



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NEUROLOGIA
MESTRADO EM NEUROLOGIA

EUNICE DO NASCIMENTO SIMÕES

**AVALIAÇÃO DA ATENÇÃO POR MEIO DE TESTES DE DESEMPENHO
CONTÍNUO NAS MODALIDADES VISUAL E AUDITIVA**

RIO DE JANEIRO
2015

EUNICE DO NASCIMENTO SIMÕES

**AVALIAÇÃO DA ATENÇÃO POR MEIO DE TESTES DE DESEMPENHO
CONTÍNUO NAS MODALIDADES VISUAL E AUDITIVA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Neurologia do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Neurologia, área de concentração Neurociências.

Orientador: Prof. Dr. Sergio Luis Schmidt

RIO DE JANEIRO
2015

S589 Simões, Eunice do Nascimento.
Avaliação da atenção por meio de testes de desempenho contínuo nas modalidades visual e auditiva / Eunice do Nascimento Simões, 2015.
126 f. ; 30 cm

Orientador: Sergio Luis Schmidt.
Dissertação (Mestrado em Neurologia) - Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

1. Transtorno do déficit de atenção com hiperatividade. 2. Teste computadorizado de desempenho contínuo. 3. Destrismo e sinistrismo. 4. Dominância cerebral. I. Schmidt, Sergio Luis. II. Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro. Centro de Ciências Biológicas e da Saúde. Curso de Mestrado em Neurologia. III. Título.

CDD - 618.928589

EUNICE DO NASCIMENTO SIMÕES

**AVALIAÇÃO DA ATENÇÃO POR MEIO DE TESTES DE DESEMPENHO
CONTÍNUO NAS MODALIDADES VISUAL E AUDITIVA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Neurologia do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Neurologia, área de concentração Neurociências.

Aprovado em: ___/___/___.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Sergio Luis Schmidt
Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ

Prof. Dr. Mauricio Canton Bastos
Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ

Prof.^a Dr.^a. Yolanda Eliza Moreira Boechat
Universidade Federal Fluminense - UFF

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Carlos e Noemi, dois grandes seres humanos, duas fortes personalidades, duas almas delicadas, duas matérias distintas: Homem e mulher, água e fogo, destro e canhoto, juntos e separados. Antítese, paradoxo, dialética, contrassenso ou contradição... não importa a denominação. Dois gigantes inseparáveis dentro do meu coração. Opostos que me deram vida, me nutriram só de amor, me apresentaram ao mundo e fizeram de mim tudo o que eu tenho orgulho de ser: “demasiadamente humana”.

À Catarina, minha eterna e doce menina, que já alçando vôo em busca do conhecimento sobre o comportamento humano, se mostrou curiosa e interessada em me ajudar nesta árdua tarefa, trazendo contribuições importantes e sugestões enriquecedoras, minha sucessora querida, psicóloga, promissora cientista pesquisadora, de quem muito me orgulho de ser mãe.

AGRADECIMENTOS

Como Psicóloga e profissional da área de saúde, tive a honra ingressar no Programa de Pós-Graduação em Neurologia da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro - UNIRIO, Mestrado em Neurologia. Ao final desta etapa, agradeço à colaboração, ao carinho e compreensão dos amigos e parentes que me acompanharam nesta trajetória - alguns de perto, outros à distância - mas a todos que me ajudaram e me incentivaram a alcançar mais essa meta em minha vida.

Agradeço a todos os professores do programa da Pós-Graduação, que me deram o prazer de tê-los como mestres.

Aos funcionários do Departamento de Neurologia que sempre me ajudaram com informações necessárias, providências e nas soluções de problemas.

À Luiz Eduardo Veiga, que com muita paciência e disponibilidade, muito me ajudou na fase final deste trabalho.

À todos os colegas, que se mostraram disponíveis e abertos a me esclarecer dúvida e colaborar com o cumprimento das tarefas do curso.

À Profa. Dra. Regina Alvarenga, exemplo de vida profissional e pessoal, pelo dedicação à tarefa de transmitir o conhecimento e por sua incansável disponibilidade para me ajudar nas horas difíceis.

À Profa. Dra. Ana Lúcia Novais Carvalho, (UFF), pela atenção e disponibilidade em me fornecer dados e informações essenciais para a realização desta pesquisa.

Ao Prof. Dr. Giovanni Abrahão Salum Jr. (UFRGS), por seu interesse demonstrado através de importantes comentários, críticas e sugestões que incentivaram a continuidade deste trabalho de grande complexidade.

Ao Prof. Dr. Daniel Mograbi, (PUC-RJ), pela sua disposição e pronto interesse em discutir o resultado final deste trabalho, participando como leitor prévio da minha dissertação.

Ao Prof. Dr. Sergio Luis Schmidt, meu orientador, por quem eu tenho imenso carinho e respeito, meu especial agradecimento pela oportunidade que me deu de ter trabalhado ao seu lado, por ter acreditado no meu potencial e, principalmente, por ter me desafiado, fazendo com que eu superasse meus próprios limites... O que apesar de difícil, só me fez crescer.

... A vida só pode ser compreendida olhando-se para trás;
mas só pode ser vivida olhando-se para frente...

Soren Kierkegaard

RESUMO

Este estudo investigou a relação entre o TDAH e a preferência manual. Testes computadorizados de desempenho contínuo nas modalidades visual e auditiva, foram aplicados em normais e portadores do TDAH. Os testes de desempenho contínuo fornecem parâmetros associados à desatenção (erro de omissão) impulsividade (erros de comissão), velocidade de resposta (tempo de reação) e manutenção do ritmo temporal de respostas (variabilidade do tempo de reação). Este estudo também procurou identificar quais parâmetros destes testes permitiriam prever a presença do TDAH. Foi estudada correlação entre a modalidade visual, já disponível para uso clínico no Brasil, e a modalidade auditiva. A amostra inicial foi composta de 337 alunos, sendo que 239 preencheram os critérios de inclusão (61% normais e 29% TDAH). Quanto a preferência manual, cada participante foi avaliado por meio da observação direta de três tarefas e classificado como destro-consistente, canhoto-consistente ou não-consistente. Para identificar os portadores de TDAH foi feita entrevista clínica e analisado um questionário com uma escala comportamental respondida pelos professores. Houve um percentual mais elevado de canhotos-consistentes no grupo TDAH (12%) em comparação aos grupo normal (4%), alcançando significância estatística. Para a análise do desempenho dos alunos, nos testes computadorizados de atenção, foram utilizadas Anova(s) que indicaram um efeito significativo do TDAH, em todos os parâmetros dos testes (visual e auditivo), exceto nos tempos de reação. Os mesmos parâmetros dos testes auditivos e visuais (omissões, comissões e variabilidade) foram preditores da doença. Entretanto, quando considerados em conjunto, os parâmetros do teste auditivo e o gênero se relevaram como melhores preditores, sendo que a equação não apresentava melhora com a introdução dos parâmetros do teste visual. Os parâmetros visuais e auditivos apresentaram correlações moderadas exceto quando o grupo de canhotos-consistentes foi considerado isoladamente. Neste caso as correlações foram fortes. Quanto ao efeito da preferência manual, os canhotos-consistentes cometeram maior número de erro de comissão do que os destros, tanto na modalidade visual quanto na auditiva. Este resultado sugere que os canhotos-consistentes apresentam problemas no domínio da impulsividade em comparação aos destros. Estes achados são interpretados à luz de que os canhotos-consistentes são menos lateralizados do que os outros subgrupos e possuem menor

comunicação inter-hemisférica. Tendo em vista o elevado valor preditivo dos testes auditivos, propriedades psicométricas deste teste devem ser estabelecidas, visando utilização clínica deste instrumento. Considerando a presença do efeito da lateralidade, cautela na interpretação dos dados, na avaliação de canhotos, deve ser reconhecida pelos clínicos. As correlações moderadas e fracas entre as modalidades visuais e auditivas indicam que a atenção não é um constructo unitário, e a modalidade sensorial deve ser considerada na interpretação do desempenho, especialmente, no que se refere aos erros de comissão. Entretanto, o achado de correlações fortes em canhotos consistentes indicam que para este grupo, em particular, a impulsividade deve ser vista como um constructo unitário.

Palavras-chave: Teste Computadorizado de Desempenho Contínuo. Preferência Manual. Assimetria Cerebral. TDAH. Impulsividade.

ABSTRACT

Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD) is considered to be a right hemisphere dysfunction. The association of handedness to the clinical symptoms of ADHD has not yet been cleared. The present study aimed to investigate if there was a relationship between handedness and prevalence of ADHD in consistent handers. All subjects performed continuous performance tests (CPT) s in visual and auditory modalities. Effects of handedness and ADHD on performance in the CPT(s) were also investigated. In addition, we studied the correlation between the corresponding parameters of the two tests. Forty-five teachers and 239 students participated of this study. Effects of handedness and disease on the parameters of the (CPT)s were studied in samples selected to match handedness paired by age, gender, and disease. Hand preference was assessed by direct observation of three tasks. Each child was classified as right consistent, left consistent, or non-consistent. A clinical interview and a scale filled by the teachers were used to identify children with ADHD. The parameters derived from the CPT(s) include omission errors (OE), commission errors (CE), reaction time of correct responses (RT), and variability of reaction times (VRT). There was a significant higher percentage of consistent left-handed children in the ADHD group (12%) as compared to the normal group (4%). Anova(s) showed a significant effect of attention problems on performance in three parameters of the CPTs (OE, CE, and VRT) both in visual and auditory modalities. These results are explained by the sensitivity of these CPTs parameters to dysfunction of the attentional system. The correlations between visual and auditory performance were weak or moderate in all groups except in consistent left-handers. This group showed strong correlations. Anova(s) indicated significant handedness effect for CE in visual and auditory CPTs. This is explained by the finding that left-handers made more commission errors than right-handers. These results indicate that consistent left-handers show greater problems in the impulsive/hyperactivity domain as compared to right-handers. The data are interpreted considering that consistent handers present difficulties in interhemispheric interactions and left-handers are less strongly lateralized than right-handers. As both normal and ADHD children exhibited the handedness effect on CE, normative data on CPT (s) must take into account consistency and direction of handedness. The weak to moderate correlations between visual and auditory modalities indicate that attention is not a unitary

construct and cross-modality should be considered in the interpretation of CPT performances, specially with regard to commission errors. However the finding of strong correlations in the consistent left-handed subjects, indicates that, at least for this particular groups, distractibility and impulsivity may be viewed us a unitary construct.

Keywords: Handedness. Continuous Performance Test. ADHD. Cerebral asymmetry. Impulsivity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1	Diferenças anatômicas entre os hemisférios cerebrais	42
Figura 1	Tela do computador com o programa TCA-vis e instruções iniciais	46
Quadro 2	Amostras da Pesquisa	51
Quadro 3	Seleção de Perguntas do Questionário de Professores	52
Figura 2	Associação entre TDAH e consistência/direção da lateralidade	58
Figura 3	TCA-vis: TDAH e Normais	60
Figura 4	Percentual de erros de comissão no TCA-vis (Grupo Canhotos e Destros)	61
Figura 5	Percentual de erros de comissão (EC) no TCA-aud (Grupo Normal)	62
Figura 6	Correlação entre as modalidades visual e auditiva, nos 4 parâmetros dos testes: Grupo Total	65
Figura 7	Correlação entre as modalidades visual e auditiva, parâmetros (EO, EC): Grupo Canhoto Consistente e Destro Consistente	66
Figura 8	Correlação entre as modalidades visual e auditiva, parâmetros (TR e VTR): Grupo Canhoto Consistente e Destro Consistente	67
Figura 9	Correlação entre as modalidades visual e auditiva, parâmetros (EO e EC): Grupo TDAH e Normais	68
Figura 10	Correlação entre as modalidades visual e auditiva, parâmetros (TR e VTR): Grupo TDAH e Normais	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Amostra nº. 3 (N = 239)	57
Tabela 2	Amostra para análise da lateralidade e da doença no TCA-vis	59
Tabela 3	Desempenho nos parâmetros do TCA-vis	61
Tabela 4	Amostra para análise da lateralidade e da doença no TCA-aud	62
Tabela 5	Correlações (r) entre o TCA-vis e o TCA-aud	64

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

TDAH	Transtorno do Déficit de Atenção e Hiperatividade
CC	Canhoto Consistente
CPT	<i>Continuos Performance Test</i>
DC	Destro Consistente
EC	Erro de Comissão
EO	Erro de Omissão
HD	Hemisfério Direito
HE	Hemisfério Esquerdo
RM	Ressonância Magnética
RMf	Ressonância Magnética funcional
RO	Resposta de Orientação
TC	Tomografia Computadorizada
TCA-aud	Teste Computadorizado de Atenção auditivo
TCA-vis	Teste Computadorizado de Atenção visual
TR	Tempo de Reação
VTR	Variabilidade do Tempo de Reação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	REVISÃO DA LITERATURA	21
2.1	NEUROPSICOLOGIA	21
2.1.1	Marcos históricos e prática neuropsicológica	21
2.1.2	A Prática Neuropsicológica	25
2.2	ATENÇÃO	27
2.2.1	Conceituação	27
2.2.2	Modelos Teóricos	29
2.2.3	Atenção e Transtornos Neuropsiquiátricos	32
2.2.4	Neuroanatomia Funcional da Atenção	35
2.3	PROCESSAMENTO CEREBRAL ASSIMÉTRICO DA ATENÇÃO	40
2.4	ASSIMETRIAS CEREBRAIS E LATERALIDADE MOTORA	41
2.5	TESTE DE DESEMPENHO CONTÍNUO	44
2.6	REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA	47
3	OBJETIVOS	48
3.1	OBJETIVO GERAL	48
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	48
4	METODOLOGIA	49
4.1	DELINEAMENTO DO ESTUDO	49
4.2	CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO	49
4.3	ASPECTOS ÉTICOS	49
4.4	AMOSTRAS	50
4.5	PROCEDIMENTOS	51
4.5.1	Avaliação da Lateralidade Motora	51
4.5.2	Avaliação do TDAH	52
4.5.3	Avaliação no TCA-vis	53
4.5.4	Avaliação no TCA-aud	54
4.6	ANÁLISE ESTATÍSTICA	55

4.6.1	Associação entre a lateralidade motora e prevalência da doença	55
4.6.2	Efeito da lateralidade motora e do TDAH nos parâmetros do TCA-vis	55
4.6.3	Efeito da lateralidade motora nos parâmetros do TCA auditivo ..	55
4.6.4	Determinação dos parâmetros dos testes com poder preditivo para identificação da doença	56
4.6.5	Correlação entre os TCA visual e TCA auditivo	56
5	RESULTADOS	57
5.1	RELAÇÃO ENTRE A LATERALIDADE E O TDAH	57
5.1.1	Prevalência de TDAH	57
5.1.2	Percentual de Canhotos Consistentes	57
5.1.3	Associação entre consistência da lateralidade e TDAH	58
5.2	TCA-vis: EFEITO DA LATERALIDADE E TDAH	59
5.3	TCA-aud: EFEITO DA LATERALIDADE	62
5.4	ANÁLISES DOS PARÂMETROS DOS TESTES (EO, EC, TR, VTR) E DAS VARIÁVEIS (GÊNERO E IDADE) PREDITORAS DO TDAH .	63
5.4.1	Resultados encontrados pela regressão linear múltipla com os dois testes (n = 177)	63
5.4.2	Resultados encontrados pela regressão linear múltipla, usando os parâmetros do teste auditivo (n = 196)	63
5.4.3	Resultados encontrados pela regressão linear múltipla, usando apenas os parâmetros do teste visual (n = 223)	63
5.5	CORRELAÇÃO ENTRE OS TCA-VIS E TCA-AUD NOS QUATRO PARÂMETROS (EO), (EC), (TR), (VTR)	64
5.5.1	Grupo Total (Figura 6)	64
5.5.2	Grupo Canhoto Consistente (CC) e Destro Consistente (DC) (Figuras 7 e 8)	65
5.5.3	Grupo TDAH e Normais (Figuras 9 e 10)	67
6	DISCUSSÃO	70
6.1	PREVALÊNCIA DE TDAH NA AMOSTRA TOTAL	70
6.2	A ASSOCIAÇÃO ENTRE A LATERALIDADE MOTORA E O TDAH .	71

6.3	CORRELAÇÕES ENTRE AS VARIÁVEIS DO TCA-VIS E AS PONTUAÇÕES NO QUESTIONÁRIO DO PROFESSOR	72
6.4	EFEITOS DO TDAH E DA LATERALIDADE NO DESEMPENHO DOS TESTES DE DESEMPENHO ATENCIONAL	73
6.5	ASSOCIAÇÕES ENTRE AS MODALIDADES TCA VISUAL E TCA AUDITIVO	76
6.6	LIMITAÇÕES	77
6.7	PERSPECTIVAS PARA O FUTURO	79
7	CONCLUSÕES	80
	REFERÊNCIAS	81
	APÊNDICE A - Artigo Submetido à Revista Archives of Clinical Neuropsychology	97
	APÊNDICE B - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	125
	ANEXO A - Formulário de Autorização	126

1 INTRODUÇÃO

A questão a respeito do efeito da preferência manual e do transtorno do déficit da atenção e hiperatividade (TDAH) no desempenho no teste computadorizado de atenção modalidade visual e auditiva, engloba três eixos de estudo a saber; lateralização cerebral, atenção e neuropsicologia. Da articulação entre estes conceitos, deriva a fundamentação teórica que sustenta este estudo.

Já foi estabelecido que em seres humanos, os hemisférios cerebrais são funcionalmente assimétricos. Sabe-se também que cerca de 90% da população se constitui de destros (ANNETT, 1967; ELLIS; ELLIS; MARSHALL, 1998).

Experimentos sobre canhotismo versus destrimanismo usando as atuais técnicas de neuroimagem reforçam a distinção enfatizada por Broca (séc. XIX) sobre o padrão de lateralização cerebral, quando indicam diferenças significativas entre destros e canhotos no desempenho de funções cognitivas e motoras (AMUNTS et al., 2000).

A preferência manual, característica demonstrada pela maioria das pessoas quanto ao uso de uma das mãos em detrimento da outra, abrange, por exemplo, tarefas unimanuais que necessitam de movimentos complexos, coordenação e força muscular, habilidades mediadas pelo sistema neuromotor do hemisfério contralateral à mão usada. Estudos sobre desempenho em tarefas de escrita com destros normais verificaram que estes, ao escrever com a mão direita apresentam ativação neural no hemisfério esquerdo (lobos frontais e parietais) enquanto canhotos, apresentam ativação das mesmas áreas, no hemisfério direito (HORA; MARTIN, 2012).

Correlação positiva entre a lateralização hemisférica e funções cognitivas foi também verificada, em relação ao processamento viso-espacial e ao reconhecimento de faces (BUKOWSKI et al., 2013; WILLEMS; PEELEN; HAGOORT, 2010).

