situações complexas. Estudos recentes mostram que as conexões funcionais da rede cerebral estão organizadas de uma maneira altamente eficiente, sugerindo um alto nível de agrupamento celular responsável pelo processamento eficiente de informações locais, juntamente com a existência de várias conexões de longa distância que garantem um alto nível de eficiência estabelecendo uma comunicação global e integrando a informação entre as diferentes regiões do cérebro (Heuvel, Stam, Kahn & Pol, 2009).

Uma organização tão eficiente levanta a questão de uma possível relação entre quão eficientemente as conexões funcionais do cérebro são localizadas e as diferenças individuais na inteligência. Estudos de neuroimagem ligaram a inteligência à regiões específicas do cérebro (Shaw *et al.*, 2006), volume cerebral total e estrutura cerebral focal, (Thompson *et al.*, 2001; Haier, Jung, Yeo, Head & Alkire, 2004; Colom, Jung & Haier, 2006; Pol *et al.*, 2006; Choi *et al.*, 2008) organização micro estrutural da substância branca (Chiang *et al.*, 2009), e a dinâmica funcional de regiões cerebrais cognitivas específicas (Duncan *et al.*, 2000; Gray, Chabris & Braver, 2003; Choi *et al.*, 2008; Song *et al.*, 2008).

Também as diferenças individuais podem ser registradas no tempo de reação das pessoas, avaliado pela solicitação de uma resposta à apresentação de um estímulo. Sabe-se que pessoas mais inteligentes apresentam menores tempos de reação (Jensen, 1998b).

O tempo de reação ou a velocidade de processamento da informação constitui um componente básico no estudo das diferenças individuais na inteligência (Fink & Neubauer, 2001, 2005 *apud* Ribeiro & Almeida, 2005) sendo possível estabelecer uma relação positiva entre a velocidade com que as tarefas cognitivas simples são executadas e inteligência. Os resultados das investigações têm mostrado a existência de correlações negativas e estatisticamente significantes entre os parâmetros derivados das tarefas simples de tempo de reação e os valores obtidos nos testes de inteligência geral (Jensen, 1979; Jensen & Munro, 1979; Deary, Der & Ford, 2001 *apud* Ribeiro & Almeida, 2005).

Ao longo do tempo parece haver um aumento de escores de QI observados nos testes de inteligência, fenômeno conhecido como Efeito Flynn, têm sido observado em diversos países do mundo, como Estados Unidos, Holanda, Noruega (Flynn, 1987), Espanha (Colom, Andrés-Pueyo & Juan-Espinosa, 1998). Se tais ganhos refletirem ganhos genuínos de inteligência, presume-se uma melhor eficiência cerebral.

Nesse sentido, este estudo se mostra relevante, pois verifica a possibilidade de ocorrência de uma melhor eficiência cerebral em crianças brasileiras a partir de medidas de tempo de reação e velocidade de processamento.

Inicialmente será apresentado um referencial teórico a fim de esclarecer alguns conceitos e retratar os principais estudos sobre os temas de interesse.

O primeiro tópico aborda a eficiência cerebral e os estudos funcionais com suas principais técnicas de imagem, avanços que trouxeram contribuições valiosas para a neurofisiologia cerebral.

O segundo tópico procura retratar a relação entre eficiência cerebral e inteligência, iniciando com a definição desse construto, passando por sua abordagem psicométrica, seus aspectos neurobiológicos e termina retratando como a eficiência cerebral se comporta frente às diferenças individuais na inteligência.

Os parâmetros envolvidos no processamento cognitivo básico, com destaque para velocidade de processamento da informação e tempo de reação como medidas de caracterização de eficiência cerebral, integra o terceiro tópico.

Por fim, será abordado o aumento cognitivo ao longo do tempo com ênfase no efeito *Flynn* e suas diferenças entre grupos, a representação dos ganhos globais de QI e o declínio nos escores observados em alguns países.

Posteriormente, serão apresentados os objetivos do presente estudo que, de maneira geral, busca verificar a eficiência cerebral de um grupo de alunos da rede básica de ensino em Belo Horizonte, Minas Gerais, a partir da comparação dos resultados encontrados em 2018 com outros obtidos em um estudo anterior realizado em 2005 pelo Laboratório de Avaliação das Diferenças Individuais da Universidade Federal de Minas Gerais – LADI/UFMG.

A fim de esclarecer como a abordagem prática da pesquisa foi feita, serão descritos, no método, as características da amostra do estudo realizado anteriormente em 2005 que apresentam relação direta com o trabalho presente e o perfil amostral dessa pesquisa, como os parâmetros para sua escolha e caracterização, os instrumentos utilizados e os procedimentos adotados.

Finalmente, serão apresentados os resultados através de gráficos e tabelas visando uma interpretação clara e objetiva dos escores obtidos e suas possíveis correlações, seguido por uma discussão sobre os dados e as conclusões que o presente estudo possibilitou.

2 Referencial Teórico

2.1 Eficiência cerebral

A hipótese de eficiência cerebral postula que indivíduos mais inteligentes exibem menor ativação no cérebro durante tarefas cognitivas, conforme medido pela taxa metabólica de glicose. Essa eficiência pode ser entendida como sinônimo de melhor funcionamento do neural e pode resultar do desuso de muitas áreas do cérebro, sendo relevante para o bom desempenho das tarefas, bem como o uso mais focado de áreas específicas relacionadas a determinadas tarefas. (Haier *et al.*, 1988).

A taxa com que o cérebro metaboliza a glicose, durante a realização de atividades cognitivas, é um bom índice de medida do funcionamento cerebral. O cérebro ativo consome energia e, com isso, sua taxa de consumo e metabolismo despendida durante vários tipos de atividade cerebral podem servir como indicadores do grau de eficiência neural, em diferentes regiões. Em geral, o termo **eficiência** é usado para descrever situações em que o desempenho parece ser semelhante, mas a ativação é maior para um grupo, que é considerado "menos eficiente" (Poldrack, 2015).

Esta taxa metabólica de glicose cerebral pode ser mensurada por uma técnica que consiste em injetar um isótopo radioativo de glicose, por aproximadamente meia hora, na corrente sanguínea de uma pessoa em atividade mental, durante a qual a glicose radioativa é metabolizada pelo cérebro. O isótopo atua como um traçador radioativo da atividade neural cerebral. Imediatamente após este período, os raios gama (γ) emitidos pelo isótopo, a partir das células nervosas no córtex cerebral, podem ser detectados e registrados por meio de uma técnica de imageamento cerebral denominada de Tomografia por Emissão de Pósitron (PET). (Haier, Siegel, Tang, Abel, & Buchsbaum, 1992).

Uma série de investigações em indivíduos normais indicam uma relação inversa entre a taxa metabólica de glicose cerebral e medidas psicométricas de inteligência. Esses estudos têm sido interpretados como um modelo de inteligência cerebral onde a inteligência não é uma função de o quão difícil o cérebro funciona, mas sim uma função de o quanto eficiente ele realiza suas funções. (Burgaleta *et al.*, 2012).

Um estudo realizado por Haier *et al.* (1988) mediu a taxa de metabolismo da glicose nos cérebros de oito voluntários normais enquanto eles realizavam as Matrizes Progressivas Avançadas do Raven. Eles obtiveram correlações negativas entre

inteligência e taxas metabólicas absolutas variando de 0,48 a 0,84, conforme medido por exames de PET, indicando que indivíduos mais inteligentes eram processadores mais eficazes de informação, pois usam menos energia (Haier *et al.*, 1988).

Grabner, Fink, Stipacek, Neuper e Neubauer (2004) também avaliaram taxa de metabolismo de glicose em áreas do cérebro e mostraram uma correlação negativa ($-0.44 \approx -0.84$) entre consumo de glicose e inteligência, sugerindo que indivíduos mais inteligentes apresentam baixo nível de metabolismo de glicose ou baixo nível de ativação neural (Grabner *et al.*, 2004).

O "orçamento" de energia para a sinalização neuronal no córtex cerebral (camada mais externa do cérebro, sendo rico em neurônios e local de processamento neuronal mais sofisticado) envolve os seguintes eventos a nível cerebral: **potenciais de ação (21%)**, responsáveis pelo transporte de informações entre os tecidos e causados pela despolarização da membrana das células nervosas, **processos sinápticos (59%)**, responsáveis pela transmissão e processamento de informações através de uma célula nervosa e as demais células do organismo e os **potenciais de repouso (20%)**, caracterizados pela ausência de despolarização da membrana e determinados pela concentração de íons nos fluidos intra e extracelular (Howarth, Gleeson & Attwell, 2012).

Esses dados sugerem que qualquer alteração na estrutura neuronal poderia potencialmente resultar em mudanças no uso de energia porém, o tempo de tais mudanças parece desconhecido. A quantidade total de energia consumida depende não apenas dos neurônios individualmente, mas também de como eles estão conectados entre si. Em particular, parece que as redes cerebrais estão organizadas de forma a abordar a máxima relação custo-eficácia possível, embora haja uma estrutura topológica complexa que maximize a complexidade e minimize os custos de transmissão (Bassett *et al.*, 2010).

2.2 Inteligência humana e eficiência cerebral

O estudo da inteligência humana é uma antiga tradição de pesquisa, iniciando há mais de um século. Spearman (1904) propôs que um fator de habilidade geral (g) determina o desempenho em uma variedade de atividades cognitivas, incluindo percepção, atenção, memória, linguagem e pensamento (Carroll, 1993; Cattell, 1971).

A inteligência pode ser definida como a habilidade de raciocinar, resolver problemas, planejar, pensar de forma abstrata, compreender ideias complexas, aprender rapidamente e aprender com a experiência. Não pode ser considerada apenas como uma habilidade acadêmica ou apenas como a habilidade para resolver testes. Ela reflete a mais ampla e mais profunda capacidade para compreender o ambiente, garantindo a atualização do indivíduo e o planejamento frente às tomadas de decisões (Gottfredson, 1997) entretanto, em termos gerais, a inteligência pode ser definida com base nas habilidades cognitivas, mentais e no valor do QI sendo, portanto, uma característica quantitativa (Deary, Johnson & Houlian, 2009).

A inteligência é bastante estável ao longo dos anos e se relaciona com um grande número de fenômenos sociais pois constitui um atributo humano de primeira magnitude sendo, provavelmente o mais importante deles (Colom, García, Juan-Espinosa & Abad, 2002). O uso amplo do termo inteligência se refere a traços cognitivos como a acuidade mental ou seja, capacidade de fornecer soluções imediatas a problemas que não demandaram aprendizagem prévia e ao desenvolvimento de hábitos mentais como o uso da lógica e do abstrato para construção do pensamento e atividades solucionadoras de problemas (Flynn, 2009).

Historicamente, o interesse pelos estudos sobre inteligência surgiu a partir dos gregos como atributo de superioridade humana que o distinguia dos demais seres vivos inferiores. Somente a partir do século XIX, o estudo da inteligência começou a apresentar um caráter quantitativo e mensurável tendo como instrumento de interpretação os métodos de análise estatística (Pinheiro, 1996).

Charles E. Spearman traçou um modelo para explicar a inteligência com base em dois componentes: um geral (*general* “g”), e outro específico (*specific* “s”) (Figura 3). Sua teoria, elaborada no início do Século XX, trouxe a proposta de que todos os testes cognitivos refletiam um fator “g” comum e aqueles fatores incomuns chamados fatores “s” eram devidos às especificidades de cada teste em particular (Flynn, 2009).

Com os estudos de Spearman (1904), o conceito do fator *g*, ou inteligência geral, foi uma importante contribuição sendo considerado o núcleo das aptidões intelectuais. Ele apresenta várias propriedades características sendo universal, com valor preditivo, hereditário, desenvolvendo-se em função do meio educacional e se correlacionando com as etapas do desenvolvimento descritas por Piaget.

Pode ser medido com precisão utilizando qualquer bateria de testes de inteligência. Assim, o rendimento do indivíduo numa tarefa é determinado com base no tamanho das influências que esse rendimento exerce sobre as habilidades e aptidões, calculado através de correlações entre as variáveis do estudo. Os valores de *g* extraídos de diferentes conjuntos de testes mentais fazem diferença e, portanto, diferenças pessoais podem ser caracterizadas. Em diferentes conjuntos de testes, o fator *g* pode ser perfeitamente correlacionado (Johnson, Bouchard, Krueger, McGue & Gottesman, 2004; Johnson, te Nijenhuis & Bouchard, 2008 *apud* Deary, Johnson & Houlihan, 2009).

Thurstone e Thurstone (1941) postula a existência de um determinado número de aptidões primárias independentes entre si, e que explicariam o desempenho intelectual dos sujeitos. Mais tarde, defende que o fator geral é um artefato estatístico que descreve a estrutura da inteligência de uma forma muito pobre e nem sempre observável (Thurstone, 1938)

A análise fatorial como instrumento de medida dos testes de inteligência recebeu a contribuição de L. L. Thurstone (1938) que formulou um novo modelo de inteligência conhecido como modelo das aptidões mentais primárias (*Primary mental abilities- PMA*), isto é, por um conjunto de sete fatores independentes entre si, com ênfase na estrutura básica da inteligência como conjunto de capacidades fortemente relacionadas com as exigências das tarefas. As aptidões primárias identificadas no modelo de Thurstone estão representadas na Tabela 1 e são assim definidas: compreensão verbal, fluência verbal, raciocínio, capacidade numérica, velocidade perceptual, capacidade espacial e memória (Flores-Mendoza *et al.*, 2006).

Mesmo não sendo possível verificar empiricamente a total independência entre os fatores isolados, Thurstone defende que os mesmos reúnem especificidade suficiente para serem concebidos como unidades funcionais independentes, justificando as próprias diferenças individuais num conjunto de testes (Thurstone & Thurstone, 1941).

Vernon (1950) propõe um modelo em que, no topo da hierarquia, emerge o fator *g* de Spearman; no nível seguinte surgem dois fatores de grande grupo (verbal-educativo ou V:ED, e perceptivo-mecânico ou K:M); em seguida, esses fatores subdividem-se em

fatores de pequeno grupo ou secundários (bastante próximos dos fatores de Thurstone); e, finalmente, um conjunto bastante instável de fatores ainda mais específicos. Numa formulação posterior do seu modelo, Vernon (1950) propõe correlações entre fatores, especialmente os relacionados com a educação. As habilidades científicas e técnicas, por exemplo, estariam relacionadas com habilidades espaciais, mecânicas e numéricas (Anastasi, 1990).

O fator geral representado no topo da hierarquia fatorial intervém com correlações apreciáveis, em todos os testes cognitivos. O amplo fator V:ED é, predominantemente, verbal e numérico, e engloba como fatores de grupo menor vários componentes de compreensão verbal e de leitura, vocabulário, fluência verbal e de ideias, ortografia, raciocínio matemático, cálculo e memória. O fator K:M inclui uma série de fatores menores de natureza técnica, mecânica, espacial, perceptual e de habilidade psicomotora (Andrés-Pueyo, 2006).

Esse foi o primeiro modelo de inteligência verdadeiramente hierárquico, abrangendo a maioria dos âmbitos relacionados ao rendimento cognitivo (escolar, ocupacional, sensorial, perceptual e psicológico) e, ao mesmo tempo, respeitando as ideias de inteligência geral de Spearman e de organização hierárquica de Burt (Vernon, 1950 *apud* Andrés-Pueyo, 2006).

Cattell (1941, 1943, 1987) propõe uma segunda teoria hierárquica da inteligência, conhecida pela teoria da inteligência fluida (*Gf* – *fluid intelligence*) e cristalizada (*Gc* – *crystallized intelligence*). O modelo proposto por Raymond B. Cattell, idealizado na década de 1940, propõem a necessidade de diferenciar inteligência fluida (*Gf*) e inteligência cristalizada (*Gc*) (Cattell, 1988). A primeira, reflete a capacidade de adaptação a problemas ou a situações novas, sem necessidade de experiências prévias de aprendizagem ou ajudas. É, essencialmente, uma habilidade de raciocínio básico com alto grau de hereditariedade, sendo dependente da eficiência neuronal. Já a inteligência cristalizada inclui capacidades em que já se cristalizaram aprendizados anteriores (Flores-Mendoza *et al.*, 2006).

A inteligência fluida (*Gf*) está associada a componentes não verbais pouco dependentes da influência cultural. É biologicamente organizada e significa o funcionamento intelectual baseado nas condições orgânicas do indivíduo. A inteligência fluida é prejudicada por ações externas ao indivíduo – como, por exemplo, o uso de drogas – e também pelo envelhecimento, fadiga e depressão. A capacidade fluida opera em tarefas que exigem a formação e o reconhecimento de conceitos, identificação de relações

complexas, compreensão de implicações e realização de inferências (Carroll, 1993; Cattell, 1987 *apud* Schelini, 2006).

Por outro lado, a inteligência cristalizada (Gc) representa tipos de capacidades exigidas na solução dos problemas cotidianos mais complexos, sendo conhecida como “inteligência social” ou “senso comum” (Horn, 1991). Desenvolve-se a partir de experiências culturais e educacionais, estando presente na maioria das atividades escolares. Tende a evoluir com o aumento da idade, provavelmente, por estar relacionada às experiências, ao contrário da fluida que parece declinar após a idade de 21 anos, devido à gradual degeneração das estruturas fisiológicas (Brody, 2000; Cattell, 1998; Horn & Noll, 1997; Sattler & Saklofske, 2001 *apud* Schelini, 2006).

Raciocinar com lógica ou identificar as relações entre várias ideias, são qualidades vinculadas à inteligência fluida (Gf), enquanto falar com clareza e fluidez se relaciona à inteligência cristalizada (Gc) mas, deve-se considerar que não são inteligências independentes sendo estritamente relacionadas (Jensen, 1998b).

Pela natureza de Gf, pode-se deduzir que o estado biológico do organismo deve exercer maior influência sobre esse tipo de inteligência do que sobre Gc. Dessa forma, fatores como lesões cerebrais, ação dos genes, funcionamento cerebral, nutrição, desenvolvimento pré-natal, processos de degeneração e envelhecimento devem afetar muito mais a inteligência fluida que a cristalizada, enquanto os efeitos relacionados à qualidade do ensino, programas de estimulação e de potencialização da inteligência e de formação devem atuar mais sobre Gc (Andrés-Pueyo, 2006).

As Matrizes Progressivas de Raven são consideradas o melhor instrumento para avaliação da inteligência fluida. Este teste requer o exame de uma matriz de figuras geométricas que diferem umas das outras de acordo com uma regra a ser identificada pelo indivíduo a ser testado. Esta regra é usada para gerar uma resposta a uma pergunta sobre qual nova figura geométrica satisfaria a regra (Nisbett *et al.*, 2012). A inteligência cristalizada pode ser medida através da escala Wechsler (*Wechsler Adult Intelligence Scale-III* - WAIS-III), instrumento amplamente utilizado e considerado "padrão-ouro" para medidas de inteligência (Hill *et al.*, 2013).

Estudos sugerem uma diferença conceitual entre inteligência cristalizada (Gc – *crystallized intelligence*) e habilidade acadêmica, uma vez que ela não pode ser entendida como sinônimo de desempenho escolar (Schelini, 2006). Inteligência geral (g) e inteligência fluida (Gf) poderiam em última instância ser considerados construtos bastante similares uma vez que a associação entre ambos se encontra por volta de 0,95

(Gottfredson, 1987). Entretanto, seria o modelo de John B. Carroll, psicometrista americano, quem receberia a aceitação de boa parte da comunidade acadêmica moderna.

John B. Carroll foi quem procurou integrar em um modelo único todas as investigações fatoriais da inteligência. Carroll (1993) propôs um modelo hierárquico da inteligência conhecido como teoria dos três estratos, segundo o qual, é possível observar e entender as diferenças individuais nas habilidades e, conseqüentemente, na inteligência. Segundo ele, essa teoria tem como objetivo explicar as correlações que aparecem entre as variáveis cognitivas que foram observadas a partir de extenso conjunto de dados analisados. Carroll denomina as capacidades identificadas pelos fatores situados em três estratos, afirmando que as do primeiro estrato são “aptidões específicas”; as do segundo estrato são “aptidões amplas”; e a do terceiro estrato é denominada “aptidão geral”.

Enquanto construto científico, a inteligência geral “g” repousa sobre as correlações entre os escores obtidos nos testes, a inteligência em geral baseia-se na soma dos resultados padronizados dos escores dos testes. No entanto, a soma simples de vários escores de teste não pode ser considerada a medida ótima da inteligência geral “g”, mas sim uma medida geral da inteligência. Os escores típicos do QI compreendem uma mistura complexa de habilidades e performance (Colom *et al.*, 2002). Embora os escores de QI tenham alta carga de fator g, eles apenas se aproximam de g (Colom *et al.*, 2006).

2.2.1 Abordagem psicométrica e Quociente de Inteligência (QI)

A inteligência, definida como uma habilidade mental geral para raciocínio, resolução de problemas e aprendizado, integrando funções cognitivas como percepção, atenção, memória, linguagem e planejamento, pode ser medida de forma confiável pela pontuação obtida em testes padronizados, prevendo vários resultados sociais amplos, tais como desempenho educacional e profissional, saúde e longevidade (Colom, Karama, Jung & Haier, 2010).

Os estudos de Francis Galton (1822 – 1911) são considerados a primeira análise quantitativa da inteligência humana. Suas contribuições foram expandidas nos anos posteriores, porém, a primeira tentativa de se desenvolver medidas de habilidade intelectual deve-se ao francês Alfred Binet (1877 – 1911). Baseando-se na ideia de que os indivíduos têm capacidades mentais diferentes e que seria desejável possuir um instrumento para medir essas diferenças individuais, Binet publicou, em 1905, juntamente

com outro francês, Théodore Simon (1873 – 1961), a primeira escala para crianças em idade escolar. Estes testes medem habilidades como vocabulário, resolução de problemas aritméticos, interpretação de provérbios e visualização espacial (Sternberg & Kaufman, 2012).

Uma das primeiras definições da inteligência envolvendo sua medida veio do psicólogo americano E.G. Boring em 1923, quando ele declarou: "*A inteligência é o que os testes medem*". O comentário que veio depois, aparentemente, não condiz com um resumo das conclusões empíricas fortes - por exemplo, que os testes mostraram diferenças individuais marcantes, que as diferenças mantiveram-se estáveis ao longo do tempo, que as crianças desenvolveram uma maior inteligência ao longo do tempo, mas tendia a manter a mesma ordem de classificação. A sentença imediatamente após a citação famosa foi a de que tal definição é apenas o ponto de partida para uma discussão rigorosa dos testes (Deary, Penke & Johnson, 2010).

Os testes de inteligência geral consistem de tarefas complexas que envolvem diferentes aspectos do raciocínio. Duas propriedades destes tipos de testes merecem atenção: Primeiro, todos os testes de inteligência - tanto os simples com tarefas individuais unitárias como os complexos, que envolvem tarefas multifacetadas - estão correlacionados e tendem a gerar um fator geral, ou *fator g*, forte quando aplicado a uma amostra grande de pessoas. Em segundo lugar, qualquer que seja a definição adotada, a inteligência deve ser avaliada pela sua validade de construto, ou seja, a evidência acumulada, que os testes medem, e as relações com estruturas e processos biológicos. Por esse critério, a inteligência é um núcleo cuja face valida as diferenças individuais entre os seres humanos (Deary *et al.*, 2010).

Quando um indivíduo é submetido a um determinado teste de inteligência e produz um bom desempenho naquela tarefa específica, ele tenderá a obter o mesmo sucesso em todos os testes. Dessa forma, os resultados serão obtidos com base na capacidade do próprio indivíduo, independente do grau de diversidade que os testes possuam. Essa capacidade comum é atribuída ao fator geral *g*, que representa habilidades de pensamento de alto nível e de ampla aplicação (Flynn, 2009).

As principais preocupações da abordagem psicométrica da inteligência são: i) validade dos testes, questão que pode ser abordada considerando o critério de validação externa ou pela análise fatorial para a validade do construto e ii) precisão dos escores obtidos, onde o coeficiente de precisão é obtido pela média e pela variância.

A busca por um quociente de inteligência surge da necessidade de se encontrar um valor que fosse capaz de interpretar o desempenho intelectual de uma pessoa. Inicialmente, seu cálculo era obtido a partir da relação entre a idade mental do indivíduo (IM), observada pela resolução de tarefas atribuíveis à sua idade biológica e sua idade cronológica (IC), sendo, portanto, $QI = IM/IC$. Entretanto, esse cálculo se mostrava insuficiente para idades maiores de quinze anos, fato que proporcionou o estabelecimento do QI de desvio ou QI de afastamento (Figura 1), onde se pressupõe a adaptação dos resultados padrão, por faixa etária, ao redor de uma média (usualmente 100) e seu desvio (de 15 ou 16). É o QI de afastamento a norma mais utilizada em testes de inteligência (Flynn, 2009).

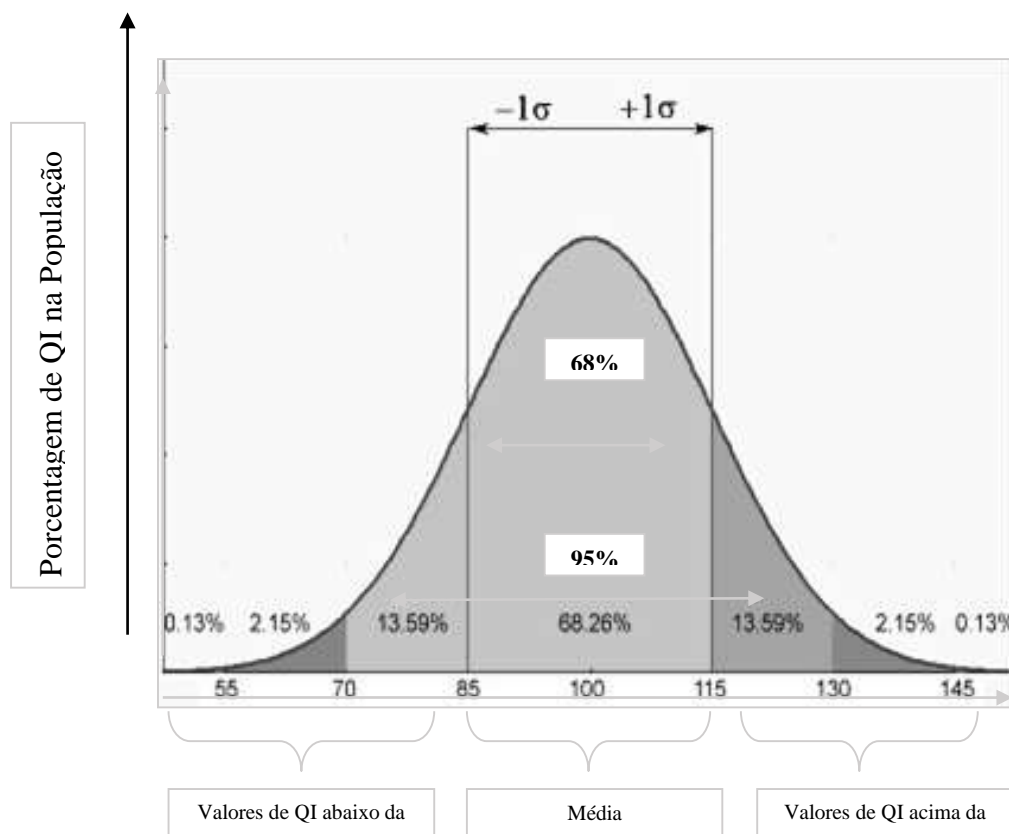


Figura 1 - Curva de distribuição normal do Quociente de Inteligência - QI

Distribuição Normal do Quociente de Inteligência - QI - A média de QI apresenta valor 100 e os valores que se distanciam da média, tanto para baixo como para cima. São gradativamente mais infrequentes. Cerca de 68% das pessoas apresentam valores entre 85 e 115, enquanto que praticamente a maioria (95%) apresenta valores entre 70 e 130. Aproximadamente 2,5% da população apresentam um QI muito baixo (QI = 70 – retardo mental leve) ou muito alto (QI = 130 – Altas habilidades).

A obtenção de um escore de QI é feita por instrumentos padronizados de avaliação elaborados com base nos princípios clássicos da Psicometria. De forma geral, o Quociente

de Inteligência é uma medida fornecida através da padronização de escores brutos obtidos por um conjunto de testes. O nível do QI se correlaciona com a velocidade, a amplitude e a profundidade da aprendizagem quando essa requer pensamento e especificamente quando ela é intencional (demanda esforço mental consciente), envolve discernimento e está relacionada com a idade (Flores-Mendoza, 1998).

Uma compreensão detalhada dos mecanismos cerebrais subjacentes a essa habilidade mental geral poderia proporcionar benefícios individuais e sociais significativos. Estudos de neuroimagem estrutural e funcional geralmente têm suporte para uma rede frontoparietal relevante para a inteligência. Esta mesma rede também foi encontrada como subjacente às funções cognitivas relacionadas à percepção, armazenamento de memória de curto prazo e linguagem. A natureza distribuída nessa rede e seu envolvimento em uma ampla gama de funções cognitivas condiz com a natureza integradora da inteligência. Uma nova fase das pesquisas sobre inteligência começa a investigar como as redes funcionais se relacionam com as redes estruturais, com ênfase na forma como as áreas do cérebro distribuídas se comunicam entre si (Colom *et al.*, 2010).

2.2.2 Aspectos neurobiológicos da inteligência

Numerosos estudos estruturais e funcionais de imagens cerebrais foram realizados para investigar os correlatos neurobiológicos da inteligência. Na tentativa de localizar a inteligência no cérebro humano, Jung e Haier (2007) analisaram 37 estudos de inteligência sobre neuroimagem e descobriram que a maioria das áreas frontal e parietais do córtex, área de Brodmann, estão relacionadas à inteligência. A área de Brodmann (BA) é uma região do córtex cerebral definida com base na estrutura e organização de suas células, originalmente definidas e numeradas pelo alemão anatomista Korbinian Brodmann (Brodmann, 1909) baseado na organização citoarquitetural dos neurônios que ele observou no córtex cerebral. O mesmo número de área de Brodmann em diferentes espécies não indica necessariamente áreas homólogas (Garey, 2006).

Essa revisão levou à formulação da teoria da integração parieto-frontal da inteligência (P-FIT), caracterizada como uma rede cerebral, que inclui o córtex pré-frontal dorsolateral, os lobos parietal inferior e superior, o giro cingulado anterior e regiões dentro dos lobos temporal e occipital. Esses achados sugerem que as interações entre as

regiões frontal e posterior do cérebro desempenham um papel importante na base neural da inteligência (Song *et al.*, 2008).

Após uma primeira análise sensorial da informação recebida no córtex occipital, a informação sensorial será abstraída e elaborada nas áreas parietais. Além disso, a eficiência desses processos cognitivos pode depender da integridade das conexões de substância branca entre as regiões (Jung & Haier, 2007).

Portanto, as regiões do modelo P-FIT suportam etapas de processamento de informações distinguíveis (Colom *et al.*, 2010):

I) As áreas occipitais e temporais processam a informação sensorial na primeira etapa de processamento – BA 18 e 19 (córtex estriado) e BA 37 (o giro fusiforme), envolvido com reconhecimento, imagens e elaboração de insumos visuais, bem como a área de Wernicke (BA 22) para análise e elaboração de sintaxe de informação auditiva.

II) A integração e abstração da informação sensorial - BA parietal 39 (giro angular), 40 (giro supramarginal) e 7 (lóbulo parietal superior) correspondem à segunda etapa de processamento.

III) As áreas parietais interagem com os lobos frontais na terceira etapa de processamento e essa interação está subjacente à resolução de problemas, avaliação e teste de hipóteses – BA frontal 6, 9, 10, 45, 46 e 47 são ressaltados pelo modelo.

IV) O cíngulo anterior (BA 32) está implicado para a seleção da resposta e a inibição de respostas alternativas, uma vez que a melhor solução é determinada no estágio anterior.

No entanto, Jung e Haier (2007) sugerem que nem todas essas áreas são igualmente utilizadas em todos os indivíduos para a inteligência. As regiões cerebrais discretas do córtex pré-frontal dorsolateral (BA 9, 45, 46 e 47) e no córtex parietal (BA 7 e 40) poderiam ser considerados as mais importantes para a inteligência humana (Colom *et al.*, 2010).

Algumas análises também mostraram áreas específicas nas quais a quantidade de substância branca cinzenta foi correlacionada com os escores de inteligência (Haier, Jung, Yeo, Head & Alkire, 2005).

A quantidade de substância cinzenta reflete o número e a densidade de corpos neuronais (arborização dendrítica), enquanto a quantidade de substância branca indica o número e a espessura de axônios e seu grau de mielinização. A substância cinzenta suporta a capacidade de processamento da informação, enquanto a substância branca é

responsável pelo fluxo eficiente das informações no cérebro. Os resultados disponíveis são consistentes com a afirmação de que os volumes de substância cinzenta e branca estão positivamente relacionados à inteligência, mas que o último relacionamento é um pouco maior (correlação = 0,27 e 0.31, respectivamente) (Gignac, Vernon & Wicket, 2003).

A relação entre a inteligência humana e a integridade da matéria branca tem sido muito menos investigada, embora essa tendência esteja mudando rapidamente. Imagem por tensor de difusão (*diffusion tensor imaging - DTI*) baseia-se na difusão de moléculas de água no cérebro e fornece informações sobre o tamanho, a orientação e a geometria dos axônios mielinizados. *DTI* pode produzir medidas permitem a avaliação de integridade dos axônios e da mielinização. A difusão anisotrópica ocorre quando há restrição ao movimento das moléculas de água, como nos feixes bem organizados e intactos da substância branca, onde as membranas dos axônios e bainhas de mielina constituem barreiras para seu movimento em direções não paralelas à orientação dessas e fazem com que a difusão da água ocorra preferencialmente ao longo dos mesmos. A direção da difusão máxima coincide com a orientação dos feixes de fibras da substância branca (Engelhardt & Moreira, 2008).