Diferentemente, outra pesquisa indicou discrepância quanto à presença de correlação entre lateralização e estas habilidades cognitivas (MELLET, 2014), demonstrando com seus resultados que a associação entre a lateralização cerebral e as habilidades cognitivas ainda é uma área altamente controversa.

Estudos sobre assimetrias cerebrais e transtornos neuropsiquiátricos demonstraram correlação entre lateralidade motora e alterações genéticas. Sabe-se

hoje que entre as condições neuropsiquiátricas associadas às assimetrias cerebrais há maior prevalência de indivíduos canhotos do que destros.

Uma meta-análise para a associação do genoma e medida quantitativa da habilidade manual em indivíduos disléxicos identificou associação do gene PCSK6 com a dislexia, sugerindo a existência de uma via poligênica ligando assimetrias cerebrais, lateralidade e dislexia (SCERRI et al., 2011; BRANDLER; PARACCHINI, 2014;). Outra pesquisa sobre transtorno do desenvolvimento verificou que entre os portadores de dislexias, mais de 10% são canhotos enquanto, entre os indivíduos normais esta proporção cai significativamente (SZAFLARSKI et al., 2012).

Já foi estabelecida também, a relação entre esquizofrenia e canhotismo (BARNETT; CORBALLIS, 2002; HIRNSTEIN; HUGDAHL, 2014), bem como verificada associação entre o gene LRRTM1 e este transtorno, aspecto que poderia indicar uma causa genética para a relação desta doença com a lateralidade motora (FRANCKS et al., 2007). Ainda nesta linha de pesquisas sobre assimetrias cerebrais e alterações neuropsiquiátricas e comportamentais encontramos um estudo indicando associação entre gagueira e preferência manual inconsistente (KUSHNER, 2012).

Dentro deste contexto, neurocientistas e neuropsicólogos têm se interessado, cada vez mais, em examinar as possíveis correlações entre lateralização hemisférica e as funções cognitivas e motoras.

Sabe-se que o modelo clássico do prejuízo atencional é o Transtorno do Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH). De acordo com Castellanos e colaboradores (1996), indivíduos com TDAH apresentam volume cerebral total inferior, perda da assimetria normal do núcleo caudado, alterações nas regiões; pré-frontal-estriatal direita, diminuição do volume do globo pálido à direita, menor região frontal anterior direita e menor cerebelo. Em outro trabalho sobre a neuroanatomia deste transtorno, também foi verificadas importantes anormalidades nas assimetrias cerebrais (CASEY et al., 1997).

Através de exame de tomografia por emissão de pósitrons (PET) e emissão de fóton único em tomografia computadorizada (SPECT), um estudo sobre a neurobiologia do TDAH sugeriu que este transtorno se encontra associado a anormalidades não apenas regionais e anatômicas no hemisfério direito, mas principalmente à alterações na conectividade estrutural e funcional das regiões corticais, decorrentes de um atraso na maturação do cérebro (SRIPADA; KESSLER;

ANGSTADT, 2014).

A associação deste transtorno com disfunções de estruturas no hemisfério direito está bem estabelecida (SANDSON; BACHNA; MORIN, 2000), contudo, a relação entre a preferência manual e os sintomas clínicos do TDAH ainda não está bem esclarecida. A controvérsia pode estar relacionada à definição de preferência manual.

A preferência manual tem sido considerada uma manifestação indireta da assimetria cerebral e é comumente usada como indicador da lateralização cerebral por ser uma medida obtida de forma fácil e barata (GROEN et al., 2013). Uma das formas mais frequentemente utilizadas para classificar as pessoas como destros ou canhotos, é a observação da mão usada para escrever (McMANUS, 1984; SCHMIDT et al., 2000a, 200b) contudo, diversas abordagens têm sido adotadas a fim de avaliar a preferência manual. Estas vão desde as medidas do desempenho motor manual aos inventários de auto-relato (ANNETT, 1967; OLDFIELD, 1971).

Propper e colaboradores (2012) sugeriram que a preferência manual pode ser estabelecida de acordo com a variação de duas dimensões: o grau (consistente versus inconsistente) e a direção (esquerda versus direita), sendo estas duas dimensões representadas por organizações corticais diversas: o grau da lateralidade relacionado a uma baixa conectividade dos circuitos neurais inter-hemisféricos, e a direção da lateralidade, associada às assimetrias cerebrais (PROPPER et al., 2012).

Por outro lado, Prichard, Propper e Christman (2013) destacaram que a forma mais adequada para avaliar a lateralidade motora, ou seja, a direção da preferência manual (destro ou canhoto) seria através de comparações entre a preferência manual consistente, caracterizada por aqueles que usam a mão escolhida em praticamente, todas as atividades manuais, e a preferência manual inconsistente, caracterizada por aqueles que usam a mão escolhida, em pelo menos uma atividade.

Hardier e Wright (2014) levantaram a questão de que a consistência da dominância manual (destros e canhotos), não é idêntica e identificaram diferenças significativas no desempenho dos canhotos-consistentes durante tarefas cognitivas, quando comparados aos demais grupos.

Considerando todos estes dados, procuramos investigar em nosso estudo, se há associação entre direção e consistência da lateralidade motora, no desempenho do teste computadorizado de atenção (visual e auditivo), em

portadores do TDAH e em normais. Para tanto, o desempenho da atenção foi avaliado, quantitativamente, através de uma tarefa de atenção sustentada e vigilância.

O Testes de Desempenho Contínuo é um tipo de tarefa na qual requer que o indivíduo se mantenha por um período contínuo de tempo, pronto a reagir frente à presença ou ausência de um estímulo alvo, previamente, determinado.

Rosvold e colaboradores (1956) verificaram que os Testes de Desempenho Contínuo (*Continuous Performance Test* - CPTs), são altamente sensíveis à disfunção cerebral. Desde então, inúmeras pesquisas foram realizadas sobre processamento atencional e testes de atenção sustentada e vigilância, demonstrando a participação preponderante do córtex cerebral direito para o bom desempenho neste tipo de tarefa (PETERSEN; POSNER, 2012; POSNER; PETERSEN, 1990).

Os estudos neuropsicológicos a cerca do teste de desempenho contínuo, verificaram significativas diferenças de ativação hemisférica, especialmente na região fronto-ventral e uma maior ativação do lobo parietal no hemisfério direito durante a execução da tarefa (HONEY et al., 2005; RICCIO et al., 2002; SCHMIDT et al., 2008). Estes resultados confirmam a ideia de que o desempenho no teste de desempenho contínuo está associado a uma ativação cerebral assimétrica.

Particularmente, em relação ao TDAH, este tipo de teste tem sido amplamente utilizado como um auxiliador indispensável para o seu diagnóstico (DuPAUL et al., 1992; EPSTEIN et al., 2003; MIRANDA et al., 2008).

Os resultados positivos nas pesquisas sobre CPT e TDAH foram replicados em várias populações e com diferentes versões do CPT (MIRANDA et al., 2008).

Em duas diferentes análises feitas com base em exames de neuroimagem: uma sobre assimetrias cerebrais e prejuízo atencional ocorrido por lesão cerebral (DUECKER; FORMISANO; SACK, 2013) e outra relativa ao processamento atencional assimétrico durante a execução do teste computadorizado de atenção visual (TCA-vis), foi verificada e confirmada a maior ativação cerebral lateralizada para o hemisfério direito (SCHMIDT et al., 2008).

Partindo destes pressupostos, parece importante investigar se o processamento cerebral assimétrico envolvido na realização de testes de desempenho contínuo é afetado pela lateralidade motora. Como mencionado anteriormente, a lateralidade motora, observada pela preferência manual, é um bom

indicador do padrão de lateralização cerebral.

Assumindo que o processamento da atenção é assimétrico, que o teste de desempenho contínuo ativa assimetricamente o cérebro e que a preferência manual é indicador das assimetrias cerebrais podemos levantar a hipótese de que o desempenho nos testes de atenção deve ser influenciado pela preferência manual.

Dentro desta perspectiva, a avaliação da preferência manual se reveste de importância clínica, uma vez que a interpretação dos resultados dos testes de desempenho contínuo poderá ser ponderada à luz da preferência manual, além das duas outras variáveis já conhecidas por interferir no desempenho, a saber: idade e gênero.

Considerando ainda que muitos pacientes apresentam dificuldades visuais, como por exemplo aqueles acometidos por neuromielite óptica, um estudo sobre teste de atenção envolvendo a modalidade auditiva nos parece especialmente importante, na medida em que abrirá possibilidade de ser feita a avaliação atencional em pacientes com déficits visuais. Neste contexto esta pesquisa encontra sua justificativa e relevância.

A viabilidade prática deste trabalho se dá à partir de sua vinculação ao programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Neurologia, da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO), área de concentração em neurociências, cuja linha de pesquisa, Neuropsicologia, oferece nexo à sua realização.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1. NEUROPSICOLOGIA

2.1.1 Marcos históricos e prática neuropsicológica

A questão de como o sistema nervoso modula nossas funções cognitivas, emocionais e comportamentais têm acompanhado o homem desde os mais remotos tempos. Atualmente, a investigação acerca deste tema se refere às disciplinas concernentes às Neurociências. Dada a abrangência e o volume crescente de informações produzidas nesta área, seu estudo oferece interface com a neuropsiquiatria, a neurologia e entre outras, a neuropsicologia.

A neuropsicologia conta com significativo avanço a partir da investigação acerca das afasias, estudos a respeito das assimetrias cerebrais e pesquisas sobre especialização hemisférica.

No século XVIII, Franz Joseph Gall (1758-1828) médico anatomista alemão, é quem coloca a relação entre os distúrbios da linguagem e o cérebro em primeiro plano. Assim ganha reconhecimento como um dos precursores da neuropsicologia. Gall se dedica ao estudo das afasias e sua relação com as lesões cerebrais. Em parceria com Johann Casper Spurzheim (1776-1832), destaca o papel do córtex cerebral como responsável pela transmissão de informação para os movimentos, via medula espinhal (KOLB, 1980).

Jean Baptiste Bouillaud (1796-1881) médico francês, em concordância com as concepções de Gall, propõe que as funções mentais se encontram localizadas no córtex, e especificamente, relaciona as afasias às lesões de lobo frontal (LENT, 2008).

Marc Dax (1771-1837) neurologista francês é quem, pela primeira vez, registra a associação entre lesões no hemisfério esquerdo e os distúrbios da fala. Em seguida, Pierre Paul Broca (1824 - 1880), a partir de estudos anátomo-clínicos, estabelece esta correlação.

A afasia de Broca, também denominada de afasia motora ou expressiva é descrita como dano cerebral localizado na região ventral-posterior do lobo frontal, no hemisfério esquerdo. É descrita como uma condição que afeta a capacidade de produzir a linguagem de forma apropriada. Neste quadro o discurso se apresenta

hesitante e repetitivo (perseverante), com sintaxe e estrutura gramatical desordenadas e palavras descontextualizadas.

Carl Wernicke (1848-1905) neurologista alemão, em 1874, descreve a relação causal entre lesão no primeiro giro temporal esquerdo e uma outra forma clínica de afasia: a afasia sensorial ou receptiva. Neste tipo de deficiência o discurso se apresenta fluente e gramaticalmente estruturado, contudo, desconectado de sentido visto que, o uso das palavras não se liga adequadamente aos seus significados (PURVES, 2005).

Assim portanto, as bases neurais do processamento da linguagem são preliminarmente delineadas pautadas na descoberta de sua localização no hemisfério esquerdo.

As evidências sobre a participação do hemisfério direito no comportamento humano surgem com o clássico caso de Phineas Gage. Em 1848, nos Estados Unidos, é descrito por John M. Harlow, as importantes alterações comportamentais decorrentes da grave lesão frontal sofrida por Gage. Este caso emblemático, ofereceu claras evidências da existência de áreas cerebrais no hemisfério direito, responsáveis por funções relacionadas a outros domínios cognitivos e comportamentais não linguísticos (DAMÁSIO, 1996).

Não obstante a importância dos novos achados relacionados aos distúrbios não-linguísticos tais como, percepção visual, atenção, percepção do corpo e do espaço, capacidade de julgamento, todos eles ligados ao “hemisfério não-dominante”, a ideia sobre o “localizacionismo funcional” permaneceu ainda predominando, com forte ênfase na investigação acerca do “hemisfério esquerdo dominante” e nos distúrbios da linguagem (KOLB, 1980).

Dentro de uma perspectiva histórico-temporal da neuropsicologia, entre o século XIX e metade do século XX, esta disciplina marcada pelo pós-guerra, sofre importantes mudanças metodológicas e conceituais.

Na Rússia, o médico e psicólogo Alexander Romanovich Luria (1902 - 1977) baseado nos estudos sobre as lesões dos combatentes de guerra, embora alinhado com a concepção da lateralização da linguagem no hemisfério esquerdo, propõe a Teoria dos Sistemas Funcionais. Esta nova abordagem considera os processos corticais como sistemas funcionais complexos, dinamicamente localizados ampliando assim, a compreensão acerca do funcionamento das áreas frontais e trazendo indiscutível contribuição para a neuropsicologia. Nas palavras deste autor:

[...] Eis aqui por que as funções mentais, entendidas como sistemas funcionais complexos, não podem estar localizadas em zonas estreitas do córtex ou em agrupamentos celulares isolados, mas devem ser organizadas em sistemas de zonas funcionando em concerto, desempenhando cada uma dessas zonas o seu papel em um sistema funcional complexo, podendo cada um desses territórios estar localizado em áreas do cérebro completamente diferentes e frequentemente bastante distantes uma das outras (LURIA, 1981, p. 16).

Norman Geschwind (1926 - 1984) médico neurologista, nos Estados Unidos, através de estudo com animais, amplia as descobertas já estabelecidas acerca das conectividades corticais propondo que outras áreas dos córtices parietal, temporal e frontal seriam indispensáveis para a capacidade linguística humana. Demonstra que lesões nestas áreas provocavam déficits de linguagem sutis embora, claramente identificáveis.

Geschwind, considerado ainda hoje referência para os estudos sobre linguagem e afasia, foi quem demonstrou importante diferença hemisférica quando identificou uma assimetria na região superior do lobo temporal, denominada por *planum temporale*.

E em 1968, Geschwind publica:

[...] Foram encontradas assimetrias anatômicas marcantes entre as superfícies superiores dos lobos temporais esquerdo e direito em humanos. O *planum temporale* (área posterior do giro de Hesch) é maior em 65% dos cérebros, do lado esquerdo. À direita, é maior apenas 11%. Esta área do córtex temporal de grande importância para linguagem está assim bem estabelecida com base nos achados anatômicos de pacientes afásicos (GESCHWIND; LEVITSKY, 1968).

Prêmio Nobel de Fisiologia/Medicina (1981), Roger Sperry (1913 - 1994) neuropsicólogo americano, a partir do trabalho com pacientes epiléticos e pesquisas sobre cérebro partido (split brain), realizadas com indivíduos submetidos à cirurgia de secção do corpo caloso, encerra o debate a respeito da lateralização da linguagem ser domínio exclusivo do hemisfério esquerdo. De acordo com o “nobelista” Sperry, o corolário de Broca sobre o homem falar com o hemisfério

esquerdo não estava estritamente correto. O mais correto seria dizer que o homem fala muito melhor com o hemisfério esquerdo do que com o direito, contudo é indiscutível a participação dos dois hemisférios para a linguagem (PURVES, 2005).

A excepcional contribuição de Sperry para o esclarecimento a respeito da relação cérebro/comportamento foi um divisor de águas na história da medicina. Conceitos relacionados à especialização cerebral hemisférica e a comunicação inter-hemisférica foram revistos e novos paradigmas estabelecidos após seus trabalhos.

Sob a influência da psicologia experimental, ancorada por métodos de experimentos comportamentais e modelos estatísticos comparativos, a neuropsicologia avança na direção de uma disciplina envolvida na testagem e avaliação do comportamento. Os protocolos estandardizados surgem oferecendo medidas quantitativas de desempenho entre indivíduos com dano cerebral e de grupos controles sem danos (USTÁRROZ; LAGO; UNTURBE, 2011).

A abrangência da Neuropsicologia se amplia para além das condições patológicas e esta disciplina passa também a examinar o funcionamento normal dos mecanismos relacionados aos processos cognitivos tais como, memória, percepção, linguagem, atenção, emoção, práxis e funções executivas através de testes padronizados e das grandes baterias neuropsicológicas (LEZAK; HOWIESON; LORING, 1995).

A contribuição das técnicas avançadas dos exames de neuroimagem, abre um outro capítulo na história da neuropsicologia e novos paradigmas foram estabelecidos sobre o funcionamento cerebral.

Exames de imagem permitem hoje, a obtenção de informações sobre a atividade dos circuitos neurais subjacentes ao comportamento realizado, no momento da captação da imagem. Exames de Ressonância Magnética (RM) têm a capacidade de demonstrar diferentes estruturas cerebrais e maior facilidade em demonstrar mínimas alterações em diversas doenças. Neste tipo de exame, por exemplo, as alterações morfológicas são mais facilmente avaliadas do que na Tomografia Computadorizada (TC). É também possível observar estruturas como hipocampo, núcleos da base e cerebelo (as quais são de difícil avaliação na TC) (WRIGHT et al., 2000).

A ressonância magnética funcional (RMf) é semelhante a um exame clínico. Sua realização é feita de modo a obter imagens do cérebro durante a execução de uma determinada atividade que se quer estudar, concomitante a outras imagens

controle, onde a tarefa não é executada. Desta forma o indivíduo realiza uma série de atividades enquanto o aparelho adquire as imagens, as quais serão analisadas posteriormente.

Hoje a neuropsicologia cognitiva pode ser definida como sendo a disciplina mais envolvida com a tentativa de uma síntese, representada pela Neurociência Cognitiva, e entendida como viabilizadora de uma moderna ciência da mente (KANDEL et al., 2014).

2.1.2 A Prática Neuropsicológica

A evolução da neuropsicologia reflete a importância crescente que sua prática oferece. Abrange uma ampla gama de aplicações e, tendo em vista sua complexidade pertence, necessariamente, a um campo de ação interdisciplinar.

Se aproxima, praticamente, de todas as esferas da vida do indivíduo, se interpondo em âmbitos tanto do domínio público quanto privado da sociedade (FUENTES et al., 2008).

No contexto cível e criminal, a neuropsicologia oferece subsídios para auxiliar decisões judiciais concernentes à imputabilidade do réu, à interdições jurídicas, aposentadoria por invalidez, e sempre que se faz necessário a comprovação da capacidade mental de um requerente (SCHMIDT et al., 2013).

No âmbito laboral, possibilita a identificação de condições médicas e psicológicas que, via de regra, interferem no desempenho dos trabalhadores e na segurança dos mesmos. Vale mencionar que um fator determinante na prevenção de acidentes diz respeito, por exemplo, à aferição da capacidade atencional do trabalhador.

No que tange à prática médica, a contribuição da neuropsicologia tanto para o diagnóstico, quanto na reabilitação dos quadros patológicos é indiscutivelmente reconhecida.

A prática neuropsicológica engloba aspectos que vão desde à avaliação (exame neuropsicológico), ao diagnóstico, incluindo tratamento (reabilitação neuropsicológica) e prognóstico (LEZAK; HOWIESON; LORING, 1995). Contudo não obstante seu alcance existem ainda lacunas na esfera de sua aplicabilidade, que dificultam a interpretação plena dos resultados.

A avaliação neuropsicológica é composta por baterias de testes, questionários e escalas, quantitativos e qualitativos, objetivando examinar domínios que abrangem as funções executivas, atenção, memória, percepção, linguagem, praxias, gnosis, raciocínio, aprendizagem e inteligência (LEZAK; HOWIESON; LORING, 1995). Baseia-se na análise funcional dos processos cognitivos, objetivando a interpretação das potencialidades e dos prejuízos observados no indivíduo. Além disso, indica possíveis repercussões das disfunções cerebrais sobre o comportamento e a cognição, considerando que as alterações cognitivas e comportamentais variam de acordo com a natureza, a extensão e localização da lesão cerebral (LEZAK; HOWIESON; LORING, 1995).

Sustentada pelos fundamentos da psicometria, a testagem busca produzir inferências, válidas e fidedignas, sobre as medidas da amostra de comportamentos comuns a todas as pessoas (FUENTES et al., 2008). Os testes psicométricos são, portanto, um procedimento de observação sistemática dos comportamentos, objetivando descrevê-los por meio de escalas numéricas e categorias fixas.

A variedade de tipos de testes existentes procura atender à diversidade de características e/ou comportamentos possíveis de serem mensurados. A mensuração de um comportamento tem como pressuposto a ideia de que, se existe um comportamento, ele existe em determinada quantidade e pode ser medido de modo a permitir que, quando necessário, estratégias de intervenção possam ser implementadas (CRONBACH, 1996).

As qualidades psicométricas de um teste devem obedecer a parâmetros que garantam precisão de resultados e interpretação adequada dos mesmos a fim de que se obtenha uma boa avaliação (KLINE, 1993).

Os principais fatores que definem a qualidade e adequação de um teste são a sua validade e fidedignidade. A validade se refere àquilo que o teste pretende medir e quão bem ele o mede (KLINE, 1993). A validação de um teste se estabelece, portanto, pelo tipo de informação que se pretende coletar e à qual aplicação ela se destina. Vários são os métodos empregados para validar um teste. Validade de face, validade concorrente, validade preditiva são alguns dos diferentes tipos de validade, amplamente, descritos na literatura.

Fidedignidade pode ser entendida como a estimativa do erro de mensuração. Este conceito, erro de mensuração, engloba tanto os erros de medida quanto as fontes de variação da característica avaliada (ANASTASI; URBINA, 2000).

A fidedignidade pode ser analisada em primeiro lugar ao que se refere a estabilidade do teste, também compreendido como a consistência da medida do teste ao longo do tempo, isto é, o coeficiente de correlação entre a primeira e a segunda aplicação do teste: coeficiente de fidedignidade. Um segundo aspecto se refere a consistência interna do teste, fator derivado de amostras representativas das populações para as quais o teste foi projetado, e de modo amplo o suficientemente, para serem, estatisticamente, confiável (KLINE, 1993).

Fatores concernentes ao ambiente cultural do indivíduo, seu meio socioeconômico, grau de escolaridade, a idade e o gênero, são variáveis que influenciam os resultados de uma avaliação e, portanto não devem deixar de ser analisados (LEZAK; HOWIESON; LORING, 1995).

2.2 ATENÇÃO

2.2.1 Conceituação

A atenção é uma função neuropsicológica complexa, de difícil definição, que não se apresenta como um fenômeno único.

A variedade de significados para o termo “atenção” permite diversas interpretações em torno deste significado, gerando controversa acerca de sua conceituação terminológica e dificultando, as vezes, a compreensão dos estudos sobre os mecanismos cognitivos envolvidos com este constructo (MORAY, 1959).

Uma das definições mais conhecidas sobre atenção foi proposta por William James (1890). Seu trabalho é citado como uma das maiores referências no campo. Em suas palavras, o conceito de atenção pode ser descrito como:

“A ação de tomar posse, de forma clara e vivida, de um entre outros vários objetos ou pensamentos, simultaneamente possíveis. Focalização e concentração da consciência são a sua essência. Implica ainda no afastamento de algumas coisas para ocupar-se efetivamente de outras” (James, 1890/1952, p. 375).

Tal definição não esgota o conceito de atenção, de modo contrário, sugere a possibilidade de que a atenção possa ser decomposta em múltiplos processos, encarregados de funções do tipo, seleção, informação e controle.

A diversidade de reações e respostas emitidas durante uma tarefa atencional indica que a atenção não está restrita a um único processo. Muito mais que um mecanismo isolado, seu funcionamento engloba várias funções que interagem, mutuamente, ao longo da execução de tarefas perceptivas, cognitivas e motoras (MESULAM, 1998).

Tomemos como exemplo, uma tarefa de atenção na qual seja solicitado ao indivíduo que ele aperte, o mais rápido possível, a tecla do computador assim que apareça a imagem de uma cruz na tela. Para que esta tarefa seja realizada com êxito, uma sucessão de acontecimentos deve ocorrer: é preciso primeiramente, que o indivíduo dirija o foco de sua atenção para a tela do computador, deve ainda mantê-lo na área onde aparecerá o estímulo, detectá-lo, em seguida, identificar qual das imagens é a correta para então emitir a resposta. Prontamente, será necessário que decida se irá reagir, ou não, ao estímulo, eleger a forma adequada de fazê-lo, e finalmente, iniciar uma ação motora eficiente.

O caráter heterogêneo do processamento atencional, ilustrado acima, demonstra o papel central da atenção na qualidade de substrato básico e necessário para o bom funcionamento dos processos cognitivos (LEZAK; HOWIESON; LORING, 1995). De acordo com esta autora a capacidade atencional deve estar preservada para que os diferentes domínios cognitivos, tais como, linguagem, memória, raciocínio, percepção viso espacial, motricidade, possam se expressar de modo funcional e adequado.

Uma quantidade de dados já foi gerada, nos últimos 20 anos de pesquisas, demonstrando a complexidade do fenômeno da atenção, ficando bem estabelecido que esta deva ser conceituada, como uma função multifatorial (DAFFNER et al., 1998; GODEFROY; ROUSSEAU, 1996; MESULAM, 1998), e seus mecanismos devem ser vistos como fazendo parte de um sistema orgânico, dotado de uma circuitaria, anatomia, e um padrão de desenvolvimento próprio (POSNER; PETERSEN, 1990).

Já foi verificado que os circuitos neurais envolvidos com o sistema atencional, quando danificados provocam diferentes tipos de prejuízos atencionais e déficits cognitivos (BERGER; POSNER, 2000; FAN et al., 2002).

2.2.2 Modelos Teóricos

Os estudos a respeito do funcionamento dos processos cognitivos não patológicos foram determinantes para a compreensão dos défices experimentados por pacientes com prejuízos atencionais e, por conseguinte, contribuíram para a formulação de diversos modelos teóricos básicos sobre o mecanismo e o processamento da atenção (POSNER; ROTHBART, 2007). Alguns dos principais modelos são:

Mesulam (1990): Modelo de sistema atencional integrado, cujo mecanismo da atenção é composto por redes cerebrais interconectadas por dois sistemas. A partir de uma dicotomia funcional entre componentes sensoriais e motores, dependendo da demanda atencional, o recrutamento de uma das redes se sobrepõe à outra embora nenhuma delas deixe de participar completamente do processamento atencional.

De acordo com Mesulam, os processos de atenção envolvem o sistema reticular, o sistema límbico, o córtex frontal e parietal posterior.

Os lobos frontais, ambos conectados com o sistema reticular, via tálamo, seriam os responsáveis pela função de "fixador" de alvos (atenção seletiva). Tal conectividade ficou evidente, em estudos relacionados às resposta de orientação da atenção (RICCIO et al., 2002).

A contribuição do sistema reticular no processamento atencional estaria relacionada à preparação para o estado de excitação, vigilância e a manutenção do nível de excitação.

A participação do sistema límbico estaria relacionado aos processos de atenção, porém mais fortemente ligado ao estado motivacional do indivíduo.

Os componentes subcorticais do sistema límbico, o sistema reticular e hipotálamo, formariam uma "matriz sistêmica" necessária ao controle da atenção (MESULAM, 1990), mais especificamente envolvida à atenção sustentada.

O córtex pré-frontal orbital atuaria na modulação dos impulsos, com origem no sistema límbico e no hipotálamo (RICCIO et al., 2002).

Finalmente, o papel do córtex parietal posterior seria de proporcionar um mapa sensorial interno, e os sistemas neurais do lobo parietal essenciais para o mecanismo da atenção seletiva.

Alexander Romanovich Luria (1981): Este modelo destaca a participação relevante das funções executivas no controle do comportamento, e em especial o papel do córtex pré-frontal.

Para Luria, o estudo dos processos atencionais foi central para a construção de um modelo sobre o funcionamento normal e alterado do cérebro.

O mecanismo da atenção segundo esta abordagem, seria composto por dois sistemas, um reflexivo e outro não-reflexivo. O sistema reflexivo estaria mais envolvido com respostas de orientação (RO), presente no indivíduo, desde o início do desenvolvimento. Em contraste, o sistema não-reflexivo se desenvolveria ao longo do crescimento, sendo resultado da aprendizagem social, e mediado pela associação de componentes cognitivos e linguísticos do comportamento. Este sistema seria essencial para o processamento da atenção sustentada (RICCIO et al., 2002).

Com base em evidências clínicas, Luria e colaboradores sugeriram que a ativação e a inibição da atenção seriam processos mediados pelo sistema límbico com predominante participação dos lóbulos frontais. (RICCIO et al., 2002). A partir destes trabalhos os autores verificaram que pacientes com danos no sistema límbico ficavam mais propensos a se cansar facilmente, se mostravam mais distraídos e apresentavam incapacidade de sustentar a atenção ao longo do tempo. Pesquisas em pacientes com danos frontal grave registraram dificuldades na manutenção da atenção e baixa resistência à distrações.

O modelo de Luria enfatiza a prática neuropsicológica dando ênfase aos processos corticais superiores como sistemas funcionais complexos (LURIA, 1981).

Corbetta e Shulman (2002): Fundamentado em pesquisas com neurofisiologia animal e em exames de neuroimagem funcional em humanos, este modelo conta com a contribuição teórica de Mesulam (1990) e Posner e Petersen (1990).

Neste modelo os sistemas neurais, parcialmente independentes, seriam responsáveis por funções atencionais diferentes e complementares.

Uma das redes neurais estaria localizada na região frontoparietal dorsal, integrando parte do sulco intraparietal e córtex frontal superior, envolvida com os

mecanismos de seleção de estímulos e respostas dirigidas às metas do indivíduo, de maneira voluntária (*top-down*).

Outra rede estaria localizada na região frontoparietal ventral, incluindo o córtex temporoparietal, córtex frontal inferior, lateralizado para o hemisfério direito, especializado em detecção de estímulos relevantes e inesperados. Esta rede frontoparietal ventral funcionaria como um "disjuntor" para o outro sistema, frontoparietal dorsal, direcionando a atenção aos eventos inesperados. Resumidamente, este sistema seria responsável pelo estabelecimento de conexões entre as informações sensoriais relevantes e as representações motoras adequadas a estas informações.

Posner e Petersen (1990), Peterson e Posner (2012), Posner e colaboradores (2014): Este modelo propõe a existência de três redes neurais anatômicas, funcionalmente independentes e responsáveis pelos processos atencionais. Cada uma destas redes neurais responde por funções específicas; manutenção do estado de alerta, orientação para estímulos sensoriais, e controle executivo, embora mutuamente integradas para a emissão das respostas aos estímulos (PETERSEN; POSNER, 2012).

Das três principais redes neurais, duas se encontram anatomicamente distribuídas pelo córtex cerebral anterior (a rede do estado de alerta e a rede do controle executivo) e a terceira distribuída pela região posterior do córtex cerebral (rede da orientação).

A rede da manutenção do estado do alerta se encontra envolvida com a função do estado de vigília e da atenção sustentada, e é responsável por tarefas de execução contínua. As áreas cerebrais mais ativadas durante o funcionamento desta via estão localizadas nas regiões frontoparietais do hemisfério direito (PETERSEN; POSNER, 2012).

A rede do controle executivo desempenha o papel responsável por tarefas relacionadas ao controle inibitório, à resolução de conflitos, detecção de erros, flexibilidade cognitiva e tomada de decisão. As principais áreas cerebrais envolvidas são o cíngulo anterior, a área motora suplementar, o córtex órbito frontal, o córtex pré-frontal dorsolateral e certas porções dos gânglios basais e do tálamo.

A rede da orientação da atenção se encontra envolvida com funções relativas à seleção de informação sensorial e sustentação da atenção visuoespacial.

As tarefas empregadas para a avaliação funcional desta rede envolvem a capacidade de encontrar um estímulo específico em uma cena com distratores (tarefas de busca visual) e a capacidade de selecionar um estímulo correto, o qual deverá ser respondido posteriormente. As regiões anatômicas correspondentes a esta rede são; o córtex parietal o giro pré-central o córtex oculomotor frontal os colículos superiores e o tálamo (FAN et al., 2002).

2.2.3 Atenção e Transtornos Neuropsiquiátricos

O prejuízo atencional está presente em diversos quadros neuropsiquiátricos, como por exemplo, Esquizofrenia, Transtorno Obsessivo-Compulsivo (TOC), Transtorno Bipolar e Depressão. O déficit da atenção também se encontra comumente associado a doenças neurodegenerativas, traumatismos cranianos, além de ser observado também em grande parte das demências como, por exemplo: doença de Alzheimer, doença de Parkinson e Doença de Levy.

Pesquisa realizada com portadores de esquizofrenia demonstrou alterações atencionais relacionadas ao tempo de reação durante desempenho no CPT. Uma possível explicação para estes achados se refere ao fato de que a capacidade de inibir respostas é um dos processos básicos subjacentes aos transtornos atencionais enquanto, a diminuição da velocidade de resposta frente a estímulos e a ausência de inibição, são sintomas presentes nos quadros tanto de esquizofrenia quanto nos transtornos do espectro da esquizofrenia. Estes resultados apoiam a utilização da medida de tempo de reação no CPT como marcador para a esquizofrenia (WANG et al., 2007).

Quanto ao Transtorno Obsessivo-Compulsivo (TOC) já foram documentados os resultados de alguns estudos indicando alteração da atenção seletiva neste grupo de pacientes, além da dificuldade para inibir o processamento de conteúdos irrelevantes e comprometimento relacionado aos processos inibitórios (ENRIGHT; BEECH, 1990), mais especificamente, incapacidade para deter pensamentos intrusivos, sintoma característico deste transtorno.

Pesquisas com exames de imagem e CPT indicaram que pacientes com o Transtorno Bipolar apresentam comprometimento da atenção sustentada (BEARDEN; HOFFMAN; CANNON, 2001). O resultado destes trabalhos apoiam a

ideia de que fortes estados emocionais interferem na atenção uma vez que a ativação da rede límbica (anterior), responsável pelo mecanismo da emoção, está envolvida também no processamento atencional (STRAKOWSKI et al., 2004).

Outro importante transtorno, a depressão, conta com um grupo de pacientes que facilmente respondem mais prontamente às palavras negativas e rostos com fisionomia triste, do que a outros tipos de estímulos. Indivíduos deprimidos ou com histórico de depressão necessitam de estímulos com maior quantidade de sinais de "felicidade" diante de uma expressão facial, para que sejam capazes de identificar corretamente quais imagens se referem a um rosto feliz. O padrão de seletividade atencional no qual o foco da atenção é prevalentemente, o estímulo negativo, deve ser visto como pródomo de um quadro depressivo (GOTLIB; KRASNOPEROVA; YUE, 2004).

Embora menos referido, mas bastante documentado, o Transtorno do Estresse Pós-Traumático apresenta prejuízos atencionais além de significativos extremamente danosos para o funcionamento global do indivíduo (GILLIG; SANDERS, 2011).

Os déficits neuropsicológicos associados às demências subcorticais como, por exemplo, doença de Parkinson e degeneração corticobasal, apresentam alterações comportamentais semelhantes às alterações ocasionadas por danos cerebrais frontais e frontosubcorticais (ARANGO-LASPRILLA et al., 2006), as quais são marcadas pelo prejuízo atencional e disfunção executiva (BADDELEY; WILSON, 1988). As disfunções executivas apresentam comprometimentos da atenção sustentada, dificuldade na alternância de uma tarefa para outra, déficits no controle de impulsos, incapacidade de planejamento, impaciência, agressividade, dificuldade de inibição de resposta e labilidade motivacional (POWEL; VOELLER, 2004).

O prejuízo da atenção na doença de Alzheimer não é tão evidente nas fases iniciais da doença, se manifestando mais tardiamente. Entre os componentes atencionais estudados na DA se encontram comprometimento da atenção seletiva e da atenção sustentada (LEVINOFF; SAUMIER; CHERTKOW, 2005).

Recentemente, um estudo realizado com o Teste Computadorizado de Atenção (TCA-vis) em pacientes com esclerose múltipla com baixa incapacidade funcional na escala de desabilidades, demonstrou a presença de déficit na velocidade de execução (SANTOS, 2013).

Com relação ao Transtorno do Déficit de Atenção/Hiperatividade (TDAH), quadro associado especificamente, ao prejuízo atencional e uma das mais comuns condições neuropsiquiátricas da infância, sabe-se que se caracteriza por um padrão persistente de desatenção e/ou hiperatividade-impulsividade, apresentando atualmente uma prevalência superior a 5% no mundo (SCHMIDT et al., 2013). Esta condição pode ser porta de entrada para outros problemas psiquiátricos graves incluindo depressão, abuso de substância, entre outros importantes distúrbios. Os tratamentos existentes podem auxiliar minimizando sintomas, no entanto, não são curativos (FAIR et al., 2010).

Dentre os transtornos do desenvolvimento, o TDAH é caracterizado como uma patologia do sistema da atenção uma vez que seus sintomas de desatenção, impulsividade e hiperatividade envolvem alterações relacionadas às vias de processamento atencional (SWANSON et al., 2007).