Usando *DTI*, Schmithorst, Wilke, Dardzinski e Holland (2005) analisaram a relação entre inteligência e estrutura de substância branca. A amostra foi composta por 47 crianças e adolescentes (idade entre 5 e 18 anos) e a estrutura da matéria branca foi estudada usando anisotropia fracionada (FA). Esses índices foram correlacionados com os escores de inteligência obtidos a partir das escalas de Wechsler. Os pesquisadores encontraram correlações positivas bilateralmente para FA nas áreas de associação da substância branca (áreas frontal e parieto/occipital). Verificou-se que essas correlações refletiam uma relação positiva entre organização e densidade da fibra e inteligência (Schmithorst *et al.*, 2005 *apud* Colom *et al.*, 2010)

Barbey, Colom, Paul e Grafman (2014) demonstraram que os danos dentro dos tratos de fibras brancas prejudica a inteligência fluida. Portanto, a teoria da integração parieto-frontal fornece um quadro importante para o estudo da inteligência humana, uma vez que a sua formulação foi apoiada por numerosos estudos (Colom *et al.*, 2009; Deary *et al.*, 2010).

Outra área cerebral importante, a insula, juntamente com a rede fronto-parietal tem sido repetidamente relacionado à inteligência (Jung & Haier, 2007). Essas são regiões cerebrais que constituem uma rede importante envolvida no processamento complexo de informações. A insula está envolvida no controle cognitivo de alto nível e nos processos

atencionais (Menon & Uddin, 2010), como o envolvimento de processos cognitivos relevantes para a realização da tarefa (Sridharan, Levitin & Menon, 2008).

Considerando as diferenças entre os sexos, Narr *et al.* (2007) estudaram uma amostra de 65 participantes e encontraram associações positivas entre espessura cortical e inteligência bilateralmente nas áreas de Brodmann pré-frontais 10, 11 e 47, bem como nas temporais posteriores 36 e 37. Esses pesquisadores também analisaram os homens e mulheres separadamente, descobrindo que os homens apresentaram correlações no córtex de associação occipital temporal, ao passo que as mulheres apresentaram correlações no córtex de associação pré-frontal e temporal. Esses resultados não são inteiramente consistentes com o modelo parieto/frontal e enfatizam a importância de análises separadas para homens e mulheres (Narr *et al.*, 2007)

Em resumo, os lobos frontal e parietal provavelmente compreendem áreas de processamento cruciais para inteligência, mas a integridade das conexões rígidas em todo o cérebro ou a coativação harmônica espontânea entre regiões distantes também parece ser relevante. Essas áreas representam uma série de funções cognitivas superiores, incluindo linguagem, memória e atenção e sugerem que as teorias sobre a base neural da inteligência devem considerar como as estruturas do cérebro se relacionam entre si, bem como as diferenças individuais nos resultados dos exames.

2.2.3 Diferenças individuais e eficiência cerebral

A observação de que alguns indivíduos apresentam melhor desempenho do que outros em uma ampla gama de tarefas levou a uma série de propostas sugerindo que um conjunto limitado de habilidades fundamentais ou recursos de processamento governam o desempenho em uma ampla gama de tarefas cognitivas. (Spearman, 1904; Kahneman, 1973; Norman & Bobrow, 1975; Vernon, 1983; Just & Carpenter, 1992).

As diferenças individuais na inteligência são um aspecto proeminente da psicologia humana que influenciam resultados importantes da vida. Cerca da metade da variância em uma ampla gama de habilidades cognitivas é contabilizada pelo fator cognitivo geral (*g*), uma pequena proporção das variâncias cognitivas são causadas pelo amplo domínio das funções mentais e o restante por habilidades cognitivas únicas altamente específicas (Deary *et al.*, 2009).

As habilidades cognitivas podem ser consideradas como uma aptidão do indivíduo em processar, eficientemente, na esfera cognitiva, determinados tipos de informação.

Nesse sentido as pessoas diferem cognitivamente não apenas umas das outras, mas também se diferenciam nos graus de suas habilidades cognitivas (Juan-Espinosa, 1997; Colom *et al.*, 1998 *apud* Flores-Mendoza *et al.*, 2006).

A capacidade cognitiva é importante para o sucesso nas tarefas complexas do cotidiano (Hunt & Madhyastha, 2012). Qualquer desenvolvimento positivo dessas habilidades tem um impacto favorável na funcionalidade, produtividade e desenvolvimento político cultural de uma sociedade (Schmidt & Hunter, 2004).

As diferenças em todas as habilidades mentais, considerando uma amostra aleatória da população total, são mais atribuíveis às suas diferenças em “g” do que a qualquer habilidade mental específica. Spearman considerou “g” como o elemento comum e essencial da inteligência. O princípio da indiferença do indicador foi um termo denominado por ele para explicar o fato de que o mesmo “g”, revelado em testes que requerem muito conhecimento cultural, é extraído daqueles que não exigem conhecimento algum (Spearman, 1904).

Os indivíduos diferem na eficiência com que as operações cognitivas fundamentais são realizadas. As teorias de eficiência cognitiva sugerem que, quando as operações cognitivas podem ser realizadas rapidamente, a alocação de recursos pode ser minimizada e o desempenho maximizado (Vernon, 1983).

A noção de que a eficiência do cérebro tem um papel na inteligência também é apoiado por um estudo realizado por Van den Heuvel e cols. Eles usaram análise gráfica para avaliar a eficiência de uma rede do cérebro global usando uma abordagem baseada em *voxel* com base em dados de ressonância magnética funcional obtidos em repouso. Eles descobriram ligações significativas entre a eficiência funcional e QI, especialmente nas regiões frontal e parietal (Heuvel *et al.*, 2009 *apud* Deary *et al.*, 2009).

Isto é consistente com outro estudo fMRI que relatou correlações significativas entre o QI e a conectividade funcional de estado de repouso de uma rede "exploratória" envolvendo os lobos frontal e parietal, occipital e límbico (Song *et al.*, 2008 *apud* Deary *et al.*, 2009).

As áreas do cérebro que foram ativadas como uma eficiente rede durante os períodos de descanso (com menor atividade em indivíduos mais inteligentes) nestes dois estudos foram as regiões frontal e parietal, regiões que são ativadas em indivíduos inteligentes sob alta demanda cognitiva. Isso indica que a atividade do cérebro pode ser usada para distinguir pessoas mais inteligentes e menos, mesmo quando eles não estão sendo cognitivamente desafiadas (Neubauer & Fink, 2009 *apud* Deary *et al.*, 2009).

A inteligência pode agir sob três níveis tanto de forma correlacional como independente: i) a nível fisiológico/cerebral – considerando que agrupamentos neurais altamente localizados se desenvolvem de forma diferencial como resultado de atividades cognitivas especializadas; ii) a nível das diferenças individuais - as diferenças no desempenho de uma ampla variedade de testes cognitivos estão correlacionados, principalmente com a complexidade cognitiva da tarefa (Gf) e com uma suposta complexidade do caminho até a resposta. e iii) a nível das tendências sociais – pois diversas habilidades cognitivas apresentam tendências diferentes ao longo do tempo como resultado de mudanças nas prioridades sociais (Flynn, 2009).

As pessoas que obtêm escores altos em testes de QI são aquelas que lidam muito melhor com a complexidade e, portanto, são mais hábeis em entender e efetivamente resolver desafios mentais complexos.

Variáveis como a complexidade da tarefa (Doppelmayr, Klimesch, Hödlmoser, Sauseng & Gruber, 2005), nível de experiência na tarefa (estado de aprendizagem) (Grabner, Neubauer & Stern, 2006), sexo (Dunst, Benedek, Bergner, Athenstaedt, & Neubauer, 2013; Neubauer, Fink & Schrausser, 2002; Neubauer, Grabner, Fink, & Neuper, 2005) e área do cérebro (Jaušovec & Jaušovec, 2004) foram propostas para explicar a evidência conflitante.

Uma das variáveis mais importantes que modificam o efeito de eficiência neural é a dificuldade da tarefa. Doppelmayr *et al.* (2005) confirmaram a relação inversa entre ativação do Cérebro e QI durante a realização de tarefas fáceis, enquanto que uma tendência na direção oposta era observado para os itens mais difíceis.

Essa interação entre a dificuldade da tarefa e a inteligência também foi encontrada por Lipp *et al.* (2012) e Preusse, Meer, Deshpande, Krueger e Wartenburger (2011). Com a crescente dificuldade na tarefa, foi encontrada maior ativação para participantes com alta inteligência. Esta interação foi localizada na região occipital-temporal (Preusse *et al.*, 2011) e nas regiões frontais e parietais direita (Lipp *et al.*, 2012).

Resultados semelhantes foram encontrados por Rypma, Berger e D'Esposito (2002). Enquanto participantes de alto desempenho mostraram que a ativação aumenta com o aumento da dificuldade da tarefa, os participantes com baixo desempenho apresentaram maior ativação, mas o aumento mínimo dependente da dificuldade. Esses achados sugerem que a ativação cortical é modulada pelos requisitos de esforço. Uma explicação comum para este fenômeno é que indivíduos mais brilhantes investem mais

esforços para garantir melhores resultados quando trabalham em itens difíceis do que indivíduos com habilidade menor (Rypma *et al.*, 2002).

Larson, Haier, LaCasse e Hazen (1995) foram os primeiros a testar se o nível percebido de dificuldade da tarefa é responsável por diferenças individuais no cérebro ativação. Em um estudo de *PET*, a tarefa dos participantes era resolver tarefas de dígito adaptadas ao nível de habilidade dos participantes para eliminar as diferenças grupais nos requisitos de esforço. Os resultados demonstraram que indivíduos mais brilhantes aumentaram suas taxas metabólicas durante a tarefa difícil, enquanto indivíduos menos inteligentes diminuíram suas taxas metabólicas (Larson *et al.*, 1995).

A dificuldade da tarefa está relacionada ao tempo de resposta, bem como ao investimento no esforço, dois aspectos que também podem explicar as diferenças na ativação cerebral. Com base na teoria de Brehm, o esforço gasto depende diretamente da dificuldade e da motivação da tarefa. Quanto mais difícil a tarefa, mais esforço as pessoas investem na tarefa. No entanto, o investimento no esforço só é benéfico até certo ponto (intensidade moderada de motivação), acima desse ponto o desempenho deve diminuir novamente (Brehm & Self, 1989).

Considerando que as diferenças individuais na inteligência geral têm um componente estrutural, examinar os correlatos estruturais da inteligência eliminaria as influências relacionadas à tarefa (como nível de complexidade). Por esta razão, a imagem estrutural dos volumes regionais de matéria cinzenta e branca pode proporcionar informações únicas sobre a distribuição de áreas cerebrais relacionadas à inteligência geral (Haier *et al.*, 2004).

Um dos principais métodos utilizados para estabelecer uma relação entre inteligência e cérebro é usar medidas do volume cerebral. As vantagens obtidas pelo estudo não-invasivo e *in vivo* através da ressonância magnética são enormes, um vez que medidas anteriores para levantamento do volume e tamanho cerebral eram realizada *post-mortem* e possuíam como parâmetros a medida da externa da circunferência do crânio. No entanto, tais medidas foram pouco conclusivas, produzindo resultados divergentes dependendo do sexo, que o hemisfério foi examinado e o tipo de inteligência medido (Witelson, Beresh & Kigar, 2006).

Dados obtidos a partir de imageamento por ressonância magnética mostraram que, em geral, o maior tamanho e volume do cérebro está associado a um melhor funcionamento cognitivo e maior inteligência. As correlações variam de 0,0 até 0,6, e são predominantemente positivas (Luders, Narr, Thompson & Toga, 2009).

Entretanto, uma revisão realizada por McDaniel (2005) descobriu que a correlação entre inteligência e tamanho do cérebro era maior para as mulheres (0,40) do que para os homens (0,25). O mesmo estudo também descobriu que a correlação entre o tamanho do cérebro e a inteligência diferiu com relação à idade dentro de um mesmo sexo, onde crianças apresentaram correlações menores (McDaniel, 2005)

Um ponto que merece cautela é que, embora o volume maior do cérebro esteja associado a uma maior inteligência, esse relacionamento apenas explica uma modesta quantidade de variância na distribuição da própria inteligência. As correlações relatadas entre volume cerebral, tamanho do cérebro e inteligência apenas explicam 12% a 36% da variância na distribuição de inteligência. A quantidade de variância explicada pelo volume cerebral também depende do tipo de inteligência medido. Cerca de 36% da variância na inteligência verbal pode ser explicada pelo volume cerebral, enquanto apenas aproximadamente 10% da variância na inteligência visoespacial pode ser explicada pelo volume cerebral (Andreasen *et al.*, 1993).

Além do P-FIT (Jung & Haier, 2007), que se baseia principalmente na evidência de uma correlação estrutural da inteligência no cérebro, outra hipótese de correlação funcional da eficiência neural fornece importantes argumentos para explicar a relação entre inteligência e ativação cerebral. Essa hipótese foi primeiramente declarada por Haier *et al.* (1988), que observaram que os escores de inteligência dos participantes e as taxas metabólicas regionais de glicose no cérebro são negativas, correlação entre -0,48 e -0,84 para diferentes áreas do cérebro, indicando que os participantes com maior habilidade cognitiva apresentam um menor consumo de energia do cérebro. Com base em uma confirmação posterior dessa descoberta, Haier apresentou a hipótese de eficiência neural afirmando que indivíduos mais brilhantes mostram um funcionamento cerebral mais eficiente do que indivíduos menos inteligentes (Haier *et al.*, 1992).

Em contraste com os correlatos estruturais da inteligência, a evidência de correlações funcionais da inteligência é contraditória. Neubauer e Fink (2009) forneceram uma revisão completa mostrando que, de um total de 54 estudos (empregando diversos métodos de imagem cerebral funcional como fMRI, PET, EEG e uma variedade de tarefas cognitivas) confirmou a hipótese de eficiência neural (ou seja, apresentou correlações negativas entre ativação cerebral e inteligência). No entanto, como demonstrado por Neubauer e Fink (2009), outro grupo de estudos produziu evidências variadas, ou seja, encontrou a relação esperada de ativação da inteligência no cérebro inverso somente quando variáveis moderadoras foram consideradas, enquanto outro grupo menor de

estudos desconfirmou a hipótese ao encontrar relações positivas entre inteligência e ativação cerebral. Assim, há evidências pro e contrárias à hipótese funcional de eficiência neural (Dunst *et al.*, 2014)

Muitos estudos têm demonstrado uma correlação de cerca de $r = 0,40$ entre inteligência e volume total de cérebro e também uma correlação baixa entre os escores nos testes de inteligência e os volumes totais de matéria cinzenta e branca e QI (Gignac *et al.*, 2003).

Estudos mostram correlações positivas robustas ($P < 0,05$) entre os escores obtidos pelo teste FSIQ (*WAIS Full Scale IQ*) e volumes de matéria cinzenta. A bateria *Wechsler Adult Intelligence Scale* WAIS consiste em 11 subtestes que utilizam diversas habilidades mentais verbais e não verbais que contribuem para a inteligência geral. O escore WAIS Full Scale IQ (FSIQ) é baseado no desempenho de todos os 11 subtestes (de acordo com as normas baseadas em idade). Os estudos analíticos de fator (Jensen, 1980) mostram que cada subteste carrega no fator g e o escore FSIQ carrega o mais alto (cerca de 0,90 ou 81% da variância em g). Por esse motivo, o FSIQ é considerado um dos melhores índices de diferenças individuais na inteligência geral (Wechsler, 1981).

Essas correlações se apresentaram nas Áreas de Brodmann 10, 46 e 9 do lobo frontal; (BA) 21, 37, 22 e 42 nos lobos temporais; BA 43 e 3 nos lobos parietais; e BA 19 no lobo occipital, mas apenas uma região da substância branca foi significativa nesse nível. Essas descobertas sustentam a visão de que as diferenças individuais nos volumes de matéria cinza e branca, em um número relativamente pequeno de áreas distribuídas por todo o cérebro, representam variância considerável nas diferenças individuais na inteligência geral. A matéria branca do cérebro inteiro pode ser mais correlacionada com a inteligência do que a matéria cinzenta cerebral total (Gignac *et al.*, 2003), mas há poucos dados sobre as correlações em regiões específicas de matéria branca e inteligência. As áreas de substância branca (*WM*), que mostram correlações com a inteligência geral, também podem representar caminhos independentes da substância cinzenta (*GM*) que estão subjacentes à inteligência geral (Haier *et al.*, 2004).

A substância cinzenta constitui um fundamento biológico potencial para as diferenças na inteligência. Da mesma forma que o volume cerebral, o volume global de matéria cinzenta é positivamente associado à inteligência (Luders *et al.*, 2009). Mais especificamente, a inteligência superior tem sido associada à maior massa cinzenta cortical no córtex pré-frontal e temporal posterior em adultos (Narr *et al.*, 2007).

Além disso, a inteligência verbal e não-verbal mostrou-se positivamente correlacionada com o volume de substância cinzenta através dos lobos parietal, temporal e occipital em adultos jovens e saudáveis, o que implica que a inteligência está associada a uma grande variedade de estruturas dentro do cérebro (Colom *et al.*, 2006).

Parece haver diferenças sexuais entre a relação da matéria cinzenta com a inteligência entre homens e mulheres. Os homens parecem mostrar correlações maiores entre inteligência e matéria cinzenta nos lobos frontal e parietal, enquanto que as correlações mais fortes entre inteligência e matéria cinzenta nas mulheres podem ser encontradas nos lobos frontais e na área de Broca. No entanto, essas diferenças não parecem afetar a Inteligência geral, o que implica que os mesmos níveis de capacidade cognitiva podem ser alcançados de maneiras diferentes (Haier *et al.*, 2005).

A substância branca mostrou correlacionar-se positivamente com a inteligência em seres humanos. Correlações significativas entre inteligência e o corpo caloso foram encontradas, uma vez que as áreas callosas maiores foram positivamente correlacionadas com o desempenho cognitivo (Gur *et al.*, 1999).

A descoberta de que os volumes de matéria cinza e branca em várias áreas representam variância considerável na inteligência geral, sugerem uma base para o fato de as pessoas do mesmo QI mostrarem frequentemente diferentes pontos cognitivos fortes e fracos. Diferenças estruturais cerebrais em volumes de matéria cinza e branca em áreas específicas pode, até certo ponto, determinar o padrão de correlações funcionais em estudos de imagem de inteligência independentemente das demandas da tarefa. Para qualquer indivíduo, o padrão de volumes *GM* e *WM* em áreas relevantes pode definir quais áreas trabalham juntas e são ativadas ou desativadas durante a resolução de problemas, o raciocínio ou mesmo o processamento de informações passivas. O desempenho em tarefas semelhantes pode ser alcançado se diferentes combinações de áreas cerebrais fornecerem caminhos independentes para um bom desempenho. Isso também sugeriria uma base para a observação de que o dano cerebral regional causado por traumatismo craniano ou acidente vascular cerebral geralmente não diminui o QI (Haier *et al.*, 2004).

Dessa forma, pode ser possível avaliar as diferenças individuais na capacidade mental usando combinações multivariadas de volumes de matéria cinza e branca de um número relativamente pequeno de regiões cerebrais facilmente avaliadas usando ressonâncias magnéticas estruturais.

Um avanço metodológico recente é a morfometria baseada em voxel otimizada (*voxel-based morphometry - VBM*), que usa algoritmos para segmentar matéria cinzenta (*gray matter - GM*) e matéria branca (*white matter - WM*) em ressonâncias magnéticas estruturais (Ashburner & Friston, 2000; Good *et al.*, 2001). A *VBM* foi validada extensivamente (Ashburner & Friston, 2001; Good *et al.*, 2002) e tem sido usada, por exemplo, para caracterizar as mudanças de volume de matéria cinza e branca no envelhecimento (Good *et al.*, 2001), demência (Good *et al.*, 2002) e síndrome de Down (White, Alkire & Haier, 2003).

Diferenças internacionais na capacidade cognitiva podem ser estimadas usando estudos de avaliação de alunos e QI psicométricos. As causas discutidas incluíram educação, modernização, política, riqueza, cultura e fatores genéticos evolutivos (Lynn & Vanhanen, 2012a). Essas diferenças estão fortemente relacionadas à distribuição de renda da população, condições de saúde, qualidade de vida, investimentos e cuidados na educação, inovação tecnológica e produto interno nacional bruto (Hanushek & Woessmann, 2015; Rindermann, Becker & Coyle, 2016).

Os baixos níveis de estabilidade são encontrados na África, os níveis mais altos do Leste Asiático e níveis moderados a elevados nos países europeus desenvolvidos. As causas possíveis incluíam educação, modernização, política, riqueza, cultura e fatores genéticos evolutivos (Lynn & Vanhanen, 2012a).

Especialistas classificaram dois fatores educacionais em conjunto (quantidade e qualidade) como a causa mais importante de diferenças internacionais na capacidade cognitiva. O fator genético-evolutivo foi a causa mais importante de diferenças internacionais em termos de habilidades cognitivas. As classificações mais fracas foram atribuídas a fatores ambientais como a saúde, riqueza, modernização e política. A soma de todos esses fatores ambientais explicou mais da metade das diferenças de habilidades internacionais (Rindermann *et al.*, 2016).

2.3 Processamento cognitivo básico

As diversas informações disponibilizadas pelo ambiente são assimiladas e processadas cognitivamente por uma série de sistemas básicos como percepção, aprendizagem, atenção e memória, que as transformam ou alteram de maneira

sistemática. Para que o processamento dessas informações seja compreendido de forma ordenada, vários estágios são envolvidos, começando pelos processos de análise inicial dos estímulos, passando pelo armazenamento cerebral e codificação das informações e terminando na elaboração de uma resposta frente à estimulação inicial (McLeod, 2008).

Velocidade de processamento, controle de atenção e memória de trabalho são importantes correlatos cognitivos da inteligência. Essas três funções cognitivas são consideradas os principais pilares cognitivos da inteligência e acredita-se que a velocidade reflita a eficiência geral do cérebro para registrar e processar informações (Tourva, Spanoudis & Demetriou, 2016).

Os primeiros estudos funcionais de inteligência utilizou medidas comportamentais de tempo de reação e de inspeção, correlacionando-os com várias medidas de habilidade cognitiva. As descobertas bem estabelecidas é que pessoas mais inteligentes reagem e inspecionam estímulos visuais e auditivos mais rapidamente do que as pessoas menos inteligentes (Deary *et al.*, 2009).

Em geral, os estudos sugerem que diferenças individuais no desempenho em testes psicométricos tradicionais de capacidade mental geral, ou testes de QI, refletem algo mais do que apenas diferenças em conhecimentos e habilidades adquiridas; elas também refletem diferenças na velocidade e eficiência do processamento de informações (Sen, Jensen, Sen, & Arora, 1983).

Pesquisas recentes forneceram evidências de uma associação fenotípica entre inteligência e várias medidas de velocidade de processamento de informações. Considerando que os testes de velocidade de processamento meçam a eficiência com a qual os indivíduos realizam as operações cognitivas, como codificação, processamento de memória de curto prazo e recuperação de memória de longo prazo, e que essas operações são componentes integrais do comportamento intelectual, taxas de processamento mais rápidas (ou tempos de reação mais curtos) estão associadas a pontuações mais altas nos testes de inteligência (Barrett, Eysenck & Lucking, 1986; Nettelbeck & Kirby, 1983; Vernon & Jensen, 1984; Vernon, 1987).

Embora nenhuma teoria tenha explicado satisfatoriamente por que as relações observadas entre diferentes variáveis de velocidade de processamento e testes de inteligência existem, é proposto que diferenças individuais em inteligência podem, em parte, ser o resultado de diferenças na eficiência ou velocidade com que os indivíduos executam os componentes básicos do processamento da informação (Vernon, 1983).

Para medidas de velocidade cronométrica, os genes comuns têm mostrado influenciar a variação na velocidade de processamento e QI em vez de haver uma relação causal entre os dois (Luciano *et al.*, 2005), embora em uma amostra mais antiga (50-89 anos) e usando medidas de velocidade psicométrica, uma relação direcional entre a velocidade e as habilidades espaciais e de memória explicou a covariância genética (Finkel, Andel, Gatz & Pedersen, 2009). Assim, existe a possibilidade de que alguns componentes do processamento de informações sirvam como base para a cognição complexa, com o retardamento da velocidade de processamento representando o envelhecimento de outras habilidades cognitivas.

A genética comportamental estimou uma proporção relativa de variação genética e ambiental subjacente às diferenças individuais na inteligência geral e nas habilidades cognitivas específicas. As diferenças genéticas parecem representar cerca de 50% das diferenças individuais na inteligência geral (Bouchard & McGue, 1981). Habilidades cognitivas específicas exibem um padrão similar (DeFries *et al.*, 1976; Ho, Baker, & Decker, 1988). Além disso, vários estudos encontraram evidências de influências genéticas e ambientais em habilidades cognitivas específicas independentes de *g* (Petrill, Thompson & Detterman, 1995).

Vários estudos genéticos comportamentais incluíram tarefas cognitivas básicas, gerando estimativas de herdabilidade de moderada a alta (McGue, Bouchard, Lykken, & Feuer, 1984; Vernon & Mori, 1989; Baker, Vernon & Ho, 1991; Boomsma & Somsen, 1991).

A magnitude das estimativas de herdabilidade entre as tarefas parece estar linearmente relacionada com a extensão com que cada tarefa se relaciona com *g* e a correlação entre as medidas de velocidade de processamento e inteligência psicométrica parece ser conduzida inteiramente por fatores genéticos (Ho *et al.*, 1988; Baker *et al.*, 1991).

Entretanto, como esses estudos empregaram populações adultas e adolescentes (McGue *et al.*, 1984; Vernon & Mori, 1989a; Baker *et al.*, 1991), não se sabe se a herdabilidade e o ambiente comum diferem em populações mais jovens. Além disso, como as tarefas cognitivas elementares não foram submetidas ao mesmo rigor psicométrico que os testes de inteligência geral ou os testes de habilidades específicas de lápis e papel, questões como confiabilidade e validade de constructo e validade concorrente são questionáveis (Petrill *et al.*, 1995).

Genes candidatos específicos que influenciam as medidas de velocidade de processamento têm sido largamente infundados, mas há achados de associação entre velocidade de processamento em idosos e polimorfismo do alelo A do gene TNF-alfa-308G (*Tumor necrosis factor alfa*), (Baune *et al.*, 2008); BDNF (*Brain-derived neurotrophic factor*) e velocidade psicométrica (tarefa de codificação de alfabeto) (Miyajima *et al.*, 2008) e entre a variação do alelo APOE e-4 (*Apolipoprotein E*) e as medidas de velocidade psicométrica em uma amostra de pessoas de 70 anos (Luciano *et al.*, 2009).

2.3.1 Velocidade de processamento e inteligência

A inteligência, medida por um teste como as Matrizes Progressivas de Raven, é conceituada como uma habilidade muito geral, muitas vezes denominada capacidade fluida ou inteligência fluida (Snow, Kyllonen, & Marshalek, 1984; Carpenter, Just, & Shell, 1990), que é distinguível do conhecimento adquirido, ou inteligência cristalizada (Horn & Cattell, 1967).

Nesse contexto, a inteligência fluida é sinônimo de capacidade de raciocínio. Como tal, não é uma propriedade estática do funcionamento humano. Em vez disso, a inteligência fluida pode ser afetada por um número de processos de maturação e de experiências. Por exemplo, um indivíduo pode sofrer maturação cerebral durante a infância ou lesão cerebral em qualquer momento da vida e esses processos ou eventos podem resultar em melhorias ou decrementos nesta habilidade geral (Horn & Hofer, 1992).

A velocidade de processamento da informação aparece como indicador da capacidade intelectual dos indivíduos desde os primórdios da psicologia científica, sobretudo com os trabalhos laboratoriais em torno das tarefas simples e complexas de reação (Hick, 1952; Hyman, 1953).

Por muitos anos, pesquisadores interessados em examinar a relação entre a velocidade do processamento de informações e a inteligência usaram tarefas muito simples (como tempo de reação simples ou tempo de reação de escolha) para medir a velocidade de processamento. A razão para usar tarefas simples foi minimizar a contribuição da função cognitiva mais alta que seria incluída na avaliação da inteligência. Em vez disso, a velocidade do processamento de informações era destinada a capturar a

velocidade com que um indivíduo completava funções cognitivas básicas, como identificação de itens ou discriminações simples. Nesse contexto, alguns pesquisadores tentaram desvincular a velocidade cognitiva de qualquer velocidade motora envolvida na execução real da resposta (Fry & Hale, 2000).

Já se sabe que o teste de Raven (RPM) é frequentemente considerado como um marcador para o fator *g* de Spearman, o fator geral que todos os testes complexos de capacidade mental compartilham em comum e que é convencionalmente caracterizado como inteligência geral. Se a velocidade do processamento da informação é vista teoricamente como um fator primordial na inteligência geral, deve-se hipotetizar uma correlação positiva entre a medida de velocidade e os escores RPM (Sen *et al.*, 1983).

A velocidade do processamento da informação é medida em termos de tempo de reação (RT) e tempo de movimento (MT). Portanto, estudos experimentais sobre diferenças individuais e inteligência utilizam, frequentemente, os seguintes parâmetros:

I) **Tempo de Reação (*Reaction Time* – RT):** uma das mais antigas tarefas estudadas em psicologia experimental. É considerado como o tempo decorrido entre a apresentação de um estímulo e a resposta dada pelo indivíduo. Permite avaliar as diferenças individuais e investigar princípios gerais do comportamento. Três classes de tarefas envolvem o tempo de reação: tarefa simples de tempo de reação, onde a resposta dada é a mais rápida possível, tarefa de tempo de reação de escolha, onde a resposta é dada de acordo com o estímulo apresentado e tarefa de tempo de reação disjuntivo (Flores-Mendoza, 1998).

II) **Tempo de Decisão (*Decision Time* - DT) e Tempo de Movimento (*Movement Time* – MT):** é uma divisão do tempo de reação sendo o primeiro o tempo decorrido entre a apresentação do estímulo e a tomada de decisão, e o segundo revela o tempo entre a tomada de decisão e a resposta. DT é comumente conceituado como o tempo de processamento central, e assume-se que o MT representa apenas o tempo necessário para fazer uma resposta motora periférica (Jensen, 1987).

III) **Tempo de Inspeção (*Inspection Time* – IT):** Refere-se ao tempo necessário para a discriminação dos estímulos que garantem a resposta. É considerado o único índice de velocidade mental que não envolve componentes motores ou processos cognitivos executivos, sendo usado para explorar as diferenças individuais na "velocidade de apreensão", a rapidez do cérebro para reagir a estímulos externos antes de qualquer pensamento consciente (Kranzler & Jensen, 1989).

Galton (1883) foi o primeiro a sugerir que o RT poderia ser uma medida cognitiva elementar, pois parecia ser um indicador da velocidade do processamento mental. Pesquisas subsequentes confirmaram muitas previsões importantes da teoria de inteligência da velocidade de processamento através da demonstração de correlações robustas entre as medidas de RT e QI (Jensen, 2006). Além disso, subtestes mais carregados em g em uma bateria de testes de QI se correlacionam mais fortemente com as medidas de RT do que as menos carregadas em g (Jensen, 1998a). Isso levou Jensen a sugerir que o RT é, de fato, um marcador biológico para mecanismos fundamentais de inteligência geral, como a eficiência neurofisiológica.

De acordo com Sen *et al.* (1983), se RT e QI estiverem correlacionados, isso pode significar que eles compartilham certos processos básicos em comum, e a natureza desses processos pode ser mais facilmente entendida estudando as facetas relativamente mais acessíveis da RT do que os escores de teste pouco analisáveis obtidos nos testes mentais tradicionais, que são os resultados finais de processos cognitivos excessivamente complexos.

Mesmo a medida mais simples do RT, ou seja, o tempo que leva para um indivíduo responder a um estímulo sensorial, parece estar fortemente associada ao QI. Rijdsdijk, Vernon e Boomsma (1998), investigaram a relação entre RT simples e QI em uma análise genética usando gêmeos. O RT e o QI simples, medidos usando as Matrizes Progressivas Avançadas do Raven, mostraram níveis idênticos de herdabilidade (0,58 e 0,58, respectivamente) e, além disso, a correlação fenotípica entre os dois (- 0,21), aumento do QI diminuição da velocidade portanto, uma correlação é negativa, foi completamente mediada por fatores genéticos comuns (Woodley, Te Nijenhuis, & Murphy, 2013).

Vernon (1983) estudou a relação entre uma série de medidas de velocidade do processamento de informações cognitivas e inteligência geral entre uma amostra de estudantes universitários de capacidade mental acima da média. As medidas cognitivas incluíram tempo de reação simples (RT), velocidade de codificação, velocidade de recuperação de informações de memória de longo prazo (LTM) e velocidade de processamento de memória de curto prazo (STM), um dos paradigmas de processamento de informação primeiramente estudados do ponto de vista das diferenças individuais nas habilidades mentais (Sternberg, 1966). As medidas de inteligência foram obtidas a partir das escalas WAIS (*Wechsler Adult Intelligence Scale*) e RAM (*Raven Advanced Matrices* (RAM)).

A conclusão geral foi que as diferenças individuais no desempenho do teste de QI refletem diferenças na velocidade e eficiência com as quais as pessoas podem executar um número de processos cognitivos elementares. Uma série de conceitos bem conhecidos em psicologia cognitiva sugere os possíveis mecanismos que podem explicar a relação entre medidas de velocidade de processamento de informação e desempenho em testes de inteligência (Jensen, 1982; Vernon, 1983).

Resumidamente, supõe-se que, embora diferentes tipos de testes de inteligência possam diferir radicalmente em aparência e conteúdo (como por exemplo, vocabulário, desenhos de blocos, aritmética ou matrizes), as pessoas devem realizar vários processos cognitivos comuns ao realizar esses testes. Supõe-se ainda que o processamento de informações em que uma pessoa se envolve ao resolver um problema ou responder a um item de teste de inteligência é realizado em algum tipo de sistema de memória de curto prazo ou de memória de trabalho.