Estudos realizados com tarefas atencionais, em crianças com TDAH, mostraram a presença de déficit na rede do estado de alerta, verificado pelo maior número de erros de omissão e na rede do controle executivo, verificado pelo menor tempo de reação e maior número de erros de comissão. O problema da dificuldade de inibição de resposta presente nestes indivíduos se reflete nas condutas impulsivas presentes durante a execução de tarefas como o CPT, que se traduzem em um maior número de erros de comissão.

A correlação entre disfunções do hemisfério direito e dificuldades em manter a atenção e hiperatividade já foi documentada (BRANCH, COHEN, HYND, 1995).

Estudos de neuroimagem mostraram déficits no córtex frontal direito, nos núcleos da base, e hipoativação do córtex cingulado anterior, em crianças, e hipoativação na área suplementar motora e circunvolução temporal esquerda, em adolescentes portadores do TDAH (CORTESE et al., 2012).

Do ponto de vista anatômico portadores do TDAH, apresentam um menor volume cerebral em áreas relacionadas com a rede do controle executivo, mais especificamente, nas áreas do córtex pré-frontal direito, no núcleo caudado e no cerebelo (CORTESE et al., 2012).

Estudos já descreveram um padrão de lateralidade anormal nos portadores do TDAH, no entanto, a sua especificidade clínica e associação aos sintomas cognitivos ainda não foi bem compreendido (HALE et al., 2010).

O TDAH está relacionado não apenas as disfunções em redes envolvidas com as funções cognitivas superiores e comportamentais (rede frontoparietal e dorsal da atenção), mas também com os processos sensório-motor, incluindo as redes somatomotoras e as redes visuais (CARMONA et al., 2015).

2.2.4 Neuroanatomia Funcional da Atenção

Os modelos atencionais inicialmente apresentados ilustram a complexidade da cadeia neuroanatômica envolvida no processamento atencional.

A concepção de Posner e colaboradores (2014) sobre as bases neurais da atenção propõe que dada sua complexidade, os mecanismos atencionais devem ser compreendidos como fazendo parte de um sistema orgânico dotado de uma circuitaria e anatomia própria, com déficits e padrão de desenvolvimento específico. Visto deste modo, o sistema atencional é compreendido, portanto, a partir de três principais redes neurais, a saber: rede da orientação da atenção, rede do controle executivo e rede da manutenção do estado de alerta, sendo cada uma delas responsável por funções distintas (DAFFNER et al., 1998; GODEFROY; ROUSSEAU, 1996; MESULAM, 1998).

Esta concepção de redes díspares, dotadas de circuitos neurais distintos, ficou bem estabelecida por convergir com os achados em exames de neuroimagem funcional do cérebro (ressonância magnética funcional, tomografia computadorizada por emissão de pósitron). Estes exames com alta resolução espacial e temporal, possibilitaram a visualização da atividade cerebral associada a realização de tarefas atencionais, servindo como ferramentas poderosas para contextualizar e integrar as pesquisas sobre o processamento atencional (PETERSON; POSNER, 2012).

Rede da Orientação da Atenção: Formada por um circuito neural misto, córtico-subcortical, a orientação atencional se encontra relacionada com os mecanismos de uma área frontoparietal dorsal e a outra, frontoparietal ventral.

A rede dorsal inclui estruturas envolvidas com os lobos parietais superiores e inferiores, os campos oculares frontais e as áreas motoras suplementares (POSNER; ROTHBART, 2007). Estas regiões são ativadas bilateralmente durante a

orientação da atenção. Estruturas frontais - ínsula - e estruturas subcorticais - núcleo pulvinar do tálamo - também fazem parte desta rede dorsal.

A rede ventral esta formada pela união temporo-parietal e pela circunvolução frontal inferior. Esta rede se encontra altamente lateralizada para a direita e parece desempenhar papel importante na reorientação da atenção diante de estímulos inesperados (POSNER; DEHAENE, 1994). A nível sub-cortical os colículos superiores desempenham um papel importante na orientação da atenção para a integração multisensorial (POSNER; ROTHBART, 2007).

Estudos têm demonstrado que os movimentos oculares e a atenção estão fortemente relacionados.

A teoria pré-motora sobre a atenção, de Rizzolatti e colaboradores (1987), sugere que a atenção esta relacionada à circuitos neurais envolvidos com os movimentos oculares e que portanto, direcionar a fóvea (região mais central da retina) para o local do estímulo a ser percebido prepararia o indivíduo para uma emissão mais rápida e precisa da resposta.

Dentro desta perspectiva, o processo de orientação da atenção é, geralmente, guiado pelos movimentos oculares, se apresentando essencialmente de duas formas: Orientação da atenção aberta e orientação da atenção encoberta. Esta subdivisão diz respeito ao modo como a atenção é processada e está relacionada à mudança do foco atencional (POSNER; ROTHBART, 2007).

A orientação da atenção aberta é acompanhada pelo movimento dos olhos e a orientação encoberta ocorre quando a alteração do foco atencional se dá sem que haja, simultaneamente, movimentos oculares (POSNER; ROTHBART, 2007).

O modo como a orientação da atenção influencia o tempo de reação manual a um estímulo visual, foi extensamente examinado através do paradigma para o estudo da orientação da atenção.

Para este estudo, foi considerado o princípio de que os processos mentais poderiam ser isolados e examinados de forma quantitativa, através da medida do tempo de reação que o sujeito leva para executá-los, originalmente descrito pelo fisiologista F. C. Donders em 1869.

Neste paradigma é apresentado em uma tela de computador, cubos alinhados entre si. Os participantes recebem instrução para fixar o olhar num ponto central (ponto de fixação) e com o dedo indicador responder pressionando a tecla do computador (resposta motora), ao visualizar o estímulo luminoso na tela (estímulo-

alvo). Em ambos os lados do ponto de fixação (à esquerda e direita) dois cubos são apresentados. Em seguida, aparece um sinal/pista que dirige a atenção do participante para uma das duas posições, antes que se apresente o estímulo-alvo para o qual o participante deve responder. O sinal/pista pode ser periférico ou central. Os sinais/pista periféricos são utilizados para medir o efeito da orientação involuntária (*bottom-up*), que podem ser observados quando não fornecem informação sobre a localização do estímulo-alvo. Os sinais/pista centrais são utilizados para medir o efeito de orientação voluntária (*top-down*) que podem ser observados quando fornecem indicação da posição em que aparece o estímulo-alvo (POSNER, 1980).

Os ensaios em que o sinal/pista indica o local da ocorrência do estímulo são conhecidos como testes válidos, ao passo que os ensaios em que o sinal/pista indica o local contrário a ocorrência do estímulo, são reconhecidos como testes inválidos. São utilizados ainda, sinais/pista neutros, indicando tanto os dois sinais quanto nenhum sinal, de forma igual. Para que estes sinais/pista neutros sejam efetivos devem ser idênticos aos sinais válidos e inválidos, seja a nível perceptível, seja ao nível de alerta que produzem.

Quando é medido o tempo de reação e a porcentagem de erros dos participantes neste tipo de tarefa, observa-se que os participantes se beneficiam dos testes válidos, apresentando respostas mais rápidas e mais precisas (sendo o sinal/pista uma informação geradora de expectativa de localização do estímulo a ser respondido, compatível com a resposta correta). Quanto à influência dos testes inválidos no tempo de reação e porcentagem de erros, observa-se que os participantes não erram, mas levam mais tempo para responder (POSNER; ROTHBART, 2007). Neste caso, observa-se que o efeito da orientação involuntária, não oferece nenhum incentivo para que o participante responda à localização do sinal.

Essa diferença no tempo de reação da resposta pode ser compreendida pela participação da orientação voluntária (*top-down*), de processamento descendente, o qual promove o funcionamento dos processos mentais superiores, promovendo uma reestruturação cognitiva que obedece conscientemente, às regras aprendidas, para responder aos estímulos corretos independente dos sinais/pista externos.

Exames com ressonância magnética funcional (RMf) relacionados ao paradigma da orientação da atenção, nas sequências de estímulos-alvo com sinal/pista, indicam o recrutamento das áreas do lobo parietal superior (CORBETTA et al., 2002). De outro modo, nas sequências de estímulo-alvo sem sinal/pista, o processamento da atenção parece mais relacionado à região da junção temporo-parietal, tendo sido registrado intensa ativação desta área (POSNER; ROTHBART, 2007).

Quanto ao processo de seleção de informação, a atenção se comporta de duas formas: uma forma *voluntária* também denominado *top-down* (processamento descendente), regulando a inibição e/ou a emissão da resposta, mediante acesso à consciência, envolvida com a capacidade de tomada de decisão de acordo com as metas e os objetivos do indivíduo (SMALL et al., 2003). A outra forma, involuntária ou *botton-up* (processamento ascendente) é assim denominada por não acessar a consciência, tão pouco envolver as funções cognitivas superiores para a emissão de resposta. Este circuito é recrutado mediante estímulo que necessite reação automática, por exemplo, ameaça de ataque ou risco iminente, provocando respostas rápidas e imediatas guiada pela estimulação externa capaz de atrair automaticamente a atenção do indivíduo (POSNER; DEHAENE, 1994).

Rede do Controle Executivo: A rede do controle executivo está situada a nível cortical, principalmente em áreas do córtex pré-frontal e parietal superior (FAN et al., 2005). Mais especificamente, foi observado que as regiões dos córtex frontais (incluindo o córtex cingulado anterior) participam do controle executivo e da detecção de estímulo (CORBETTA; SHULMAN, 2002) e as regiões do córtex frontal direito e do córtex parietal bilaterais, estariam envolvidas na manutenção da atenção sustentada (COULL, 1998; LEPSIEN; THORNTON; NOBRE, 2011). O tálamo e a formação reticular se relacionam a uma via secundaria que contribui para a realização de tarefas por meio do controle da ativação cortical (HIRATA; CASTRO-ALAMANCOS, 2010). A atenção voltada para a execução de tarefas, portanto, teria componentes tanto involuntários quanto voluntários e estaria sujeita a alterações em virtude das oscilações emocionais do sujeito (DERRYBERRY; REED, 2002; POSNER; ROTHBART, 1997).

Rede do Estado de Alerta: A rede do estado de alerta, também definida como estado de preparação para sinais de ameaça e perigo tem como função manter o estado de vigilância.

Anatomicamente a rede neural envolvida com o estado do alerta se localiza sub-corticalmente. O tálamo, a formação reticular ascendente, projeções difusas do sistema límbico e o neo-córtex (FAN et al., 2005) são as principais estruturas que participam desta rede. A nível cortical, envolve às regiões frontais e parietais do hemisfério direito, uma vez que em tarefas de vigilância e desempenho contínuo de atenção destas regiões se mostram mais ativadas.

As redes neurais subjacentes à atenção se encontram presentes já desde a infância e são fundamentais para o desenvolvimento da capacidade de controle das emoções e do pensamento. Diferenças individuais encontradas quanto à eficiência das redes neurais da atenção têm sido relacionadas com neuromoduladores e variações genéticas (PETERSEN; POSNER, 2012).

Sob outra perspectiva, considerando conceitos relacionados ao processamento cerebral auditivo, de acordo com Petersen e Posner (2012) os mecanismos responsáveis pelo encadeamento das informações estão ligados à sistemas sensoriais específicos, sujeitos às diferenças físicas apresentadas pelos diferentes tipos de modalidades sensoriais.

As informações alcançadas pela via auditiva são processadas primeiramente e são de curta duração, em contraste com as informações visuais, que se organizam de modo espacial e por períodos mais longos de tempo. Por conseguinte, o estudo da atenção auditiva não deve ser baseado no conhecimento dos mecanismos de processamento da atenção visual. Estímulos sensoriais diferentes ativam áreas corticais distintas e, portanto, tanto o processamento cerebral quanto as respostas emitidas, diferem. No que tange aos aspectos relacionados as assimetrias neurofuncionais do sistema auditivo, algumas especificidades têm sido destacadas.

A estimulação auditiva constante, ininterruptamente, presente no cotidiano varia quanto a sua frequência e intensidade, bem como quanto à forma como se apresenta, ou seja, ordenada ou desordenada.

Frente a variedade de estímulos perceptivos, o organismo deve ser capaz de organizar as informações que chegam aos seus ouvidos. Para tanto é necessária a capacidade de decompor as informações e os estímulos do ambiente em

representações, tanto relacionadas as fontes de geração de sons, como também localização, para a emissão de resposta adequada (CHAIT et al., 2007).

Segundo Specht e colaboradores (2014) o sistema auditivo deve ser capaz de detectar o ponto de articulação e o tempo do início do som. O modo como este processamento diferencial é representado a nível cortical permanece ainda obscuro. Em estudo realizado recentemente com ressonância magnética funcional (RMf), estes autores, mostraram padrão de ativação bilateral global no lobo temporal posterior durante o processamento das sílabas. Foi verificado que a estimulação fonética parece ativar áreas distintas do córtex auditivo esquerdo e direito, com ênfase nas áreas laterais do córtex auditivo primário e áreas adjacentes secundárias e mediais do córtex auditivo. Além disso, foi demonstrada a ativação dentro do giro temporal superior posterior esquerdo, estendendo-se para a planum temporalle.

2.3 PROCESSAMENTO CEREBRAL ASSIMÉTRICO DA ATENÇÃO

A relação entre atenção e assimetria cerebral tem sido amplamente estudada. Hoje já está bem estabelecido que o hemisfério direito desempenha um papel fundamental na manutenção da atenção, no processamento de informação visual-espacial, na expressão e interpretação de informação emocional (BRANCH, COHEN, HYND, 1995).

Conforme descrito no modelo de Posner e Petersen (1990) diferentes redes neurais participam do controle atencional.

Na via da orientação da atenção a rede frontoparietal dorsal se encontra envolvida com os lobos parietais superiores e inferiores, os campos oculares frontais e as áreas motoras suplementares, bilateralmente (POSNER; ROTHBART, 2007). A rede frontoparietal ventral se encontra altamente lateralizada para a direita, englobando a união temporo-parietal e a circunvolução frontal inferior, desempenhando importante papel na reorientação da atenção frente a estímulos inesperados (POSNER; DEHAENE, 1994). Quanto aos mecanismos neurais da atenção envolvidos com o estado de alerta ou estado de prontidão para respostas a sinais de ameaça e perigo (BERGER; POSNER, 2000), a nível cortical há maior ativação das regiões frontais e parietais do hemisfério direito durante as tarefas de vigilância e desempenho contínuo de atenção.

Em estudos de neuroimagem Petersen e Posner (2012) verificaram que lesões no lobo frontal e parietal do hemisfério direito se relacionam com a baixa capacidade de manter o estado de alerta e comprometimento em sustentar a atenção.

Esta condição, resultado de danos no córtex parietal posterior, no lobo frontal, giro do cíngulo, tálamo, ou núcleos do tronco cerebral (SWAN, 2001), leva o paciente a um quadro de grave comprometimento atencional, com dificuldade para responder a estímulos sensoriais localizados espacialmente no lado contralateral à lesão.

A síndrome da heminegligência espacial unilateral (BEIS et al., 2004), pode ser tomada como exemplificação do processamento assimétrico da atenção.

Lesões no lobo parietal direito e suas conexões com os lobos frontais, são tipos de lesões associados aos quadros mais persistentes desta síndrome. A junção temporo-parietal do hemisfério direito é a região cortical mais frequentemente associada ao quadro de heminegligência. A manifestação dos sintomas decorrentes do importante prejuízo atencional nesta síndrome indica que os processos atencionais no cérebro humano, são lateralizados para a direita (SWAN, 2001).

O padrão de processamento assimétrico da atenção pode ser examinado durante a execução dos testes de desempenho contínuo CPT(s). Ogg e colaboradores (2008) através de exame de ressonância magnética funcional em adultos saudáveis para identificar o grau de ativação em regiões do cérebro que estão envolvidas durante a realização de um Teste de Desempenho Contínuo visual, verificaram ativação no cerebelo e via ventral extra visual-estriado no hemisfério esquerdo e maior ativação na região frontal ventral e lobo parietal no hemisfério direito.

2.4 ASSIMETRIAS CEREBRAIS E LATERALIDADE MOTORA

Não obstante a aparente simetria observada no cérebro humano devido a aos dois hemisférios, grosso modo semelhante: hemisfério direito (HD) e hemisfério esquerdo (HE), diferenças neuroanatômicas e bioquímicas além, das relacionadas aos gêneros, já foram examinadas. As assimetrias do cérebro humano (Quadro 1), embora sutis são determinantes para a expressão do comportamento humano. A base exata sobre as diferenças na estrutura cortical dos hemisférios ainda é pouco

conhecida, talvez a assimetria mais extensamente examinada, esteja relacionada ao *planum temporale* (CROW, 2004).

(HE)	(HD)
Fissura lateral (fissura de Silvio) mais larga	Hemisfério mais pesado
Ínsula mais larga	Duplicação da circunvolução de Heschi
Maior volume de substancia cinza	Núcleo geniculado medial maior (tálamo)
Plano temporal mais longo	Área de convexidade do opérculo frontal mais longo
Lobo temporal medial mais longo	Lobo frontal mais denso
Lobo occipital mais largo	
Córtex mais denso	
Núcleo lateral posterior mais longo (tálamo)	
Lobo parietal inferior mais longo	

Quadro extraído e adaptado de Ripoll (2013).

Quadro 1: Diferenças anatômicas entre os hemisférios cerebrais

O padrão das assimetrias cerebrais em humanos parece ter surgido junto ao curso da filogenia humana e, aparentemente, pode ter sido um fator decisivo para o desenvolvimento dos processos cognitivos mais complexos (GUTWINSKI; LÖSCHER; BERMPHOHL, 2011).

A principal estrutura de comunicação entre os dois hemisférios cerebrais, o corpo caloso, desempenha o papel fundamental na transmissão das informações de um hemisfério ao outro, permitindo o melhor processamento das demandas cognitivas.

Desde os estudos de Broca e Wernicke, no século XIX, as diversas competências dos hemisférios cerebrais vêm sendo examinadas, embora a linguagem tenha sido a mais amplamente demonstrada. A concepção a respeito do hemisfério esquerdo estar, predominantemente, relacionado a linguagem e ser o responsável pelo processamento de informação analítica e gradual, com ênfase nas relações temporais, e o hemisfério direito processar as informações de maneira global com ênfase nos aspectos espaciais das informações, se verifica através da observação de pacientes com lesão no HD, cujo HE se encontra preservado. Pacientes nesta condição, quando apresentados desenhos compostos por pequenos elementos formando um todo, encontram dificuldade em perceber a figura de forma global e reproduzem a imagem de forma fragmentada. De modo contrário, se a

lesão se encontra no HE, com o HD preservado, o mesmo paciente apresentará dificuldade em perceber as partes que compõem o desenho, eliminará os detalhes e reproduzirá a figura de forma global (RIPOLL, 2013).