Em uma situação de solução de problemas de teste, uma pessoa deve primeiro codificar o problema e recodificá-lo em um formulário que possa ser mantido na memória de trabalho. A digitalização ou processamento dessas informações pode permitir que a pessoa reconheça a natureza do problema e os tipos de informações necessárias para a solução. Se esta informação estiver disponível, ela deve ser recuperada do LTM, e os processos reais envolvidos na solução do problema podem então ser executados (Vernon & Jensen, 1984).

Independentemente da natureza específica das operações relacionadas à tarefa, então, argumenta-se que um determinante mais fundamental do eventual sucesso ou falha de uma pessoa na resolução de um problema é até que ponto ela pode superar as limitações do sistema e que a velocidade com que o sujeito processa a informação será, em grande parte, responsável pela sua melhor eficiência. A velocidade em si, é claro, pode estar relacionada a processos ainda mais fundamentais na interface do cérebro e do comportamento, como, por exemplo, erros na transmissão de impulsos neurais hipotetizado por Eysenck (1982).

No entanto, a complexidade da tarefa deve ser considerada, uma vez que quanto mais "complexa" a tarefa de velocidade, mais forte é a relação entre velocidade e inteligência (Jensen, 1998b). Portanto, quanto mais a tarefa de velocidade impõe demandas de memória e atenção, mais forte é a correlação entre velocidade e *g*. Assim, não é a velocidade propriamente dita que prediz habilidade mas sim o componente de atenção das tarefas de velocidade (Conway, Kane & Engle, 1999; Cowan, 1998).

Descobertas mais recentes sugerem que a velocidade do processamento de informações deve ser vista como um construto geral ou independente de tarefa. Verificou-se que a velocidade do processamento de informação de jovens adultos é altamente correlacionada em diferentes tarefas que abrangem uma ampla gama de complexidade (Vernon, 1983; Hale & Jensen, 1994), e o desempenho acelerado em muitas tarefas diferentes na infância, reflete uma tendência global de desenvolvimento na velocidade de processamento (Hale, 1990; Kail, 1991a, 1992; Kail & Park, 1992; Kail, 1993).

Em conclusão, os resultados deste estudo de Vernon e Jensen (1984) são consistentes com a hipótese de que as diferenças individuais e as diferenças médias entre os grupos em habilidades psicométricas e desempenho escolar estão relacionadas a diferenças na velocidade de processamento da informação, conforme medido em tarefas cognitivas elementares. As correlações dentro dos grupos e as diferenças entre os grupos fornecem um acréscimo ao entendimento das diferenças intelectuais. Os resultados se complementam de uma maneira consistente com a concepção de que as diferenças na velocidade de execução dos processos cognitivos básicos são subjacentes às diferenças na capacidade mental geral.

Uma analogia potencialmente heurística pode ser traçada entre os processos cognitivos e os computadores, comparando alguns processos ao *hardware* e outros aos componentes de *software*. Em termos dessa analogia, ainda estamos incertos sobre os graus relativos aos quais o *g* psicométrico reflete os componentes "hardware" e "software" do processamento cognitivo (Sternberg & Gardner, 1982).

Alguns pesquisadores argumentam que a velocidade de processamento é responsável pela relação entre memória de trabalho (*Working Memory* – WM) e a inteligência fluida. WM refere-se a um sistema de capacidade limitada responsável por manter as informações por curtos períodos de tempo enquanto manipula simultaneamente essa informação por operações mentais específicas. Portanto, WM é composto por dois componentes estruturais: (a) um armazenamento de curto prazo que armazena informação durante um breve período de tempo, e (b) um componente de processamento que processa a informação, sendo geralmente referido como componente executivo ou de controle (Tourva *et al.*, 2016).

De acordo com este argumento, a velocidade de processamento é uma característica geral que determina a capacidade pela qual o processamento (codificação, transformação, recuperação) da informação dentro da memória de trabalho leva tempo. Quanto mais rápida a taxa de processamento, maior a quantidade de informações que

podem ser processadas em uma unidade de tempo. Assim, um indivíduo com WM acima da média pode ter, funcionalmente, uma capacidade maior que outros, mas o atributo causal é uma velocidade de processamento global.

No entanto, a velocidade mental parece se apresentar de forma subjacente à inteligência. Partindo do pressuposto de que o QI é o efeito e não a causa de suas bases biológicas, Eysenck (1987), Jensen (1987) e Vernon (1987) argumentam que a variabilidade no QI é consequência de diferenças individuais em um ou mais atributos neurais (Eysenck, 1987).

A velocidade de processamento de informação é considerada um processo cognitivo de baixo nível, embora compartilhe uma grande parte de sua variância genética com habilidades de ordem superior (como raciocínio e memória de trabalho) (Luciano *et al.*, 2003; Neubauer, 1997). É um domínio cognitivo particularmente propenso à deterioração com o envelhecimento (Salthouse, 1996). Estudos indicam que o tempo de reação simples diminui em torno dos 50 anos de idade e o RT de escolha diminui em toda a faixa adulta (Der & Deary, 2003). No entanto, semelhante à cognição complexa com a qual está correlacionada, espera-se que os genes que influenciam a velocidade sejam estáveis ao longo da vida (Lyons, Hoffman, & Michel, 2009).

Infância e adolescência são períodos em que a velocidade de processamento, inteligência fluida e inteligência cristalizada melhoram extensivamente. Pesquisas de desenvolvimento indicaram que aumentos na velocidade de processamento durante a infância e adolescência levam a aumentos na inteligência fluida (Fry & Hale, 1996; Kail, 2007; Nettelbeck & Burns, 2010).

A velocidade de processamento, medida por tarefas cognitivas elementares, tem sido usada para compreender a estrutura genética da capacidade mental humana (Baker *et al.*, 1991). Medidas de tempo de reação e medidas sem um componente RT (como o tempo de inspeção) demonstram correlações fenotípicas que variam entre -30 e -50 com o QI (Deary, 2001; Deary, Der & Ford, 2001; Deary e Stough, 1997).

Tarefas Cognitivas Elementares (ECTs) medem níveis básicos de habilidades cognitivas. Vários estudos investigaram a relação entre pontuação de QI e velocidade mental. Como o desempenho em muitas dessas tarefas é medido pela velocidade de ação (por exemplo, testes de tempo de reação), é comum estabelecer correlações entre os resultados dos exames de inteligência (calculados a partir de uma medida independente das ECTs) e níveis de velocidade em ECTs e, portanto, fazer uma ligação entre os escores

de inteligência e a velocidade processamento cognitivo (Kranzler & Jensen, 1989; Sheppard & Vernon, 2008).

Tarefas cognitivas elementares mais complexas correlacionam-se mais fortemente com o QI, por exemplo, a opção RT confere uma correlação maior com o QI do que a RT simples (Deary *et al.*, 2001; Larson, Merritt, & Williams, 1988).

À medida que as crianças crescem, elas são capazes de processar informações mais rapidamente. A natureza dessa tendência de desenvolvimento foi claramente revelada em um estudo feito por Hale (1990) que testou quatro grupos etários (10, 12, 15 e 19 anos de idade) em uma bateria de quatro diferentes tarefas de velocidade de processamento. Seus resultados mostraram que o aumento na velocidade com a idade não era específico para nenhuma tarefa, mas sim algo de natureza global. Isto é, em todas as tarefas, o tempo requerido pelas crianças de uma determinada faixa etária era aproximadamente proporcional ao tempo requerido pelo grupo de jovens adultos (por exemplo, em todas as condições, as crianças de 12 anos eram aproximadamente 50% mais lentas que os adultos jovens). Hale sugeriu que a diminuição sistemática nessa proporção com a idade forneceu evidências de uma tendência de desenvolvimento global na velocidade de processamento (Hale, 1990).

Kail (1991a) testou a hipótese da tendência de desenvolvimento global ao conduzir uma meta-análise de estudos de desenvolvimento. Ele reanalisou dados de 72 estudos que compararam os tempos de reação (RTs) de grupos de crianças de 4 anos ou mais aos de adultos jovens em uma ampla variedade de tarefas de processamento de informações. Os resultados de sua metanálise mostraram que, de acordo com os achados de Hale (1990), em qualquer idade os RTs das crianças foram proporcionais aos de adultos jovens realizando as mesmas tarefas. Além disso, ele relatou que a melhoria do desenvolvimento na velocidade de processamento foi bem descrita por uma função exponencial (não linear). Esta função capta o fato de que a velocidade de processamento mostra melhorias inicialmente rápidas e progressivamente mais graduais ao longo da infância e até a adolescência (Kail, 1991a).

Cerella e Hale (1994) recentemente conduziram uma revisão de literatura que incluiu análises adicionais projetadas para avaliar a utilidade de funções exponenciais na descrição de mudanças relacionadas à idade na velocidade ao longo da vida. Eles mostraram que uma função exponencial pode ser usada para descrever a mudança relacionada à idade durante a infância e outra para descrever a mudança durante a vida adulta. Quando as duas funções são combinadas, elas formam uma única função em forma

de U, descrevendo a melhora gradual da velocidade durante a infância, seguida primeiro por um patamar e depois por um declínio ainda mais gradual durante a idade adulta (Cerella & Hale, 1994).

Pesquisadores interessados em estudar a relação entre as diferenças individuais em inteligência e as diferenças individuais em velocidade normalmente utilizam testes de QI das crianças nas escolas e correlacionam os escores com as medidas de velocidade. No entanto, ao contrário de uma correlação parcial entre a velocidade e as pontuações brutas dos testes com a idade estatisticamente controlada, uma correlação entre a velocidade e os escores de QI corrige apenas as mudanças no desenvolvimento da inteligência. Questões relativas ao tamanho das amostras, restrição de alcance e o tipo e confiabilidade de medidas também contribuem para um quadro confuso do efeito do desenvolvimento sobre a relação entre velocidade e inteligência que emerge da literatura (Fry & Hale, 2000).

A maioria dos estudos sobre a relação entre a velocidade e a inteligência fluida de crianças em idade escolar concentrou-se em grupos de indivíduos que são todos da mesma idade ou na mesma série na escola. Os resultados obtidos de tais estudos foram comparáveis com aqueles obtidos de grupos homogêneos de idade de adultos. Verificou-se que as correlações variam amplamente, dependendo dos métodos de medição do RT e da inteligência, da confiabilidade dessas medidas e da população em estudo.

As correlações obtidas são quase sempre negativas porque a velocidade é tipicamente medida em termos de tempo e indivíduos mais inteligentes tendem a demorar menos tempo para responder. A magnitude da correlação parece estar relacionada aos mesmos tipos de fatores metodológicos, independentemente de se estar testando crianças ou adultos. É importante ressaltar que a força da relação entre a velocidade e a inteligência dos indivíduos não parece mudar sistematicamente durante a infância. Correlações robustas podem levar a concluir que pode haver uma tendência para correlações mais fortes com o aumento da idade, ao invés de mais fraco como previsto por Brand (1981) (Fry & Hale, 2000).

De acordo com a metanálise de Fry e Hale (2000), os resultados de três estudos de crianças de 12 anos argumentam contra essa conclusão. Smith e Stanley (1983) relataram correlações variando de 0,00 a -0,34 entre as medidas de RT e as pontuações nos subtestes de WAIS e no teste de inteligência de *Cattell Culture Fair*. Da mesma forma, Carlson e Jensen (1982) relataram uma correlação de -0.13 entre uma inteligência fluida medida usando o fator Raven e velocidade geral obtida de RTs no aparelho de

Jensen, e Cohn, Carlson, e Jensen, (1985) obtiveram correlações de -0.15 a -0.30 usando procedimentos similares. As correlações relatadas em todos esses três estudos com crianças de 12 anos são menores do que aquelas relatadas nos estudos de crianças de 11 anos de idade, mas são bastante similares àquelas relatadas em estudos de crianças mais novas (6 a 9 anos).

Finalmente, correlações entre velocidade e inteligência também foram relatadas para adolescentes com idade entre 13 e 14 anos. Todos os três estudos dessa faixa etária usaram o teste de Raven para medir a inteligência, mas um (Deary, 1994) usou tempo de inspeção como medida de velocidade de processamento, enquanto os outros dois (Jensen & Munro, 1979; Carlson & Jensen, 1982) usaram o aparato de Jensen. Tanto a correlação mais alta (-0,54 relatada por Carlson e Jensen para uma amostra de 13 anos) quanto a menor correlação (-0,37 relatada por Jensen e Munro para uma amostra de 14 anos) foram obtidas de dois estudos que usaram os mesmos procedimentos.

2.3.2 Tempo de reação e capacidade mental

O tempo de reação tem desempenhado um papel importante nas pesquisas sobre a capacidade mental humana por mais de um século. Nas primeiras décadas, os estudos freqüentemente encontraram tempos de reação médios mais rápidos associados com maior status ocupacional e maior capacidade mental, conforme medido por uma variedade de testes (Beck, 1933; Peak & Boring, 1926).

Nas últimas duas décadas, os pesquisadores relataram correlações negativas de pequenas a moderadas entre o tempo de reação em tarefas elementares de processamento de informações e medidas de inteligência psicométrica (QI); (Vernon, 1987). Como essas tarefas de RT foram consideradas desprovidas de conteúdo e relativamente livres de influência da experiência acadêmica, muitos pesquisadores exploram a conexão entre RT e QI concluíram que a TR reflete amplamente uma propriedade do substrato neural: tempo de transmissão, tempo de condução ou eficiência neural (Bors & Forrin, 1995).

No centro das teorias cognitivistas da inteligência ou teorias do processamento da informação, um dos modelos de estudo mais consolidados envolve a análise dos tempos dispendidos pelos sujeitos na realização das tarefas. Sternberg (1977) e Hunt e MacLeod (1978), utilizando métodos componenciais, desmembraram as tarefas clássicas na avaliação da inteligência nas várias funções cognitivas usadas pelos sujeitos na sua resolução, estimando quais as componentes relevantes na resolução das tarefas e o seu

peso efetivo, avaliando-se este através do tempo e do erro que traziam ao desempenho. Através da manipulação do formato das tarefas e do volume de informação disponível a ser processada foi possível inferir tais componentes e sua respectiva importância (Sternberg, 1966).

Os estudos com os tempos de reação em tarefas cognitivas relativamente simples, por exemplo apertar um botão face a um som grave ou informar se duas letras são idênticas ou diferentes do ponto de vista semântico (vogal e consoante) ou físico (minúsculas e maiúsculas) ilustram esse modelo. Através das correlações obtidas, é possível verificar em que medida sujeitos mais e menos capazes do ponto de vista intelectual se diferenciam nos tempos gastos (Ribeiro & Almeida, 2005).

No contexto das diferenças individuais na cognição, tempos de reação simples e de escolha têm sido usados por psicólogos desde os primórdios da psicologia experimental (Donders, 1868).

Tomando as investigações disponíveis, os resultados sugerem correlações negativas e estatisticamente significativas entre tempos de reação em tarefas simples e os níveis de inteligência avaliados através dos testes psicológicos (Jensen, 1979; Jensen & Munro, 1979; Deary *et al.*, 2001). Sujeitos mais hábeis do ponto de vista cognitivo realizam tais tarefas de uma forma mais rápida e eficiente, generalizando-se esse padrão de resultados a diferentes grupos humanos (Deary *et al.*, 2001).

Segundo Jensen (1981) existem três paradigmas distintos e básicos nas pesquisas de RT. Cada paradigma mede diferentes facetas da velocidade de processamento da informação, e cada uma delas mostrou uma relação com as variáveis psicométricas.

I) O paradigma de Hick - Em 1952, Hick, constatou a existência de uma relação linear entre tempo de reação de escolha e a complexidade da tarefa. Segundo ele, o RT aumenta linearmente como uma função de \log_2 do número de escolhas ou alternativas de estímulo - um fenômeno hoje conhecido como Lei de Hick (figura 2). O aumento linear do RT para estímulos visuais ou auditivos como uma função da quantidade de informação (medida como bits = \log_2 do número de alternativas de estímulo) transmitida pelo estímulo de reação não envolve a necessidade de acessar memória de curto prazo STM (*short-term memory*) ou de longo prazo LTM (*long-term memory*). A partir de então, o paradigma de Hick possibilitou estabelecer relações entre velocidade de processamento e inteligência (Flores-Mendoza, 1998).



Figura 2 - Lei de Hick - Tempo de Reação em Função de Bits de Informação
Lei de Hick - Tempo de Reação em Função de Bits de Informação

Diferenças em interceptações e declives da lei de Hick, para diversos grupos variando em idade e inteligência: A - estudantes universitários, B - meninas do nono ano, C - alunos do sexto ano em escola de QI e nível socioeconômico elevados, D e E - brancos e negros, respectivamente, calouros universitários homens com pontuação de aptidão escolar aproximadamente igual, F - adultos jovens com retardo mental grave (QI médio 39), G - adultos jovens levemente retardados (média de QI 70). (Adaptado de Jensen, 1979)

II) O paradigma de Sternberg (1966) o RT aumenta como uma função linear do número de itens no conjunto, diferentemente do fenômeno Hick, no qual o RT aumenta como um função linear do logaritmo (\log_2) do número de alternativas de estímulo. Apresenta-se ao sujeito um pequeno conjunto de dígitos (ou letras) seguido imediatamente por um único dígito específico de análise ao qual o sujeito responde "sim" ou "não" se esse último estava ou não incluído no conjunto inicial. O RT dos sujeitos ou tempo de decisão para pressionar a tecla "sim" ou "não" envolve velocidade de exposição de memória de curto prazo STM.

III) O paradigma de Posner (1969) contrasta os TRs discriminativos ("iguais" versus "diferentes") a pares de estímulos que são iguais ou diferentes, tanto física quanto semanticamente. Por exemplo, as letras AA são fisicamente as mesmas, enquanto Aa são fisicamente diferentes mas semanticamente o mesmo. Quando o sujeito é instruído a responder "igual" ou "diferente" ao estímulo físico, os RTs são mais rápidos do que quando devem responder ao significado semântico. A discriminação física é

essencialmente a mesma que o RT clássico discriminativo, mas RT na discriminação semântica envolve o acesso a códigos semânticos em LTM, o que leva consideravelmente mais tempo do que o RT de discriminação física. A diferença entre o RT semântico e o físico, portanto, mede o tempo de acesso a códigos semânticos altamente aprendidos nos últimos 12 meses.

Um experimento básico capaz de medir o RT simples está representado na figura 3, utilizado por Jensen (1981). Seguindo instruções prévias, os participantes geralmente recebem 15 testes para cada número de alternativas (60 tentativas ao todo) em uma única sessão com duração de aproximadamente 20 minutos. O sujeito posiciona o dedo indicador no botão "home", um sinal de "beep" é emitido por 1 segundo e, após um intervalo aleatório de 1 a 4 segundos, uma das luzes acende (figura 3). O indivíduo deve desligar a luz o mais rápido possível tocando no botão adjacente a ela. O tempo entre a luz e a retirada do dedo do botão home é o RT. O intervalo entre a liberação do botão home para apagar a luz é o tempo de movimento (MT). Modelos podem ser colocados sobre o aparato para expor qualquer número de alternativas de luz / botão de 1 a 8 (Jensen, 1981).

Em seu estudo, Jensen (1981) revisa as principais correntes na pesquisa sobre a relação entre o tempo de reação e a inteligência geral e outras habilidades psicométricas mentais. Sua primeira conclusão foi que os parâmetros de RT em uma variedade de paradigmas estão significativamente relacionados a pontuações em testes padrão de inteligência e outras habilidades psicométricas. Como já observado (Jensen, 1979), o estudo do RT como uma medida da capacidade mental teve um mau começo no início da história da psicologia, por uma série de razões, em grande parte devido à ingenuidade psicométrica e métodos estatísticos inadequados.

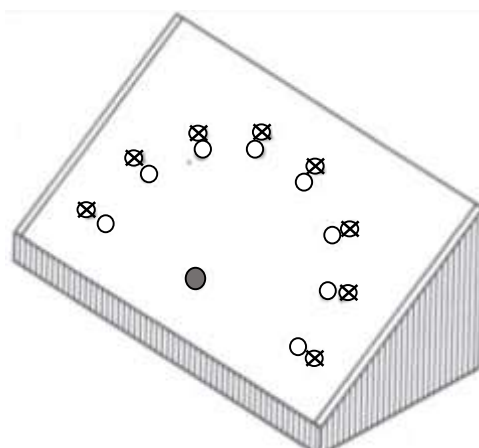


Figura 3. Dispositivo utilizado para Medição do Tempo de Reação Simples

Aparato para medição de tempo de reação e tempo de movimento. Botões de pressão indicados por círculos brancos, as luzes representadas por círculos cruzados e o círculo cinza, no canto inferior, indica o botão “home” (Adaptado de Jensen, 1981).

De acordo com Jensen e Munro (1979), RT aumenta com a quantidade de informação, enquanto MT varia apenas ligeiramente. Em um de seus experimentos, os pesquisadores plotaram RT e MT separadamente para o alto, médio e baixos escores do teste de Raven (Figura 4). A relação entre RT e bits para indivíduos é bastante linear, condizente com a correlação de Pearson entre RT (média de 30 tentativas) e número de bits para cada sujeito. A média foi de 0,97, onde esse nível de correlação tão alto indica uma regressão linear quase perfeita do RT em bits de informação para indivíduos. MT mostra uma relação menos sistemática com a quantidade de informação (média entre MT e número de bits é 0.54).

Correlações entre RT e QI podem ser geralmente caracterizadas como razoavelmente baixas mas a hipótese de ausência de correlações deve ser desconsiderada. A maioria dos resultados cai no intervalo de 0 a -50, sendo importante entender as causas desse limiar aparentemente baixo de correlação. Essa relação entre QI e RT indica que os testes de QI padrão recorrem a processos fundamentais envolvidos em diferenças individuais em conhecimento específico, habilidades adquiridas ou formação cultural mas também medem, em parte, algum aspecto intrínseco básico da capacidade mental (Jensen, 1981).

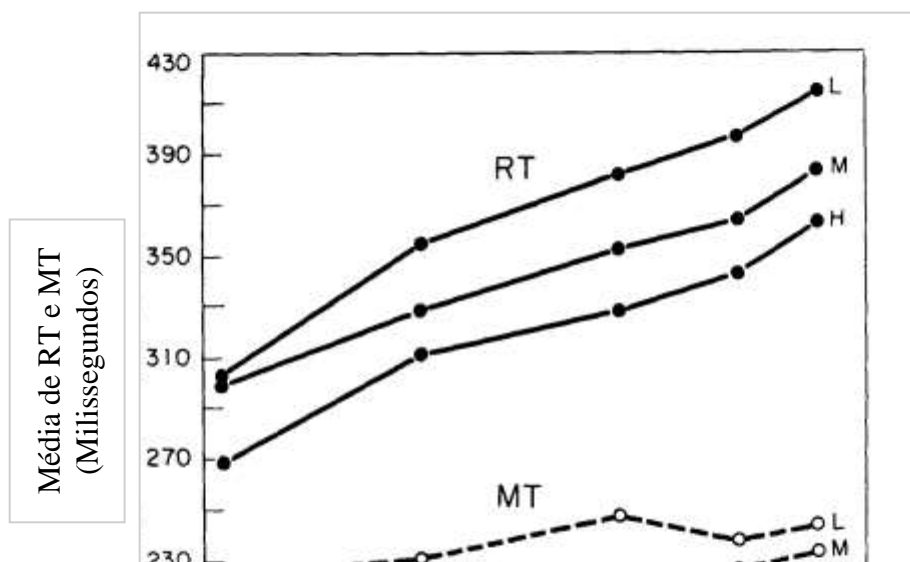


Figura 4. Tempo de Reação e Tempo de Movimento em função de Bits de informação

Média de Tempo de reação e de movimento (em milissegundos). Em função de bits de informação na exibição do estímulo, plotados separadamente para o alto – H (*High*), médio – M (*Moderate*) e baixo – L (*Low*) dos escores das matrizes progressivas de Raven (Adaptado de Jensen & Munro, 1979).

Jensen (1981) descreve o desempenho de RT de um indivíduo no paradigma Hick em termos de três aspectos: o declive da regressão linear de RT em bits, o intercepto da linha de regressão e a variabilidade intraindividual em tentativas, que é indexada pela raiz quadrada média das variações entre as tentativas dentro dos bits. Diferenças individuais em todos os parâmetros RT são positivamente inter correlacionadas.

A relação negativa entre RTs em tarefas cognitivas elementares (ECTs) e inteligência psicométrica pode ser considerada um fenômeno bem estabelecido na pesquisa de inteligência. No entanto, mesmo o desempenho nas ECTs mais simples, como a tarefa de RT simples e de escolha de Hick exige a execução de vários processos cognitivos elementares (ECPs). Segundo Smith (1980), quatro ECPs podem ser distinguidos em uma tarefa de escolha de RT: (1) percepção de estímulo, (2) discriminação de estímulo, (3) escolha de resposta e (4) resposta motora. (Neubauer & Knorr, 1997).

Se o tempo de reação e os parâmetros derivados nos três paradigmas refletem diferentes processos, envolvendo codificação de estímulo, recorrência de memória de curto prazo e recuperação de códigos semânticos em memória de longo prazo, deve-se esperar que uma combinação ponderada ideal de medidas de RT derivadas dos três paradigmas mostre uma correlação muito mais substancial com as pontuações dos testes mentais do que as medições derivado de apenas um único paradigma (Jensen, 1981).

Isso foi exatamente o que Keating e Bobbitt (1978) descobriram onde três medidas derivadas de RT foram obtidos para cada sujeito: (1) RT de escolha menos RT simples (paradigma de Hick), (2) RT de semelhança semântica menos os tempos de reação para semelhanças físicas (pares de letras iguais) (paradigma de Posner) e (3) declive de RT nos conjuntos com 1, 3 ou 5 dígitos (paradigma de Sternberg). A inter correlação média entre as três medidas foi de apenas 0,27, indicando que eles estão explorando diferentes processos, bem como compartilhando algumas variações em comum (Keating & Bobbitt, 1978 *apud* Jensen, 1981).

As correlações ganham ainda maior relevância estatística quando os estudos envolvem os tempos de reação em tarefas mais complexas (Necka, 1992; Vernon & Weese, 1993).

A relação entre os níveis de correlação obtidos e a complexidade das tarefas não é linear. Se as correlações aumentam à medida que elevamos a complexidade das tarefas, é certo também que, a partir de um determinado nível de complexidade, os coeficientes de correlação deixam de aumentar (Jensen & Sinha, 1993). Este dado parece sugerir que as correlações são mais elevadas quando a complexidade cognitiva inerente às tarefas se aproxima do limiar de capacidade de memória de trabalho dos sujeitos, isto é, quando ficam justamente aquém de provocar uma sobrecarga da informação a processar na memória de trabalho (Ribeiro & Almeida, 2005).

A velocidade e a eficiência com que a informação é processada na memória de trabalho é fundamental para resultado final da execução da tarefa (Vernon, 1983, 1984). Também por isso se pode justificar que as correlações entre tempos de reação e inteligência aumentem na passagem de tarefas simples para tarefas complexas. Níveis superiores de inteligência podem tornar o sujeito mais hábil no uso de estratégias eficazes para lidar concomitantemente com maiores quantidades de informação e com o seu processamento (Fink & Neubauer, 2005; Miller & Vernon, 1992; Necka, 1992).

Os resultados confirmam a hipótese de que os itens mais difíceis, com menor número de respostas corretas, tendem a consumir mais tempo ao serem resolvidos. Assim, assistimos à transformação de velocidade em precisão, numa relação direta com o aumento da complexidade da tarefa (Schweizer, 1996).

Roth (1964) descobriu que essa tendência estava relacionada às diferenças na capacidade mental pois ele encontrou uma correlação negativa significativa entre tempo de reação de escolha e desempenhos em testes cognitivos. Seus achados levaram Eysenck (1967) a sugerir que o tempo de reação simples não estava relacionado às diferenças nos

testes de capacidade mental, mas que a sua relação com as escolhas era o componente causal. No entanto, o trabalho subsequente mostrou que a escolha, e até os tempos de reação simples, está mais fortemente relacionada aos escores dos testes de capacidade mental do que com declive sugerido por Hick (Deary, 2000).

Isso tem suas origens na suposição de Spearman de que o efeito da inteligência geral nos resultados dos testes mentais seria maior nos níveis mais baixos de habilidade e nas idades mais jovens. Os estudos que exploraram essa hipótese tipicamente empregam baterias de testes mentais e examinam diferentes níveis de habilidade para diferenças tanto na média das correlações Inter testes quanto na proporção da variância explicada pelo primeiro fator ou componente principal (Deary *et al.*, 1996).

No entanto, a teoria também poderia ser tomada para implicar que quaisquer duas medidas distintas de capacidade mental exibiriam uma relação não linear, com uma associação mais forte em níveis mais baixos de habilidade. Em uma amostra populacional, abrangendo todos os níveis de habilidades mentais, seria de se esperar que houvesse uma relação não-linear com medidas de processamento de informações, como o tempo de reação, com declives mais acentuados com menor capacidade mental (Der & Deary, 2003).

Uma variedade de possíveis mecanismos causais tem sido proposta como possivelmente subjacente a essas associações, que vão desde processos básicos, como velocidade de processamento de informações no sistema nervoso, até níveis mais elevados, como atenção, aprendizagem e motivação (Neubauer, 1997).

Uma relação não-linear entre o tempo de reação simples e a capacidade mental poderia, de certa forma, explicar essas diferenças. Espera-se que amostras com níveis mais elevados de capacidade mental exibam uma correlação mais baixa com o tempo de reação simples. Diferenças nos achados relatados seriam, ao menos em parte, um artefato de diferenças nas amostras analisadas. O viés do erro de amostragem também desempenhariam um papel importante das interpretações onde amostras relativamente pequenas com altos níveis de capacidade podem não ter o poder estatístico de detectar as relações mais fracas pertencentes a esses níveis (Der & Deary, 2003).

Os estudos de Nettelbeck (1987) confirmam o importante papel do tempo de reação de escolha ao mesmo tempo em que sugerem cautela na interpretação do tempo de reação simples até que dados adicionais estejam disponíveis para amostras semelhantes.

Estudos afirmam que a relação entre o número de respostas corretas e o tempo de latência cresce à medida que aumenta a complexidade da tarefa, quando se comparam sujeitos com diferentes níveis de capacidade. Nos itens iniciais (menos complexos) o indivíduo processa rapidamente a informação que lhe é inerente, chegando mais rápido à solução. Nas questões com menor probabilidade de se obterem respostas corretas, os sujeitos mais inteligentes, ao serem mais rápidos a processarem informação, têm a possibilidade de executá-las sem que a capacidade (limitada) da memória de trabalho entre em sobrecarga (Ribeiro & Almeida, 2005).

Embora pouca atenção tenha sido dada à variabilidade intraindividual em RT na literatura mais antiga, uma correlação negativa entre a variabilidade intraindividual em RT e QI é encontrada em todos os níveis de inteligência, desde os severamente retardados até os estudantes universitários. Esse aspecto das diferenças individuais na TR que parece ser o mais profundamente relacionado ao nível da inteligência, como tem sido frequentemente observado por pesquisadores que estudam RT em grupos com retardados mentais (Berkson & Baumeister, 1967; Baumeister & Kellas, 1968; Liebert & Baumeister, 1973; Wade, Newell & Wallace, 1978; Vernon, 1979 *apud* Jensen 1981).

2.3.3 Fatores que interferem na velocidade de processamento

São vários os fatores que interferem na velocidade de processamento, sendo um deles o as mudanças de idade. Nesse sentido, o QI tem sido muito estudado no contexto do desenvolvimento e envelhecimento adulto. Alguns estudos encontraram declínios relacionados com a idade nas funções cognitivas que se presume estarem associadas à inteligência fluida (Horn & Cattell, 1967; Salthouse & Somberg, 1982; Salthouse, 1991, 1993, 1994).

Declínios relacionados à idade na velocidade do processamento da informação têm sido comumente associados a diferenças de idade em habilidades cognitivas mais altas, como funções de memória e inteligência fluida. Rabbitt (1990) afirmou que a inteligência psicométrica é responsável por toda a lentidão da taxa de processamento de informações associada ao envelhecimento normal (Rabbitt & Goward, 1994).

Cattell (1890) incluiu o tempo de reação em sua proposta histórica para a primeira bateria de testes mentais. Os tempos de reação são teoricamente proeminentes no campo do envelhecimento cognitivo devido ao interesse nas mudanças no processamento de informações relacionadas à idade. Madden (2001) enfatizou o lugar especial da

velocidade do processamento na pesquisa sobre o envelhecimento, porque “a velocidade é frequentemente vista não apenas como uma medida comportamental, mas também como uma propriedade fundamental do sistema nervoso central” (p. 288). Em segundo lugar, a variação da idade nos índices de tempo de reação pode ser responsável por porções consideráveis da variância em funções cognitivas mais complexas (Madden, 2001; Salthouse, 1991, 1996 *apud* Deary & Der, 2005).

Os tempos de reação sofrem mudanças com a idade e correlacionam-se com os escores nos testes de funções cognitivas superiores. As mudanças nos RTs relacionadas à idade são responsáveis por uma proporção substancial da variância relacionadas à idade em funções cognitivas superiores (Deary, 2000; Madden, 2001; Salthouse, 1996, 2000; Sliwinski & Buschke, 1999). Essas funções cognitivas superiores são frequentemente aquelas avaliadas por testes psicométricos de funções intelectuais, como raciocínio, memória e capacidade espacial.

A velocidade de processamento de informação é considerada um processo cognitivo de baixo nível, embora compartilhe uma grande parte de sua variância genética com habilidades de ordem superior (por exemplo, raciocínio, memória de trabalho) (Luciano *et al.*, 2003; Neubauer, 1997). É um domínio cognitivo que é particularmente propenso à deterioração com o envelhecimento (Salthouse, 1996). No entanto, semelhante à cognição complexa com a qual está correlacionada, espera-se que os genes que influenciam a velocidade sejam estáveis ao longo da vida (Lyons *et al.*, 2009).

Assim, uma teoria parcimoniosa do envelhecimento cognitivo é que a velocidade de processamento é uma habilidade essencial que envelhece e que mudanças na velocidade de processamento contribuem para as mudanças relacionadas à idade em tarefas cognitivas heterogêneas (Salthouse, 1996; Hertzog & Bleckley, 2001). O tempo de reação é comumente usado para avaliar a velocidade do processamento de informações nesse contexto. Portanto, é importante conhecer não apenas as mudanças nos tempos de reação que ocorrem com a idade, mas também avaliar o grau em que elas são responsáveis pelas mudanças relacionadas à idade em outras habilidades cognitivas (Deary *et al.*, 2001).

Salthouse (1985) postulou que uma diferença na velocidade do processamento da informação é primariamente responsável por diferenças e declínios nas atividades cognitivas. Ele sugeriu que, uma vez que a velocidade de processamento da informação fosse controlada, a correlação entre idade e QI deveria desaparecer.

Nettelbeck e Rabbitt (1992) oferecem algum apoio para as previsões de Salthouse. Eles descobriram que a velocidade de processamento de informações era um fator importante nos declínios relacionados à idade. Com relação à aprendizagem e retenção de médio prazo, no entanto, eles descobriram que a idade fez uma contribuição significativa independente da velocidade do processamento da informação.

Em sua revisão sobre esse tema, Deary (2000) destacou que associações significativas entre inteligência psicométrica e índices de tempo de reação (meios e variabilidades) ocorrem em todas as idades e não apenas na velhice. Os tamanhos dos efeitos são tipicamente pequenos, com correlações geralmente de - 0,2 (pessoas com melhores resultados nos testes psicométricos geralmente têm tempos de reação mais rápidos e menos variáveis). No entanto, esses tamanhos de efeito provavelmente são subestimados, porque muitas amostras de participantes consistem em estudantes universitários cuja gama de habilidades cognitivas é atenuada (Deary, 2000).

Embora as correlações obtidas em estudos que utilizam amostras de adolescentes sejam moderadamente altas, há um padrão de aumentos e quedas na magnitude da correlação entre velocidade e inteligência ao longo da idade, de tal forma que as crianças mais jovens (6-7 anos) não têm as correlações mais baixas e as crianças mais velhas (13 a 14 anos) não têm as mais altas. Pelo contrário, as correlações mais altas são relatadas por estudos em crianças de 10 ou 11 anos, enquanto as correlações mais baixas são relatadas por estudos de crianças de 9 e 12 anos. Certamente, não há um padrão de declínio na força da relação com a idade, contrariando a previsão de Brand (1981). Além disso, deve-se notar que o intervalo de correlações entre velocidade e inteligência em crianças é de 0 a -0,60, muito semelhante ao observado em estudos que utilizaram grupos de adultos homogêneos para a idade (Eysenck & Eysenck, 1987).

A exploração de fatores potenciais relacionados à maturação pode revelar possíveis substratos neurobiológicos responsáveis por essa variação nas correlações velocidade e inteligência. Um mecanismo que pode estar por trás dos 20% da variação da inteligência fluida não explicada por mudanças na velocidade ou memória de trabalho foi relatado no estudo de Fry e Hale (1996), o qual envolve as mudanças no desenvolvimento do córtex frontal que ocorrem durante a infância e adolescência. A inclusão de medidas de função cortical baseadas em neuroimagens em estudos futuros poderia permitir a avaliação empírica desta e de outras hipóteses, abrindo assim a porta a toda uma nova era no estudo do desenvolvimento cognitivo (Dykiert, Der, Starr & Deary, 2012).

Em resumo, há um conhecimento imperfeito sobre as associações entre a idade e os tempos de reação simples e mais complexos. Até o momento, as amostras raramente representam a população subjacente e são freqüentemente pequenas; dispositivos e procedimentos experimentais variam; tempos de reação simples e de escolha nem sempre estão disponíveis; meios e variabilidades intraindividuais nem sempre são coletados; a estabilidade das diferenças individuais é raramente relatada e os resultados em relação às diferenças entre os sexos são ambíguos. No entanto, há um reconhecimento geral de que os dados de tempo de reação são potencialmente indicadores valiosos de eficiência de processamento em pessoas de diferentes idades (Deary, Der, & Ford 2001).

Portanto, o desempenho em tarefas de RT pode espelhar diferenças no substrato neural, mas pode refletir também processos cognitivos motivacionais, estratégicos e outros processos cognitivos de ordem superior (Bors & Forrin, 1995).

Considerando as mudanças ocorridas nos RTs ao longo dos anos, Irwin (2010) evidenciou mudanças significativas no tempo de reação visual ao longo do tempo. Os RTs obtidos por adultos jovens em 14 estudos publicados a partir de 1941 foram comparados com os RTs obtidos por adultos jovens em um estudo conduzido por Galton no final do século XIX. Com uma exceção, os estudos mais recentes obtiveram RTs maiores que os obtidos por Galton. A possibilidade de que essas diferenças nos resultados sejam devidas a instrumentos de cronometragem defeituosos foi considerada, ressaltando a importância da padronização de testes de RT para permitir análises mais refinadas de tendências seculares em RT.

Por outro lado, ao compor qualquer coleção de testes cognitivos, não há amostra perfeitamente representativa de todos os testes cognitivos possíveis. Portanto, qualquer amostra limitada de testes não produzirá exatamente o mesmo g que outra amostra. Os valores amostrais de g e, portanto, também correlações envolvendo suas medidas são atenuados por erro de amostragem psicométrica, mas o fato de que g é substancialmente correlacionado entre as diferentes baterias de teste implica que os diferentes valores obtidos de g podem ser interpretados como estimativas de um valor verdadeiro (Johnson, Bouchard, Krueger, McGue, & Gottesman, 2004).

Das várias causas possíveis para RTs mais longos, duas são consideradas sustentáveis: RT aumentou pelo acúmulo de neurotoxinas no meio ambiente e pelo crescente número de pessoas com saúde menos robusta que sobreviveram até a idade adulta. Uma grande quantidade de pesquisas mostra que o RT é mais longo em pessoas que foram expostas a altas concentrações de substâncias neurotóxicas, como o chumbo

(Barth *et al.*, 2002), o cloro (Kilburn & Thornton, 1995) e tricloroetileno e mercúrio (Liang, Sun, Sun, Chen & Li, 1993).

Estudos indicam, entretanto, que o efeito das neurotoxinas no QI é tipicamente menos pronunciado nas medidas que utilizam maior peso em *g* (Lezak, 1983). Considerando que o declínio da RT simples que é devido ao declínio do "g genético", é possível descartar as contribuições de neurotoxinas, pois o que quer que esteja diminuindo "g genético" deve ser um *efeito Jensen*. Isso torna a fertilidade disgênica o principal candidato (Woodley & Meisenberg, 2013).

A outra premissa é baseada em pesquisas mostrando que pessoas com menos saúde têm RTs mais longos (Emery, 2006) e que a expectativa de vida é inversamente relacionada ao tempo de RT (Deary & Der, 2005; Shipley, Der, Taylor & Deary, 2006). Assim, o RT aumentou ao longo do tempo, porque através das coortes de nascimentos havia proporções crescentes de adultos pouco saudáveis.

Essa explicação pode parecer contra-intuitiva porque é razoável acreditar que a saúde da população adulta melhorou em geral à medida que o tempo de vida aumentou nos últimos 200 anos. No entanto, longevidade e saúde robusta não são sinônimos. Essa diferença é ilustrada pelo diabetes. Embora os avanços da medicina moderna tenham permitido que muitos diabéticos permaneçam vivos e ativos, é também o caso de os diabéticos correrem risco de má circulação, perda de visão, insuficiência renal, infecção e distúrbios nervosos (Etkin, Lenker, & Mills, 2005). O diabetes também aumenta o RT foi demonstrado em dois estudos recentes (Jorm *et al.*, 2005; Pavlik, Hyman, & Doody, 2005). Não por acaso, a proporção de pessoas de 18 a 79 anos com diagnóstico de diabetes aumentou mais de 100% entre 1980 e 2007 nos Estados Unidos (Atlanta, 2009).

Uma outra variável que impacta as diferenças em velocidade de processamento se refere ao sexo. Sobre a existência de diferenças entre homens e mulheres quanto à capacidade mental geral, os resultados ainda não são claros. Alguns autores não relatam diferença (Camarata & Woodcock, 2006; Reynolds, Keith, Ridley & Patel, 2008). Outros argumentam que os homens mostram uma vantagem pequena, porém significativa (Jackson & Rushton, 2006; Lynn & Irwing, 2008). Uma complicação adicional é a grande variedade de habilidades cognitivas específicas que mostram diferenças de sexo (Halpern & LaMay, 2000), e como esses efeitos podem diferir ao longo da vida (Lynn, 1999).

Silverman *et al.* (2010) analisa estudos de RT simples realizados entre a década de 1880 e os dias atuais. Ele compara as estimativas de Galton coletadas entre 1884 e 1893 com doze estudos da era moderna (pós 1941). As medidas de Galton indicaram uma

média visual simples de RT de 183 milissegundos (ms) para uma grande amostra de 2522 jovens adultos do sexo masculino (idade entre 18 e 30 anos), juntamente com uma média de 187 ms para uma amostra de 888 mulheres com idades equivalentes. Além disso, Silverman também foi capaz de descartar de forma abrangente a falta de diversidade socioeconômica, pois as amostras de Galton eram diversas o suficiente para serem estratificadas em sete grupos ocupacionais masculinos e seis femininos.

Doze modernos estudos de RT simples (pós-1941), por contraste, revelaram RTs consideravelmente mais lentos tanto para homens (média de 250 ms) quanto para mulheres (média de 277 ms). Comparando as medidas do século XIX com as modernas, Silverman verificaram que em 11 dos 12 estudos e em 19 de 20 comparações, as diferenças foram estatisticamente significantes. Além disso, a idade não era um fator de confusão, pois Silverman combinava estudos ao longo do tempo com base na faixa etária (Woodley *et al.*, 2013).

Diferenças marcadas e consistentes entre homens e mulheres foram observadas na variabilidade intraindividual do tempo de reação de escolha entre os 30 e os 60 anos. Esse comportamento na variabilidade intraindividual no tempo de reação pode estar relacionada às diferenças gerais entre os sexos adultos nas ações cerebrais dos estrogênios e outros hormônios esteroides que têm receptores no cérebro. Os efeitos dos estrogênios diferem nos cérebros masculino e feminino, seja como resultado da diferenciação sexual do cérebro ou como resultado dos níveis de hormônios circulantes (McEwen & Magarinos, 2001). Os estrogênios afetam áreas do cérebro relacionadas à memória e outros aspectos do processamento da informação, incluindo o hipocampo e os neurônios ascendentes colinérgicos, serotoninérgicos, noradrenérgicos e dopaminérgicos (McEwen & Magarinos, 2001). Estes sistemas têm sido sugeridos como reguladores da relação sinal-ruído e variabilidade no processamento da informação, e a função da dopamina foi especificamente hipotetizada para afetar variabilidade no desempenho cognitivo (Li, Lindenberger, & Sikstrom, 2001).

Bonney *et al.* (2006) mostraram maiores escores de TI para homens, mas a amostra foi composta por pessoas de 70 anos com comprometimento cognitivo leve. Por outro lado, Codorniu-Raga & Vigil-Colet (2003) relataram menores escores de TI para homens em uma amostra de 11 a 14 anos de idade (Sheppard & Vernon, 2008). Finalmente, Burns e Nettelbeck (2005) não relatam diferenças em TI, usando uma amostra de estudantes universitários (Pesta, Bertsch, Poznanski & Bommer, 2008).

O padrão de diferenças entre os sexos para medidas baseadas em RT parece ser mais complexo e depende do tipo de velocidade mental que está sendo avaliada. Embora pareça que as mulheres têm uma vantagem na velocidade de processamento medida por testes padronizados os homens parecem ter um melhor desempenho nas medidas baseadas em ECTs (Sheppard & Vernon, 2008).

Finalmente, fatores genéticos podem impactar as diferenças em velocidade de processamento. Os estudos de Deary *et al.* (2001) e Rijdsdijk *et al.* (1998) combinam-se para indicar que a correlação RT / QI é substancial no nível populacional e que, além disso, a associação entre os dois é completamente mediada por fatores genéticos comuns. Assim, um aumento secular na latência do RT simples é de fato um resultado esperado de um declínio disgênico do “g genético”.

Considerando o contexto genético, está bem estabelecido que a variação genética contribui significativamente para a variação individual na inteligência geral (Bouchard & McGue, 1981; Plomin & De Fries, 1980). Embora apenas alguns estudos tenham examinado a hereditariedade de medidas de processamento de velocidade de informação (McGue & Bouchard, 1984; Vernon & Mori, 1989b), as descobertas forneceram evidências de uma velocidade geral de resposta hereditária. Pode-se notar que, embora as diferenças individuais em medidas tanto da inteligência quanto da velocidade do processamento da informação sejam influenciadas geneticamente, a associação fenotípica entre o QI e a velocidade pode ser inteiramente mediada ambientalmente (Baker *et al.*, 1991).

O estudo de Ho *et al.*, (1988) investigou as fontes genéticas e ambientais da covariação da velocidade do QI. Os resultados desse estudo indicaram que a associação fenotípica entre as medidas de inteligência e as medidas de velocidade de processamento empregadas foram devidas, em grande parte, aos efeitos genéticos correlacionados, apoiando assim a noção de algum mecanismo biológico comum subjacente tanto à inteligência geral quanto às medidas de velocidade de processamento.

Um suporte adicional para uma base biológica da relação entre velocidade e QI vem de investigações de correlatos biológicos de inteligência e tempos de reação. Diversos estudos demonstraram uma relação positiva entre certos parâmetros dos potenciais evocados médios cerebrais (PEA) e RTs (Donchin & Lindsley, 1966; Dustman e Beck, 1965; Morrell & Morrell, 1966), encontrando, por exemplo, RTs mais rápidos estão associados a PEAs de maior amplitude e / ou menor latência.

Vernon & Mori (1989b) relataram correlações significativas entre as medidas de inteligência, velocidade de processamento de informações e velocidade de condução nervosa, uma medida fisiológica pura da velocidade com que os impulsos elétricos são transmitidos pelas fibras nervosas e pelas sinapses. Isso sugere que a inteligência psicométrica e o desempenho em testes de RT dependem, de certa forma, da velocidade e da eficiência com que o sistema nervoso opera (Baker *et al.*, 1991).

A velocidade ou eficiência com que os indivíduos podem executar operações cognitivas básicas deve ter um efeito sobre o sucesso de seu desempenho. Além de mostrar a existência de correlações RT-QI, a natureza dessa relação pode ser ainda mais explorada por meio de estudos com gêmeos, indicando influências genéticas consideráveis para diferenças individuais em inteligência (Bouchard *et al.*, 1990).

Estimativas de herdabilidade moderada ($h^2 = 46$ e 54%) para tarefas de RT foram observadas em estudos de gêmeos adultos (McGue *et al.*, 1984, McGue & Bouchard, 1989). Em populações mais jovens, fatores ambientais comuns parecem desempenhar um papel mais importante na explicação das diferenças individuais para tempo de reação simples e de escolha (Petrill *et al.*, 1995).

Diferenças individuais na velocidade com que as operações cognitivas podem ser executadas foram sugeridas como responsáveis pelas diferenças individuais no QI como consequência das diferenças nas propriedades neurofisiológicas do cérebro, sendo consideradas subjacentes tanto à velocidade de processamento quanto ao QI, demonstrando a existência de uma base genética comum (Rijsdijk *et al.*, 1998).

Esses determinantes biológicos podem ser traduzidos em processos neurofisiológicos e bioquímicos no sistema nervoso central. No modelo de eficiência neural da inteligência, diferenças individuais em QI são postuladas como sendo atribuíveis à variabilidade genética na estrutura e na quantidade de neurotransmissores, que determinam a velocidade do processamento da informação. A velocidade de processamento é considerada um instrumento para superar as propriedades limitantes da memória de trabalho e garantir o desempenho correto em operações cognitivas básicas, como aquelas envolvidas em testes de QI (Rijsdijk *et al.*, 1998).

Outra situação condizente com os aspectos biológicos atuantes na velocidade de processamento e QI se estabelece na preservação da substância branca no cérebro. Uma mutação que reduz a mielinização de neurônios pode simultaneamente diminuir tanto o QI quanto o desempenho dos RTs, já que os neurônios menos mielinizados são menos capazes de transportar sinais eficientemente, portanto esses neurônios serão menos

eficientes no processamento de informações no cérebro (Holm, Ullén & Madison, 2011; Miller, 1994). Devido ao fato de que eles têm efeitos fisiológicos gerais, tais mutações podem diminuir a saúde também (Arden, Gottfredson, Miller & Pierce, 2009). Como consequência disso, se a fertilidade disgênica estiver favorecendo os portadores de alelos mutantes que reduzem o "g genético" e o desempenho do TR, a frequência de certas doenças e transtornos também deve aumentar (Lynn, 2011).

Análises genéticas são, portanto, consideradas essenciais no exame da relação entre variáveis biológicas e qualquer traço comportamental complexo (Jensen & Sinha, 1993).

2.3.4 Comportamentos disruptivos externalizantes e desempenho cognitivo

Considerando-se que a amostra do presente estudo pretende replicar as características da amostra de um estudo anterior, o qual foi avaliado o quesito de déficit de atenção e hiperatividade, observou-se a pertinência de ter considerações a este respeito e sua relação com desempenho cognitivo.

A associação entre comportamentos externalizantes e habilidades acadêmicas pobres está bem estabelecida na literatura (Dodge & Pettit, 2003). Comportamentos marcados por oposição, agressão, hiperatividade, impulsividade, desfio e manifestações antissociais são classificados como externalizantes, em oposição a padrões de comportamento internalizantes – disforia, retraimento, medo e ansiedade (Achenbach & Edelbrock, 1978).

Hinshaw (1992) realizou extensa revisão bibliográfica investigando a relação entre baixo desempenho escolar e problemas de comportamento externalizantes. Em geral, os estudos mostraram que, na infância, desatenção e hiperatividade (TDAH) têm maior associação com desempenho acadêmico que agressividade, no entanto, na adolescência, comportamento antissocial e delinquência estão claramente ligados a problemas acadêmicos (Hinshaw, 1992).

Biederman *et al.* (1996) investigaram, em crianças com TDAH, a presença de comorbidade com outros transtornos psiquiátricos e a presença de prejuízos cognitivos, acadêmicos e adaptativos. Os resultados mostraram que o grupo com TDAH apresentava no seguimento QI mais baixo, mais dificuldades em leitura e aritmética, maior desajustamento social, mais conflitos em família e taxas significativamente mais altas de comorbidade com outros transtornos psiquiátricos (conduta, humor, ansiedade, tiques e

linguagem). A prevalência destas comorbidades tendia a ficar mais alta à medida que a criança se desenvolvia.

Barkley, Fischer, Edelbrock, & Smallish (1990) investigaram os problemas psiquiátricos de um grupo de crianças hiperativas, comparado a um grupo controle. As variáveis analisadas no seguimento de oito anos foram nível socioeconômico, dados demográficos, mudanças de domicílio e de emprego dos pais, desempenho acadêmico, história de saúde mental, social e médica do adolescente, saúde mental dos pais e comportamento antissocial do pai. Os resultados mostraram que crianças com diagnóstico estabelecido de hiperatividade permaneciam com os sintomas por até oito anos. Na adolescência, mais de 80% continuavam a ter o problema; 60% apresentavam transtorno oposicional e/ ou de conduta; e apresentavam resultados acadêmicos e sociais mais negativos, maior número de atos antissociais, mais uso de cigarro e maconha, situação familiar menos estável (mudança de residência, de emprego do cuidador) e maior risco de transtorno familiar, quando comparadas ao grupo de adolescentes sem diagnóstico prévio de hiperatividade.

Fischer, Barkley, Fletcher, & Smallish (1993) investigaram as variáveis preditoras de problemas psiquiátricos, sociais, acadêmicos e de ajustamento emocional na adolescência, em indivíduos diagnosticados com hiperatividade oito anos antes. Na avaliação inicial foram analisadas complicações no parto, problemas médicos e desenvolvimentais, temperamento na pré-escola, impulsividade / hiperatividade, problemas de conduta, ansiedade e características familiares (nível de educação materna, atos antissociais paternos e adversidade). No seguimento de oito anos, foram avaliados desempenho acadêmico, hiperatividade, sintomas de comportamento desafiador e de transtorno de conduta, problemas emocionais, competência social e ajustamento materno. Os resultados mostraram que a competência acadêmica e cognitiva na infância predizia habilidades acadêmicas na adolescência; impulsividade-hiperatividade na infância e atos antissociais paternos estavam associados a posterior comportamento oposicional-desafiador; e apenas desobediência na infância, e não hiperatividade, predizia problemas de encarceramento.

Chadwick, Taylor, Taylor, Heptinstall, & Danckaerts (1999) investigaram a associação entre hiperatividade e baixo desempenho escolar em meninos, com seguimento de nove anos. Na avaliação inicial, foram avaliados problemas emocionais e de comportamento, desempenho em leitura, QI, complicações perinatais, neurológicas e de comunicação e adversidades socioeconômicas. No seguimento, foram avaliados

problemas emocionais e de comportamento, desempenho em leitura e QI. Os resultados mostraram que o grupo H+DL apresentava mais problemas de comportamento antissocial e desafiador nas medidas de linhas de base e no follow-up, escores mais baixos em exames escolares e índices mais altos de evasão escolar, maior probabilidade de terem recebido terapia fonoaudiológica e maior evidência de adversidades socioeconômicas. Não houve diferenças significativas quanto ao QI. Este estudo não encontrou indícios de que hiperatividade exacerba dificuldades de leitura.

McGee, Prior, Williams, Smart e Sanson (2002) examinaram as consequências adversas, comportamentais e acadêmicas, de crianças com hiperatividade; compararam os resultados com os de crianças com dificuldades de leitura. A hiperatividade, o comportamento antissocial e o desempenho em leitura, no início do estudo (cinco a oito anos), foram examinados como preditores de consequências adversas em desempenho acadêmico e comportamento, no seguimento de dez anos, incluindo-se no modelo, variáveis da história familiar, como isolamento, abuso de substâncias e problemas no relacionamento parental. Os resultados mostraram uma forte associação entre hiperatividade na infância e dificuldades escolares, problemas de atenção e leitura empobrecida na adolescência e uma associação entre dificuldades de leitura na infância e problemas de leitura e evasão escolar na escola secundária. No entanto, dificuldade de atenção não foi precursora de comportamento antissocial no seguimento.

Rapport, Scanlan, e Denney (1999) investigaram a associação entre déficit de atenção e desempenho acadêmico, mediante a formulação de um modelo de trajetória dual, que considera aspectos comportamentais e cognitivos. Os resultados apontaram que o modelo de trajetória dual é consistente: comportamento na sala de aula e habilidades cognitivas servem como importantes mediadores entre déficit de atenção, QI e posterior desempenho acadêmico. Segundo este modelo, problemas de conduta estão relacionados a baixo desempenho acadêmico quando associados a TDAH e QI; TDAH está relacionado a desempenho acadêmico por duas trajetórias, uma comportamental e outra cognitiva; e na trajetória cognitiva, vigilância representa uma habilidade essencial para a memória.

O transtorno do déficit de atenção e hiperatividade (TDAH), que afeta 5% a 9% das crianças (Swanson *et al.*, 1998), consiste em uma combinação de comportamentos severos hiperativos, impulsivos e desatentos. Embora o TDAH seja um diagnóstico categórico, vários estudos apoiam a hipótese de que ele representa o extremo de um comportamento que varia continuamente em toda a população (Biederman *et al.*, 1993).

Pesquisas indicam que o TDAH e o quociente de inteligência (QI) mais baixo estão presentes na população. A diferença entre crianças diagnosticadas com TDAH e crianças do grupo controle é de 7 a 12 pontos de QI (Kuntsi *et al.*, 2004).

A associação entre TDAH e QI também tem implicações mais amplas: escores mais baixos de QI preveem uma realização acadêmica e ocupacional precárias, ambas características do TDAH (Kline, 1991).

O TDAH é altamente hereditário (60–90%), independentemente de critérios contínuos ou categóricos serem aplicados (Thapar, Holmes, Poulton, & Harrington, 1999). Para o QI, um padrão de desenvolvimento emerge, pelo qual a extensão das influências genéticas aumenta gradualmente com a idade: a hereditariedade é estimada em 40% na idade de 4 a 6 anos, 50% na idade de 6 a 12 anos e 80% na idade adulta (McGue, Bouchard, Iacono, & Lykken 1993).

Uma grande amostra de gêmeos de base populacional que foram avaliados individualmente em um teste de QI, demonstrando que a associação entre sintomas de TDAH e QI mais baixo se deve em grande parte a uma etiologia genética compartilhada: 86% da correlação fenotípica entre os escores dos sintomas de TDAH e QI e 100% da correlação fenotípica entre o diagnóstico de pesquisa de TDAH e o QI foi explicada por genes que influenciam tanto o TDAH quanto o QI. Os dados indicaram que os efeitos ambientais, embora ligados ao QI e ao TDAH individualmente, não contribuem substancialmente para sua covariância na população (Kuntsi *et al.*, 2004).

Múltiplos genes de tamanho de efeito pequeno provavelmente são responsáveis pelas influências genéticas em características complexas, como TDAH e QI (Plomin, Owen, & McGuffin, 1994). Estudos genéticos moleculares identificaram genes da via da dopamina como genes candidatos ao TDAH, com resultados promissores, embora ainda não conclusivos, emergindo para o receptor de dopamina D4 (DRD4) (Faraone, Doyle, Mick, & Biederman, 2001) e o gene transportador de dopamina (DAT1) (Curran *et al.*, 2001).

A etiologia genética compartilhada de sintomas de TDAH e QI mais baixo pode ter como causa efeitos pleiotrópicos de genes que estão implicados na etiologia do TDAH, ou de genes, ainda a serem identificados, relacionados a diferenças individuais no QI. Isso tem implicações para futuros estudos genéticos moleculares, já que um gene que está ligado ao TDAH ou ao QI também pode atuar como um gene de suscetibilidade ao outro fenótipo (Kuntsi *et al.*, 2004).

A co-ocorrência de que TDAH e baixo QI apresenta origens genéticas aumenta a possibilidade de que genes específicos possam influenciar as redes cerebrais subjacentes tanto ao TDAH quanto ao QI. Dois conjuntos de dados indicam que as anormalidades do volume cerebral no TDAH são emergentes e persistentes (Castellanos *et al.*, 2002) e que existem influências genéticas compartilhadas na associação entre o volume cerebral e QI (Posthuma *et al.*, 2002).

2.4 Aumento cognitivo ao longo do tempo

Entre os tópicos mais discutidos em pesquisa de inteligência é o aumento dos resultados médios de teste de QI entre gerações no século XX e essa tendência foi relatada pela primeira vez por Rundquist (1936). O cientista político americano-neozelandês Flynn (1984) analisou sistematicamente a evidência da tendência em seu artigo: “*The mean IQ of Americans: Massive gains 1932 to 1978*”. O efeito foi mais tarde denominado "efeito Flynn".

De forma geral, o termo refere-se a um aumento secular na pontuação do QI. Isso tem sido observado em muitos países ao longo do século XX, com o aumento em média de aproximadamente 3 pontos de QI por década (Flynn, 2012).

Como a magnitude dos ganhos de QI depende do que o teste mede, (Colom *et al.*, 1998; Flynn, 2006a; Williams, 2013), Flynn (2009) ressalta que não se deve pensar no fenômeno em relação ao QI total, mas sim na capacidade que está sendo mensurada (Flynn, 2009).

No que se refere ao tipo de ganhos que vêm ocorrendo, é importante esclarecer que o efeito Flynn não se refere aos ganhos no fator *g* de inteligência e quando isto ocorre, é chamado de efeito Jensen (Rushton & Jensen, 2010). Com o intuito de determinar qual tipo de ganho ocorre nas Escalas Wechsler, Flynn, te Nijenhuis & Metzen (2014), realizaram um estudo utilizando o método de vetores correlacionados. Para tanto, classificou-se os testes de QI em duas hierarquias.

A primeira hierarquia ordenou de forma decrescente a partir dos subtestes que carregam mais em *g*, e a segunda hierarquia os organizou de maneira decrescente a partir dos que apresentam maiores ganhos ao longo do tempo. Se a correlação obtida fosse positiva, os ganhos de QI seriam ganhos em *g*; se negativa, não poderiam ser ganhos em inteligência geral. (Flynn *et al.*, 2014). Em meta-análise realizada com diversos estudos

publicados sobre este assunto, te Nijenhuis e van der Flier (2013) concluíram que neste caso, a correlação é de -0,38.

Contudo, Flynn *et al.*, (2014) concluem que mesmo que o aumento não seja em *g*, não pode-se dizer que este achado tenha pouca relevância, pois há evidências na vida real que mostram como tais ganhos têm sido significativos cognitivamente. Neste sentido, observa-se que os ganhos são grandes em alguns subtestes das Escalas Wechsler (Semelhanças e Cubos), e praticamente inexistentes em outros (Aritmética, Vocabulário e Informações). Portanto, Flynn (2006b) acredita que os ganhos em QI representam aumento em habilidades específicas, mas isto não constitui ganhos em inteligência geral.

Uma questão relevante a se considerar sobre o fenômeno, segundo Flynn *et al.*, (2014), é que não se pode concluir que as gerações anteriores são menos inteligentes que gerações mais recentes, apenas deve-se considerar que as tendências de QI ao longo dos anos constitui uma vantagem cognitiva das gerações atuais sobre as anteriores. Atualmente as pessoas são capazes de resolver problemas complexos melhor que seus ancestrais e os ambientes oferecem estímulos diferentes. Portanto, Flynn *et al.*, (2014) sugerem que se utilize o conceito de “progresso cognitivo” e “mudança de ambiente cognitivo” para se referir às diferenças entre gerações.

O efeito Flynn tem sido demonstrado em muitos estudos e há muita discussão sobre suas causas, com teorias que vão desde aquelas que enfatizam mudanças socioeducativas até as que enfatizam os fatores biológicos como, por exemplo, cuidados com a saúde e Nutrição (Neisser, 1998).

Segundo Flynn (2009), os ganhos elevados no teste Raven indicam que as crianças da atualidade possuem maior capacidade de resolução de problemas novos sem um método previamente aprendido. Flynn (2009) ressalta que os subtestes da escala de execução das Escalas Wechsler também medem isto em certo grau, pois o indivíduo deve realizar tarefas que demandam resolução de problemas imediatos, porém estes não são totalmente independentes da aprendizagem, pois alguns destes subtestes exigem certo conhecimento prévio.

Uma limitação, como apontado por Raven (2000), é que muitos estudos envolvem simplesmente a comparação dos escores médios, geralmente usando escalas e pontuações de QI, como as calculadas nos testes Wechsler de Inteligência. Isso pode ocultar mudanças diferenciais nos diferentes níveis de habilidade. Wicherts *et al.*, (2004) enfatizaram a importância de examinar a evidência do efeito Flynn ao nível dos subtestes.

As causas para os ganhos massivos nos escores são majoritariamente devido a fatores ambientais (Flynn, 1987, 2006a; te Nijenhuis, 2013) e se dão pela melhora das condições do ambiente, principalmente em países não industrializados, áreas rurais ou de baixa renda. Há diversos fatores que poderiam exercer influência e eles seriam genéticos, nutricionais e ambientais, como melhora na educação, aumento da exposição à testagem, diminuição do tamanho da família, ambiente mais complexo e até mesmo a maneira como as crianças têm sido criadas (Williams, 2013).

Estes e outros fatores são frequentemente apontados como causa, assim como o status socioeconômico, urbanização, melhor educação, maior exposição a testes e erradicação das doenças infantis. Os dois últimos teriam tido algum impacto apenas na primeira metade do século XX e somente os três primeiros continuam sendo significantes após 1950 (Flynn, 1998).

No Brasil, um estudo foi realizado por Colom, Flores-Mendoza e Abad (2007), no qual foi realizada uma comparação entre crianças testadas em 1930 e uma amostra equivalente de crianças no ano de 2002, na cidade de Belo Horizonte. Posteriormente, um grupo residente em uma área rural de Minas Gerais foi avaliado em 2004. Estas crianças possuíam precárias condições socioeconômicas e muitos estudantes não frequentavam regularmente a escola, semelhante às testadas em 1930. Os participantes foram avaliados através do teste Desenho da Figura Humana (DFH) em que é possível mensurar o desenvolvimento intelectual. Os resultados encontrados apontam para uma semelhança entre a amostra urbana de 1930 e rural de 2004; e a maior diferença foi encontrada quando a amostra urbana de 2002 e a rural de 2004 foram comparadas.

Os autores salientam que as amostras de 1930 e 2004 são muito diferentes da amostra de 2002, e que alguns fatores como nutrição, cuidados com a saúde, acesso a fatores cognitivos como TV, rádio, jornais, são muito melhores na amostra urbana de 2002. As amostras contemporâneas urbanas e rural foram avaliadas também pelo teste Matrizes Progressivas Coloridas de Raven (CPM) e pelos subtestes Dígitos e Aritmética da Escala de Inteligência Wechsler para Crianças – 3ª ed (WISC-III). Os resultados indicaram que a amostra urbana superou a rural por 31 pontos de QI no teste Raven. A vantagem nos subtestes Dígitos e Aritmética foi equivalente a 15 pontos de QI. Pode-se concluir então, que a vantagem da amostra urbana sob a rural no que se refere à inteligência fluida foi o dobro da vantagem em inteligência cristalizada (Colom *et al.* 2007).

Portanto, pode-se observar que o Efeito Flynn foi notado entre crianças do meio urbano, mas não entre as da área rural quando comparadas com as de meio urbano. Isto pode ter sido decorrente das condições ambientais das crianças de área rural, pois possuíam pouca estimulação cognitiva, além de nutrição frágil, condições necessárias para proporcionar a ocorrência dos ganhos cognitivos. O oposto ocorre com as crianças de 2002 em meio urbano, que recebem frequente estimulação à capacidade de raciocínio e abstração, e são estimuladas por conteúdos diversos na escola. Por isto, ainda que as crianças rurais estivessem dois anos à frente das urbanas, e esperava-se que houvesse aumento de QI, seu ambiente não propiciou tais ganhos, pois não foi ofereceu estimulação necessária. É possível inferir que tais condições não foram suficientes para fazer com que os multiplicadores sociais agissem de maneira eficaz (Schelini, Almeida & Primi, 2013).