Conceitualmente a lateralidade motora é definida como o predomínio funcional de um lado do corpo humano, determinado pela supremacia que um hemisfério cerebral exerce sobre o outro (RIPOLL, 2013). Pode também ser entendida como o conjunto de predominâncias motoras do indivíduo para o uso de uma ou outra parte do corpo que integram as metades, direita e esquerda.

Pesquisas sobre lateralidade motora em humanos verificaram indicação da preferência manual já no útero. Foi documentado que fetos chupam o polegar direito mais frequentemente do que o esquerdo (HEPPER; SHAHIDULLAH; WHITE, 1991), e que movem mais o braço direito. Considerando que a lateralidade se desenvolve na vida fetal é esperado que continue se manifestando, igualmente, após o nascimento (HEPPER; MCCARTNEY; SHANNON, 1998).

De acordo com McManus (1991), a dominância manual é parcialmente hereditária. Canhotos são mais propensos a ter pais que usam a mão esquerda, particularmente, mães canhotas, o que indica uma possível transmissão materna.

A força com que a lateralidade se manifesta pode variar, uma vez que algumas atividades são realizadas com a mão não-dominante (RISCH; PRINGLE, 1985). A tendência mais acentuada para a ambidestria é maior entre pessoas canhotas (JUDGE; STIRLING, 2003). A frequência de ambidestria "pura" parece ser baixa, com estimativas variando de 0% a 2%. Isso se deve em parte, porque sendo as duas mãos igualmente hábeis em habilidades motoras, há um predomínio, de uso mais frequente, da mão com melhor desempenho nas atividades motoras (SATZ; NELSON; GREEN, 1989).

A presença de estresse perinatal tem sido associada a indivíduos canhotos (WILLIAN; BUSS; ESQUENAZI, 1992). Canhotos são mais propensos a terem incompatibilidade de Rh, em geral nascem prematuramente e seus escores de Apgar são, em média, mais baixos. Este grupo de pessoas também exibem associação com vários tipos de atrasos de desenvolvimento (COREN; SEARLEMAN; PORAC, 1986).

A partir destes estudos tem havido crescente interesse na investigação de uma possível relação entre preferência manual e distúrbios neuropsiquiátricos, como por exemplo, a dislexia (BRANDLER; PARACCHINI, 2014), a esquizofrenia

(HIRNSTEIN; HUGDAHL, 2014), a gagueira (KUSHNER, 2012), os déficits em habilidades acadêmicas e o TDAH.

As pesquisas psicológicas examinando as diferenças individuais fundamentadas na biologia, em contraste com o estudo da personalidade e respostas comportamentais, tem se concentrado, principalmente, em examinar as variáveis; sexo e a idade (PRICHARD; PROPPER; CHRISTMAN, 2013). Contudo, a variável lateralidade motora, também de base biológica tem recebido muito menos atenção. Esta negligência pode estar relacionada ao fato das pesquisas sobre assimetrias cerebrais e lateralidade hemisférica, pertencerem ao território neuropsicológico e historicamente, a investigação a respeito das diferenças funcionais e estruturais entre destros e canhotos ter apresentado resultados ambíguos e pouco consistentes devido à população de canhotos ser minoritária.

2.5 TESTE DE DESEMPENHO CONTÍNUO

O Teste de Desempenho Contínuo (*Continuous Performance Test* - CPT) é normalmente utilizado para avaliar a atenção sustentada, vigilância e respostas de inibição (LASEE; CHOI, 2013), demonstrando grande sensibilidade às disfunções do sistema de atenção (ROSVOLD et al., 1956).

Desde sua criação, diversos estudos foram realizados sobre a eficácia deste tipo de teste e muitas versões de CPT(s) foram desenvolvidas semelhantes ao modelo original proposto por Rosvold e colaboradores (1956). As novas versões para este tipo de teste apresentam diversos modelos. Encontramos hoje, testes de desempenho contínuo com variações em termos de modalidade sensorial (auditivo e/ou visual), critérios de respostas, intensidade e frequência do estímulo apresentado e duração da apresentação do estímulo (RICCIO; REYNOLDS; LOWE, 2001).

Um grande número das pesquisas sobre os CPT(s) apontaram resultados favoráveis à sensibilidade deste tipo de teste para distinguir indivíduos com e sem TDAH. Tal aspecto trouxe a esta categoria de teste, caráter valoroso como importante auxiliador no diagnóstico deste transtorno.

O distúrbio da atenção é considerado um déficit central em várias doenças (LEZAK; HOWIESON; LORING, 1995) e o CPT é um teste altamente sensível às

disfunções cerebrais e tem sido amplamente utilizado nas avaliações da atenção.

Para realizar a tarefa do teste, o indivíduo deve ser capaz de se manter por um período contínuo de tempo, pronto a reagir frente à presença ou ausência de um estímulo alvo previamente determinado, abstendo-se de responder ao estímulo não-alvo. As variáveis derivadas dos CPT(s) abrangem erros de omissão (EO) e comissão (EC), tempo de reação (RT) e a sua variabilidade de erro. A interpretação de cada um destes parâmetros se baseia em pressupostos clínicos e a validade de face de cada medida também, por exemplo, erros de omissão medem desatenção e erros de comissão, impulsividade (CONNERS et al., 2003; RICCIO et al., 1996; TINIUUS, 2003). Em geral, os parâmetros podem ser divididos em três tipos: a inibição da resposta a estímulos, desatenção, estabilidade no tempo de processamento (EPSTEIN et al., 2003; RICCIO et al., 2002).

De acordo com a literatura, a grande maioria dos CPT(s) utilizam estímulos visuais (CONNERS et al., 2003; SCHMIDT; MANHÃES, 2001). O interesse pelos modelos com estímulos auditivos aumentou a partir de algumas pesquisas realizadas com a modalidade auditiva, as quais verificaram a melhor correlação desta modalidade, aos problemas comportamentais e acadêmicos, em sala de aula, descritos por professores, à respeito dos alunos com TDAH (AYLWARD; BRAGER; HARPER, 2002; LEHMAN et al., 2006; MAHONE et al., 2005; TINIUUS, 2003).

Desde os avanços tecnológicos os testes de desempenho contínuo, ganharam versões computadorizadas. Dentro deste contexto, aqui no Brasil, pesquisadores envolvidos com a prática neuropsicógica desenvolveram o Teste Computadorizado de Atenção-visual (TCA-vis) (SCHMIDT; MANHÃES 2001), aprovado pelo Conselho Federal de Psicologia, de acordo com as regras do parecer CFP n.º 002/2003 (a listagem dos testes aprovados encontra-se no site do CFP), para uso clínico, em todo o território nacional.

Pesquisas já realizadas com o TCA-vis associado à exames de imagem, demonstraram bons resultados na verificação do prejuízo atencional em quadros neuropsiquiátricos como o TDAH e condições demenciais na população brasileira.

Outro estudo realizado, na cidade do Rio de Janeiro pela equipe de medicina nuclear do Hospital Pró-cardíaco em colaboração com o laboratório de avaliação comportamental da UERJ, utilizando exame de imagem funcional (PET/FDG) durante a execução do TCA-vis, verificou maior ativação das regiões do lobo frontal e parietal no hemisfério direito em relação ao hemisfério esquerdo

(SCHMIDT et al., 2008), resultado que apoia a tese sobre a dominância hemisférica direita da atenção humana, bem como confirma a ideia de que a realização do teste de desempenho contínuo envolve processamento cerebral assimétrico.

No TCA-vis os estímulos visuais apresentados ao indivíduo são duas figuras geométricas: estrela e balão (figura 1). A tarefa requer que o indivíduo detecte e responda rapidamente, a figura alvo específico (estrela) e se abstenha de emitir resposta diante da figura não-alvo (losango). O teste inicia com as instruções e um breve treinamento prático.

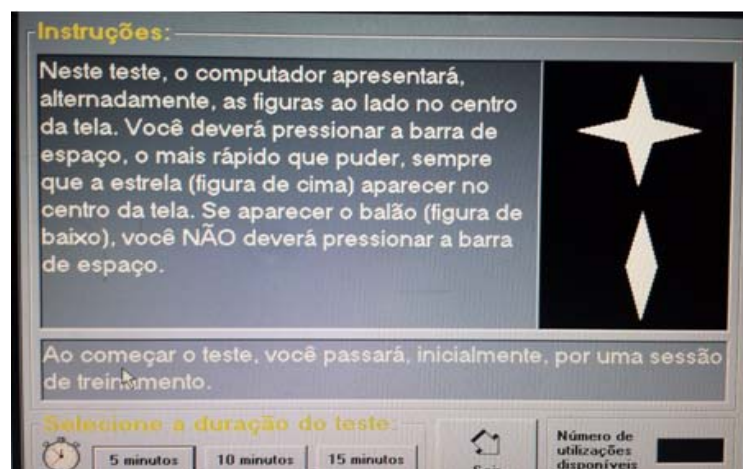


Figura 1: Tela do computador com o programa TCA-vis e instruções iniciais

O teste possui 6 blocos, cada um com 20 ensaios. Cada estímulo é exibido por 250 milissegundos. O teste tem uma duração total de 15 minutos. Os tipos de medidas incluem: erros de omissão (EO), erros da comissão (EC), tempo de reação de respostas corretas (TR) e variabilidade do tempo de reação (VTR).

Este teste padronizado tem algumas vantagens sobre outros testes visto que sua realização independe da capacidade cognitiva global do indivíduo além de não sofrer efeito de aprendizagem.

O teste computadorizado de atenção na modalidade auditiva (TCA-aud) encontra-se em processo de pesquisa uma vez que estudos de normatização ainda não foram realizadas.

2.6 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Para verificar o conjunto de publicações disponíveis sobre o tema aqui proposto para estudo, a saber: correlação entre preferência manual, Testes de Desempenho Contínuo e TDAH foram realizadas buscas nas bases PubMed, Medline e Scielo.

Como estratégia de busca foram utilizadas as seguintes palavras-chave: Lateralidade, Teste de Desempenho Contínuo e TDAH. Foi utilizado o conector “e” para os três descritores.

Os trabalhos selecionados nas três bases (PubMed, Medline e Scielo) obedeceram aos seguintes critérios: Trabalhos de pesquisa realizados nos sete últimos anos (entre janeiro de 2008 e dezembro de 2014), na língua inglesa. Não houve restrição quanto ao gênero, idade e nacionalidade das populações estudadas.

Os artigos selecionados foram analisados na íntegra, por dois pesquisadores, de forma independente e obedeceram aos seguintes critérios: Amostra, delineamento da pesquisa, desfechos avaliados, características da intervenção e resultados encontrados. A qualidade dos estudos foi analisada pelo questionário STROBE, traduzido para o português (MALTA et al., 2010).

A revisão sistemática mostrou que ainda é restrito o número de publicações sobre o estudo da correlação entre a influência da lateralidade motora em Testes de Desempenho Contínuo. Com relação, especificamente, ao teste de desempenho contínuo utilizando a modalidade sensorial auditiva, poucos estudos foram feitos. A grande maioria dos trabalhos de pesquisa se concentra na modalidade visual.

Cumprir mencionar que os resultados parciais desta dissertação foram submetidos à publicação, (APÊNDICE A).

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Procuramos identificar se a prevalência do TDAH apresenta associação com a lateralidade motora. Considerando ainda, a utilização dos testes de desempenho contínuo como um auxiliador diagnóstico do TDAH estudamos quais fatores, além daqueles já conhecidos na normatização do teste visual (gênero e idade) poderiam afetar seu desempenho. Devido ao crescente interesse em testes atencionais na modalidade auditiva, foi desenvolvido o TCA - auditivo e estudado os fatores que influenciam em seus resultados. Especificamente foi analisada a correlação entre o desempenho no teste visual e no auditivo, para cada parâmetro comum.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Sabe-se que a lateralidade motora em canhotos consistentes está relacionada com alterações dos padrões normais das assimetrias cerebrais e que o processamento da atenção em tarefas como testes de desempenho contínuo exige especialização do hemisfério direito. Sabe-se ainda que a execução destes testes pressupõe um substrato neural comum, que deve estar conectado com a modalidade do estímulo apresentado (visual ou auditivo). Considerando esses pontos, objetivamos especificamente:

1. Estudar a associação entre lateralidade motora e prevalência do TDAH;
2. Verificar quais os parâmetros do teste de desempenho contínuo na modalidade visual (TCA-vis) são afetados pelo fator lateralidade motora;
3. Verificar quais os parâmetros do teste de desempenho contínuo na modalidade auditiva (TCA-aud) são influenciados pelo fator lateralidade motora;
4. Verificar quais os parâmetros do teste visual e do teste auditivo que são capazes de prever a doença (TDAH), ou seja, estudar a validade preditiva dos parâmetros dos dois testes;
5. Analisar as correlações entre os diversos parâmetros dos testes de desempenho contínuo nas modalidades auditiva e visual.
6. Analisar o impacto dos resultados na prática clínica.

4 METODOLOGIA

4.1 DELINEAMENTO DO ESTUDO

O tipo de estudo realizado foi observacional, transversal, com grupo controle.

4.2 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO

Foram excluídos do estudo os portadores de déficit visual e/ou auditivo não corrigidos por óculos ou prótese auditiva e sujeitos com outros problemas comportamentais. Os indivíduos com TDAH em uso de medicação estimulante ou antidepressivos foram excluídos.

Para ser incluído na pesquisa o sujeito deveria ser portador de TDAH ou normal, entendendo-se por normalidade a ausência de outros transtornos (autismo, esquizofrenia, epilepsia, ou uso de drogas psicotrópicas capazes de alterar o desempenho atencional).

4.3 ASPECTOS ÉTICOS

A adesão de todos os indivíduos convidados a participar da pesquisa foi voluntária. Os participantes foram esclarecidos sobre os aspectos éticos e legais pertinentes a garantia da privacidade e segurança, além da confidencialidade dos dados. O consentimento assinado por todas as partes (pais, alunos e professores) foi de acordo com o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE B). Do mesmo modo, as escolas que foram incluídas na pesquisa tiveram sua participação em caráter voluntário, mediante preenchimento de formulário de autorização assinado pela autoridade educacional da instituição (ANEXO A).

Esta pesquisa foi aprovada pelo programa Plataforma Brasil e se encontra disponível no site (<http://plataformabrasil.saude.gov.br/login.jsf>), sob CAAE de número: 45151015600005646.

Este sistema eletrônico foi criado pelo Governo Federal para sistematizar o recebimento dos projetos de pesquisa que envolvam seres humanos.

4.4 AMOSTRAS

O desenho metodológico da pesquisa (Quadro 2), partiu inicialmente de uma amostra de 337 crianças e adolescentes, de ambos os sexos, com idade entre 6 e 17 anos, matriculadas todas elas no ensino fundamental, provenientes de escolas privadas do Estado do Rio de Janeiro.

O primeiro procedimento empregado nesta amostragem inicial composta por um total de 337 alunos foi a análise da lateralidade motora.

Deste total inicial (337), 252 alunos conseguiram concluir a avaliação quanto a presença do TDAH e preencheram os critérios de inclusão na pesquisa. Para ser incluído o aluno deveria pertencer a um dos grupos (normal ou portador de TDAH e não apresentar deficiência visual, auditiva ou outro distúrbio de comportamento que pudesse comprometer o desempenho nos testes).

Da amostra de 252, 13 alunos não foram avaliados pelos professores, portanto nesse grupo de 13 sujeitos, a classificação entre portadores de TDAH e normais baseou-se exclusivamente em critérios clínicos (DSM-V).

Entre os 252 participantes que completaram a avaliação quanto presença ou ausência do TDAH, foram encontrados 14 canhotos consistentes.

Do grupo (n=252), um total de 223 crianças completaram a modalidade visual do teste de atenção, 196 completaram a modalidade auditiva do teste e 177 completaram a tarefa dos dois testes (auditivo e visual).

Número de Participantes (Amostragens)	Procedimentos de Avaliação Completados
Amostra nº.1 = 337	L
Amostra nº. 2 = 252	D1 = L (D1 = avaliação da doença sem a participação dos professores)
Amostra nº. 3 = 239	D + L
Amostra nº. 4 = 223	TCA-vis + L + D
Amostra nº. 5 = 196	TCA-aud + L + D
Amostra nº. 6 = 177	TCA-vis + TCA-aud + L + D
Amostra nº. 7 = 14	Nº de canhotos consistentes com avaliação da doença + execução em um dos testes (visual e/ou auditivo)

L = Consistência e direção da lateralidade manual; D = doença (TDAH); TCA-vis = teste computadorizado de atenção visual; TCA-aud = teste computadorizado de atenção auditivo.

Quadro 2: Amostras da Pesquisa

4.5 PROCEDIMENTOS

4.5.1 Avaliação da Lateralidade Motora

De um total de 337 participantes, cada sujeito foi classificado quanto a lateralidade motora: destro consistente, canhoto consistente, ou não-consistente.

O critério adotado para determinação de consistência da lateralidade foi o da utilização da mesma mão para a execução de três tarefas.

A lateralidade foi avaliada pela observação direta de três tarefas: (1) mão para escrever; (2) mão para pegar uma folha de papel sobre a mesa; (3) mão para abrir uma tampa de uma garrafa.

A escolha destas três tarefas específicas para classificação da lateralidade motora foram derivadas de um estudo empírico anteriormente realizado sobre lateralidade, com 1600 indivíduos brasileiros (SCHMIDT; HOFKE, 1989).

4.5.2 Avaliação do TDAH

Objetivando selecionar da amostra total de alunos, o grupo de portadores de TDAH o e grupo de indivíduos normais (grupo controle), foi possível realizar a avaliação da doença em 252 indivíduos.

Todos os participantes foram entrevistados por um dos pesquisadores. A entrevista clínica para a identificação dos portadores do TDAH considerou os critérios do DSM-IV-TR (2000) de acordo com os novos critérios do DSM-V (2013).

Quarenta e cinco professores foram convidados a participar da avaliação dos alunos, sendo estes, os que mais tempo permaneciam em contato com o aluno durante o horário escolar.

Os professores participaram da avaliação, usando um questionário padronizado de verificação de comportamento, composto por 58 questões classificadas em uma escala de 1 a 3, a qual reflete a prevalência de problema (1 = não é verdade; 2 = pouco ou às vezes verdadeiro; 3 = muito verdadeiro ou frequentemente verdadeiro). Os alunos classificados como portadores de distúrbio de atenção ou problemas comportamentais, obtiveram classificação 3 em pelo menos seis perguntas relacionadas ao domínio da impulsividade ou hiperatividade, ou no domínio de desatenção (Quadro 3).