Um segundo estudo brasileiro sobre este tema foi desenvolvido por Bandeira, Costa e Arteché (2012). Utilizou-se os testes DFH e CPM para avaliar o desempenho cognitivo de crianças da cidade de Porto Alegre. Os dados provêm da normatização e atualização destes instrumentos, e as amostras foram compostas de crianças de 6 a 12 anos. No primeiro estudo, realizado com o DFH, um grupo de crianças foi avaliado durante a década de 1980 e outro durante os anos 2000. No teste Raven, comparou-se o resultado de crianças avaliadas nas décadas de 1990 e 2000. Em ambos não houve diferenças estatisticamente significativas de desempenho entre os grupos comparados e, portanto, no que diz respeito tanto ao raciocínio abstrato quanto às habilidades visomotoras não houve aumento no desempenho ao longo dos anos em Porto Alegre (Bandeira *et al.*, 2012).

Bandeira *et al.* (2012) sugerem que isto pode ter acontecido devido ao elevado Índice de Desenvolvimento Humano da cidade, e acreditam que pode estar ocorrendo o mesmo que em países desenvolvidos onde os ganhos cessaram. Ressaltam ainda que essa estagnação não se deu devido ao efeito de teto, pois nos grupos comparados o desempenho não chegou à pontuação máxima destes testes e por isto, futuramente acreditam que haverá um crescimento nos escores de QI. Porém, os autores apontam algumas limitações do estudo, como por exemplo, as amostras obtidas por conveniência, assim como a eliminação de crianças que apresentaram algum atraso no desenvolvimento. Neste último caso, reconhecem que isto pode ter influenciado os resultados, uma vez que podem ter eliminado a parte inferior da distribuição do QI, e de acordo com alguns estudos, é justamente nesta parte da curva que os maiores ganhos se concentram. Por fim, a lacuna de tempo entre as coletas não foi exatamente a mesma, já que os dados foram

coletados ao longo das décadas mencionadas anteriormente, e não em anos específicos. Isso influenciou o intervalo de tempo entre as duas amostras comparadas, e sabe-se que quanto menor o tempo entre elas, menores serão os ganhos (Bandeira *et al.*, 2012).

Outro estudo nacional sobre efeito Flynn foi realizado por Lima (2016) e teve por objetivo verificar as evidências deste fenômeno em crianças escolares da cidade de Belo Horizonte. A amostra total contou com 349 crianças com idade entre sete e nove anos divididas em dois grupos, o primeiro avaliado no ano de 2002 (n=223) (e o segundo em 2014 (n=126). Ambos os grupos foram avaliados com os mesmos instrumentos de mensuração da inteligência: o teste Matrizes Progressivas Coloridas de Raven (CPM) e a escala verbal das Escalas de Inteligência Wechsler para crianças (WISC-III). O desempenho dos dois grupos foi comparado e verificou-se que as crianças avaliadas em 2014 apresentaram melhores resultados, exceto nos subtestes Informação, Aritmética e Dígitos, que mostraram declínio. De forma geral, este grupo apresentou aumento nas médias em ambos os instrumentos e em todas as faixas etárias. Apesar de nem todo aumento ter se mostrado estatisticamente significativo, as evidências indicaram a ocorrência do efeito Flynn em crianças da capital mineira, pois os resultados revelaram que há uma tendência de ganhos cognitivos (Lima, 2016).

Uma recente revisão da literatura, feita por Dutton, Van der Linden e Lynn (2016), destacou o fato de que um “Efeito Flynn Negativo” – definido como um declínio na pontuação geral de QI em uma amostra de população representativa ao longo de um período mínimo de 5 anos - já foi encontrado em sete países (declínios nos escores de QI por década): Noruega (0,38), Dinamarca (2,70), Inglaterra (4,30), Finlândia (2,00), Países Baixos (1,35), França (3,80) e Estônia (8,40) (Dutton *et al.*, 2016).

Se realmente há uma tendência para a diminuição nos escores dos testes de inteligência como indicado pelo efeito Flynn negativo, então isso seria um fenômeno com implicações potencialmente graves. Isso ocorre porque há evidências de que o QI está associado à prosperidade econômica e à estabilidade política (Lynn & Vanhanen, 2012a) e ao conhecimento científico (Rindermann & Thompson, 2011).

Uma meta-análise recente sobre efeito Flynn em geral (Pietschnig & Voracek, 2015) encontrou um grande número de inversões ou cessações do efeito Flynn, mas estavam apenas no nível do domínio ou em amostras não representativas. As possíveis causas propostas foram imigração, sexo, idade do parental e disgenia.

Outro estudo (Rindermann, Becker & Coyle, 2017) reuniu a opinião de especialistas que publicaram artigos a partir de 2010 em revistas sobre inteligência,

habilidades cognitivas e avaliação de estudantes. A maioria dos entrevistados pesquisam sobre a natureza da inteligência, habilidades cognitivas e sobre o próprio efeito Flynn. As revistas incluíram *Intelligence*, *Cognitive Psychology*, *Contemporary Educational Psychology*, *New Ideas in Psychology and Learning and Individual Differences*. O aviso do estudo também foi enviado por e-mail para membros da Sociedade Internacional de Pesquisa de Inteligência (ISIR) e publicado no site da Sociedade Internacional para o Estudo das Diferenças Individuais (ISSID). Finalmente, o estudo foi anunciado na conferência ISIR 2013 em Melbourne, Austrália.

Os resultados apontaram a melhoria das condições de saúde, seguido pelo aumento do nível educacional e melhor nutrição como as principais causas para o efeito Flynn. As mudanças genéticas causadas por taxas de natalidade assimétricas (ou seja, adultos que pontuam menos em testes de inteligência com mais filhos do que adultos com maiores escores) foram a causa mais alta relacionada ao fim ou inversão do efeito Flynn, sendo a segunda causa mais alta a migração e os efeitos de socialização devido a taxas de natalidade assimétricas. Os efeitos genéticos foram avaliados mais altamente pelos especialistas em efeito Flynn do que pelos demais e as teorias de piora das condições nutricionais e de saúde receberam poucos apontamentos (Rindermann *et al.*, 2017).

O declínio do efeito Flynn nos países desenvolvidos e seu aumento nas regiões em desenvolvimento com níveis de habilidade atualmente inferiores à média (por exemplo, África) podem levar a um estreitamento das lacunas internacionais (Meisenberg & Woodley, 2013; Rindermann, 2013).

3 Objetivos

3.1 Objetivo geral

Verificar a eficiência cerebral de um grupo de alunos da rede básica de ensino de Belo Horizonte, em dois períodos de avaliação.

3.2 Objetivos específicos

a) Verificar se houve mudanças na eficiência cerebral dos alunos por meio de tarefas de velocidade de processamento em um intervalo de tempo de 13 anos;

b) Verificar se as mudanças na eficiência cerebral, caso ocorrerem, acompanham mudanças nos escores de um teste de inteligência;

c) Verificar se a variável sexo atua como variável de mediação dos resultados;

d) Verificar se escores de comportamentos disruptivos influenciam a eficiência cerebral.

4 Método

A fim de realizar a comparação entre a velocidade de desempenho cognitivo em 2005 e a de 2017, uma escola pública localizada na cidade de Belo Horizonte com as características de diversidade socioeconômica semelhantes às da escola pública de 2005 foi selecionada entre as instituições conhecidas pela investigadora. Em geral, pode-se afirmar que ambas as amostras (2005 e 2017) foram não-probabilísticas desde que ambas não passaram por sorteio aleatório.

4.1 Participantes

O presente estudo refere-se à análise de desempenho de 68 estudantes, entre 11 e 14 anos de idade (52,9% sexo masculino), matriculados entre a 5^o e 7^o serie escolar no ano de 2005, e de 198 estudantes, entre 10 e 15 anos de idade (44,4% sexo masculino), matriculados entre o 5^o e 8^o ano escolar de 2017. Considerando-se a disparidade entre as amostras no que concerne à idade [$t(264) = 4,493; p = 0,000$] e à escolaridade [$t(264) = 2,062; p = 0,007$], selecionou-se estudantes de 12 a 13 anos de idade que estivessem frequentando o mesmo grado escolar em ambas as amostras. A composição final da amostra ficou em 48 alunos (52,1% sexo masculino) que estudaram no ano de 2005 e 46 alunos (30,4% sexo masculino) que estudaram no ano de 2017 (Tabela 1).

Com o intuito de verificar se as amostras diferiam significativamente no que se refere às variáveis sócio educacionais, as variáveis discretas foram codificadas numericamente. Assim, a variável sexo recebeu o código 1 = masculino e 2 = feminino; a variável Nível Socioeconômico (NSE) recebeu A = 5, B1 = 4, B2 = 3, C = 2, D e E = 1. O teste t de *student* apontou não haver diferenças estatisticamente significativas entre as amostras no que se refere a idade [$t(92) = -1,436; p = 0,154$], sexo [$t(92) = -1,747; p = 0,084$] e nível socioeconômico [$t(92) = 1,480; p = 0,142$].

Tabela 1**Perfil sócio educacional das amostras comparadas**

Variáveis		2005	2017
Idade	12 anos	33 (68,8%)	25 (54,3%)
	13 anos	15 (31,3%)	21 (45,7%)
Sexo	Masculino	25 (52,1%)	14 (30,4%)
	Feminino	23 (47,9%)	32 (69,6%)
Nível Socioeconômico	D e E	2 (4,2%)	3 (6,5%)
	C	22 (45,8%)	27 (58,7%)
	B2	17 (35,4%)	11 (23,9%)
	B1	5 (10,4%)	5 (10,9%)
	A	2 (4,2%)	0 (0%)
Serie/Ano escolar	6° (7°)	33 (68,8%)	37 (80,4%)
	7° (8°)	15 (31,3%)	9 (19,6%)

Nota: Em 2005 a escolaridade formal iniciava-se com a 1° série aos sete anos de idade, enquanto em 2017 a escolaridade formal inicia-se aos seis anos de idade. Dessa forma, a 7° série (ou sétimo ano escolar; doze anos de idade) de 2017 corresponderia à 6° série de 2005 e a 8° série (ou oitavo ano escolar; treze anos de idade) corresponderia à 7° série de 2005.

4.2 Instrumentos**Matrizes progressivas de Raven – Escala Geral (Standard Progressive Matrices – SPM)**

As Matrizes Progressivas de Raven (Raven, 2008) constitui um importante instrumento de avaliação psicológica. Trata-se de um teste de avaliação da inteligência, de autoria de Jonh Carlyle Raven, o qual existe em três versões: Matrizes Progressivas Coloridas de Raven (*Coloured Progressive Matrices – CPM*), Matrizes Progressivas de Raven – Escala Avançada (*Advanced Progressive Matrices – APM*) e Matrizes Progressivas de Raven – Escala Geral (*Standard Progressive Matrices – SPM*).

O SPM foi elaborado em 1938 para avaliar o desenvolvimento intelectual de todas as faixas etárias, desde a infância até a velhice. O instrumento foi publicado pela *Oxford Psychologists Press*, Inglaterra, onde apresentou-se adequado apenas para a população em geral.

Os dois principais componentes da habilidade cognitiva geral “g” que Raven procurou medir foram aqueles identificados por Spearman em 1923 (Spearman, 1927): A capacidade educativa - gerar esquemas de alto nível, geralmente não verbais, que facilite a manipulação da complexidade e a capacidade reprodutiva - capacidade para absorver, recordar e reproduzir informações que tenham sido explicitadas e comunicadas de uma pessoa para outra (Raven, 2000).

O teste verifica a capacidade da pessoa em apreender figuras sem significado, estabelecer as relações existentes entre elas, fazer inferência acerca da natureza da figura que completaria o sistema de relações implícito e o desenvolvimento de um método sistemático de raciocínio (Raven, 2000; Raven, 2008).

É um teste de habilidade de raciocínio não verbal e inteligência geral que minimiza o viés cultural. O Raven *SPM* contém 60 itens que são organizados em cinco conjuntos de 12 itens cada (conjuntos A, B, C, D e E) cuja dificuldade de resolução aumenta gradualmente. Cada item exige que o examinado inferir uma regra relativa a uma coleção de elementos e, em seguida, use esta regra para verificar se um elemento apresentado é um legítimo relativo à regra (Alderton & Larson, 1990).

Em contraste com a maioria dos outros testes de inteligência, o Raven *SPM* não possui dependência com a percepção auditiva, habilidades de manipulação ou com o resultado verbal. A administração e os procedimentos de pontuação dos testes Raven são diretos e sua confiabilidade e validade estão bem estabelecidas (Strauss, Sherman, & Spreen, 2006).

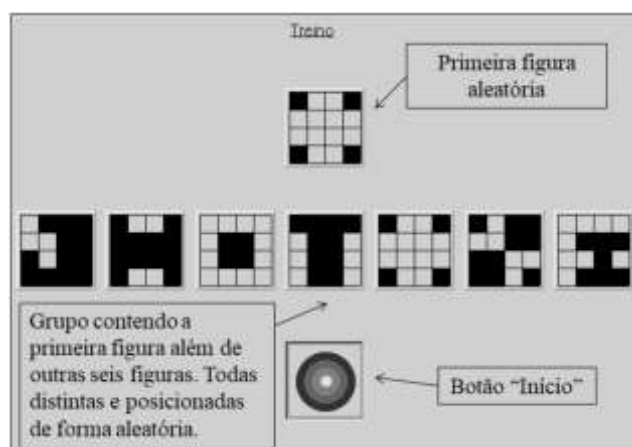
Tarefa cognitiva elementar ECT – Discriminação perceptual (*Detterman et al., 1992, adaptada por Flores-Mendoza, 1999*)

Este instrumento avalia processamento cognitivo básico e faz parte de uma bateria de 12 testes de avaliação cognitiva desenvolvida por Detterman *et al.*, (1992) e adaptada por Flores-Mendoza (1999). A tarefa chamada de *Discriminação Perceptual* consiste da apresentação simultânea de uma sequência de sete estímulos na parte inferior da tela do computador, de uma janela-teste em branco acima dessa sequência e de uma *home key* abaixo da fileira de sete estímulos.

No início da tarefa todas as janelas estão em branco. Ao pressionar com o *mouse* a *home key* (botão no meio da tela), sete estímulos em linha horizontal aparecem e um deles, selecionado aleatoriamente pelo computador, aparece acima dos sete estímulos

(Figura 5). O indivíduo deve deixar de pressionar na *home key* e deve clicar o mais rápido possível no estímulo que é idêntico a aquele que aparece acima. No momento em que se deixa de clicar na *home key* os estímulos em fileira ficam em branco. Após clique correto ou incorreto o estímulo correto pisca na tela. A tarefa compreende 168 ensaios (24 estímulos x 7 posições). Antes da atividade começar é permitida a realização de um treino. Os parâmetros medidos nesta tarefa são: número de erros cometidos, tempo de decisão (o tempo que leva para soltar a *home key*) e o tempo de movimento (tempo entre o momento em que solta a *home key* e clica no estímulo correto). O programa espera a resposta do indivíduo por dez segundos, se esta não acontece, a próxima tela de ensaio é exibida.

A



B

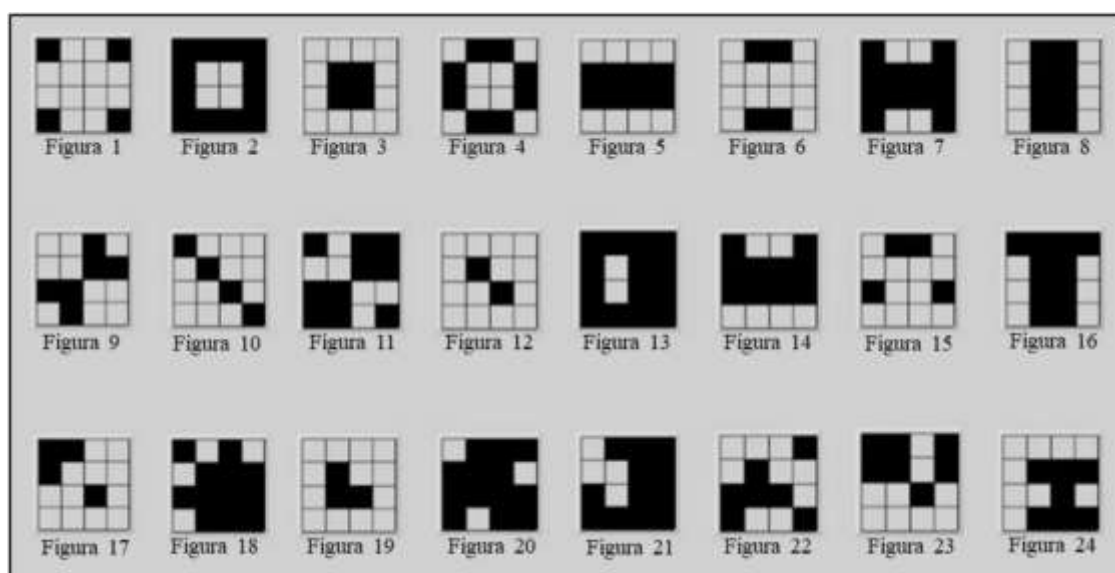


Figura 5. A) Tarefa de Discriminação Perceptual. B) Janela de Treino e Visualização dos Estímulos apresentados na Tarefa de Discriminação Perceptual

Escala de transtorno de déficit de atenção e hiperatividade - TDAH - Versão para Professores (Benczik, 2000)

Considerando-se que a amostra de 2005 foi avaliada através da escala de TDAH, julgou-se pertinente administrar o mesmo instrumento de forma a emparelhar as amostras de 2005 e 2017 respeitando as mesmas características psicológicas e de comportamento.

O instrumento foi desenvolvido com base nos critérios do DSM-IV. Nesse sentido, além dos sintomas de Hiperatividade e Déficit de Atenção, o teste também avalia os prováveis prejuízos escolares e sociais apontados como condição diagnóstica pela Associação Americana de Psiquiatria. A escala é composta de 49 itens distribuídos em quatro subescalas: 1) Déficit de Atenção com 16 itens; 2) Hiperatividade/Impulsividade com 12 itens; 3) Problemas de Aprendizagem com 14 itens; 4) Comportamento antissocial com 7 itens. O instrumento é respondido sob a forma de escala de Likert através da qual o respondente expressa seu grau de concordância com a frase apresentada no item numa escala de 6 pontos em que se têm as seguintes opções: Discordo Totalmente; Discordo Parcialmente; Discordo; Concordo; Concordo Parcialmente; Concordo Totalmente. Para o presente estudo, utilizou-se duas subescalas: Hiperatividade/Impulsividade e Comportamento Antissocial, que correspondem às mesmas aplicadas em 2005.

Critério de classificação econômica Brasil – CCEB

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, entre 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. A divisão em níveis sociais em que se classifica de acordo com o status ocupacional ou faixa salarial não faz sentido em países em desenvolvimento como o Brasil, onde há má distribuição de renda, alto índice de economia informal e instabilidade

econômica. 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: A, B1, B2, C1, C2, D e E.

Nesta pesquisa, 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. Dessa forma, elaborou-se um questionário com os itens necessários para a classificação socioeconômica da amostra (Apêndice C).

4.3 Procedimentos

Inicialmente, o projeto foi devidamente submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais COEP/UFMG (CAAE: 66242117.3.0000.5149) – (Anexo I).

Considerando que o presente estudo prevê a comparação dos dados obtidos com os resultados encontrados em uma pesquisa anterior realizada em 2005 pelo Laboratório de Avaliação das Diferenças Individuais vinculado à Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Minas Gerais - LADI/FAFICH-UFMG, a amostra atual deverá respeitar as características demográficas e socioeconômicas do Centro Pedagógico da Universidade Federal de Minas Gerais – CP/UFMG, escola do estudo de 2005, bem como a semelhança entre os sujeitos (faixa etária e nível de escolaridade).

Foi escolhido o Instituto de Educação de Minas Gerais – IEMG, escola estadual da rede pública de ensino, por suas semelhanças referentes ao tamanho e diversidade populacional (número de alunos matriculados), localização geográfica (situada no centro de Belo Horizonte) e, principalmente, por sua caracterização socioeconômica ser condizente com as características do CP/UFMG.

Os pais ou responsáveis foram informados sobre os objetivos da pesquisa e convidados a autorizar a participação de seus filhos através de um termo de autorização (Apêndice D) e pelo Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE (Apêndice E). Os alunos receberam o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido - TALE (Apêndice F) com todas as informações necessárias ao entendimento da pesquisa e elaborado numa

linguagem condizente com o nível de entendimento dos mesmos. Também, foi assegurado aos pais ou responsáveis o sigilo e anonimato dos participantes, bem como o direito de desistirem da participação na pesquisa a qualquer momento sem nenhum tipo de ônus, seguindo as recomendações éticas de pesquisas com seres humanos, preconizadas pelo Comitê de Ética em Pesquisa. As turmas testadas abrangeram os alunos matriculadas nos 5^{os}, 6^{os}, 7^{os} e 8^{os} anos do Ensino Fundamental I e II, sendo a maioria com 11, 12, 13 e 14 anos de idade, respectivamente.

Fase 1) Entrega dos Termos de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE

Etapa inicial caracterizada pelo convite para participação na pesquisa através de recebimento do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE e autorização dos pais ou responsáveis, conforme padronização do COEP. Prevendo-se uma possível perda de amostragem, optou-se por convidar todos os alunos de todas as turmas referentes aos anos escolares descritos acima, garantindo uma grande margem de participantes (Tabela 2). Contando com o apoio de toda a equipe escolar (direção e vice direção, setor pedagógico, professores e auxiliares), foi possível distribuir e, posteriormente, dentro de um prazo preestabelecido, recolher os termos de autorização aos alunos.

Tabela 2
Caracterização da amostra durante a primeira fase do estudo

Anos escolares da amostra Ensino Fundamental I e II	Turmas	Total de alunos convidados a participarem da pesquisa por Ano Escolar
5 ^o .	A, B, C, D, E, F, G, H	198
6 ^o .	A, B, C, D, E	213
7 ^o .	A, B, C, D, E	202
8 ^o .	A, B, C, D	165

Total: 778 alunos participantes

Fase 2) Teste das Matrizes Progressivas de Raven, Questionário Socioeconômico e Avaliação de Comportamentos Externalizantes

Todos os alunos autorizados a participarem do estudo foram selecionados para esta segunda fase (Tabela 3), etapa intermediária caracterizada pelo levantamento do nível socioeconômico, pela resolução do Teste das Matrizes Progressivas teste de Raven – SPM para verificação do desempenho cognitivo e pela avaliação de comportamentos externalizantes, a fim de se apontar possíveis traços de hiperatividade/impulsividade e comportamento antisocial.

Os pais ou responsáveis foram solicitados a responderem ao questionário socioeconômico. Os professores de matemática e português das turmas do ensino fundamental II (6º., 7º. e 8º. ano) e o regente de turma do 5º. ano gentilmente aceitaram a solicitação para efetuarem o preenchimento da avaliação comportamental dos alunos. Concomitantemente, os alunos foram convidados a se retirarem da sala e conduzidos, pela investigadora, ao auditório da escola, onde estudantes de graduação em psicologia que integram a equipe do laboratório aplicaram coletivamente os testes de Raven.

Tabela 3

Caracterização da amostra durante a segunda fase do estudo

Anos Escolares da Amostra Ensino Fundamental II	Total de Alunos que fizeram o Raven e responderam ao QSE por Ano Escolar
5º.	76
6º.	76
7º.	47
8º.	21
Total: 220 alunos participantes	

Fase 3) Aplicação da Tarefa Informatizada de Processamento Cognitivo - *ECT*

Devido às alterações sofridas pelo cronograma de execução da pesquisa, a realização da terceira fase do estudo ultrapassou o calendário de 2017 e a tarefa foi realizada três dias após o início do ano letivo de 2018, tornando possível desconsiderar a aprendizagem adquirida no ano escolar superior ao inicialmente estudado assim como o acréscimo de idade, uma vez que a mesma não se alterou durante esse prazo. Dessa forma, os alunos selecionados que pertenciam ao 7^{os.} e 8^{os.} Anos do Ensino Fundamental II em 2017 passaram a integrar o 8^{os.} e 9^{os.} Anos respectivamente.

Durante as fases anteriores, os dados levantados foram digitados em uma matriz do *Software SPSS - Pacote Estatístico para as Ciências Sociais (versão 22)* para análise e comparação dos resultados de 2005 e de 2017/2018 (Anexo II). Dessa forma, após estabelecer as correlações para homogeneizar as amostras (segundo os critérios socioeconômicos e perfil de hiperatividade/impulsividade da amostra de 2005), foram selecionados para a etapa final 46 alunos sendo que 07 haviam mudado de escola, inviabilizando a realização dos testes para esses transferidos (Tabela 4).

Tabela 4

Caracterização da amostra durante a terceira fase do estudo

Anos Escolares da Amostra Ensino Fundamental II em 2018	Total de Alunos que realizaram a tarefa de discriminação perceptual <i>ECT</i> por Ano Escolar
8 ^o .	30
9 ^o .	9
Total: 39 alunos participantes	

Essa etapa se caracteriza pela aplicação de um teste informatizado (tarefa cognitiva elementar) realizado em uma sala de aula restrita à aplicação, preservando o silêncio do ambiente e a individualidade dos participantes. Cada aluno, um de cada vez, foi convidado a se dirigir para o local de aplicação onde recebia as instruções para realização do teste.

Em 2005, a tarefa Discriminação Perceptual foi executada utilizando o sistema operacional *Windows 98*. Para execução em 2017/2018 fez-se necessário sua

implementação para uso em um computador mais moderno que possui o *Windows 10* como sistema operacional. Para tanto, utilizou-se o sistema operacional *Linux Mint, 17.0* com o emulador de sistemas *Wine*, que interpreta e traduz os comandos do *Windows*. Como os comandos utilizados eram velocidade e tempo de reação, os testes demonstraram não haver perda significativa durante a interpretação dos comandos e na leitura dos tempo, habilitando, assim, o novo sistema para uso.

Como método de análise estatística de dados foi realizado o *Teste T de Student* para amostras independentes a fim de comparar as médias entre os dois grupos avaliados (amostra de 2005 e de 2017/2018), verificar se existiu diferença entre a média de uma amostra e a média populacional e compreender como ocorreu o fenômeno nas amostras estudadas através de análises de correlação e regressão. Este estudo contou com a infraestrutura do LADI-UFMG, que forneceu os testes psicológicos que foram aplicados, assim como o apoio de parte da equipe, psicólogos e estagiários.

5 Resultados

As análises realizadas na pesquisa concentram-se em: averiguar o desempenho cognitivo dos alunos em 2017 através do teste Matrizes Progressivas de Raven (SPM) e comparar com os resultados obtidos em 2005 (Andrade, 2006); verificar as características comportamentais da amostra de 2017 mediante avaliação de comportamentos externalizantes utilizando as subescalas hiperatividade e antissociabilidade da escala de TDAH (Benczik, 2000); estabelecer correlações entre desempenho cognitivo e comportamental das amostras comparadas; verificar a eficiência cerebral da amostra atual (2017) e comparar os resultados com a amostra de 2005 através dos parâmetros de velocidade de processamento, tempo de decisão, tempo de movimento e erros de discriminação; verificar se as mudanças cognitivas, caso aconteçam, acompanham mudanças nos escores do teste de inteligência (SPM); verificar se a variável sexo atua como mediadora dos resultados e, por fim, averiguar se os escores dos comportamentos disruptivos influenciam a eficiência cerebral. Para uma melhor compreensão dos resultados, estes serão apresentados em três blocos de análises: 1) Desempenho cognitivo e comportamental; 2) Eficiência cerebral e 3) Influências das variáveis sexo e hiperatividade/antissociabilidade.

Comparação do desempenho cognitivo e comportamental 2005 - 2017

O desempenho no teste Matrizes Progressivas de Raven - Escala Geral (SPM) da amostra de 2005 não diferiu significativamente do desempenho da amostra de 2017 [$t(92) = 0,415$; $p = 0,660$]. Cabe ressaltar que uma parte da amostra de 2005 ($n = 22$) realizou a versão colorida do teste Raven (CPM). Os escores brutos dessa versão foram transformados a escores brutos do SPM utilizando-se a Tabela CPM 27 do manual original (Raven, Raven & Court, 1998). As estatísticas descritivas são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5

Desempenho médio no teste SPM das amostras de 2005 e 2017

Pontuação Bruta no teste	Grupo	n	Media	DP
Raven - SPM	2005	48	42,81	9,069
	2017	46	42,15	5,974

Os resultados da Tabela 5 indicam não ter ocorrido ainda um ganho cognitivo significativo no teste SPM decorridos 12 anos de avaliação. Observe que as amostras não diferiam em nível socioeconômico, idade ou grau de escolaridade. Se bem é certo utilizou-se a transformação do escore bruto da versão CPM para a versão SPM em uma parte da amostra de 2005 (o que pode ter afetado a verificação do real desempenho cognitivo desse grupo), cogitou-se também que acaso uma variável comportamental poderia ter atuado como fator de diferenciação entre as amostras (Tabela 6).

Tabela 6

Desempenho comportamental das amostras 2005 e 2017

Dimensões comportamentais	Grupo	n	Media	DP
Hiperatividade	2005	48	28,29	11,6
	2017	46	33,83	13,5
Comportamento Antissocial	2005	47	14,60	4,1
	2017	45	16,40	4,7

O teste t de *student* apontou diferenças estatisticamente significativas entre as amostras a favor do grupo de 2017 em Hiperatividade [$t(92) = -2,130$; $p = 0,036$]. Não houve diferenças significativas em Comportamento Antissocial ($p = 0,056$). Na Tabela 7 pode-se apreciar as correlações entre essas dimensões e o desempenho cognitivo para cada amostra. No caso, a associação mais intensa e significativa foi na amostra de 2017.

Tabela 7**Correlações entre dimensões comportamentais e desempenho cognitivo em cada amostra**

	Grupo	Hiperatividade	Comportamento Antissocial
Teste Raven - SPM	2005	-0,151	-0,227
	2017	-0,358*	-0,311*

Nota. *Correlação significativa a nível de 0.05

No presente estudo, não se pode saber até que ponto dificuldades de comportamento influenciaram os ganhos ou as perdas cognitivas ao longo do tempo, pois somente estudos com amostras representativas de várias gerações poderiam ter fôlego para apontar respostas precisas. O que se mostra no presente estudo é apenas a inexistência de ganhos cognitivos em um período de 12 anos em amostras de estudantes de semelhantes características etárias, educacionais e socioeconômicas. A única diferença significativa encontrada nas amostras foi na área comportamental. No caso, a amostra de 2017 foi, em média, mais hiperativa e apresentou maior antissociabilidade que a amostra de 2005.

Comparação eficiência cerebral 2005 – 2017

Por motivos de alterações no calendário escolar devido à realização de atividades escolares na escola da amostra, a coleta para testagem informatizada se realizou no final do mês de fevereiro do ano de 2018, antes do início propriamente dito de um novo ano escolar. Dessa forma, se garantiu a série escolar escolhida para o estudo. Entretanto, sete alunos da amostra inicial tinham se transferido para outra escola. Por essa razão, a amostra para a testagem informatizada reduziu-se de 46 para 39. Na Tabela 8 se apresentam as estatísticas descritivas.

Tabela 8

Estatísticas descritivas dos parâmetros de eficiência cerebral (velocidade de processamento e precisão) apresentada pelos grupos de comparação

Variáveis de eficiência	Grupo	Media	DP
Tempo de Decisão*	2005	2,140	0,386
	2017	2,271	0,346
Tempo de Movimento*	2005	0,718	0,175
	2017	0,689	0,194
Erros de Discriminação	2005	2,710	3,358
	2017	1,150	1,113

Nota. *Tempos em milissegundos.

O teste t de *student* não apontou diferenças estatisticamente significativas entre as amostras no tempo de decisão [$t(85) = 0,739$; $p = 0,46$] como tampouco no tempo de movimento [$t(85) = -1,650$; $p = 0,09$]. Esses resultados, portanto, reforçam o resultado anterior de não ter ocorrido diferenças de desempenho cognitivo entre os grupos de comparação. Entretanto, sim houve diferenças significativas, a favor do grupo de 2017, no que se refere ao número de erros [$t(85) = 2,768$; $p = 0,007$], isto é, o grupo de 2017 apresentou menos erros de discriminação que o grupo de 2005. O tamanho do efeito foi de 0,39, o que na classificação de Cohen seria considerado como efeito médio. A correlação entre os parâmetros de eficiência cerebral e o desempenho cognitivo para cada amostra se apresenta na Tabela 9.

Tabela 9

Correlação de Pearson entre parâmetros de eficiência cerebral (velocidade de processamento e precisão) e o desempenho intelectual em cada grupo de comparação

Eficiência cerebral	Teste Raven	
	Ano 2005	Ano 2017
Tempo de Decisão	-0,331*	-0,376*
Tempo de Movimento	-0,262	0,219
Erros de Discriminação	0,024	0,007

Nota. * nível de significância = 0.05

Os resultados de 2005 e de 2017 mostram que a eficiência cerebral (Tempo de Decisão ou velocidade de processamento) está associada, de fato, ao desempenho cognitivo. Portanto, infere-se que se não houve diferenças no desempenho cognitivo (teste Raven), tampouco era de se esperar que houvessem diferenças na eficiência cerebral.

Contribuição das variáveis sexo e hiperatividade

Uma forma parcimoniosa de identificar a contribuição de variáveis como sexo e a hiperatividade, além do tempo de decisão, para as diferenças cognitivas é utilizando uma análise de regressão hierárquica. O tempo de decisão entraria no primeiro bloco e logo sexo e hiperatividade no segundo bloco. Para a amostra de 2005, o modelo (R quadrado ajustado para pequenas amostras) explicou 6,3% da variância na variável dependente. Os valores Betas significativos indicaram que somente Tempo de Decisão contribuiu à predição da variável dependente (Beta padronizado = -0,331; $p = 0,025$). Sexo e Hiperatividade não tiveram contribuição significativa. Na Figura 6 observa-se o *scatterplot* do modelo.

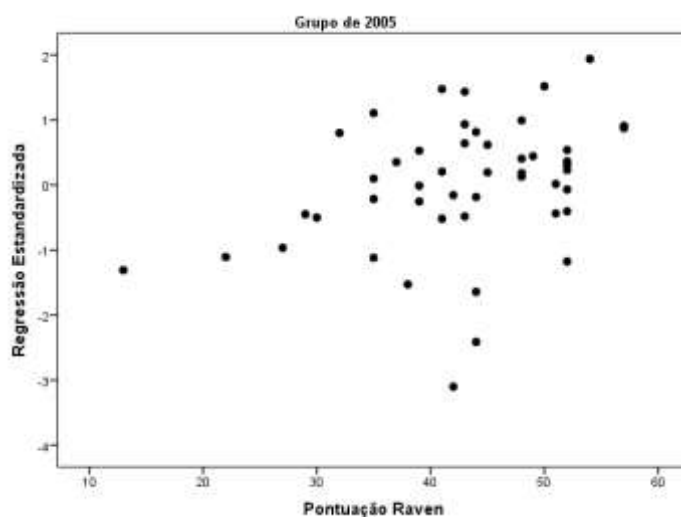


Figura 6. Variáveis predictoras estandarizadas versus pontuação no Teste Raven para a amostra de 2005

Na amostra de 2017, o modelo (R quadrado ajustado para pequenas amostras) explicou 28,6% da variância na variável dependente. Os valores Betas significativos indicaram que somente Tempo de Decisão (Beta padronizado = -0,394; $p = 0,009$), Hiperatividade (Beta padronizado = -0,334; $p = 0,02$) e sexo (Beta padronizado = 0,324;

$p = 0,03$) contribuíram à predição da variável dependente. Na Figura 7 observa-se o *scatterplot* do modelo.

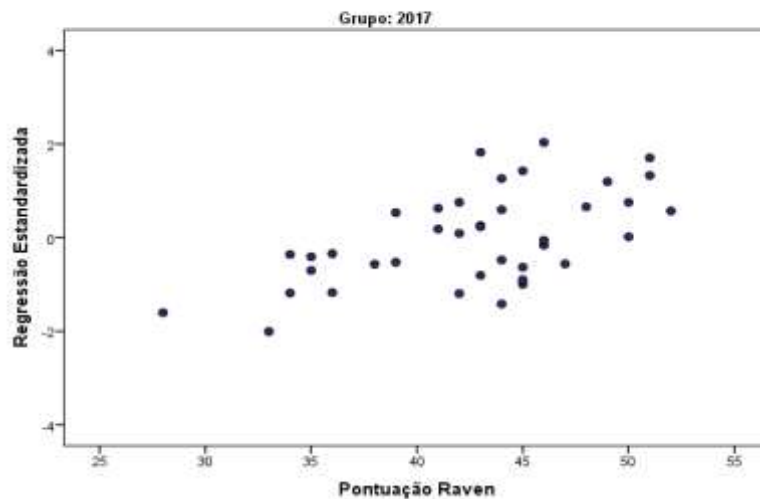


Figura 7. Variáveis predictoras estandarizadas versus pontuação Raven para a amostra de 2017

Os resultados de regressão (Figuras 6 e 7) mostram claramente que as variáveis sexo e hiperatividade tiveram maior influência sobre a amostra de 2017 do que sobre a amostra de 2005.

6 Discussão

O sucesso adaptativo requer que os indivíduos desempenhe as tarefas que lhes são impostas de forma cada vez mais eficiente. As diversas informações disponibilizadas pelo ambiente são assimiladas e processadas por uma série de sistemas básicos como percepção, aprendizagem, atenção e memória, que as transformam, alteram ou assimilam de maneira sistemática. Portanto, a capacidade cognitiva é importante para o sucesso no desempenho das tarefas complexas do cotidiano e qualquer aprimoramento dessas habilidades produz um impacto favorável na economia, produtividade e no crescimento científico, político e cultural de uma sociedade. Segundo Vernon (1983), os indivíduos diferem na eficiência com que esse processamento é realizado e as teorias de eficiência cerebral sugerem que quando as operações cognitivas são realizadas rapidamente o uso de recursos pode ser diminuído e o desempenho melhorado. A Inteligência também assume posições sociais e culturais relevantes para o desenvolvimento do indivíduo e sua melhor adaptação com o meio que o cerca. Dessa forma, diferenças individuais na inteligência são um aspecto proeminente da psicologia humana que influenciam resultados importantes da vida. Tourva *et al.*, (2016) sugere que velocidade de processamento, controle de atenção e memória de trabalho são considerados os principais pilares cognitivos da inteligência e acredita-se que a velocidade reflita a eficiência geral do cérebro para registrar e processar informações. Sendo assim, a velocidade com a qual as informações são processadas aparece como indicador da capacidade intelectual dos indivíduos. Tarefas cognitivas elementares (ECTs) medem os níveis básicos de capacidade cognitiva e possibilitam estabelecer relações entre os escores obtidos em teste de inteligência e velocidade mental. Quando essas relações são analisadas, os escores de velocidade e inteligência são muitas vezes correlacionados positivamente, uma vez que tempo de resposta maior significa velocidade menor. Neste sentido, o presente trabalho teve como propósito verificar a eficiência cerebral de um grupo de alunos da rede básica de ensino em Belo Horizonte. Para tanto, os dados obtidos nesse trabalho foram comparados com os resultados obtidos anteriormente e fornecidos pelo Laboratório de Avaliação das Diferenças Individuais – LADI/UFMG.

Houve um intervalo de tempo de doze anos entre as avaliações e para possibilitar uma comparação precisa entre os grupos através do pareamento das amostras, foram mantidas as características socioeconômicas e demográficas bem como a semelhanças

entre os sujeitos referentes à idade e nível de escolarização. Dessa forma, os resultados foram apresentados em tabelas comparativas abrangendo os dados dos dois períodos de avaliação, sendo o primeiro em 2005 (n=48) e o segundo, 2017 (n=46).

A primeira análise se referiu à comparação do desempenho cognitivo entre as amostras e pretendia-se averiguar se havia ocorrido melhoria com o passar dos anos. Essa medida foi feita tendo como instrumento o Teste das Matrizes Progressivas de Raven – Escala Geral (SPM) e o resultado, apresentado através da comparação entre as médias, mostrou que o desempenho da amostra de 2017 não diferiu significativamente do desempenho da amostra de 2005. Portanto, não houve ganho cognitivo significativo entre os grupos transcorridos doze anos de avaliação. Dois fatores merecem ser ressaltados como indicativos de possível interferência nesse resultado:

i) Da amostra avaliada em 2005, 45,8% (n=22) haviam realizado a versão colorida do Raven (CPM) e seus escores brutos foram transformados em escores do Raven Geral (SPM) utilizando a tabela CPM 27 do manual original (Raven, Raven & Court, 1998);

ii) Outro fator que pode ter interferido no resultado foi a diferença comportamental entre as amostras. Considerando que em 2005 os sujeitos foram avaliados quanto à presença de comportamentos disruptivos externalizantes (Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade – TDAH) julgou-se necessário aplicar o mesmo instrumento, utilizando as subescalas Hiperatividade (HA) e Comportamento Antissocial (CA) da escala original, na amostra de 2017. O teste t de *student* apontou diferenças estatisticamente significativas entre as amostras a favor do grupo de 2017 em HA mas não significativas em CA.

As associações entre comportamentos disruptivos e desempenho cognitivo eram esperadas, considerando-se a literatura a respeito (Achenbach & Edelbrock, 1978; Hinshaw, 1992; Biederman et al., 1996; Chadwick et al., 1999; McGee et al., 2002; Kuntsi et al., 2004; Dodge & Pettit, 2003). Assim, crianças desatentas e hiperativas apresentam em média um nível intelectual mais baixo (Willcut, Pennington, Chhabildas, Friedman, & Alexander 1999), inclusive com decréscimo de QI ao longo dos anos (Barkley, 2002). No presente estudo as correlações (Figuras 6 e 7) mostram que a hiperatividade teve maior influência em 2017 que em 2005. Isto é, o desempenho cognitivo da amostra de 2017 foi negativamente influenciado com maior intensidade que a amostra de 2005. Entretanto, não é possível avaliar, no presente estudo, o grau em que as variáveis comportamentais influenciaram a ausência de ganhos cognitivos na amostra de 2017. Para tanto, seria

necessário estudos com amostras mais representativas da população para que a análise pudesse ser contemplada de forma concisa.

Na sequência, o próximo fator analisado teve como objetivo verificar se houve melhoria na eficiência cerebral dos alunos decorridos doze anos de avaliação. Os parâmetros de eficiência foram: tempo de reação, tempo de movimento e erros de discriminação, obtidos a partir do desempenho na tarefa informatizada de discriminação perceptual (ECT). O teste t de *student* não apontou diferenças estatisticamente significativas entre as amostras no tempo gasto para tomada de decisão como tampouco, no tempo de decisão. Esses resultados, portanto, reforçam o resultado anterior delineado pelo desempenho cognitivo sem diferenças entre os grupos de comparação. Entretanto, houve diferenças significativas no que se refere ao número de erros. O grupo de 2017/2018 apresentou menos erros de discriminação que o grupo de 2005. Apesar da amostra de 2017/2018 ter sido mais hiperativa e não ter sido mais rápida nem mais inteligente (em média) do que a amostra de 2005, a amostra de 2017/2018 foi mais precisa (menos erros) que a amostra de 2005. Talvez seja um efeito de maior exposição das crianças a videogames e/ou atividades de entretenimento digital. Trata-se de uma evidencia a ser pesquisada em futuras investigações. Aqui deve-se recordar que o número de erros em tarefas simples, como a que foi utilizada no presente estudo, não teve associação significativa com o desempenho cognitivo. Finalmente, as correlações entre velocidade de processamento e o desempenho cognitivo para cada amostra mostraram que a eficiência cerebral (tempo de decisão ou velocidade de processamento) está associada, de fato, ao desempenho cognitivo, o qual confirma o registrado pela literatura clássica e especializada (Galton, 1883; Jensen, 1982; Sen et al., 1983; Vernon, 1983; Neubauer, 1997; Luciano et al., 2003). A partir dessas análises é possível inferir que a ausência de ganhos cognitivos pelos alunos de 2017 reflete, em última instância, ausência de melhoria de eficiência cerebral no intervalo de tempo estudado.

Um outro aspecto abordado como objeto desse estudo consistiu em averiguar se as variáveis sexo e comportamentos disruptivos externalizantes contribuíram para as diferenças cognitivas para cada amostra, registradas pelos escores obtidos no teste de inteligência. Utilizando a análise de regressão hierárquica, os resultados apontaram que, para a amostra de 2005, o modelo explicou 6,3% da variância na variável dependente. Para esse grupo, somente a variável tempo de decisão contribuiu à predição da variável dependente portanto, sexo e hiperatividade não tiveram contribuição significativa. Entretanto, para a amostra de 2017, o modelo explicou 28,6% da variância na variável

dependente. Os valores indicaram que tempo de decisão, sexo e hiperatividade contribuíram à predição da variável dependente de forma significativa, sendo que as variáveis sexo e hiperatividade tiveram maior influência sobre a amostra de 2017 do que sobre a amostra de 2005.

Acredita-se que as repercussões da presente investigação concentram-se nas diversas áreas da psicologia, principalmente no estudo das diferenças individuais, do desenvolvimento cognitivo social e da psicologia escolar. Levando -se em consideração as variáveis de escolha, obteve-se um delineamento pertinente com o objetivo principal de estudo, proposto como a verificação da eficiência cerebral de alunos da rede básica de ensino. Por fim, pode-se afirmar que os dados encontrados auxiliam no esclarecimento de algumas dúvidas recorrentes na literatura nacional sobre o desempenho cognitivo e, conseqüentemente, sobre a eficiência cerebral das crianças e adolescentes ao longo do tempo. Os resultados encontrados apontam a necessidade de se investir em estudos que considerem outras áreas do território brasileiro, tendo em vista a enorme variedade econômica, demográfica e sociocultural do Brasil.

7 Conclusão

A melhoria no desempenho cognitivo humano prediz uma melhor adaptação às mudanças do ambiente e favorece o desenvolvimento de estratégias eficazes para a manutenção do indivíduo no meio. Apresentar uma rede neuronal eficiente que necessita gastar cada vez menos energia para resolver tarefas simples é sinônimo de sucesso adaptativo. Dada a complexidade da cognição humana, muitos são os estudos que buscam compreender os seus mais diversos aspectos envolvendo suas faces biológica, econômica e sociocultural. As neurociências começam a contribuir para a elucidação dos componentes cerebrais envolvidos nessa complexa rede neuronal envolvida durante o processamento da informação. Diferenças individuais observadas no desempenho de tarefas cognitivas através das medidas de velocidade de processamento e de tempo de decisão são parâmetros importantes para a verificação de uma melhor eficiência cerebral. Além disso, saber se essa eficiência ocorre atrelada a um bom desempenho nos testes de inteligência são aspectos proeminentes no delineamento cognitivo de uma população e constituem uma área de estudo bastante explorada em vários países. Entretanto, o mesmo não tem ocorrido no Brasil onde os dados sobre estes fenômenos são escassos e, portanto, justifica a necessidade do tema ser explorado. Foi proposto verificar a eficiência cerebral de um grupo de alunos da rede básica de educação da capital mineira, sabendo-se que devido à enorme extensão do território nacional, não seria possível generalizar o resultado para toda a população brasileira. Essa análise foi feita a partir da comparação dos resultados de dois períodos distintos sendo o primeiro momento composto de dados cedidos por um estudo realizado em 2005 e o segundo momento, o atual, com os dados levantados pelo presente trabalho. Preocupou-se em se preservar as características socioeconômicas e demográficas das amostras além de manter as semelhanças entre os sujeitos no que diz respeito ao perfil comportamental bem como manutenção da faixa etária e nível de escolaridade. Estas foram precauções tomadas a fim de que os resultados obtidos através deste estudo tivessem maior precisão. De forma geral, observou-se que o desempenho no teste *Matrizes Progressivas de Raven - Escala Geral (SPM)*, instrumento de escolha para o teste de inteligência, não diferiu significativamente entre as amostras, indicando não ter ocorrido ainda um ganho cognitivo significativo decorridos doze anos de avaliação. Apesar das amostras não diferirem em nível socioeconômico, idade ou grau de escolaridade, dois fatores foram levantados como possíveis causas de interferência

para esse resultado: utilizou-se a transformação do escore bruto da versão CPM para a versão SPM em uma parte da amostra de 2005, o que pode ter afetado a verificação do real desempenho cognitivo desse grupo. Como segundo fator, cogitou-se também que a variável comportamental *Hiperatividade* (HA) poderia ter atuado como índice de diferenciação entre as amostras, uma vez que o teste t de *student* apontou diferenças estatisticamente significativas entre as amostras a favor do grupo de 2017 em HA. Também não se verificou diferenças estatisticamente significativas entre as amostras no *tempo de decisão* e tampouco no *tempo de movimento* reforçando o resultado anterior de não ter ocorrido diferenças de desempenho cognitivo entre os grupos de comparação. Entretanto, houve diferenças significativas, a favor do grupo de 2017, no que se refere ao número de *erros de discriminação* sendo que o tamanho do efeito foi de 0,39, o que na classificação de Cohen seria considerado como efeito médio. A análise de regressão hierárquica indicou que as variáveis *Sexo* e *Hiperatividade* não tiveram contribuição significativa sobre a amostra de 2005, exercendo maior influência sobre a amostra de 2017. Sabe-se que a riqueza dos países muito se relaciona ao nível intelectual da sua população e, portanto, é de extrema importância verificar o desempenho cognitivo de seus indivíduos bem como sua eficiência cerebral ao longo do tempo, pois isto indica não somente desenvolvimento intelectual como também socioeconômico. Não obstante, esta pesquisa contou com algumas limitações, como o número reduzido de participantes, a diferença observada entre o perfil comportamental das amostras além do curto período de tempo entre as avaliações. Isto não diminui o valor deste trabalho, mas faz com que haja interesse em novas pesquisas que possam reafirmar os achados, através da ampliação do intervalo entre as avaliações e uma amostra maior, pois desta forma as correlações poderão se mostrar mais robustas e significativas. Merece destaque a necessidade de se explorar outras regiões do território nacional, haja vista a grande diferença socioeconômica e cultural entre elas, que podem trazer resultados diversificados. Também mostra-se necessário a realização de estudos que envolvam ambientes rurais, haja vista a enorme peculiaridade que tais regiões apresentam e as grandes diferenças entre ruralidade e urbanidade. Por fim, cabe salientar que esta pesquisa reforça a importância das interfaces entre as diversas áreas do conhecimento, prática pouco adotada na área da educação mas tão relevante, que favorece o entendimento dos componentes básicos envolvidos na inteligência humana e que sustentam a aprendizagem dos alunos. Considerando que o ambiente escolar escolhido pertence à região central de Belo Horizonte foi importante identificar que não houve aumento da eficiência cerebral e nem

notou-se ganhos cognitivos na amostra pesquisada, o que reafirma a necessidade de se melhor investigar este fenômeno já tão estudado e debatido internacionalmente.

Referências

- Achenbach, T. M., & Edelbrock, C. S. (1978). The classification of child psychopathology: a review and analysis of empirical efforts. *Psychological bulletin*, 85(6), 1275-1301. doi: <http://dx.doi.org/10.1037/0033-2909.85.6.1275>
- Alderton, D. L., & Larson, G. E. (1990). Dimensionality of Raven's advanced progressive matrices items. *Educational and Psychological Measurement*, 50(4), 887-900. Recuperado de <http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0013164490504019>
- American Psychiatric Association – APA (2000). Manual diagnóstico e estatístico de transtornos mentais. Tradução Dayse Batista. Porto Alegre: Artmed. 4ª ed.
- Anastasi, A. (1990). *Psychological testing* (6th ed.). New York: Macmillan
- Andrade, A. A. C. (2006). *Estudo longitudinal das diferenças individuais no transtorno do déficit de atenção/hiperatividade (TDAH)* (Doctoral dissertation, Dissertação de mestrado não publicada, Universidade Federal de Minas Gerais).
- Andreasen, N. C., Flaum, M., Swayze, Victor I. I., O'Leary, D. S., Alliger, R., & Cohen, G. (1993). Intelligence and brain structure in normal individuals. *Am J Psychiatry*, 150, 130. doi: 10.1176/ajp.150.1.130
- Andrés-Pueyo, A. (2006). Modelos psicométricos da inteligência. In *Introdução à psicologia das diferenças individuais* (pp. 73-100). Porto Alegre, Artmed.
- Arden, R., Gottfredson, L. S., Miller, G., & Pierce, A. (2009). Intelligence and semen quality are positively correlated. *Intelligence*, 37(3), 277-282. doi: 10.1016/j.intell.2008.11.001
- Ashburner, J., & Friston, K. J. (2000). Voxel-based morphometry—the methods. *Neuroimage*, 11(6), 805-821. doi: 10.1006/nimg.2000.0582
- Ashburner, J., & Friston, K. J. (2001). Why voxel-based morphometry should be used. *Neuroimage*, 14(6), 1238-1243. doi: 10.1006/nimg.2001.0961
- 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: 12 de março de 2004.
- Atlanta, G. A. (2009). *Centers for Disease Control and Prevention*
- Baker, L. A., Vernon, P. A., & Ho, H. Z. (1991). The genetic correlation between intelligence and speed of information processing. *Behavior Genetics*, 21(4), 351-367. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1007/BF01065972>
- Bandeira, D. R., Costa, A., & Arteche, A. (2012). The Flynn effect in Brazil: Examining generational changes in the Draw-a-Person and in the Raven's Coloured Progressive

- Matrices. *Revista Latino-americana de Psicologia*, 44(3), 9-18. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/rlps/v44n3/v44n3a01.pdf>
- Barbey, A. K., Colom, R., Paul, E. J., & Grafman, J. (2014). Architecture of fluid intelligence and working memory revealed by lesion mapping. *Brain Structure and Function*, 219(2), 485-494. doi 10.1007/s00429-013-0512-z
- Barkley, R. A., Fischer, M., Edelbrock, C. S., & Smallish, L. (1990). The adolescent outcome of hyperactive children diagnosed by research criteria: I. An 8-year prospective follow-up study. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 29(4), 546-557. doi: <https://doi.org/10.1097/00004583-199007000-00007>
- Barkley, R.A. (2002). *Transtorno do Déficit de Atenção/Hiperatividade – TDAH – Guia completo para pais, professores e profissionais da saúde*. Porto Alegre: Artmed.
- Barrett, P., Eysenck, H. J., & Lucking, S. (1986). Reaction time and intelligence: A replicated study. *Intelligence*, 10(1), 9-40. doi: [https://doi.org/10.1016/0160-2896\(86\)90025-5](https://doi.org/10.1016/0160-2896(86)90025-5)
- Barth, A., Schaffer, A. W., Osterode, W., Winker, R., Konnaris, C., Valic, E., ... & Rüdiger, H. W. (2002). Reduced cognitive abilities in lead-exposed men. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 75(6), 394-398. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1007/s00420-002-0329-1>
- Bassett, D. S., Greenfield, D. L., Meyer-Lindenberg, A., Weinberger, D. R., Moore, S. W., & Bullmore, E. T. (2010). Efficient physical embedding of topologically complex information processing networks in brains and computer circuits. *PLoS computational biology*, 6(4), e1000748. Recuperado de <http://journals.plos.org/ploscompbiol/article?id=10.1371/journal.pcbi.1000748>. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1000748>
- Baumeister, A. A., & Kellas, G. (1968). Distribution of reaction times of retardates and normals. *American Journal of Mental Deficiency*. 72(5), 715-718. Recuperado de <http://psycnet.apa.org/record/1968-11032-001>
- Baune, B. T., Ponath, G., Rothermundt, M., Riess, O., Funke, H., & Berger, K. (2008). Association between genetic variants of IL-1 β , IL-6 and TNF- α cytokines and cognitive performance in the elderly general population of the MEMO-study. *Psychoneuroendocrinology*, 33(1), 68-76. doi: 10.1016/j.psyneuen.2007.10.002
- Beck, L. F. (1933). The role of speed in intelligence. *Psychological Bulletin*, 30(2), 169-178. doi: <http://dx.doi.org/10.1037/h0074499>
- Benczik, E. B. P. (2000). *Transtorno de déficit de Atenção*. Casa do Psicólogo.
- Benczik, E.B.P. (2000). *Manual da Escala de Transtorno do Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH): Versão para Professores*. São Paulo: Casa do Psicólogo.
- Berkson, G., & Baumeister, A. (1967). Reaction time variability of mental defectives and normals. *American Journal of Mental Deficiency*. 72(2), 262-266. Recuperado de <http://psycnet.apa.org/record/1968-02859-001>

- Biederman, J., Faraone, S. V., Doyle, A., Lehman, B. K., Kraus, I., Perrin, J., & Tsuang, M. T. (1993). Convergence of the Child Behavior Checklist with Structured Interview-based Psychiatric Diagnoses of ADHD Children with and without Comorbidity. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *34*(7), 1241-1251.
- Biederman, J., Faraone, S., Milberger, S., Guite, J., Mick, E., Chen, L., ... & Spencer, T. (1996). A prospective 4-year follow-up study of attention-deficit hyperactivity and related disorders. *Archives of general psychiatry*, *53*(5), 437-446. doi: <http://dx.doi.org/10.1001/archpsyc.1996.01830050073012>
- Bonney, K. R., Almeida, O. P., Flicker, L., Davies, S., Clarnette, R., Anderson, M., & Lautenschlager, N. T. (2006). Inspection time in non-demented older adults with mild cognitive impairment. *Neuropsychologia*, *44*(8), 1452-1456. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2005.12.002>
- Boomsma, D. I., & Somsen, R. J. (1991). Reaction times measured in a choice reaction time and a double task condition: A small twin study. *Personality and Individual Differences*, *12*(6), 519-522. Recuperado de [https://doi.org/10.1016/0191-8869\(91\)90246-8](https://doi.org/10.1016/0191-8869(91)90246-8)
- Bors, D. A., & Forrin, B. (1995). Age, speed of information processing, recall, and fluid intelligence. *Intelligence*, *20*(3), 229-248. doi: [https://doi.org/10.1016/0160-2896\(95\)90009-8](https://doi.org/10.1016/0160-2896(95)90009-8)
- Bouchard, T. J., & McGue, M. (1981). Familial studies of intelligence: A review. *Science*, *212*(4498), 1055-1059. doi: <http://dx.doi.org/10.1126/science.7195071>
- Bouchard, T. J., Lykken, D. T., McGue, M., Segal, N. L., & Tellegen, A. (1990). Sources of human psychological differences: The Minnesota study of twins reared apart. *Science*, *250*(4978), 223-228. doi: <http://dx.doi.org/10.1126/science.2218526>
- Brand, C. (1981). General intelligence and mental speed: Their relationship and development. In *Intelligence and learning* (pp. 589-593). Springer, Boston, MA.
- Brehm, J. W., & Self, E. A. (1989). The intensity of motivation. *Annual review of psychology*, *40*(1), 109-131. doi: [10.1146/annurev.ps.40.020189.000545](https://doi.org/10.1146/annurev.ps.40.020189.000545)
- Brodmann, K. (1909). *Vergleichende Lokalisationslehre der Grosshirnrinde in ihren Prinzipien dargestellt auf Grund des Zellenbaues*. Barth.
- Brody, N. (2000). History of theories and measurements of intelligence. *Handbook of intelligence*, 16-33.
- Burgaleta, M., Head, K., Álvarez-Linera, J., Martínez, K., Escorial, S., Haier, R., & Colom, R. (2012). Sex differences in brain volume are related to specific skills, not to general intelligence. *Intelligence*, *40*(1), 60-68.
- Burns, N. R., & Nettelbeck, T. (2005). Inspection time and speed of processing: Sex differences on perceptual speed but not IT. *Personality and Individual Differences*, *39*(2), 439-446. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.paid.2005.01.022>

- Camarata, S., & Woodcock, R. (2006). Sex differences in processing speed: Developmental effects in males and females. *Intelligence*, 34(3), 231-252. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.intell.2005.12.001>
- Carlson, J. S., & Jensen, C. M. (1982). Reaction time, movement time, and intelligence: A replication and extension. *Intelligence*, 6(3), 265-274. Recuperado de <http://e.guigon.free.fr/rsc/article/CarlsonJensen82.pdf>
- Carpenter, P. A., Just, M. A., & Shell, P. (1990). What one intelligence test measures: a theoretical account of the processing in the Raven Progressive Matrices Test. *Psychological review*, 97(3), 404-431.
- Carroll, J. B. (1993). *Human cognitive abilities: A survey of factor-analytic studies*. Cambridge University Press. doi: <https://doi.org/10.1080/00140139508925174>
- Carroll, J. B. (1997). Psychometrics, intelligence, and public perception. *Intelligence*, 24(1), 25-52. Recuperado de [https://doi.org/10.1016/S0160-2896\(97\)90012-X](https://doi.org/10.1016/S0160-2896(97)90012-X)
- Castellanos, F. X., Lee, P. P., Sharp, W., Jeffries, N. O., Greenstein, D. K., Clasen, L. S., ... & Zijdenbos, A. (2002). Developmental trajectories of brain volume abnormalities in children and adolescents with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Jama*, 288(14), 1740-1748. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/417c/8a17284201b6cad7ecbe5ae159e24504f18e.pdf>
- Cattell, J. McK. (1890). *Mental tests and measurements*. *Mind*, 1890, 15, 373-380.
- Cattell, R. B. (1941). *General psychology*. Oxford, England: Sci-Art.
- Cattell, R. B. (1943). The measurement of adult intelligence. *Psychological Bulletin*, 40(3), 153. doi <http://dx.doi.org/10.1037/h0059973>
- Cattell, R. B. (1971). The structure of intelligence in relation to the nature-nurture controversy. *Intelligence: Genetic and environmental influences*, 3-30.
- Cattell, R. B. (1987). *Intelligence: Its structure, growth and action* (Vol. 35). Elsevier.
- Cattell, R. B. (1988). Psychological theory and scientific method. In *Handbook of multivariate experimental Psychology* (pp. 3-20). Springer, Boston, MA.
- Cattell, R. B. (1998). Where is intelligence? Some answers from the triadic theory. *Human cognitive abilities in theory and practice*, 29-38. Mahwah, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates Publishers
- Cerella, J., Hale, S., 1994. The rise and fall in information-processing rates over the life span. *Acta Psychol.* 86, 109-197. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0001-6918\(94\)90002-7](http://dx.doi.org/10.1016/0001-6918(94)90002-7)
- Chadwick, O., Taylor, E., Taylor, A., Heptinstall, E., & Danckaerts, M. (1999). Hyperactivity and reading disability: a longitudinal study of the nature of the association. *The Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied*

- Disciplines*, 40(7), 1039-1050. Recuperado de <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-child-psychology-and-psychiatry-and-allied-disciplines/article/hyperactivity-and-reading-disability-a-longitudinal-study-of-the-nature-of-the-association/8DCF55C43075CF788A61DDECDE0F6BD5>
- Chiang, M-C., Marina, B., Shattuck, D. W., Lee, A.D., Madsen, S. K., Avedissian, C. ... & Thompson, P. M. (2009). Genetics of brain fiber architecture and intellectual performance. *Journal of Neuroscience* 29, no. 7: 2212-2224. Recuperado de <http://www.jneurosci.org/content/29/7/2212>. doi: <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.4184-08.2009>
- Choi, Y. Y., Shamosh, N. A., Cho, S. H., DeYoung, C. G., Lee, M. J., Lee, J. M., ... & Lee, K. H. (2008). Multiple bases of human intelligence revealed by cortical thickness and neural activation. *Journal of Neuroscience*, 28(41), 10323-10329. doi: 10.1523/JNEUROSCI.3259-08.2008
- 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(3), 681-689. doi: 10.1016/S0191-8869(02)00245-3
- Cohn, S. J., Carlson, J. S., & Jensen, A. R. (1985). Speed of information processing in academically gifted youths. *Personality and Individual Differences*, 6(5), 621-629. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0191-8869\(85\)90012-1](http://dx.doi.org/10.1016/0191-8869(85)90012-1)
- Colom, R. (2002) *En los limites de la inteligència: es el ingrediente fundamental del éxito en la vida?* Madrid: Ediciones Pirámides.
- Colom, R., Andrés-Pueyo, A., & Juan-Espinosa, M. (1998). Generational IQ gains: Spanish data. *Personality and Individual Differences*, 25, 927-935. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0191-8869\(98\)00090-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0191-8869(98)00090-7)
- Colom, R., Flores-Mendoza, C. E., & Abad, F. J. (2007). Generational changes on the Draw-A-Man Test: A comparison of brazilian urban and rural children tested in 1930, 2002 and 2004. *Journal of Biosocial Science*, 39, 79-89. doi: 10.1017/S0021932005001173
- Colom, R., Garcia, L. F., Juan-Espinosa, M., & Abad, F. J. (2002). Null sex differences in general intelligence: Evidence from the WAIS-III. *The Spanish Journal of Psychology*, 5(1), 29-35. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12025362>
- Colom, R., Haier, R. J., Head, K., Álvarez-Linera, J., Quiroga, M. Á., Shih, P. C., & Jung, R. E. (2009). Gray matter correlates of fluid, crystallized, and spatial intelligence: Testing the P-FIT model. *Intelligence*, 37(2), 124-135. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/008a/c6883e6263b848f06c9f669af8e6b4bc0639.pdf>
- Colom, R., Jung, R. E., & Haier, R. J. (2006). Distributed brain sites for the g-factor of intelligence. *Neuroimage*, 31(3), 1359-1365. doi: 10.1016/j.neuroimage.2006.01.006

- Colom, R., Jung, R. E., & Haier, R. J. (2006). Finding the g-factor in brain structure using the method of correlated vectors. *Intelligence*, 34(6), 561-570. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.intell.2006.03.006>
- Colom, R., Karama, S., Jung, R. E., & Haier, R. J. (2010). Human intelligence and brain networks. *Dialogues in clinical neuroscience*, 12(4), 489. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3181994/>
- Conway, A. R., Kane, M. J., & Engle, R. W. (1999). Is Spearman's G determined by speed or working memory capacity? *Psychology*, 10(074).
- Cowan, N. (1998). Visual and auditory working memory capacity. *Trends in Cognitive Sciences*, 2(3), 77-78. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/d034/fb2e8fb09e246b0bc179ddb78bb626ee1e2f.pdf>
- Curran, S., Mill, J., Tahir, E., Kent, L., Richards, S., Gould, A.,... & Asherson, P. (2001). Association study of a dopamine transporter polymorphism and attention deficit hyperactivity disorder in UK and Turkish samples. *Molecular Psychiatry*, 6(4), 425. doi: 10.1038/sj.mp.4000914
- Deary, I. J., Der, G., & Ford, G. (2001). Reaction times and intelligence differences: A population-based cohort study. *Intelligence*, Volume 29, Issue 5, Pages 389-399, ISSN 0160-2896, Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160289601000629?via%3Dihub>. doi: [https://doi.org/10.1016/S0160-2896\(01\)00062-9](https://doi.org/10.1016/S0160-2896(01)00062-9).
- Deary, I. J. (1994). Intelligence and auditory discrimination: Separating processing speed and fidelity of stimulus representation. *Intelligence*, 18(2), 189-213. doi: [https://doi.org/10.1016/0160-2896\(94\)90027-2](https://doi.org/10.1016/0160-2896(94)90027-2)
- Deary, I. J. (2000). *Looking down on human intelligence: From psychometrics to the brain* (Vol. 34). Oxford University Press. doi: 10.1093/acprof:oso/9780198524175.001.0001
- Deary, I. J. (2001). *Intelligence: A very short introduction*. OUP Oxford. Recuperado de <http://emilkirkegaard.dk/en/wp-content/uploads/Intelligence-a-very-short-introduction.pdf>
- Deary, I. J., & Der, G. (2005). Reaction time, age, and cognitive ability: Longitudinal findings from age 16 to 63 years in representative population samples. *Aging, Neuropsychology, and cognition*, 12(2), 187-215. doi: <https://doi.org/10.1080/13825580590969235>
- Deary, I. J., & Stough, C. (1997). *Looking down on human intelligence: from psychometrics to the brain*. (Oxford psychology series; Vol. no. 34). Oxford: Oxford University Press. doi 10.1093/acprof:oso/9780198524175.001.0001
- Deary, I. J., Der, G., & Ford, G. (2001). Reaction times and intelligence differences: A population-based cohort study. *Intelligence*, 29(5), 389-399. doi 10.1016/S0160-2896(01)00062-9