F1 - Fator: Hiperatividade / Impulsividade	F2 - Fator: Desatenção
<p><i>É inquieto</i> <i>É barulhento</i> <i>Agir distraidamente</i> <i>Tem dificuldade de aguardar a vez</i> <i>Tem comportamento imprevisível. Turbulento.</i> <i>Interrompe conversas</i> <i>Perturba seus colegas de classe</i> <i>Não espera para receber instruções</i> <i>É incapaz de seguir as regras do jogo.</i> <i>Troca de uma atividade a outra com frequência</i> <i>Nunca pára</i> <i>Fica inquieto na sala de aula</i> <i>É facilmente excitável</i> <i>Fala muito</i> <i>É impulsivo</i> <i>É briguento</i> <i>Age maliciosamente</i> <i>Interrompe os outros</i> <i>Desafia autoridade</i></p>	<p><i>Não se concentra.</i> <i>Não termina suas atividades</i> <i>É desorganizado</i> <i>Não consegue planejar suas atividades</i> <i>Facilmente se distrai</i> <i>É desatento</i> <i>Se perde em devaneios</i></p>

Quadro 3: Seleção de Perguntas do Questionário de Professores

O questionário de professores utilizado na pesquisa para a avaliação do TDAH foi desenvolvido por pesquisadores brasileiros (CARVALHO; MANHÃES; SCHMIDT, 2012).

Desta amostra de 252 participantes, 13 crianças foram diagnosticadas somente por avaliação clínica, e 239 alunos foram avaliados por entrevista clínica e questionário de Professores. Portanto, 239 alunos passaram pela avaliação dos professores.

Não houve discrepâncias entre o questionário de professores e os critérios do DSM-IV-TR (2000). O grupo controle/normal foi composto por alunos que não preencheram os critérios acima referidos e não apresentaram queixas de comportamento.

4.5.3 Avaliação no TCA-vis

Dá amostra de 252 participantes, subdivididos entre portadores do TDAH e normais, um grupo de 223 alunos completou o TCA-vis.

Todos os indivíduos que fizeram o TCA-vis, tinham acuidade visual igual ou melhor do que 20/30 em ambos os olhos (óculos foram utilizados quando necessário).

As sessões dos testes foram não-invasivas, realizadas em uma sala silenciosa, onde apenas o aluno e o examinador estavam presentes durante a aplicação do TCA-vis. Este programa de computador foi desenvolvido por Schmidt e Manhães (2001) e já está aprovado para uso clínico no Brasil pelo Conselho Federal de Psicologia (CFP): <http://site.cfp.org.br/>

O aluno foi colocado diante do computador, sentado de modo a permitir que as mãos estivessem confortavelmente colocadas sobre o teclado. A distância entre o centro do monitor e os olhos é de aproximadamente 50 cm. Antes da tarefa, o examinador instruiu o indivíduo a pressionar a barra de espaço do teclado, tão rápido quanto possível, cada vez que o estímulo específico (alvo) aparecesse no monitor. O teste começa com as instruções e um treinamento prático. Há 6 blocos, com três sub-blocos, cada um com 20 ensaios (duas figuras geométricas são apresentadas, losango e estrela). Para cada bloco, os sub-blocos têm diferentes intervalos de tempo inter-estímulo (ISI): 1, 2 ou 4 segundos. A ordem de (ISI) varia

entre os blocos. Cada estímulo é exibido por 250 milissegundos. O teste tem uma duração total de 15 minutos. Os tipos de medidas incluem: erros de omissão (EO), erros da comissão (EC), tempo de reação de respostas corretas (TR) e variabilidade do tempo de reação (VTR).

Este teste padronizado tem inúmeras vantagens sobre outros testes, especialmente em relação às normas das variáveis dele derivadas. Independe da capacidade cognitiva global do indivíduo e não apresenta efeito de aprendizagem. O Teste Computadorizado de Atenção (TCA-vis) foi utilizado em estudos de neuroimagem funcional (SCHMIDT et al., 2008).

4.5.4 Avaliação no TCA-aud

A partir da mesma amostra de 252 participantes, subdividida entre o grupo com a presença da doença e outro sem a presença da doença, 196 participantes completaram o TCA-aud.

Do mesmo modo que no teste modalidade visual, a avaliação no TCA-aud foi realizada em uma sala silenciosa, onde apenas o aluno e o examinador estavam presentes. O teste começou com as instruções e em seguida uma sessão prática. Ao participante foi solicitado que pressionasse a barra de espaço do microcomputador, quando alguns estímulos específicos alvo auditivos fossem escutados, tão rápido quanto pudessem. Há 6 blocos, com três sub-blocos cada um em 20 ensaios com as seguintes sílabas / BA /, / DE /, / DU /, / LA /, / LU /, / MI / / NE / e / PI / consideradas alvos, e a sílaba / TO /, não-alvo. Para cada bloco, os sub-blocos têm diferentes intervalos de tempo inter-estímulo (ISI): 1, 2 ou 4 segundos. A ordem de ISI varia entre os blocos. Cada estímulo é apresentado por 250 milissegundos. O tempo total do teste leva 15 minutos. Os parâmetros mensurados no teste são: erros de omissão (EO), erros de comissão (EC), o tempo de reação de respostas corretas (TR), e variabilidade do tempo de reação (VTR).

O programa de computador TCA-aud foi desenvolvido por Schmidt e Manhães, em 2001, e se encontra em estudo.

4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

4.6.1 Associação entre a lateralidade motora e prevalência da doença

O Teste de Qui-quadrado foi usado para estudar a relação do TDAH com a preferência manual.

4.6.2 Efeito da lateralidade motora e do TDAH nos parâmetros do TCA-vis

A fim de estudar a influência da variável lateralidade motora (canhoto consistente) e a influência da variável TDAH sobre os parâmetros do teste computadorizado de atenção (TCA-vis), e levando em conta que apenas 14 canhotos consistentes concluíram o TCA-vis, foi feito um pareamento de 14 destros com estes 14 canhotos, considerando a idade, gênero e presença do TDAH. Portanto o desenho experimental foi delineado considerando uma amostra de 28 crianças.

O efeito da lateralidade (destro consistente X canhoto consistente) e da doença (TDAH X normais) foi estudado através de análises de variância, ANOVA (s), aplicada a cada um dos quatro parâmetros do teste (EO/EC/TR/VTR), usando escores brutos dos parâmetros do TCA-vis, covariando com idade e sexo. Correção de Bonferroni foi aplicada para as várias comparações.

Índice de significância foi estabelecido em $p \leq 0,05$.

4.6.3 Efeito da lateralidade motora nos parâmetros do TCA auditivo

Concluíram o TCA-aud 11 canhotos, pareados com os respectivos destros.

Foram realizadas ANOVA(s) nos escores brutos dos parâmetros do teste com o fator lateralidade, de maneira análoga à descrita no item acima (Quadro 3).

4.6.4 Determinação dos parâmetros dos testes com poder preditivo para identificação da doença

A fim de realizar análise a respeito de quais parâmetros dos testes (visual e auditivo) são preditores para o TDAH, foram feitas regressões lineares múltiplas, usando como variáveis independentes: idade, gênero e parâmetros dos testes (EC, EO, TR, VTR) e como variável dependente a presença da doença. Foi atribuído o valor zero para a ausência da doença e o valor 1 para a presença da mesma.

4.6.5 Correlação entre os TCA visual e TCA auditivo

Foi utilizado o coeficiente linear de Pearson (r) para cada um dos parâmetros dos testes. Assim sendo, foram estudadas as correlações entre erros de omissões (EO) na modalidade auditiva e visual. O mesmo foi feito para os erros de comissão (EC), tempo de reação (TR) e variabilidade do tempo de reação (VTR). As correlações foram estudadas nos seguintes grupos: total, TDAH, normais, canhotos e destros. A significância foi estabelecida em 5% (duas caudas).

As correlações significativas foram classificadas segundo Evans (1996), da seguinte forma: Muito Fraca (MFa) $0,0 \leq r \leq 0,19$; Fraca (Fa) $0,20 \leq r \leq 0,39$; Moderada (M) $0,40 \leq r \leq 0,59$; Forte (Fo) $0,60 \leq r \leq 0,79$; Muito Forte (MFo) $0,80 \leq r \leq 1,00$.

5 RESULTADOS

5.1 RELAÇÃO ENTRE A LATERALIDADE E O TDAH

5.1.1 Prevalência de TDAH

Da amostra de 252 [(D) + (L)], 13 alunos não completaram o questionário dos professores para o diagnóstico da doença (TDAH) conseqüentemente, este grupo não foi computado para este estudo. Portanto, para a análise dos resultados foi considerada a amostragem com 239 alunos (n=239).

Desta amostra de 239 alunos, 29% foram incluídos no grupo de TDAH.

Essa alta prevalência refletiu um viés de amostragem, considerando que os professores tenderam a incorporar um grande número de alunos com problemas de atenção, conforme será explicado na discussão (SCHMIDT et al., 2013).

5.1.2 Percentual de Canhotos Consistentes

Foi encontrado um valor de 6% canhotos consistentes, 61% destros consistentes e 33% não consistentes (Tabela 1).

Tabela 1: Amostra nº. 3 (N = 239)

Características	Normal/controle (N = 171)	Grupo ADHD (N = 68)	Grupo Total (N = 239)
Meninos	63 (37%)	57 (84%)	120 (50%)
Meninas	108 (63%)	11 (16%)	119 (50%)
DC	107 (63%)	39 (57%)	146 (61%)
CC	7 (4%)	8 (12%)*	15 (6%)
NC	57 (33%)	21 (31%)	78 (33%)

DC = Destro Consistente; CC = Canhoto Consistente; NC = Não-Consistente.

Foi utilizada a amostra com 239 alunos, uma vez que na amostra com 252 alunos, treze não tiveram a avaliação do professor.

5.1.3 Associação entre consistência da lateralidade e TDAH

Entre o grupo de portadores de TDAH, foi encontrado 12% de canhotos consistentes, 57% destros consistentes e 31% não consistentes (Figura 2A). No grupo de normais foi encontrado somente 4% de canhotos consistentes (Figura 2B).

A relação entre prevalência da doença (TDAH) e a consistência/direção da lateralidade alcançou nível de significância ($X^2 = 4,664$; $gl = 1$; $p = 0,03$).

Esta associação pode ser explicada pela significativa diferença entre os percentuais de canhotos no grupo com TDAH (12%) comparado com aquele encontrado no grupo normal (4%).



Figura 2A



Figura 2B

Entre portadores de TDAH, 12% são canhotos consistentes (A), enquanto entre o grupo dos normais, 4% são canhotos consistentes (B). Esta diferença é estatisticamente significativa ($p < 5\%$).

Figura 2: Associação entre TDAH e consistência/direção da lateralidade

5.2 TCA-vis: EFEITO DA LATERALIDADE E TDAH

A amostra selecionada foi projetada para parear a lateralidade e na medida do possível, gênero, a idade e a doença (Tabela 2). Não houve diferenças significativas de idade entre os diversos grupos (meninos, meninas, TDAH, normais, destros e canhotos). A idade média foi de 11,29 anos desvio padrão 4,07

Tabela 2: Amostra para análise da lateralidade e da doença no TCA-vis

Características	N = 28
Meninos	16 (57,14)
Meninas	12 (42,86)
Destros Consistentes	14 (50)
Canhotos Consistentes	14 (50)
Normais	14 (50)
TDAH	14 (50)

Anova (s) sobre os escores brutos, covariando com idade e sexo indicaram um efeito significativo para a doença no desempenho nos seguintes parâmetros do TCA-vis: EC ($F = 6,09$, $gl = 1/22$, $p = 0,022$); EO ($F = 5,32$, $gl = 1/22$, $p = 0,03$) e VTR ($F = 4,80$, $gl = 1/22$, $p = 0,04$).

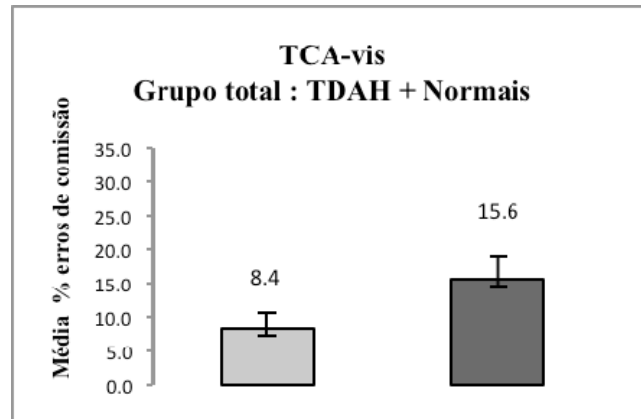
Não houve diferença significativa entre o grupo controle e os portadores do TDAH para o tempo de reação ($F = 2,61$, $gl = 1/22$, $p = 0,12$).

A análise dos escores brutos médios dos quatro parâmetros do TCA-vis indicaram que os portadores de TDAH cometeram mais EC do que o grupo controle. As crianças com TDAH mostraram um resultado não significativo para o tempo de reação TR. O resultado alcançou significância para a variabilidade do tempo de reação VTR. Deste modo, podemos concluir que o efeito da doença (TDAH) atingiu significância para todos os três parâmetros do TCA-vis com a exceção do tempo de reação.

Quanto ao efeito da lateralidade nos parâmetros do TCA-vis, foi encontrado resultado significativo apenas no parâmetro EC ($F = 4,55$; $gl = 1/22$; $p = 0,04$).

O efeito da lateralidade no TCA-vis, pode ser explicado porque os canhotos cometeram mais erros de comissão (EC) do que os destros (Figura 3).

Retângulo cinza = destros
Retângulo preto = canhotos



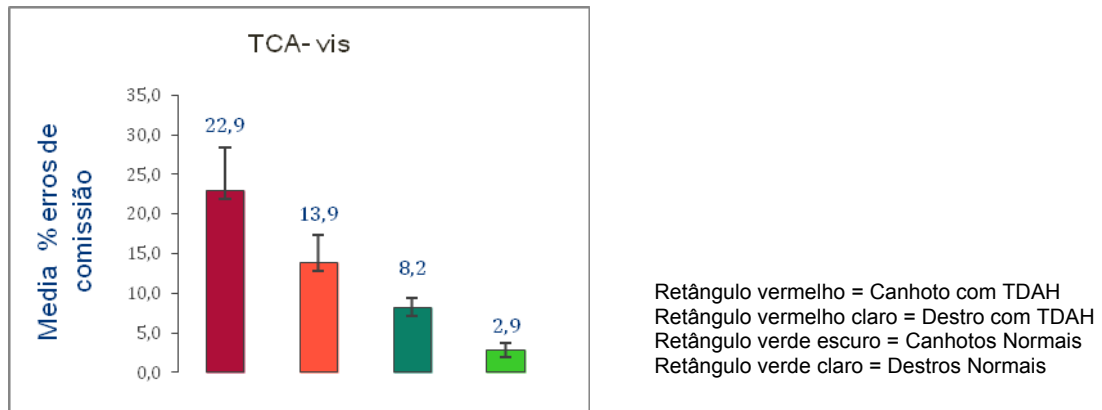
Canhotos consistentes cometem mais erros de comissão do que os destros ($p < 0.05$). Valores acima dos retângulos são médias. Barras representam o erro padrão da média.

Figura 3: TCA-vis: TDAH e Normais

Com relação às variáveis relacionadas ao tempo de processamento, não foram encontradas diferenças significativas.

Em resumo, o efeito da consistência/direção da lateralidade atingiu significância para % EC. Canhotos consistentes apresentaram desempenho pior do que os destros consistentes.

A interação entre lateralidade e doença não alcançou significância. A ausência de interação pode ser devido ao pequeno tamanho da amostra. Deve-se considerar ainda, que canhotos consistentes com problemas de atenção apresentaram maior número de erros enquanto destros normais, menor número de erros (Figura 4).



Canhotos com TDAH apresentam maior número de erros de comissão e destros apresentam menor número. Note o efeito da lateralidade em normais. Os valores acima das colunas representam as médias dos erros de comissão para cada grupo. As barras representam o erro padrão da média.

Figura 4: Percentual de erros de comissão no TCA-vis (Grupo Canhotos e Destros)

O resultado envolvendo apenas o grupo normal apontou para o efeito da lateralidade no % EC, uma vez que canhotos consistentes normais apresentam maior percentual de erros de comissão do que destros normais.

Os resultados com os dados brutos encontram-se sumarizados na tabela 3.

Tabela 3: Desempenho nos parâmetros do TCA-vis

TCA-vis	% EC	% EO	TR (ms)	VTR (ms)
GRUPOS				
DC - Normal	2,86 ± 0,84	1,75 ± 0,71	519 ± 28,34	119,29 ± 10,35
DC - ADHD	13,89 ± 3,41	11,90 ± 4,15	593 ± 106,48	324,00 ± 123,99
CC - Normal	8,17 ± 1,18	2,46 ± 0,75	495 ± 41,98	135,29 ± 17,90
CC - ADHD	22,94 ± 5,37	15,95 ± 4,38	464 ± 47,76	258,00 ± 52,16
Total - DC	8,37 ± 2,28	6,82 ± 2,47	556 ± 54,02	221,64 ± 66,28
Total - CC	15,56 ± 3,34	9,21 ± 2,84	479 ± 30,91	196,64 ± 31,53
Valor prova (Efeito da lateralidade)	(*)	(NS)	(NS)	(NS)
Total - Normal	5,51 ± 1,01	2,10 ± 52,40	507 ± 24,60	127,29 ± 10,20
Total - ADHD	18,42 ± 3,31	13,93 ± 2,95	528 ± 58,95	291,00 ± 65,40
Valor prova (Efeito da Doença)	(*)	(*)	(NS)	(*)

(TCA-vis) = Teste Computadorizado de Atenção visual; (%EC) = Percentual de Erros de Comissão; (DC) = Destro Consistente; (%EO) = Percentual de Erros de Omissão (CC) = Canhoto Consistente; (VTR) = Variabilidade do Tempo de Reação; (TR) = Tempo de Reação; (EPM) = Erro padrão da média; (NS) = Não Significativo; (*) = $p < 5\%$.

5.3 TCA-aud: EFEITO DA LATERALIDADE

A amostra selecionada foi projetada para parear: a lateralidade com o gênero, idade e doença.

Foram incluídas para esta amostragem, 22 participantes (Tabela 4).

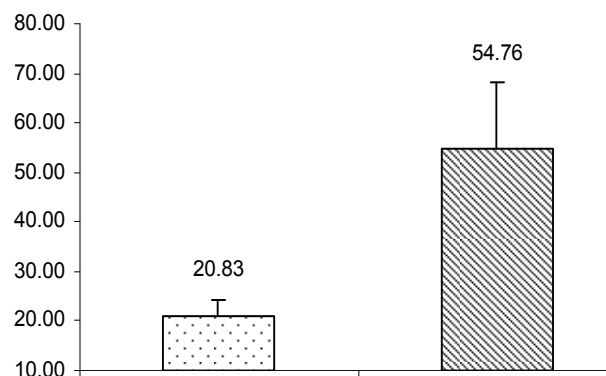
Tabela 4: Amostra para análise da lateralidade e da doença no TCA-aud

TCA-aud (n = 22)	
Idade	M = 12.42 DP = 3.20
Gênero	10 meninos 12 meninas
Grupos (Normal/TDAH)	14 normal 8 ADHD
Lateralidade	11 destro consistentes 11 canhotos consistentes

TCA-aud = Teste Computadorizado de Atenção auditivo, M = média de idade; DP = desvio padrão.