- Deary, I. J., Egan, V., Gibson, G. J., Austin, E. J., Brand, C. R., & Kellaghan, T. (1996). Intelligence and the differentiation hypothesis. *Intelligence*, 23(2), 105-132. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0160-2896\(96\)90008-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0160-2896(96)90008-2)
- Deary, I. J., Johnson, W., & Houlihan, L. M. (2009). Genetic foundations of human intelligence. *Human genetics*, 126(1), 215-232. Doi: 10.1007/s00439-009-0655-4
- Deary, I. J., Penke, L., & Johnson, W. (2010). The neuroscience of human intelligence differences. *Nature reviews neuroscience*, 11(3), 201-211. Doi: 10.1038/nrn2793
- Deary, I., Der, G., & Ford, G. (2001). Reaction time and intelligence differences: A population based cohort study. *Intelligence*, 29, 389-399. doi: 10.1016/S0160-2896(01)00062-9)
- DeFries, J. C., Ashton, G. C., Johnson, R. C., Kuse, A. R., McClearn, G. E., Mi, M. P., ... & Wilson, J. R. (1976). Parent-offspring resemblance for specific cognitive abilities in two ethnic groups. *Nature*, 261(5556), 131. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1272380>
- Der, G., & Deary, I. J. (2003). IQ, reaction time and the differentiation hypothesis. *Intelligence*, 31(5), 491-503. doi: 10.1016/S0160-2896(02)00189-7
- Der, G., & Deary, I. J. (2006). Age and sex differences in reaction time in adulthood: results from the United Kingdom Health and Lifestyle Survey. *Psychology and aging*, 21(1), 62. doi: 10.1037/0882-7974.21.1.62
- Detterman, D. K., Mayer, J. D., Caruso, D. R., Legree, P. J., Conners, F. A., & Taylor, R. (1992). Assessment of basic cognitive abilities in relation to cognitive deficits. *American Journal on Mental Retardation*. Recuperado de <http://psycnet.apa.org/record/1993-14064-001>
- Dodge, K. A., & Pettit, G. S. (2003). A biopsychosocial model of the development of chronic conduct problems in adolescence. *Developmental psychology*, 39(2), 349-371. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2755613/>
- Donchin, E., & Lindsley, D. B. (1966). Average evoked potentials and reaction times to visual stimuli. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 20(3), 217-223. doi: [https://doi.org/10.1016/0013-4694\(66\)90086-1](https://doi.org/10.1016/0013-4694(66)90086-1)
- Donders, F. C. (1868). Die schnelligkeit psychischer prozesse. *Archiv für anatomie, Physiologie und wissenschaftliche medizin* 6, 1868, pp. 675-681.
- Doppelmayr, M., Klimesch, W., Hödlmoser, K., Sauseng, P., & Gruber, W. (2005). Intelligence related upper alpha desynchronization in a semantic memory task. *Brain Research Bulletin*, 66(2), 171-177. doi: 10.1016/j.brainresbull.2005.04.007
- Duncan, J., Seitz, R. J., Kolodny, J., Bor, D., Herzog, H., Ahmed, A., ... & Emslie, H. (2000). A neural basis for general intelligence. *Science*, 289(5478), 457-460. doi: <https://doi.org/10.1126/science.289.5478.457>
- Dunst, B., Benedek, M., Bergner, S., Athenstaedt, U., & Neubauer, A. C. (2013). Sex differences in neural efficiency: Are they due to the stereotype threat

- effect? *Personality and individual differences*, 55(7), 744-749. doi: 10.1016/j.paid.2013.06.007
- Dunst, B., Benedek, M., Jauk, E., Bergner, S., Koschutnig, K., Sommer, M., ... & Freudenthaler, H. (2014). Neural efficiency as a function of task demands. *Intelligence*, 42, 22-30. doi: 10.1016/j.intell.2013.09.005
- Dustman, R. E., & Beck, E. C. (1965). The visually evoked potential in twins. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 19(6), 570-575. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0013-4694\(65\)90242-7](http://dx.doi.org/10.1016/0013-4694(65)90242-7)
- Dutton, E., van der Linden, D., & Lynn, R. (2016). The negative Flynn Effect: A systematic literature review. *Intelligence*, 59, 163-169. doi: <https://doi.org/10.1016/j.intell.2016.10.002>
- Dykiert, D., Der, G., Starr, J. M., & Deary, I. J. (2012). Age differences in intra-individual variability in simple and choice reaction time: systematic review and meta-analysis. *PLoS One*, 7(10), e45759. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0045759>
- Emery, N. J. (2006). Cognitive ornithology: the evolution of avian intelligence. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 361(1465), 23-43. doi: 10.1098/rstb.2005.1736
- Engelhardt, E., & Moreira, D. M. (2008). A substância branca cerebral. Localização dos principais feixes com anisotropia fracionada direcional. *Revista Brasileira de Neurologia*, 44(2), 19-34. Recuperado de <http://files.bvs.br/upload/S/0101-8469/2008/v44n2/a19-34.pdf>
- Etkin, S., Lenker, D. P., & Mills, E. J. (2005). *Professional guide to diseases*.
- Eysenck, H. J. (1967). Intelligence assessment: A theoretical and experimental approach. *British Journal of Educational Psychology*, 37(1), 81-98. doi: <https://doi.org/10.1111/j.2044-8279.1967.tb01904.x>
- Eysenck, H. J. (1982). The biological basis of cross-cultural differences in personality: Blood group antigens. *Psychological Reports*, 51(2), 531-540. Recuperado de <http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.2466/pr0.1982.51.2.531>
- Eysenck, H. J. (1987). Speed of information processing, reaction time, and the theory of intelligence. In P. A. Vernon (Ed.), *Speed of information-processing and intelligence* (pp. 21-67). Westport, CT, US: Ablex Publishing.
- Eysenck, H. J., & Eysenck, M. W. (1987). *Personality and individual differences*. New York, NY: Plenum.
- Faraone, S. V., Doyle, A. E., Mick, E., & Biederman, J. (2001). Meta-analysis of the association between the 7-repeat allele of the dopamine D4 receptor gene and attention deficit hyperactivity disorder. *American Journal of Psychiatry*, 158(7), 1052-1057. doi: 10.1176/appi.ajp.158.7.1052
- Fink, A., & Neubauer, A. C. (2001). Speed of information processing, psychometric intelligence: And time estimation as an index of cognitive load. *Personality and*

Individual Differences, 30(6), 1009-1021. Recuperado de <http://psycnet.apa.org/record/2001-00624-008>. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0191-8869\(00\)00089-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0191-8869(00)00089-1)

Fink, A., & Neubauer, A. C. (2005). Individual differences in time estimation related to cognitive ability, speed of information processing and working memory. *Intelligence*, 33(1), 5-26. Recuperado de <http://psycnet.apa.org/record/2005-00924-002>. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.intell.2004.09.001>

Finkel, D., Andel, R., Gatz, M., & Pedersen, N. L. (2009). The role of occupational complexity in trajectories of cognitive aging before and after retirement. *Psychology and aging*, 24(3), 563. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2742987/>. doi 10.1037/a0015511

Fischer, M., Barkley, R. A., Fletcher, K. E., & Smallish, L. (1993). The adolescent outcome of hyperactive children: predictors of psychiatric, academic, social, and emotional adjustment. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 32(2), 324-332. doi: <http://dx.doi.org/10.1097/00004583-199303000-00013>

Flores-Mendoza, C. E. (1998). *Processamento cognitivo básico e inteligência em deficientes mentais* (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo. Instituto de Psicologia).

Flores-Mendoza, C.E. (1999). *Processamento cognitivo básico e inteligência em deficientes mentais*. (Tese de doutorado). Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo. Departamento de Psicologia da Aprendizagem, do Desenvolvimento Humano e da Personalidade. São Paulo, SP, Brasil

Flores-Mendoza, Carmen *et al.* (2006). *Introdução à psicologia das diferenças individuais*. Porto Alegre: Artmed.

Flynn, J. R. (1984). The mean IQ of Americans: Massive gains 1932 to 1978. *Psychological bulletin*, 95(1), 29-51.

Flynn, J. R. (1987). Massive IQ gains in 14 nations: What IQ tests really measure. *Psychological Bulletin* 101 (2), 171-191. Recuperado de http://www.jugendsozialarbeit.de/media/raw/flynn1987_What_IQ_tests_really_measure.pdf

Flynn, J. R. (1998). IQ gains over time: Toward finding the causes. Em: Neisser, U. (Ed.) *The Rising Curve* (pp. 25-66). Washington: APA. doi: <http://dx.doi.org/10.1037/10270-001>

Flynn, J. R. (2006a). O Efeito Flynn: repensando a inteligência e aquilo que a afeta. In: C. Flores-Mendoza & R. Colom (Orgs.), *Introdução à Psicologia das Diferenças Individuais* (pp.387-411). Porto Alegre: Artmed.

Flynn, J. R. (2006b). Thethering the elephant: Capital cases, IQ, and the Flynn effect. *Psychology, public policy, and law*, 12(2), 170-189. Recuperado de <http://www.iapsych.com/iqmr/fe/LinkedDocuments/flynn2006a.pdf>

- Flynn, J. R. (2009). *O que é inteligência? Além do efeito Flynn*. Porto Alegre: Artmed.
- Flynn, J. R. (2012). *Are we getting smarter? Rising IQ in the twenty-first century*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Flynn, J. R., te Nijenhuis, J. & Metzen, D. (2014). The g beyond Spearman's g: Flynn's paradoxes resolved using four exploratory meta-analyses. *Intelligence*, 44, 1-10. Recuperado de <http://www.iapsych.com/iqmr/fe/LinkedDocuments/flynn2014.pdf>
- Fry, A. F., & Hale, S. (1996). Processing speed, working memory, and fluid intelligence: Evidence for a developmental cascade. *Psychological science*, 7(4), 237-241. Recuperado de http://www.psych.wustl.edu/cdl/publications/Fry_Hale_1996.pdf
- Fry, A. F., & Hale, S. (2000). Relationships among processing speed, working memory, and fluid intelligence in children. *Biological psychology*, 54(1-3), 1-34.
- Galton, F. (1883). *Inquiries into the human faculty & its development*. JM Dent and Company. Recuperado de <http://galton.org/books/human-faculty/text/galton-1883-human-faculty-v4.pdf>
- Garey, L. J. (2006). *Brodmann's 'Localisation in the Cerebral Cortex'*.
- Gignac, G., Vernon, P. A., & Wickett, J. C. (2003). Factors influencing the relationship between brain size and intelligence. In *The scientific study of general intelligence* (pp. 93-106). Amsterdam: Pergamon.
- Good, C. D., Johnsrude, I. S., Ashburner, J., Henson, R. N, Friston K. J, Frackowiak R. S., (2001). A voxel-based morphometric study of ageing in 465 normal adult human brains. *NeuroImage* 14 (1 Pt 1), 21 – 36. doi: 10.1006/nimg.2001.0786
- Good, C. D., Scahill, R. I., Fox, N. C., Ashburner, J., Friston, K. J., Chan, D., ... & Frackowiak, R. S. (2002). Automatic differentiation of anatomical patterns in the human brain: validation with studies of degenerative dementias. *Neuroimage*, 17(1), 29-46. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12482066>
- Gordon, R. A. (1997). Everyday life as an intelligence test: Effects of intelligence and intelligence context. *Intelligence*, 24(1), 203-320. Recuperado de [http://dx.doi.org/10.1016/S0160-2896\(97\)90017-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0160-2896(97)90017-9)
- Gottfredson, L. S. (1987). The practical significance of black–white differences in intelligence. *Behavioral and Brain Sciences*, 10(3), 510-512. doi: <https://doi.org/10.1017/S0140525X00023827>
- Gottfredson, L. S. (1997a). *Mainstream science on intelligence: An editorial with 52 signatories, history, and bibliography*, 24(1), 13-23. Recuperado de <http://www.intelligence.martinsewell.com/Gottfredson1997.pdf>
- Gottfredson, L. S. (1997b). Why g matters: The complexity of everyday life. *Intelligence*, 24(1), 79-132. Recuperado de <https://www1.udel.edu/educ/gottfredson/reprints/1997whygmatters.pdf>
- Gottfredson, L. S. *Intelligence* (1997). New Scientist Instant Expert 13.

- 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*, 20(2), 212-225. doi: 10.1016/j.cogbrainres.2004.02.010
- Grabner, R. H., Neubauer, A. C., & Stern, E. (2006). Superior performance and neural efficiency: The impact of intelligence and expertise. *Brain research bulletin*, 69(4), 422-439. doi: 10.1016/j.brainresbull.2006.02.009
- Gray, J. R., Chabris, C. F., & Braver, T. S. (2003). Neural mechanisms of general fluid intelligence. *Nature neuroscience*, 6(3), 316. doi 10.1038/nn1014
- Gur, R. C., Turetsky, B. I., Matsui, M., Yan, M., Bilker, W., Hughett, P., & Gur, R. E. (1999). Sex differences in brain gray and white matter in healthy young adults: correlations with cognitive performance. *The Journal of Neuroscience*, 19(10), 4065-4072. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10234034>
- Haier, R. E. (2014). Increased intelligence is a myth (so far). *Frontiers in systems neuroscience*, 8, 34. doi 10.3389/fnsys.2014.00034
- Haier, R. J., Jung, R. E., Yeo, R. A., Head, K., & Alkire, M. T. (2005). *The neuroanatomy of general intelligence: sex matters. NeuroImage*. 25: 320-327. doi: 10.1016/j.neuroimage.2004.11.019
- Haier, R. J., Jung, R. E., Yeo, R. A., Head, K., & Alkire, M. T. (2004). Structural brain variation and general intelligence. *Neuroimage*, 23(1), 425-433. doi: 10.1016/j.neuroimage.2004.04.025
- Haier, R. J., Siegel, B. V., Nuechterlein, K. H., Hazlett, E., Wu, J. C., Paek, J., ... & Buchsbaum, M. S. (1988). Cortical glucose metabolic rate correlates of abstract reasoning and attention studied with positron emission tomography. *Intelligence*, 12(2), 199-217. doi: [https://doi.org/10.1016/0160-2896\(88\)90016-5](https://doi.org/10.1016/0160-2896(88)90016-5)
- Haier, R. J., Siegel, B., Tang, C., Abel, L., & Buchsbaum, M. S. (1992). Intelligence and changes in regional cerebral glucose metabolic rate following learning. *Intelligence*, 16(3-4), 415-426. doi: 10.1016/0160-2896(92)90018-M
- Hale, S., & Jansen, J. (1994). Global processing-time coefficients characterize individual and group differences in cognitive speed. *Psychological science*, 5(6), 384-389. Recuperado de <http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1111/j.1467-9280.1994.tb00290.x>
- Hale, S., 1990. A global developmental trend in cognitive processing speed. *Child Develop*. 61, 653-663. Recuperado de https://www.jstor.org/stable/1130951?seq=1#page_scan_tab_contents
- Halpern, D. F., & LaMay, M. L. (2000). The smarter sex: A critical review of sex differences in intelligence. *Educational Psychology Review*, 12(2), 229-246. doi: <http://dx.doi.org/10.1023/A:1009027516424>
- Hanushek, E.A. & Woessmann, L. (2015). *The Knowledge Capital of Nations. Education and the Economics of Growth*. Cambridge, MA:MIT Press.

- Hertzog, C., & Bleckley, M. K. (2001). Age differences in the structure of intelligence: Influences of information processing speed. *Intelligence*, 29(3), 191-217. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0160-2896\(00\)00050-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0160-2896(00)00050-7)
- Heuvel, M. P. van den, Stam, C. J., Kahn, R. S., & Pol, H. E. H. (2009). Efficiency of functional brain networks and intellectual performance. *Journal of Neuroscience*, 29(23), 7619-7624. doi: <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1443-09.2009>
- Hick, W. E. (1952). On the rate of gain of information. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 4(1), 11-26. doi: <https://doi.org/10.1080/17470215208416600>
- Hill, B. D., Foster, J. D., Elliott, E. M., Shelton, J. T., McCain, J., & Gouvier, W. D. (2013). Need for cognition is related to higher general intelligence, fluid intelligence, and crystallized intelligence, but not working memory. *Journal of Research in Personality*, 47(1), 22-25. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/259687951_Need_for_Cognition_is_related_to_higher_general_intelligence_fluid_intelligence_and_crystallized_intelligence_but_not_working_memory
- Hinshaw, S. P. (1992). Externalizing behavior problems and academic underachievement in childhood and adolescence: causal relationships and underlying mechanisms. *Psychological bulletin*, 111(1), 127-155. Recuperado de <https://www.researchgate.net/profile/54fb28a40cf20b0d2cb8af37>
- Ho, H-Z., Baker, L. A., & Decker, S. N. (1988). Covariation between intelligence and speed of cognitive processing: genetic and environmental influences. *Behavior Genetics*, 18(2), 247-261. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1007/BF01067845>
- Holm, L., Ullén, F., & Madison, G. (2011). Intelligence and temporal accuracy of behaviour: unique and shared associations with reaction time and motor timing. *Experimental Brain Research*, 214(2), 175-183. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/51556814_Intelligence_and_temporal_accuracy_of_behaviour_Unique_and_shared_associations_with_reaction_time_and_motor_timing
- Horn, J. L. (1991). Measurement of intellectual capabilities: a review of theory. In K. S. McGrew, J. K. Werder, & R. W. Woodcock (Eds.), *Woodcock-Johnson technical manual*, 197-232. Chicago: Riverside.
- Horn, J. L., & Cattell, R. B. (1967). Age differences in fluid and crystallized intelligence. *Acta psychologica*, 26, 107-129. Recuperado de [https://doi.org/10.1016/0001-6918\(67\)90011-X](https://doi.org/10.1016/0001-6918(67)90011-X)
- Horn, J. L., & Hofer, S. M. (1992). Major abilities and development in the adult period. In R. J. Sternberg & C. A. Berg (Eds.), *Intellectual development* (pp. 44-99). New York, NY, US: Cambridge University Press.
- Horn, J. L., & Noll, J. (1997). Human cognitive capabilities: Gf-Gc theory. In D. P. Flanagan, J. L. Genshaft, & P. L. Harrison (Eds.), *Contemporary intellectual*

assessment: Theories, tests, and issues (pp. 53-91). New York, NY, US: Guilford Press.

- Howarth, C., Gleeson, P., & Attwell, D. (2012). Updated energy budgets for neural computation in the neocortex and cerebellum. *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism*, 32(7), 1222-1232. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3390818/>. doi: 10.1038/jcbfm.2012.35
- Hunt, E. & Madhyastha, T. M. (2012) Cognitive demands of the workplace. *Journal of Neuroscience Psychology and Economy*, 5, 18–37.
- Hunt, E., & MacLeod, C. M. (1978). The sentence-verification paradigm: A case study of two conflicting approaches to individual differences. *Intelligence*, 2(2), 129-144. doi: [https://doi.org/10.1016/0160-2896\(78\)90004-1](https://doi.org/10.1016/0160-2896(78)90004-1)
- Hyman, R. (1953). Stimulus information as a determinant of reaction time. *Journal of experimental psychology*, 45(3), 188-196. Recuperado de <http://www2.psychology.uiowa.edu/faculty/mordkoff/InfoProc/pdfs/Hyman%201953.pdf>
- Irwin, W. S. (2010). Simple reaction time: it is not what it used to be. *American Journal of Psychology*, 123(1), 39-50. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/ce88/019d2ce5c211033b3030d24339bf8195ed71.pdf>
- Jackson, D. N., & Rushton, J. P. (2006). Males have greater g: Sex differences in general mental ability from 100,000 17-to 18-year-olds on the Scholastic Assessment Test. *Intelligence*, 34(5), 479-486. Recuperado de <http://emilkirkegaard.dk/en/wp-content/uploads/Males-have-greater-g-Sex-differences-in-general-mental-ability-from-100000-17-to-18-year-olds-on-the-Scholastic-Assessment-Test.pdf>
- Jaušovec, N., & Jaušovec, K. (2004). Intelligence related differences in induced brain activity during the performance of memory tasks. *Personality and Individual Differences*, 36(3), 597-612. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0191-8869\(03\)00120-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0191-8869(03)00120-X)
- Jensen, A. R. (1979). The Nature of Intelligence and Its Relation to Learning. *Journal of Research and Development in Education*, 12(2), 79-95.
- Jensen, A. R. (1980). Bias in mental testing. Recuperado de <http://emilkirkegaard.dk/en/wp-content/uploads/Bias-in-Mental-Testing-Arthur-R.-Jensen.pdf>
- Jensen, A. R. (1981). Reaction time and intelligence. In: *Intelligence and learning* (pp. 39-50). Springer, Boston, MA.
- Jensen, A. R. (1982). Reaction time and psychometric g. In *A model for intelligence* (pp. 93-132). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Jensen, A. R. (1987). Individual differences in the Hick paradigm. In P. A. Vernon (Ed.), *Speed of information-processing and intelligence* (pp. 101-175). Westport, CT, US: Ablex Publishing.

- Jensen, A. R. (1998a). *The g factor: The science of mental ability*. Westport, CT: Praeger. Recuperado de <http://emilkirkegaard.dk/en/wp-content/uploads/The-g-factor-the-science-of-mental-ability-Arthur-R.-Jensen.pdf>
- Jensen, A. R. (1998b). The suppressed relationship between IQ and the reaction time slope parameter of the Hick function. *Intelligence*, 26(1), 43-52. Recuperado de <http://arthurjensen.net/wp-content/uploads/2014/06/The-Suppressed-Relationship-between-IQ-and-the-Reaction-Time-Slope-Parameter-of-the-Hick-Function-1998-by-Arthur-Robert-Jensen.pdf>
- Jensen, A. R. (2006). *Clocking the mind: Mental chronometry and individual differences*. Elsevier. Recuperado de <https://lesacreduprintemps19.files.wordpress.com/2012/11/clocking-the-mind-mental-chronometry-and-individual-differences.pdf>
- Jensen, A. R., & Munro, E. (1979). Reaction time, movement time, and intelligence. *Intelligence*, 3(2), 121-126. Recuperado de <http://e.guigon.free.fr/rsc/article/JensenMunro79.pdf>
- Jensen, A. R., & Sinha, S. N. (1993). Cerebral glucose metabolism and intelligence. *Biological Approaches to the Study of Human Intelligence*, Ablex, Norwood, NJ, 139-242.
- Johnson, W., Bouchard Jr, T. J., Krueger, R. F., McGue, M., & Gottesman, I. I. (2004). Just one g: Consistent results from three test batteries. *Intelligence*, 32(1), 95-107. Recuperado de <http://emilkirkegaard.dk/en/wp-content/uploads/Just-one-g-Consistent-results-from-three-test-batteries.pdf>
- Johnson, W., te Nijenhuis, J., & Bouchard Jr, T. J. (2008). Still just 1 g: Consistent results from five test batteries. *Intelligence*, 36(1), 81-95. Recuperado de <http://emilkirkegaard.dk/en/wp-content/uploads/Still-just-1-g-Consistent-results-from-five-test-batteries.pdf>
- Jorm, A. F., Windsor, T. D., Dear, K. B. G., Anstey, K. J., Christensen, H., & Rodgers, B. (2005). Age group differences in psychological distress: the role of psychosocial risk factors that vary with age. *Psychological medicine*, 35(9), 1253-1263. doi: 10.1017/S0033291705004976
- Juan-Espinosa, M. de(1997). *Geografía de la Inteligencia Humana: Las aptitudes cognitivas*. Pirámide.
- Jung, R. E., & Haier, R. J. (2007). The Parieto-Frontal Integration Theory (P-FIT) of intelligence: converging neuroimaging evidence. *Behavioral and Brain Sciences*, 30(2), 135-154. doi: 10.1017/S0140525X07001185
- Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1992). A capacity theory of comprehension: individual differences in working memory. *Psychological review*, 99(1), 122. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/aca4/07df484d36e672f316be2d049d8210829b42.pdf>

- Kahneman, D. (1973). *Attention and effort* (Vol. 1063). Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall. Recuperado de https://www.princeton.edu/~kahneman/docs/attention_and_effort/Attention_hi_quality.pdf
- Kail, R. (1991a). Developmental change in speed of processing during childhood and adolescence. *Psychol. Bull.* 109, 490–501. doi: <http://dx.doi.org/10.1037/0033-2909.109.3.490>
- Kail, R. (1992). Processing speed, speech rate, and memory. *Developmental psychology*, 28(5), 899. doi: <http://dx.doi.org/10.1037/0012-1649.28.5.899>
- Kail, R. (1993). Processing time decreases globally at an exponential rate during childhood and adolescence. *Journal of Experimental Child Psychology*, 56(2), 254–265. doi <https://doi.org/10.1006/jecp.1993.1034>
- Kail, R. V. (2007). Longitudinal evidence that increases in processing speed and working memory enhance children's reasoning. *Psychological Science*, 18(4), 312. Recuperado de <http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1111/j.1467-9280.2007.01895.x>
- Kail, R., & Park, Y. S. (1992). Global developmental change in processing time. *Merrill-Palmer Quarterly* (1982-), 525-541.
- Kail, R., 1991b. Processing time declines exponentially during childhood and adolescence. *Develop. Psychol.* 27, 256–259.
- Keating, D. P., & Bobbitt, B. L. (1978). Individual and developmental differences in cognitive-processing components of mental ability. *Child Development*, 155-167. doi: <http://dx.doi.org/10.2307/1128604>
- Kilburn, K. H., & Thornton, J. C. (1995). Protracted neurotoxicity from chlordane sprayed to kill termites. *Environmental Health Perspectives*, 103(7-8), 690. Recuperado de <https://ehp.niehs.nih.gov/wp-content/uploads/103/7-8/ehp.95103690.pdf>
- Kline P. (1991). *Intelligence: The Psychometric View*. London: Routledge. pp 63–77.
- Kranzler, J. H., & Jensen, A. R. (1989). Inspection time and intelligence: A meta-analysis. *Intelligence*, 13(4), 329-347. Recuperado de <http://arthurjensen.net/wp-content/uploads/2014/06/Inspection-Time-and-Intelligence-A-Meta-Analysis-1989-by-John-H.-Kranzler-Arthur-Robert-Jensen.pdf>
- Kuntsi, J., Eley, T. C., Taylor, A., Hughes, C., Asherson, P., Caspi, A., & Moffitt, T. E. (2004). Co-occurrence of ADHD and low IQ has genetic origins. *American Journal of Medical Genetics Part B: Neuropsychiatric Genetics*, 124(1), 41-47. doi: 10.1002/ajmg.b.20076
- Larson, G. E., Haier, R. J., LaCasse, L., & Hazen, K. (1995). Evaluation of a “mental effort” hypothesis for correlations between cortical metabolism and intelligence. *Intelligence*, 21(3), 267-278. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0160-2896\(95\)90017-9](http://dx.doi.org/10.1016/0160-2896(95)90017-9)

- Larson, G. E., Merritt, C. R., & Williams, S. E. (1988). Information processing and intelligence: Some implications of task complexity. *Intelligence*, 12(2), 131-147. doi: [https://doi.org/10.1016/0160-2896\(88\)90012-8](https://doi.org/10.1016/0160-2896(88)90012-8)
- 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. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016028961100122X> doi <https://doi.org/10.1016/j.intell.2011.11.001>
- Lezak, M. D. (1983). *Neuropsychological assessment* (2nd ed.). New York: Oxford University Press.
- Li, S. C., Lindenberger, U., & Sikström, S. (2001). Aging cognition: from neuromodulation to representation. *Trends in cognitive sciences*, 5(11), 479-486. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/b6a3/50b8d7ec651938604d702ad94ae4277a2f83.pdf>
- Liang, Y. X., Sun, R. K., Sun, Y., Chen, Z. Q., & Li, L. H. (1994). Psychological effects of low exposure to mercury vapor: application of a computer-administered neurobehavioral evaluation system. In: *Neurobehavioral Methods and Effects in Occupational and Environmental Health* (pp. 133-140). doi: 10.1006/enrs.1993.1040
- Liebert, A. M., & Baumeister, A. A. (1973). Behavioral variability among retardates, children, and college students. *The Journal of psychology*, 83(1), 57-65. doi: <https://doi.org/10.1080/00223980.1973.9915591>
- Lima, Renata Cristina de. (2016). Evidências do efeito flynn em crianças escolares de Belo Horizonte. (Dissertação de mestrado). Programa de Pós-Graduação em Psicologia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil.
- Lipp, I., Benedek, M., Fink, A., Koschutnig, K., Reishofer, G., Bergner, S., ... & Neubauer, A. (2012). Investigating neural efficiency in the visuo-spatial domain: an fMRI study. *PLoS One*, 7(12), e51316. Recuperado de <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0051316>
- Luciano, M., Gow, A. J., Harris, S. E., Hayward, C., Allerhand, M., Starr, J. M., ... & Deary, I. J. (2009). Cognitive ability at age 11 and 70 years, information processing speed, and APOE variation: the Lothian Birth Cohort 1936 study. *Psychology and aging*, 24(1), 129-138. doi: 10.1037/a0014780
- Luciano, M., Posthuma, D., Wright, M. J., de Geus, E. J., Smith, G. A., Geffen, G. M., ... & Martin, N. G. (2005). Perceptual speed does not cause intelligence, and intelligence does not cause perceptual speed. *Biological Psychology*, 70(1), 1-8. Recuperado de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.497.7412&rep=rep1&type=pdf>
- Luciano, M., Wright, M. J., Smith, G. A., Geffen, G. M., Geffen, L. B., & Martin, N. G. (2003). Genetic covariance between processing speed and IQ. *Behavior genetics in the postgenomic era*, 163-182. Washington, DC, USA: APA Books

- Luders, E., Narr, K. L., Thompson, P. M., & Toga, A. W. (2009). Neuroanatomical correlates of intelligence. *Intelligence*, 37(2), 156-163. doi: 10.1016/j.intell.2008.07.002
- Luders, E., Narr, K. L., Thompson, P. M., & Toga, A. W. (2009). Neuroanatomical correlates of intelligence. *Intelligence*, 37(2), 156-163. doi: 10.1016/j.intell.2008.07.002
- Lynn, R. (1999). Sex differences in intelligence and brain size: A developmental theory. *Intelligence*, 27(1), 1-12. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0160-2896\(99\)00009-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0160-2896(99)00009-4)
- Lynn, R. (2011). *The chosen people: A study of Jewish intelligence and achievement*. Washington Summit Publishers
- Lynn, R., & Irwing, P. (2008). Sex differences in mental arithmetic, digit span, and g defined as working memory capacity. *Intelligence*, 36(3), 226-235. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/f210/81cbf128398af7d2f727c0f07c87ab9e31e4.pdf>
- Lynn, R., & Vanhanen, T. (2012). Intelligence. A Unifying Construct for the Social Sciences. London: Ulster Institute for Social Research. Recuperado de <https://lesacreduprintemps19.files.wordpress.com/2012/08/intelligence-a-unifying-construct-for-the-social-sciences-richard-lynn-and-tatu-vanhanen.pdf>
- Lynn, R., & Vanhanen, T. (2012a). National IQs: A review of their educational, cognitive, economic, political, demographic, sociological, epidemiological, geographic and climatic correlates. *Intelligence*, 40(2), 226-234. Recuperado de https://ttu.ee/public/m/mart-murdvee/EconPsy/2/Lynn_Vanhanen_2012_National_IQs_-_a_review.pdf
- Lyons, B. D., Hoffman, B. J., & Michel, J. W. (2009). Not much more than g? An examination of the impact of intelligence on NFL performance. *Human Performance*, 22(3), 225-245. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/08959280902970401>
- Madden, J. (2001). Overview of best practices in competitive intelligence. In Fleisher, C. S. and D. L. Blenkhorn [eds.]. *Managing frontiers in competitive intelligence*. Westport, Connecticut: Quorum Books, 51-57.
- McLeod, S. A. (2008). *Information processing*. Recuperado de www.simplypsychology.org/information-processing.html
- McDaniel, M. A. (2005). Big-brained people are smarter: A meta-analysis of the relationship between in vivo brain volume and intelligence. *Intelligence*, 33(4), 337-346. Recuperado de <http://www.people.vcu.edu/~mamcdani/Big-Brained%20article.pdf>
- McEwen, B. S., & Magarinos, A. M. (2001). Stress and hippocampal plasticity: implications for the pathophysiology of affective disorders. *Human Psychopharmacology: Clinical and Experimental*, 16(S1). doi: 10.1002/hup.266
- McGee, R., Prior, M., Williams, S., Smart, D., & Sanson, A. (2002). The long-term significance of teacher-rated hyperactivity and reading ability in childhood: findings