Anova(s) com os dados brutos indicaram efeito da presença do TDAH nas mesmas variáveis do teste visual (EO, EC, VTR). Não houve efeito significativo para o TR. Quanto a lateralidade foi observado efeito significativo apenas nos EC.

No grupo normal o Teste-t indicou efeito significativo no EC ($t = 4,58$; $df = 3$, $p = 0,02$). Tal como observado na modalidade visual, os canhotos normais cometem mais erros do que destros normais (Figura 5).



Médias do percentual de erros de comissão (eixo das ordenadas) no TCA-aud no Grupo normal (destros: retângulo branco pontilhado e canhotos: retângulo cinza achureado). Note que canhotos consistentes cometem mais erros do que destros consistentes. Análise realizada no grupo normal. Linhas representam o erro padrão da média para cada grupo. Valores representam as médias.

Figura 5: Percentual de erros de comissão (EC) no TCA-aud (Grupo Normal)

5.4 ANÁLISES DOS PARÂMETROS DOS TESTES (EO, EC, TR, VTR) E DAS VARIÁVEIS (GÊNERO E IDADE) PREDITORAS DO TDAH

5.4.1 Resultados encontrados pela regressão linear múltipla com os dois testes (n = 177)

A regressão múltipla envolvendo os parâmetros dos dois testes, gênero e idade, mostrou coeficiente linear altamente significativo ($R = 0,533$; $F = 5,906$; $gl = 11/164$; $p < 0.001$) para a amostra de 177 crianças. Os preditores mais significativos foram os erros de comissão na modalidade auditiva, erros de omissão na modalidade auditiva e o gênero. Os demais parâmetros e a idade não alteraram significativamente o modelo linear proposto.

5.4.2 Resultados encontrados pela regressão linear múltipla, usando os parâmetros do teste auditivo (n = 196)

A regressão múltipla envolvendo os parâmetros do TCA-aud, gênero e idade mostrou coeficiente linear altamente significativo ($R = 0,535$, $gl = 6/189$, $p < 0,001$). Os parâmetros preditores mais significativos foram: EO, EC, VTR e gênero. A idade e o tempo de reação não ocasionaram melhora na equação.

5.4.3 Resultados encontrados pela regressão linear múltipla, usando apenas os parâmetros do teste visual (n = 223)

A regressão múltipla envolvendo os parâmetros do TCA-vis, gênero e idade mostrou coeficiente linear significativo ($R = 0,472$; $gl = 6/216$; $p < 0,001$). Os parâmetros preditores mais significativos foram: EO, EC, VTR e gênero. A idade e o TR, não predizem a doença.

5.5 CORRELAÇÃO ENTRE OS TCA-VIS E TCA-AUD NOS QUATRO PARÂMETROS (EO), (EC), (TR), (VTR)

Os resultados encontram-se sumarizados na tabela 5.

Tabela 5: Correlações (r) entre o TCA-vis e o TCA-aud

Grupos Parâmetros	Grupo Total	Grupo Normal	Grupo TDAH	Canhotos	Destros
EO	0,49 (M)	0,41 (M)	0,61 (Fo)	0,81 (MF)	0,45 (M)
EC	0,30 (Fa)	0,27 (Fa)	0,22 (Fa)	0,62 (Fo)	0,32 (Fa)
TR	0,33 (Fa)	0,32 (Fa)	0,39 (Fa)	0,61 (Fo)	0,30 (Fa)
VTR	0,49 (M)	0,41 (M)	0,59 (M)	0,52 (M)	0,35 (Fa)

Os valores indicados são os coeficientes de correlação de Pearson (r). Entre parênteses a classificação da correlação: Muito Fraca (MFa), Fraca (Fa), Moderada (M), Forte (Fo), Muito Forte (MFo).

Os parâmetros indicados dos testes são: Erros de Omissão (EO), Erros de Comissão (EC), Tempo de Reação (TR), Variabilidade do tempo de Reação (VTR).

5.5.1 Grupo Total (Figura 6)

O coeficiente de correlação linear entre o TCA-vis e TCA-aud para o grupo total, no parâmetro erro de omissão (EO), foi moderado e alcançou significância estatística ($r = 0,49$; $gl = 1/175$; $p < 0,001$).

O coeficiente de correlação linear entre o TCA-vis e TCA-aud para o grupo total, no parâmetro erro de comissão (EC), foi fraco e alcançou significância estatística ($r = 0,30$; $gl = 1/175$; $p < 0,001$).

O coeficiente de correlação linear entre o TCA-vis e TCA-aud para o grupo total, no parâmetro tempo de reação (TR), foi fraco e alcançou significância estatística ($r = 0,33$; $gl = 1/175$; $p < 0,001$).

O coeficiente de correlação linear entre o TCA-vis e TCA-aud para o grupo total, no parâmetro variabilidade do tempo de reação (VTR), foi moderado e alcançou significância estatística ($r = 0,49$; $gl = 1/175$; $p < 0,001$).

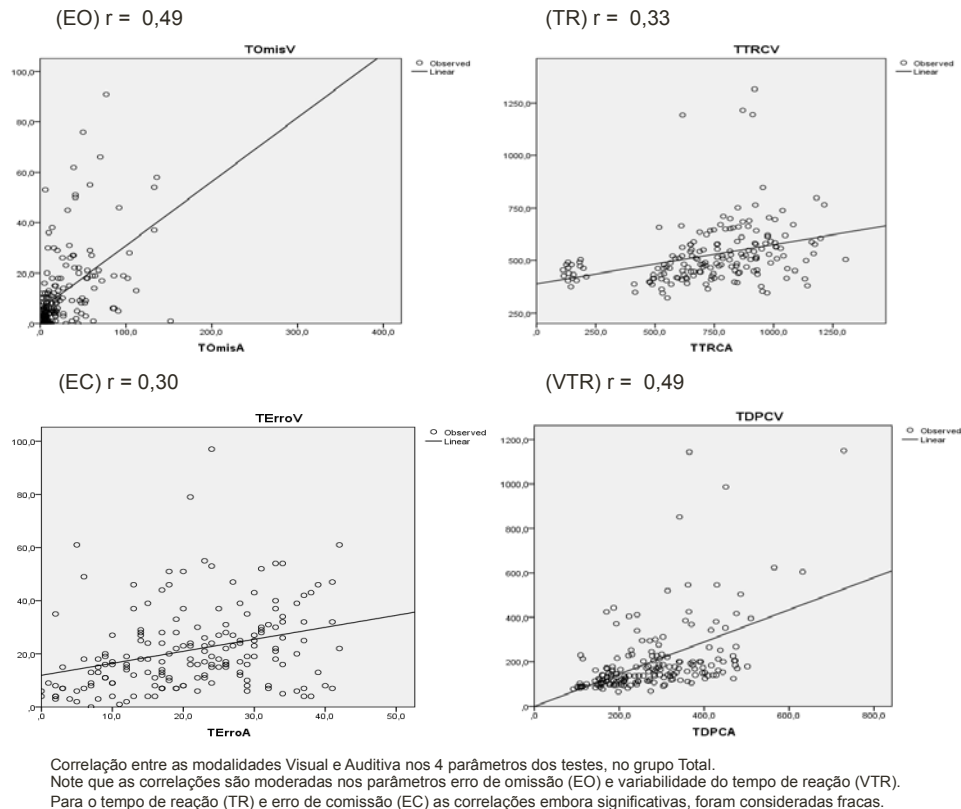


Figura 6: Correlação entre as modalidades visual e auditiva, nos 4 parâmetros dos testes: Grupo Total

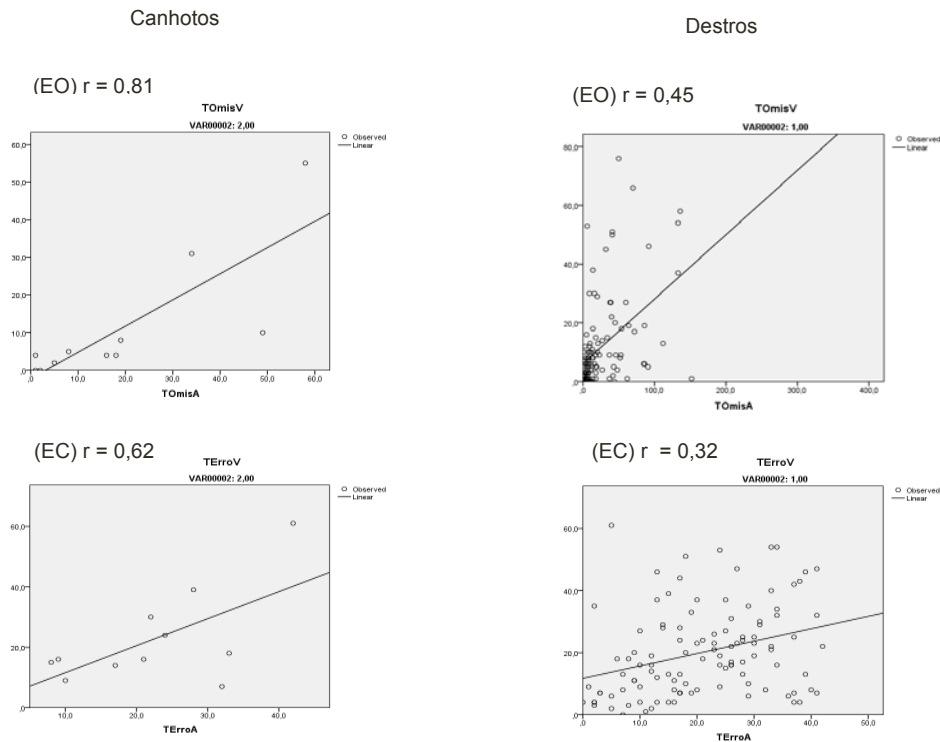
5.5.2 Grupo Canhoto Consistente (CC) e Destro Consistente (DC) (Figuras 7 e 8)

O coeficiente de correlação linear entre o TCA-vis e TCA-aud para o grupo Canhoto Consistente, no parâmetro erro de omissão (EO), foi muito forte e alcançou significância estatística ($r = 0,81$; $gl = 1/9$; $p = 0,002$).

O coeficiente de correlação linear entre o TCA-vis e TCA-aud para o grupo Destro Consistente, no parâmetro erro de omissão (EO), foi moderado e alcançou significância estatística ($r = 0,45$; $gl = 1/106$; $p < 0,001$).

O coeficiente de correlação linear entre o TCA-vis e TCA-aud para o grupo Canhoto Consistente, no parâmetro erro de comissão (EC), foi forte e alcançou significância estatística ($r = 0,62$; $gl = 1/9$; $p = 0,041$).

O coeficiente de correlação linear entre o TCA-vis e TCA-aud para o grupo Destro Consistente, no parâmetro erro de comissão (EC), foi fraco e alcançou significância estatística ($r = 0,32$; $gl = 1/106$; $p = 0,001$).



Correlação entre as modalidades Visual e Auditiva em 2 parâmetros dos testes, no grupo Canhoto Consistente e Destro Consistente. Note que no grupo Canhoto Consistente nos parâmetros erro de omissão (EO) e erro de comissão (EC), as correlações são muito forte e forte, respectivamente. No grupo dos Destros Consistentes nos parâmetros erro de omissão (EO) e erro de comissão (EC), as correlações, embora significativas, foram consideradas moderada e fraca, respectivamente.

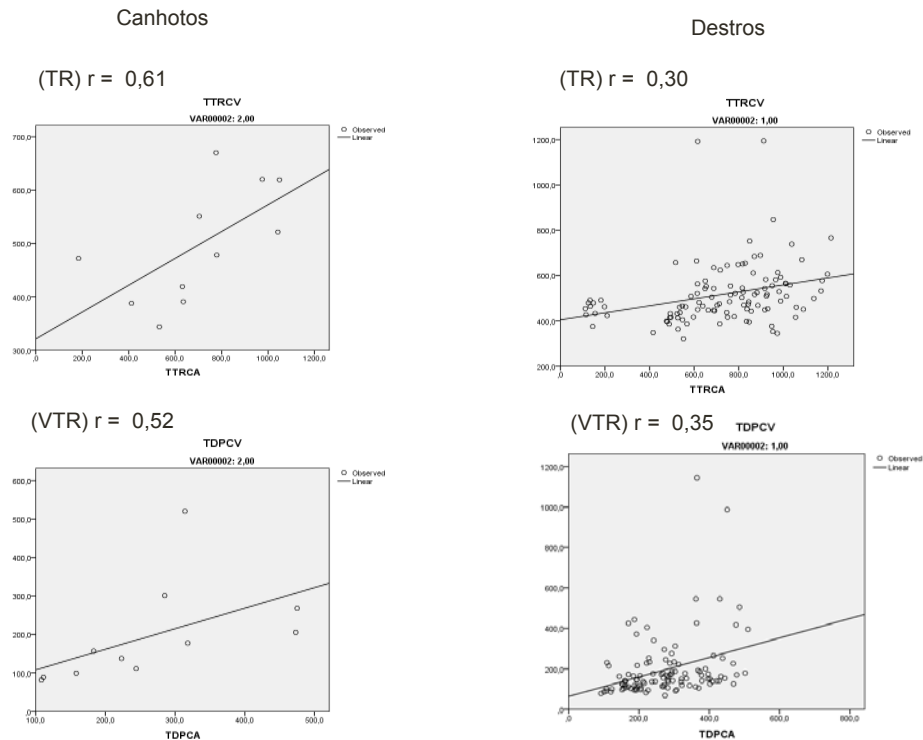
Figura 7: Correlação entre as modalidades visual e auditiva, parâmetros (EO, EC): Grupo Canhoto Consistente e Destro Consistente

Canhoto Consistente, no parâmetro tempo de reação (TR), foi forte e alcançou significância estatística ($r = 0,61$; $gl = 1/9$; $p = 0,004$).

O coeficiente de correlação linear entre o TCA-vis e TCA-aud para o grupo Destro Consistente, no parâmetro tempo de reação (TR), foi fraco e alcançou significância estatística ($r = 0,30$; $gl = 1/106$; $p = 0,002$).

O coeficiente de correlação linear entre o TCA-vis e TCA-aud para o grupo Canhoto Consistente, no parâmetro variabilidade do tempo de reação (VTR), foi moderado e alcançou significância estatística ($r = 0,52$; $gl = 1/9$; $p = 0,098$).

O coeficiente de correlação linear entre o TCA-vis e TCA-aud para o grupo Destro Consistente, no parâmetro variabilidade do tempo de reação (VTR), foi fraco e alcançou significância estatística ($r = 0,35$; $gl = 1/106$; $p < 0,001$).



Correlação entre as modalidades Visual e Auditiva em 2 parâmetros dos testes, no grupo Canhoto Consistente e Destro Consistente. Note que no grupo Canhoto Consistente nos parâmetros tempo de reação (TR) e variabilidade do tempo de reação (VTR), as correlações são forte e moderada, respectivamente. No grupo dos Destros Consistentes nos parâmetros tempo de reação (TR) e variabilidade do tempo de reação (VTR) as correlações, embora significativas, foram ambas, consideradas fracas.

Figura 8: Correlação entre as modalidades visual e auditiva, parâmetros (TR e VTR): Grupo Canhoto Consistente e Destro Consistente

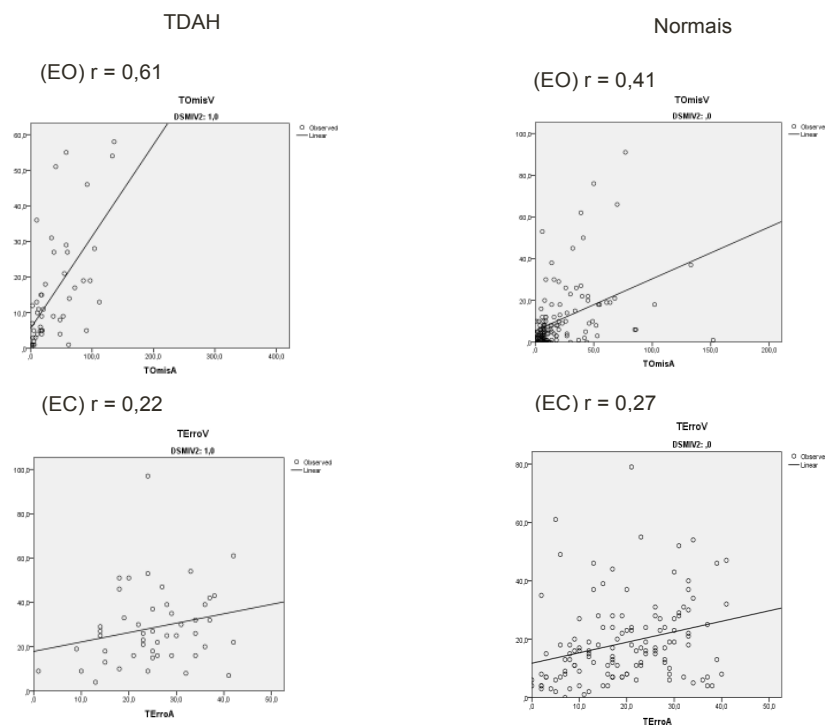
5.5.3 Grupo TDAH e Normais (Figuras 9 e 10)

O coeficiente de correlação linear entre o TCA-vis e TCA-aud para o grupo TDAH, no parâmetro erro de omissão (EO), foi forte e alcançou significância estatística ($r = 0,61$; $gl = 1/46$; $p < 0,001$).

O coeficiente de correlação linear entre o TCA-vis e TCA-aud para o grupo dos normais, no parâmetro erro de omissão (EO), foi moderado e alcançou significância estatística ($r = 0,41$; $gl = 1/127$; $p < 0,001$).

O coeficiente de correlação linear entre o TCA-vis e TCA-aud para o grupo TDAH, no parâmetro erro de comissão (EC), não alcançou significância estatística ($r = 0,22$; $gl = 1/46$; $p = 0,121$).

O coeficiente de correlação linear entre o TCA-vis e TCA-aud para o grupo dos normais, no parâmetro erro de comissão (EC), foi fraco e alcançou significância estatística ($r = 0,27$; $gl = 1/127$; $p = 0,002$).