- from two longitudinal studies. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 43(8), 1004-1017.
- McGue, M., & Bouchard Jr, T. J. (1989). Genetic and environmental determinants of information processing and special mental abilities: A twin analysis. *Advances in the psychology of human intelligence*, 5, 7-45.
- McGue, M., & Bouchard, T. J. (1984). Adjustment of twin data for the effects of age and sex. *Behavior genetics*, 14(4), 325-343. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/BF01080045>
- McGue, M., Bouchard Jr, T. J., Iacono, W. G., & Lykken, D. T. (1993). Behavioral genetics of cognitive ability: A life-span perspective. In R. Plomin & G. E. McClearn (Eds.), *Nature, nurture & psychology* (pp. 59-76). Washington, DC, US: American Psychological Association. doi: <http://dx.doi.org/10.1037/10131-003>
- McGue, M., Bouchard Jr, T. J., Lykken, D. T., & Feuer, D. (1984). Information processing abilities in twins reared apart. *Intelligence*, 8(3), 239-258. doi: [https://doi.org/10.1016/0160-2896\(84\)90010-2](https://doi.org/10.1016/0160-2896(84)90010-2)
- Meisenberg, G., & Woodley, M. A. (2013). Are cognitive differences between countries diminishing? Evidence from TIMSS and PISA. *Intelligence*, 41(6), 808-816. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/0707/ff77ccbe496c3043f3e4d5d238c05d88a88e.pdf>
- Menon, V., & Uddin, L. Q. (2010). Saliency, switching, attention and control: a network model of insula function. *Brain Structure and Function*, 214(5-6), 655-667. doi: 10.1007/s00429-010-0262-0
- Miller, E. M. (1994). Intelligence and brain myelination: A hypothesis. *Personality and individual differences*, 17(6), 803-832. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0191-8869\(94\)90049-3](http://dx.doi.org/10.1016/0191-8869(94)90049-3)
- Miller, J. (2000). *Millennium intelligence: understanding and conducting competitive intelligence in the digital age*. Information Today, Inc.
- Miller, L. T., & Vernon, P. A. (1992). The general factor in short-term memory, intelligence, and reaction time. *Intelligence*, 16(1), 5-29. doi [http://dx.doi.org/10.1016/0160-2896\(92\)90023-K](http://dx.doi.org/10.1016/0160-2896(92)90023-K)
- Miranda, M. J. (2002) A inteligência humana: contornos da pesquisa. *Paidéia*, 12, 23, 19-29. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-863X2002000200003>
- Miyajima, F., Ollier, W., Mayes, A., Jackson, A., Thacker, N., Rabbitt, P., ... & Payton, A. (2008). Brain-derived neurotrophic factor polymorphism Val66Met influences cognitive abilities in the elderly. *Genes, Brain and Behavior*, 7(4), 411-417. Recuperado de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1601-183X.2007.00363.x>
- Morrell, L. K., & Morrell, F. (1966). Evoked potentials and reaction times: a study of intra-individual variability. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 20(6), 567-575. doi: [https://doi.org/10.1016/0013-4694\(66\)90021-6](https://doi.org/10.1016/0013-4694(66)90021-6)

- Narr, K. L., Woods, R. P., Thompson, P. M., Szeszko, P., Robinson, D., Dimtcheva, T., ... & Bilder, R. M. (2007). Relationships between IQ and regional cortical gray matter thickness in healthy adults. *Cerebral Cortex*, 17(9), 2163-2171. doi: 10.1093/cercor/bhl125
- Necka, E. (1992). Cognitive analysis of intelligence: The significance of working memory processes. *Personality and individual differences*, 13(9), 1031-1046. doi: [https://doi.org/10.1016/0191-8869\(92\)90136-D](https://doi.org/10.1016/0191-8869(92)90136-D)
- Neisser, U. E. (1998). *The rising curve: Long-term gains in IQ and related measures*. American Psychological Association.
- Nettelbeck, T. (1987). Inspection time and intelligence. In: P.A. Vernon (Ed.), *Speed of information processing and intelligence*. Norwood, N J: Ablex.
- Nettelbeck, T., & Burns, N. R. (2010). Processing speed, working memory and reasoning ability from childhood to old age. *Personality and Individual Differences*, 48(4), 379-384. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.paid.2009.10.032>
- Nettelbeck, T., & Kirby, N. H. (1983). Measures of timed performance and intelligence. *Intelligence*, 7(1), 39-52. doi: [https://doi.org/10.1016/0160-2896\(83\)90005-3](https://doi.org/10.1016/0160-2896(83)90005-3)
- Nettelbeck, T., & Rabbitt, P. M. (1992). Aging, cognitive performance, and mental speed. *Intelligence*, 16(2), 189-205. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0160-2896\(92\)90004-B](http://dx.doi.org/10.1016/0160-2896(92)90004-B)
- Neubauer, A. C. & Fink, A. (2009). Intelligence and neural efficiency: Measures of brain activation versus measures of functional connectivity in the brain. *Intelligence*, 37(2), 223-229. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.intell.2008.10.008>
- Neubauer, A. C. (1997). The mental speed approach to the assessment of intelligence. In J. Kingma & W. Tomic (Eds.), *Advances in cognition and educational practice: Reflections on the concept of intelligence*, Vol. 4, pp. 149-173). US: Elsevier Science/JAI Press.
- Neubauer, A. C., & Knorr, E. (1997). Elementary cognitive processes in choice reaction time tasks and their correlations with intelligence. *Personality and Individual Differences*, 23(5), 715-728. doi: [https://doi.org/10.1016/S0191-8869\(97\)00108-6](https://doi.org/10.1016/S0191-8869(97)00108-6)
- 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(6), 515-536. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0160-2896\(02\)00091-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0160-2896(02)00091-0)
- 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(1), 217-225. doi: 10.1016/j.cogbrainres.2005.05.011
- Nisbett, R. E., Aronson, J., Blair, C., Dickens, W., Flynn, J., Halpern, D. F., & Turkheimer, E. (2012). Intelligence: new findings and theoretical developments. *American psychologist*, 67(2), 130. Recuperado de <https://www.apa.org/pubs/journals/releases/amp-67-2-130.pdf>

- Norman, D. A., & Bobrow, D. G. (1975). On data-limited and resource-limited processes. *Cognitive psychology*, 7(1), 44-64. doi: [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(75\)90004-3](https://doi.org/10.1016/0010-0285(75)90004-3)
- Pavlik, V. N., Hyman, D. J., & Doody, R. (2005). Cardiovascular risk factors and cognitive function in adults 30–59 years of age (NHANES III). *Neuroepidemiology*, 24(1-2), 42-50. doi: [10.1159/000081049](https://doi.org/10.1159/000081049)
- Peak, H., & Boring, E. G. (1926). The factor of speed in intelligence. *Journal of Experimental Psychology*, 9(2), 71. doi: <http://dx.doi.org/10.1037/h0071020>
- Pereira, V. R. (2004). Métodos alternativos no critério Brasil para construção de indicadores socioeconômicos: Teoria da resposta ao item. *Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro*. doi: <https://doi.org/10.17771/PUCRio.acad.5253>
- Pesta, B. J., Bertsch, S., Poznanski, P. J., & Bommer, W. H. (2008). Sex differences on elementary cognitive tasks despite no differences on the Wonderlic Personnel Test. *Personality and Individual Differences*, 45(5), 429-431. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.paid.2008.05.028>
- Petrill, S. A., Thompson, L. A., & Detterman, D. K. (1995). The genetic and environmental variance underlying elementary cognitive tasks. *Behavior Genetics*, 25(3), 199-209. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02197178>
- Pietschnig, J., & Voracek, M. (2015). One century of global IQ gains: A formal meta-analysis of the Flynn effect (1909–2013). *Perspectives on Psychological Science*, 10(3), 282-306. Recuperado de <http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1745691615577701>
- Pinheiro, M. (1996) A inteligência: uma contribuição da biologia ao processo educativo. *Educar*. Curitiba, n. 12, Editora da UFPR.
- Plomin, R., & DeFries, J. C. (1980). Genetics and intelligence: Recent data. *Intelligence*, 4(1), 15-24. doi: [https://doi.org/10.1016/0160-2896\(80\)90003-3](https://doi.org/10.1016/0160-2896(80)90003-3)
- Plomin, R., Owen, M. J., & McGuffin, P. (1994). The genetic basis of complex human behaviors. *Science*, 264(5166), 1733-1739
- Pol, H. E. H., Schnack, H. G., Posthuma, D., Mandl, R. C., Baaré, W. F., Oel, C. van, ... & Bürgel, U. (2006). Genetic contributions to human brain morphology and intelligence. *Journal of Neuroscience*, 26(40), 10235-10242. doi: [10.1523/JNEUROSCI.1312-06.2006](https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1312-06.2006)
- Poldrack, R. A. (2015). Is “efficiency” a useful concept in cognitive neuroscience? *Developmental cognitive neuroscience*, 11, 12-17. doi: <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2014.06.001>
- Posthuma, D., Geus, E. J. de, Baaré, W. F., Pol, H. E. H., Kahn, R. S., & Boomsma, D. I. (2002). The association between brain volume and intelligence is of genetic origin. *Nature neuroscience*, 5(2), 83. doi: [10.1038/nn0202-83](https://doi.org/10.1038/nn0202-83)

- Preusse, F., Meer, E. van der, 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, 22. doi: 10.3389/fnhum.2011.00022
- Rabbitt, P. (1990). Age, IQ and awareness, and recall of errors. *Ergonomics*, 33(10-11), 1291-1305. doi: 10.1080/00140139008925333
- Rabbitt, P., & Goward, L. (1994). Age, information processing speed, and intelligence. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 47(3), 741-760. Recuperado de <http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1080/14640749408401135>
- Rapport, M. D., Scanlan, S. W., & Denney, C. B. (1999). Attention-deficit/hyperactivity disorder and scholastic achievement: A model of dual developmental pathways. *The Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 40(8), 1169-1183.
- Raven, J. (2000). The Raven's progressive matrices: change and stability over culture and time. *Cognitive psychology*, 41(1), 1-48. doi: 10.1006/cogp.1999.0735
- Raven, J. (2008). Intelligence, engineered invisibility, and the destruction of life on earth. *Uses and abuses of intelligence: Studies advancing Spearman and Raven's quest for non-arbitrary metrics*, 431-471.
- Raven, J. R. J. C., & Raven, J. C. (1998). Court JH. *Manual for Raven's progressive matrices and vocabulary scales*.
- Reynolds, M. R., Keith, T. Z., Ridley, K. P., & Patel, P. G. (2008). Sex differences in latent general and broad cognitive abilities for children and youth: Evidence from higher-order MG-MACS and MIMIC models. *Intelligence*, 36(3), 236-260. doi: 10.1016/j.intell.2007.06.003
- Ribeiro, I. D. S., & Almeida, L. S. (2005). Velocidade de processamento da informação na definição e avaliação da inteligência. *Psicologia: teoria e pesquisa*, 21(1), 1-5. Recuperado de <http://www.scielo.br/pdf/%0D/ptp/v21n1/a02v21n1.pdf>
- Rijsdijk, F. V., Vernon, P. A., & Boomsma, D. I. (1998). The genetic basis of the relation between speed-of-information-processing and IQ. *Behavioural Brain Research*, 95(1), 77-84. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0045759>
- Rindermann, H. (2013). African cognitive ability: Research, results, divergences and recommendations. *Personality and Individual Differences*, 55(3), 229-233. doi: 10.1016/j.paid.2012.06.022
- Rindermann, H., & Thompson, J. (2011). Cognitive capitalism: The effect of cognitive ability on wealth, as mediated through scientific achievement and economic freedom. *Psychological Science*, 22, 754-763. doi: 10.1177/0956797611407207
- Rindermann, H., Becker, D., & Coyle, T. R. (2017). Survey of expert opinion on intelligence: Flynn effect and the future of intelligence. *Personality and Individual Differences*.106, 242-247. doi: 10.1016/j.paid.2016.10.061

- Rindermann, H.; Becker., D.; & Coyle., T. R. (2016) Survey of Expert Opinion on Intelligence: Causes of International Differences in Cognitive Ability Tests. *Front. Psychol.* 7:399. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4804158/>. doi: 10.3389/fpsyg.2016.00399
- Roth, E. (1964). Die Geschwindigkeit der Verarbeitung von Information und ihr Zusammenhang mit Intelligenz. [The speed of information processing and its relation to intelligence]. *Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie.* 11(4), 616-622
- Rundquist, E. A. (1936). Sletto. *RFMinnesota Scale for the Survey of Opinions.*
- Rushton, J. P. & Jensen, A. R. (2010). The rise and fall of the Flynn Effect as a reason to expect a narrowing of Black-White IQ gap. *Intelligence,* 38, 213-219. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.intell.2009.12.002>
- Rypma, B., Berger, J. S., & D'esposito, M. (2002). The influence of working-memory demand and subject performance on prefrontal cortical activity. *Journal of cognitive neuroscience,* 14(5), 721-731. doi: 10.1162/08989290260138627
- Rypma, B., Berger, J. S., Prabhakaran, V., Bly, B. M., Kimberg, D. Y., Biswal, B. B., & D'Esposito, M. (2006). Neural correlates of cognitive efficiency. *Neuroimage,* 33(3), 969-979. doi: 10.1016/j.neuroimage.2006.05.065
- Salthouse, T. (2000). *A theory of cognitive aging* (Vol. 28). Elsevier.
- Salthouse, T. A. (1985). Speed of behavior and its implications for cognition. In J. E. Birren & K. W. Schaie (Eds.), *The handbooks of aging. Handbook of the psychology of aging* (pp. 400-426). New York, NY, US: Van Nostrand Reinhold Co
- Salthouse, T. A. (1991). Mediation of adult age differences in cognition by reductions in working memory and speed of processing. *Psychological Science,* 2(3), 179-183. Recuperado de <http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1111/j.1467-9280.1991.tb00127.x>
- Salthouse, T. A. (1993). Speed mediation of adult age differences in cognition. *Developmental psychology,* 29(4), 722. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/c278/de17d5a51ae15c3d4fa3a4293dfb1abac3ed.pdf>
- Salthouse, T. A. (1994). Speed of behavior and its implications for cognition. In J. E. Birren & K. W. Schaie (Eds.), *The handbooks of aging. Handbook of the psychology of aging* (pp. 400-426). New York, NY, US: Van Nostrand Reinhold Co.
- Salthouse, T. A. (1994). The aging of working memory. *Neuropsychology,* 8(4), 535-543. doi: <http://dx.doi.org/10.1037/0894-4105.8.4.535>
- Salthouse, T. A. (1996). The processing-speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological review,* 103(3), 403-428. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8759042>

- Salthouse, T. A., & Somberg, B. L. (1982). Time-accuracy relationships in young and old adults. *Journal of Gerontology*, 37(3), 349-353. doi: <http://dx.doi.org/10.1093/geronj/37.3.349>
- Sattler, J. M., & Saklofske, D. H. (2001). Interpreting the WISC-III. *Assessment of children: Cognitive applications*, 298-334.
- Schelini, P. W. (2006). Teoria das inteligências fluida e cristalizada: início e evolução. *Estudos de psicologia*, 11(3). Recuperado de <http://www.scielo.br/pdf/epsic/v11n3/10.pdf>
- Schelini, P. W.; Almeida, L. S.; & Primi, R. (2013). Aumento da inteligência ao longo do tempo: efeito Flynn e suas possíveis causas. *Psico-USF*, 18(1), 45-52. Recuperado de <http://www.scielo.br/pdf/psuf/v18n1/v18n1a06.pdf>
- Schmidt, F. L., Hunter, J. E. (2004) General mental ability in the world of work: Occupational attainment and job performance. *J Pers Soc Psychol*, 86, 162–173. doi: 10.1037/0022-3514.86.1.162
- Schmithorst VJ, Wilke M, Dardzinski BJ, Holland SK. (2005). Cognitive functions correlate with white matter architecture in a normal pediatric population: a diffusion tensor MRI study. *Hum Brain Map*. 26: 139–147. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1859842/>
- Schuck, S.E.B. & Crinella, F.M. (2005). Why children with ADHD do not have low IQs. *Journal of Learning Disabilities*, 38, 262 – 280.
- Schweizer, K. (1996). The speed-accuracy transition due to task complexity. *Intelligence*, 22(2), 115-128. doi: [https://doi.org/10.1016/S0160-2896\(96\)90012-4](https://doi.org/10.1016/S0160-2896(96)90012-4)
- Sen, A., Jensen, A. R., Sen, A. K., & Arora, I. (1983). Correlation between reaction time and intelligence in psychometrically similar groups in America and India. *Applied Research in Mental Retardation*, 4(2), 139-152. doi: [https://doi.org/10.1016/0270-3092\(83\)90006-1](https://doi.org/10.1016/0270-3092(83)90006-1)
- Shaw, P., Greenstein, D., Lerch, J., Clasen, L., Lenroot, R., Gogtay, N. E. E. A., ... & Giedd, J. (2006). Intellectual ability and cortical development in children and adolescents. *Nature*, 440(7084), 676. doi: 10.1038/nature04513
- Sheppard, L. D., & Vernon, P. A. (2008). Intelligence and speed of information-processing: A review of 50 years of research. *Personality and Individual Differences*, 44(3), 535-551. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.paid.2007.09.015>
- Shibley, B. A., Der, G., Taylor, M. D., & Deary, I. J. (2006). Cognition and all-cause mortality across the entire adult age range: health and lifestyle survey. *Psychosomatic medicine*, 68(1), 17-24. doi: 10.1097/01.psy.0000195867.66643.0f
- Silverman, W., Mizejeski, C., Ryan, R., Zigman, W., Krinsky-McHale, S., & Urv, T. (2010). Stanford-Binet and WAIS IQ differences and their implications for adults with intellectual disability (aka mental retardation). *Intelligence*, 38(2), 242-248. doi: 10.1016/j.intell.2009.12.005

- Sliwinski, M., & Buschke, H. (1999). Cross-sectional and longitudinal relationships among age, cognition, and processing speed. *Psychology and aging, 14*(1), 18.
- Smith, G. A. (1980). Models of choice reaction time. In: A. T. Welford (Ed.). *Reaction times*, pp. 173-214. London: Academic Press.
- Smith, G. A., & Stanley, G. (1983). Clocking g: Relating intelligence and measures of timed performance. *Intelligence, 7*(4), 353-368. doi: [https://doi.org/10.1016/0160-2896\(83\)90010-7](https://doi.org/10.1016/0160-2896(83)90010-7)
- Snow, R. E., Kyllonen, P. C., & Marshalek, B. (1984). In R. J. Sternberg (Ed.), *Advances in the psychology of human intelligence*, Vol. 2. Hillsdale, NJ. Erlbaum.
- Song, M., Zhou, Y., Li, J., Liu, Y., Tian, L., Yu, C., & Jiang, T. (2008). Brain spontaneous functional connectivity and intelligence. *Neuroimage, 41*(3), 1168-1176. doi: 10.1016/j.neuroimage.2008.02.036
- Spearman, C. (1904). "General Intelligence," objectively determined and measured. *The American Journal of Psychology, 15*(2), 201-292.
- Spearman, C. (1927). The measurement of intelligence. *Nature, 120*(3025), 577.
- Sridharan, D., Levitin, D. J., & Menon, V. (2008). A critical role for the right fronto-insular cortex in switching between central-executive and default-mode networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 105*(34), 12569-12574. doi: 10.1073/pnas.0800005105
- Sternberg, R. J. (1977). *Intelligence, information processing, and analogical reasoning: the componential analysis of human abilities*. Lawrence Erlbaum.
- Sternberg, R. J., & Gardner, M. K. (1982). A componential interpretation of the general factor in human intelligence. In: *A model for intelligence* (pp. 231-254). Springer, Berlin, Heidelberg. Recuperado de https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-68664-1_8
- Sternberg, R. J., & Kaufman, S. B. (2012). Trends in intelligence research. Recuperado de <https://scottbarrykaufman.com/wp-content/uploads/2012/03/Sternberg-Kaufman-2012.pdf>. doi: 10.1016/j.intell.2012.01.007
- Sternberg, S. (1966). High-speed scanning in human memory. *Science, 153*(3736), 652-654. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/215606890_High-Speed_Scanning_in_Human_Memory. doi: 10.1126/science.153.3736.652
- Strauss, E., Sherman, E. M., & Spreen, O. (2006). *A compendium of neuropsychological tests: Administration, norms, and commentary*. American Chemical Society.
- Swanson, J. M., Sergeant, J. A., Taylor, E., Sonuga-Barke, E. J. S., Jensen, P. S., & Cantwell, D. P. (1998). Attention-deficit hyperactivity disorder and hyperkinetic disorder. *The Lancet, 351*(9100), 429-433.
- Te Nijenhuis, J. & van der Flier, H. (2013). Is the Flynn effect on g?: A meta-analysis. *Intelligence, 41*, 802-807. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.intell.2013.03.001>

- Te Nijenhuis, J. (2013). The Flynn effect, group differences, and g loadings. *Personality and individual differences*, 55(3), 224-228. doi: 10.1016/j.paid.2011.12.023
- Thapar, A., Holmes, J., Poulton, K., & Harrington, R. (1999). Genetic basis of attention deficit and hyperactivity. *The british journal of psychiatry*, 174(2), 105-111. doi: <https://doi.org/10.1192/bjp.174.2.105>
- Thompson, P. M., Cannon, T. D., Narr, K. L., Van Erp, T., Poutanen, V. P., Huttunen, M., ... & Dail, R. (2001). Genetic influences on brain structure. *Nature neuroscience*, 4(12), 1253. doi: 10.1038/nn758
- Thurstone, L. L. (1938). Primary mental abilities. *American Journal of Sociology*, 44 (2). Recuperado de <https://www.journals.uchicago.edu/doi/pdfplus/10.1086/217986>
- Thurstone, L. L., & Thurstone, T. G. (1941). Factorial studies of intelligence. *Psychometric monographs*, 2, 94
- Tourva, A., Spanoudis, G., & Demetriou, A. (2016). Cognitive correlates of developing intelligence: The contribution of working memory, processing speed and attention. *Intelligence*, 54, 136-146. Recuperado de 10.1016/j.intell.2015.12.001
- Vernon, P. A. (1983). Speed of information processing and general intelligence. *Intelligence*, 7(1), 53-70. doi [https://doi.org/10.1016/0160-2896\(83\)90006-5](https://doi.org/10.1016/0160-2896(83)90006-5)
- Vernon, P. A. (1987). *Speed of information-processing and intelligence*. Ablex Publishing. Recuperado de <http://psycnet.apa.org/record/1987-98619-000>
- Vernon, P. A., & Jensen, A. R. (1984). Individual and group differences in intelligence and speed of information processing. *Personality and Individual Differences*, 5(4), 411-423. doi: [https://doi.org/10.1016/0191-8869\(84\)90006-0](https://doi.org/10.1016/0191-8869(84)90006-0)
- Vernon, P. A., & Mori, M. (1989a). Nerve conduction velocity: A physiological correlate of intelligence and speed of information-processing. *In annual meeting of the International Society for the Study of Individual Differences*, Heidelberg, West Germany.
- Vernon, P. A., & Mori, M. (1989b). Intelligence, Reaction-Times, And Nerve-Conduction Velocity. *In Behavior Genetics* (Vol. 19, No. 6, pp. 779-779). 233 Spring St, New York, Ny 10013: Plenum Publ Corp.
- Vernon, P. A., & Weese, S. E. (1993). Predicting intelligence with multiple speed of information-processing tests. *Personality and Individual Differences*, 14(3), 413-419. doi: [https://doi.org/10.1016/0191-8869\(93\)90310-Y](https://doi.org/10.1016/0191-8869(93)90310-Y)
- Vernon, P. E. (1950). *The structure of human abilities*. Methuen, London, UK.
- Vernon, P. E. (1979). Intelligence testing and the nature/nurture debate, 1928–1978: What next?. *British Journal of Educational Psychology*. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.2044-8279.1979.tb02392.x>

- Wade, M. G., Newell, K. M., & Wallace, S. A. (1978). Decision time and movement time as a function of response complexity in retarded persons. *American Journal of Mental Deficiency*, 83(2), 135-144
- Wechsler, D. (1981). *Manual for Wechsler Adult Intelligence Scale–Revised*. Psychological Corporation New York. Recuperado de <http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/073428298300100310>
- White, N. S., Alkire, M. T., & Haier, R. J. (2003). A voxel-based morphometric study of nondemented adults with Down Syndrome. *Neuroimage*, 20(1), 393-403. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14527599>
- Wicherts, J. M., Dolan, C. V., Hessen, D. J., Oosterveld, P., Van Baal, G. C. M., 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. Recuperado de <https://www.gwern.net/docs/iq/2004-wicherts.pdf>
- Willcutt, E.G., Pennington, B.F., Chhabildas, N.A., Friedman, M.C. & Alexander, J. (1999). Psychiatry comorbidity associated with ADHD in a nonreferred sample of twins. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 38, 1355-1362.
- Williams, R. L. (2013). Overview of the Flynn effect. *Intelligence*, 41, 753-764. Recuperado de <http://www.iapsych.com/iqmr/fe/LinkedDocuments/williams2013.pdf>. doi <https://doi.org/10.1016/j.intell.2013.04.010>
- Witelson, S. F., Beresh, H., & Kigar, D. L. (2006). Intelligence and brain size in 100 postmortem brains: sex, lateralization and age factors. *Brain*, 129(2), 386-398. doi: 10.1093/brain/awh696
- Woodley, M. A., & Meisenberg, G. (2013). A Jensen effect on dysgenic fertility: An analysis involving the National Longitudinal Survey of Youth. *Personality and Individual Differences*, 55(3), 279-282. doi: 10.1016/j.paid.2012.05.024
- Woodley, M. A., Te Nijenhuis, J., & Murphy, R. (2013). Were the Victorians cleverer than us? The decline in general intelligence estimated from a meta-analysis of the slowing of simple reaction time. *Intelligence*, 41(6), 843-850. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/e8cc/634169c7c5d3e4738fe08091c86177be1380.pdf>

Apêndice A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

Prezado(a) Sr. (a),

Seu(sua) filho(a) está sendo convidado(a) a participar da pesquisa *“Efeito Flynn e Eficiência Cerebral”*, desenvolvido por mim, Prof^a. Dra. Carmen Flores-Mendoza Prado do Departamento de Psicologia da Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Minas Gerais - FAFICH / UFMG. O objetivo principal deste estudo é comparar o nível de inteligência das crianças de hoje com os dados obtidos na década passada. Nossa intenção é, portanto, identificar se as crianças são, hoje em dia, mais rápidas, flexíveis e precisas para lidar com informações cada vez mais complexas. **As informações levantadas a partir deste estudo serão de extrema importância no desenvolvimento de estratégias de ensino mais efetivas.**

Os senhores pais serão convidados a assinar este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, autorizando a participação de seu(sua) filho(a) na pesquisa. Após a entrega dos documentos, será realizada uma avaliação individual da criança por meio de dois testes cognitivos, na própria escola, durante o horário de aula. Este procedimento terá duração de aproximadamente 1 hora e será realizado com autorização prévia da direção e dos professores, sem comprometer a participação de seu(sua) filho(a) nas atividades escolares.

Para participar deste estudo, o(a) senhor(a) não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Será esclarecido(a) em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se a participar. Você poderá retirar seu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento. A participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade. A identidade da criança será tratada com padrões profissionais de sigilo, não sendo identificada em nenhuma publicação. Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias, sendo que uma cópia será arquivada pelo pesquisador responsável, e a outra será fornecida a você.

Prof^a. Dr^a. Carmen Elvira Flores-Mendoza Prado (Orientadora)
Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha, FAFICH, sala 4042.

Apêndice B - Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE)

Prezado aluno,

Você está sendo convidado a participar de uma pesquisa sobre resolução de problemas coordenada pela Professora Dra. Carmen Flores-Mendoza Prado do Departamento de Psicologia da Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Minas Gerais - FAFICH / UFMG.

Para participar, seus pais e/ou responsáveis não terão que pagar nenhum valor e nem receberão qualquer vantagem financeira. Suas dúvidas serão esclarecidas a qualquer tempo e você estará livre para participar ou recusar-se a participar. A sua participação é voluntária e caso se recuse em participar não será penalizado de forma alguma. A sua identidade será mantida sob sigilo, isto é, não divulgaremos seu nome publicamente.

Nossa intenção nesta pesquisa é comparar a forma de resolver problemas das crianças de hoje com a forma de resolver problemas das crianças de 10 anos atrás. Nossa intenção é, portanto, verificar se as crianças de hoje se comportam da mesma forma que as crianças do passado.

Todas as atividades serão realizadas na sua escola em seu período de aula e utilizaremos os seguintes instrumentos:

- Tarefa Informatizada. Trata-se de uma tarefa (parecida a um joguinho on-line) administrada por computador que tem duração de cerca de 30 minutos e será feita individualmente;
- Bloco de Exercícios de um teste chamado Raven. Esse teste apresenta uma série de figuras para as quais você deverá apontar a parte que falta às figuras. Dura 45 minutos e será realizada coletivamente, na sua sala de aula;

O estudo não apresenta riscos diretos à sua saúde física, porém se você se sentir algum desconforto em realizar as atividades sinta-se à vontade para se recusar em dar continuidade ao procedimento. Sua participação será muito importante para a pesquisa.

TERMO DE ASSENTIMENTO

Eu, _____

Aluno do Instituto de educação de Minas Gerais - IEMG, concordo em participar do estudo aqui exposto. Fui informado dos objetivos da pesquisa de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Tenho ciência que posso modificar a minha decisão de participar do estudo, se assim o desejar.

Nome completo: _____

Ano Escolar/Turma: _____ Data: ___/___/___

Profª. Drª. Carmen Elvira Flores-Mendoza Prado (Orientadora) - Tel.: (31) 3409-6285.

Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha, FAFICH, sala 4042.

Comitê de Ética em Pesquisa (COEP/UFMG) (31) 3409-4592

Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha Unidade. Administrativa II, sala 2005.

Apêndice C - Termo de Autorização

Eu, _____
autorizo meu (minha) filho (a) _____
participar do presente estudo. Fui informado(a) dos objetivos da pesquisa de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações junto ao pesquisador responsável listado abaixo, ou ainda entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais, Rua Av. Antônio Carlos, 6627, Unidade Administrativa II - 2º andar (Sala 2005), Campus Pampulha, 31270-901- Belo Horizonte - MG, Fone:(31) 3409-4592. Tenho ciência que posso modificar a decisão de participar do estudo, se assim o desejar. Recebi uma cópia deste termo de consentimento livre e esclarecido e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Nome completo do responsável: _____

Assinatura do responsável: _____

Endereço:

Telefone: _____

Data ____/____/____

Apêndice D - Questionário Socioeconômico (QSE)

Questionário Socioeconômico para famílias de Crianças e Adolescentes.

Nome

completo

do

Aluno:

Ano escolar: ____ Data de Nascimento: ____/____/____ Sexo: F () M () Cidade e Estado de Nascimento: _____ Quem está preenchendo o questionário? Pai () Mãe () Outro (responsável legal ou cuidador da criança/adolescente): _____ Idade da pessoa que está preenchendo o questionário: _____ Data do preenchimento: ____/____/____

Marque com um X a opção correspondente ao grau de instrução do pai (representante legal ou cuidador da criança/adolescente):

1.	Analfabeto / Ensino Fundamental I Incompleto
2.	Ensino Fundamental I Completo / Ensino Fundamental II Incompleto
3.	Ensino Fundamental II Completo / Ensino Médio Incompleto
4.	Ensino Médio Completo / Ensino Superior Incompleto
5.	Ensino Superior Completo

Marque com um X a opção correspondente ao grau de instrução da mãe (representante legal ou cuidador da criança/adolescente):

1.	Analfabeto / Ensino Fundamental I Incompleto
2.	Ensino Fundamental I Completo / Ensino Fundamental II Incompleto
3.	Ensino Fundamental II Completo / Ensino Médio Incompleto
4.	Ensino Médio Completo / Ensino Superior Incompleto
5.	Ensino Superior Completo

Qual é a renda do pai (representante legal ou cuidador da criança/adolescente)?

1. () Não possui renda
2. () Um Salário Mínimo
3. () Um a cinco Salários Mínimos
4. () Cinco a dez Salários Mínimos
5. () Dez a quinze Salários Mínimos
6. () Acima de quinze Salários Mínimos

Qual é a renda da mãe (representante legal ou cuidador da criança/adolescente)?

1. () Não possui renda
2. () Um Salário Mínimo
3. () Um a cinco Salários Mínimos
4. () Cinco a dez Salários Mínimos
5. () Dez a quinze Salários Mínimos
6. () Acima de quinze Salários Mínimos

Qual a posição que ocupa seu (sua) filho (a) e relação aos demais filhos?

1. () É filho(a) único(a)
2. () É o 1º filho(a)
3. () É o 2º filho(a)
4. () É o 3º filho(a)
5. () É o 4º filho(a)

Marque com um X a alternativa referente à quantidade de itens que você possui em casa?

Banheiros	0	1	2	3	4
Empregados Domésticos	0	1	2	3	4
Automóveis	0	1	2	3	4
Computador (ou aparelhos eletrônicos como notebooks, tablets)	0	1	2	3	4
Lava Louças	0	1	2	3	4
Geladeira	0	1	2	3	4
Freezer (tanto a segunda porta da geladeira como um aparelho independente).	0	1	2	3	4
Máquina de Lavar roupas	0	1	2	3	4
DVD	0	1	2	3	4
Micro-ondas	0	1	2	3	4
Motocicleta	0	1	2	3	4
Secadora de Roupas	0	1	2	3	4

Marque com uma X a alternativa referente aos serviços públicos presente na sua rua possui:

Serviços Públicos	Não	Sim
Água encanada	0	1
Pavimentação	0	1

Marque com um X os problemas que ameaçam a segurança do seu bairro com frequência (você poderá assinalar mais de um item):

1. () Nenhum
2. () Tráfico de drogas
3. () Roubos
4. () Assaltos
5. () Prostituição
6. () Presença de gangues
7. () Outro. Qual: _____

Anexo I – Termo de Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisas

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

Projeto: CAAE – 66242117.3.0000.5149


**Interessado(a): Profa: Carmen Elvira Flores Mendoza Prado
Depto. Psicologia
Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas
UFMG**

DECISÃO

O Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG – COEP aprovou, no dia 10 de maio de 2017, o projeto de pesquisa intitulado “**Efeito Flynn e Eficiência Cerebral**” bem como:

- Termo de consentimento Livre e Esclarecido.
- Termo de Assentimento Livre e Esclarecido.

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


Prof. Dra. Vivian Resende
Coordenadora do COEP-UFMG