Correlação entre as modalidades Visual e Auditiva em 2 parâmetros dos testes; (EO) e (EC), no grupo TDAH e Normais. Note que no grupo TDAH, no parâmetro erro de omissão (EO) a correlação é forte enquanto, no parâmetro erro de comissão (EC) a correlação não alcançou significância estatística. No grupo dos normais, no parâmetro erro de omissão (EO) a correlação é moderada e no erro de comissão (EC), a correlação é fraca.

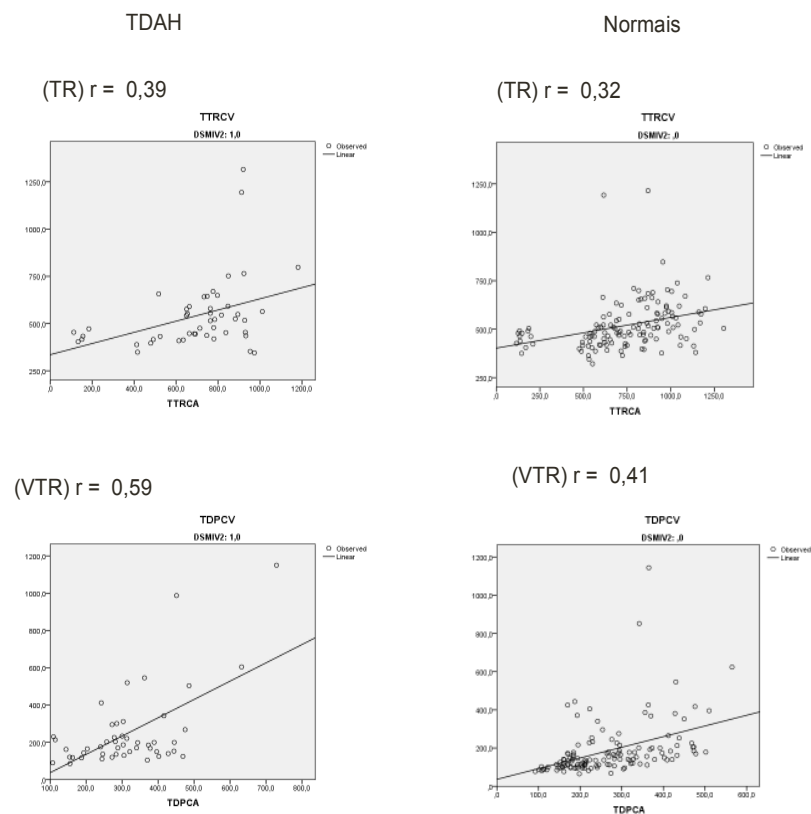
Figura 9: Correlação entre as modalidades visual e auditiva, parâmetros (EO e EC): Grupo TDAH e Normais

O coeficiente de correlação linear entre o TCA-vis e TCA-aud para o grupo TDAH, no parâmetro tempo de reação (TR), foi fraco e alcançou significância estatística ($r = 0,39$; $gl = 1/46$; $p = 0,006$).

O coeficiente de correlação linear entre o TCA-vis e TCA-aud para o grupo dos normais, no parâmetro tempo de reação (TR), foi fraco e alcançou significância estatística ($r = 0,32$; $gl = 1/127$; $p < 0,001$).

O coeficiente de correlação linear entre o TCA-vis e TCA-aud para o grupo TDAH, no parâmetro variabilidade do tempo de reação (VTR), foi moderado e alcançou significância estatística ($r = 0,59$; $gl = 1/46$; $p < 0,001$).

O coeficiente de correlação linear entre o TCA-vis e TCA-aud para o grupo dos normais, no parâmetro variabilidade do tempo de reação (VTR), foi moderado e alcançou significância estatística ($r = 0,41$; $gl = 1/127$; $p < 0,001$).



Correlação entre as modalidades Visual e Auditiva em 2 parâmetros dos testes; (EO) e (EC), no grupo TDAH e Normais. Note que no grupo TDAH, no parâmetro tempo de reação (TR) a correlação é fraca e na variabilidade do tempo de reação (VTR), alcançou significância estatística moderada. No grupo dos normais, no parâmetro tempo de reação (TR) a correlação é fraca e na variabilidade do tempo de reação (VTR) a correlação é moderada.

Figura 10: Correlação entre as modalidades visual e auditiva, parâmetros (TR e VTR): Grupo TDAH e Normais

6 DISCUSSÃO

6.1 PREVALÊNCIA DE TDAH NA AMOSTRA TOTAL

Estudos epidemiológicos sobre o TDAH mostraram que a prevalência desta condição a nível mundial é de 5,29% (POLANCZYK, 2007). Na África do Sul o índice de prevalência do TDAH é de 19,2% (POLANCZYK; JENSEN, 2008), na Colômbia, 16,1% (PINEDA et al., 2005) e no Canadá de 4% (BAYDALA et al., 2006). No Brasil, os resultados epidemiológicos têm sido divergentes, variando entre 1,8% (FLEITLICH-BILYK; GOODMAN, 2004), 5,8% (ROHDE et al., 1999), 13% (FONTANA; VASCONCELOS, WERNER, 2007) e 17,9% (YAO; SOLANTO; WENDER, 1988). Não foram encontradas diferenças significativas entre a Europa e a América do Norte, tão pouco nos estudos realizados em outros países ocidentais (GIEL et al., 1981; PINEDA et al., 2005), bem como em muitos países orientais (LIU et al., 2000; YAO; SOLANTO; WENDER, 1988). No Japão, um estudo em grande escala, com professores, encontrou o resultado de 6,3% de alunos com transtorno do desenvolvimento, e 2,5% com TDAH (TANI et al., 2010). Estas pesquisas apoiam a ideia de que o TDAH é hoje uma síndrome universal (SCHMIDT et al., 2013).

O resultado encontrado em nosso estudo (28% do total da amostra estudada) foi maior do que os números já referidos em outras pesquisas. Este alto índice encontrado em nosso estudo talvez possa ser explicado pelo viés da amostra dos professores que apresentam forte tendência a incluir em suas avaliações, alunos com problemas de comportamento. Nossos dados não são diferentes de um outro estudo realizado com estudantes indígenas (da etnia Karajá da Amazônia brasileira), o qual verificou nestes estudantes, a presença de sintomas do TDAH. A taxa de sintomas de TDAH, neste grupo, foi de 24,5% (AZEVEDO et al., 2010). Da mesma forma, Andrade e colaboradores (2011) encontraram uma alta prevalência de TDAH (33,3%) entre os delinquentes juvenis do Estado do Rio de Janeiro. Assim em todos estes casos, quando a amostra é viciada pode-se encontrar uma maior prevalência da doença o que reflete, apenas, um viés de amostragem.

6.2 A ASSOCIAÇÃO ENTRE A LATERALIDADE MOTORA E O TDAH

O maior número encontrado de crianças canhotas portadoras de TDAH em relação ao grupo total confirma a ideia de uma associação entre consistência da lateralidade e prevalência do TDAH.

Grosso modo, esse resultado está de acordo com o estudo de Rodriguez e Waldenstrom (2008). Estes autores investigaram a relação entre lateralidade e saúde mental em uma amostra de 1714 crianças e encontraram uma proporção mais elevada do que o esperado, de crianças com distúrbios de atenção, subtipo impulsivo/ hiperativo. Contudo, embora Rodriguez e Waldenström (2008) tenham utilizado uma amostra bem ampla, este trabalho considerou para avaliação da lateralidade, um questionário respondido pelas mães das crianças.

Outros estudos (MITSIS et al., 2000; SCHMIDT et al., 2000b) já demonstraram que os dados derivados do relato de pais devem ser interpretados com cautela.

Reid e Norvilitis (2000) adotaram como procedimento, a observação direta da mão utilizada pelas crianças, um procedimento considerado mais confiável do que o utilizado através de relato de pais. Estes autores concluíram que o TDAH não se relaciona exclusivamente à preferência manual (canhotos), no entanto, nesta pesquisa, o tamanho da amostra foi muito pequena, em especial, em relação ao número de canhotos.

Mais recentemente, Ghanizadeh (2013), refere que não encontrou associação entre preferência manual e presença de desatenção/hiperatividade. Este resultado se baseou em relatório dos pais e observação da escrita das crianças. Importa destacar, neste caso, que Ghanizadeh (2013) não levou em conta a consistência da lateralidade.

Prichard, Propper e Christman (2013) sugerem que a forma mais adequada para medir a preferência manual é examinar sua consistência. De acordo com Prichard, Propper e Christman (2013), esta distinção baseia-se em mediana simples, a partir da pontuação no Inventário Manual de Edimburgo (OLDFIELD, 1971).

No Inventário Manual de Edimburgo (OLDFIELD, 1971), os escores variam de -100 (puro canhoto) a +100 (puro destro). Como a mediana da população, com base em uma amostra de 1595 indivíduos, foi de 80, estes autores definiram a lateralidade inconsistente, como aquela com pontuações abaixo de 80. Isto

correspondente à realização de pelo menos uma entre dez atividades realizada com a mão não-dominante.

A questão de como determinar a preferência manual em consistente e inconsistente tem sido muito discutida. Considerando o debate científico a respeito da participação dos fatores direção e força para no estabelecimento da preferência manual, nosso estudo avaliou a direção e a força da preferência manual. Portanto não foi feita, simplesmente, uma comparação entre destros e canhotos. A consistência da preferência manual foi definida por observação direta de três tarefas e a escolha destas três tarefas foi derivada de um estudo anterior com 1600 indivíduos que preencheram o Inventário de Edinburgh (SCHMIDT; HÖFKE, 1989). Deste modo, nosso estudo considerou a consistência e a direção da lateralidade.

Cumprir destacar, contudo, que segundo Hardier e Wright (2014), a consistência da lateralidade não deve ser considerada como idêntica em canhotos e destros.

Sabe-se que canhotos apresentam menor lateralização cerebral quando comparados aos destros. Sabe-se ainda que os canhotos consistentes apresentam uma menor comunicação inter-hemisférica, quando comparados aos canhotos inconsistentes. Assim sendo, o grupo de canhotos consistentes seria aquele composto por indivíduos com uma menor assimetria cerebral e com uma menor comunicação inter-hemisférica.

Os dados deste nosso estudo apontando a alta prevalência de TDAH entre canhotos consistentes reforçam a ideia de que este grupo apresenta de fato, uma organização cerebral diferente dos outros.

6.3 CORRELAÇÕES ENTRE AS VARIÁVEIS DO TCA-VIS E AS PONTUAÇÕES NO QUESTIONÁRIO DO PROFESSOR

As variáveis obtidas a partir dos testes de desempenho contínuo (CPT) incluem erros de omissão erros de comissão, tempo de reação (TR), e variabilidade tempo de reação (VRT) (EPSTEIN, et al., 2003). A interpretação de cada parâmetro do CPT e a validade de face de cada parâmetro, (por exemplo, erros de omissão como medidas de desatenção e erros de comissão medida de impulsividade), têm

sido em grande parte, baseado em pressupostos clínicos (CONNERS et al., 2003; RICCIO et al., 1996; TINIUS, 2003).

O resultado de nosso trabalho indicou que todas as variáveis do TCA-vis e do TCA-aud, exceto TR, se correlacionaram com a desatenção. Quanto à impulsividade/hiperatividade, a correlação alcançou significância apenas no parâmetro erro de comissão.

Embora Epstein e colaboradores (2003) não tenham conseguido demonstrar relação entre as variáveis do CPT e os comportamentos fenotípicos das crianças diagnosticadas com TDAH, é amplamente aceito que erros de comissão medem impulsividade (RICCIO et al., 2002; TINIUS, 2003).

No presente estudo a correlação entre erro de comissão no TCA-vis e o escore sobre impulsividade na escala de professores alcançou significância estatística.

6.4 EFEITOS DO TDAH E DA LATERALIDADE NO DESEMPENHO DOS TESTES DE DESEMPENHO ATENCIONAL

Em nossa pesquisa, todos os parâmetros dos testes foram afetados pela presença do TDAH, exceto o tempo de reação. Este resultado está de acordo com diversos outros estudos os quais têm demonstrado que os testes de desempenho contínuo (CPTs) apresentam sensibilidade à disfunção do sistema atencional (DuPAUL et al., 1992).

Bedwell, Kamath e Compton (2009), relataram que os sintomas do transtorno de personalidade esquizóide se encontram relacionados principalmente, aos erros de omissão.

Ackerman e colaboradores (2008) analisaram o desempenho no CPT, em grupos de crianças submetidas à exposição de droga no período pré-natal e os resultados encontrados nos erros de omissão e erros de comissão, se correlacionaram de forma significativamente elevada com os relatos maternos sobre problemas de atenção e baixo desempenho acadêmico.

Sullivan e colaboradores (2007) examinaram o desempenho em meninos com síndrome do X frágil utilizando CPT visual e auditivo. Seus resultados mostraram que meninos com síndrome do X frágil apresentam pior desempenho na

inibição da resposta do que os do grupo controle. Foi também demonstrado que não houve diferenças entre os grupos, para o tempo de reação.

Em outro estudo, Uno e colaboradores (2006) encontraram diferenças significativas nos resultados dos portadores de TDAH, em todos os parâmetros do CPT, exceto para o tempo de reação, em comparação ao grupo controle.

Portanto, o resultado encontrado em nossa pesquisa sobre o efeito do TDAH em três parâmetros do teste (EO, EC e VTR) e ausência do efeito sobre o TR (tempo de reação), se encontra apoiado por outros trabalhos.

Quanto a lateralidade, efeito significativo foi encontrado apenas em um parâmetro, erros de comissão (EC).

Canhotos com problemas de atenção mostraram maior comprometimento em EC do que destros normais. Quando o grupo normal foi analisado separadamente, o efeito da lateralidade ainda permaneceu presente no erro de comissão (EC). Há aumento no índice de erro de comissão no grupo TDAH, tanto para canhotos quanto para destros, mas as crianças canhotas normais apresentaram um maior número de erros de comissão, em comparação aos destros normais.

Fallgatter e Strik (1997) relataram alterações metabólicas no cérebro de indivíduos saudáveis que realizaram o teste de desempenho contínuo (CPT). Estes resultados apoiam a visão de que a execução do CPT está associada à ativação frontal predominantemente lateralizada para direita.

Ogg e colaboradores (2008) verificaram em estudo com a ressonância magnética funcional em adultos saudáveis, o grau de ativação nas regiões do cérebro envolvidas com a realização do CPT visual, e identificaram maior ativação da região frontal ventral e lóbulo parietal no hemisfério direito.

Schmidt e colaboradores (2008), também verificaram ativação assimétrica durante a execução do TCA-vis.

Recentemente, Chiang e colaboradores (2015) descreveram observação sobre a participação de substratos neurais durante o desempenho de tarefas neuropsicológicas, em jovens com TDAH. Estes autores verificaram alterações do fascículo longitudinal superior direito e as associações com os sintomas clínicos de TDAH, demonstrando a ativação assimétrica cerebral durante a execução CPT.

Sabe-se que os canhotos apresentam uma menor assimetria cerebral comparados aos destros (BISHOP, 1990; SCHMIDT et al., 2000a; 2000b). Também

já foi descrito que o padrão de assimetria cerebral em indivíduos que sofrem de ADHD, se encontra alterado (SWANSON et al., 2007). Os dados aqui apresentados sugerem que indivíduos canhotos encontram maior problema no desempenho do CPT em comparação aos indivíduos destros provavelmente por não apresentarem padrões de assimetrias cerebrais necessários para o processamento neural de atenção.

Como apontado por Sainburg (2014), a lateralização cerebral parece refletir um mecanismo de otimização funcional. Deste modo, a falta de tal assimetria deve resultar em uma fraca integração dos processos assimétricos da atenção, e este deve ser um fator que contribui para o pior desempenho de canhotos no TCA-vis e no TCA-aud.

É importante considerar ainda que o desempenho ruim possa estar ligado ainda a aspecto relacionado à dispraxia, pelo fato de que crianças com dificuldades na coordenação motora demonstram menor consistência na lateralidade (HILL; BISHOP, 1998).

Kosslyn (1987) propôs que as atividades de coordenação motora, exigem controle unilateral e sugere dois sistemas de controle: um relacionado ao controle da linguagem, que geralmente está lateralizado para o hemisfério esquerdo e o outro, o controle espacial, relacionado com lateralização hemisférica direita. Segundo Kosslyn (1987), um bom desempenho dependeria destes dois sistemas, interconectados pelos dois hemisférios, e que de acordo com a hipótese de aglomeração, sugere que atenção e linguagem estariam envolvidas com regiões distintas dos diferentes hemisférios (CAI; VAN DER HAEGEN; BRYSSBAERT, 2013; SAINBURG, 2014).

Quanto ao efeito da consistência da lateralidade encontrado em nossos resultados, podemos supor que esteja associado a um menor tamanho do corpo caloso (LUDERS et al., 2010) e à menor ativação do hemisfério direito (PROPPER et al., 2012). Assim considerando, canhotos consistentes devem apresentar dificuldades relacionadas à comunicação inter-hemisférica.

A este respeito, Porac e Searlenan (2002), demonstraram que canhotos com maior dificuldade para alternar a mão, preferencialmente, usada para a escrita, em outras atividades foram os que tiveram menores índices nos escores de medidas sobre qualidade de vida física e bem estar psicológico. É possível especular que

este grupo de canhotos pertencessem ao grupo dos canhotos consistentes, tal como definido em nosso estudo.

Portanto, a nossa descoberta de que canhotos consistentes apresentam maiores dificuldades no desempenho do teste de atenção pode ser explicado pelo fato de que este grupo possua menor assimetria cerebral e uma pobre comunicação inter - hemisférica, comparado ao grupo de destros. Este achado reforça ainda mais a ideia de que canhotos consistentes possuam um padrão de organização cerebral diferenciado dos outros indivíduos (CHRISTMAN; BUTLER, 2011), e assim devem ser avaliados como um grupo peculiar (HARDIER; WRIGHT, 2014; PROPPER; CHRISTMAN; PHANEUF, 2005).

Destacamos ainda que em nossos resultados o efeito da lateralidade encontrado foi somente nos erros de comissão. Como já mencionado, este parâmetro do teste está associado tanto com a desatenção quanto com a impulsividade, além disso, a relação entre a inibição comportamental e consistência da lateralidade dependeria da direção da preferência da mão (direita ou esquerda) (HARDIER; WRIGHT, 2014), aspecto que em nosso trabalho também foi considerado (direção e consistência). De acordo, portanto, com estes pressupostos, nossos dados apoiam a hipótese de que canhotos consistentes apresentam maiores problemas no domínio impulsividade/hiperatividade em comparação com os destros.

6.5 ASSOCIAÇÕES ENTRE AS MODALIDADES TCA VISUAL E TCA AUDITIVO

Diversos testes têm sido desenvolvidos como instrumentos auxiliares de diagnóstico e para avaliar a eficácia de vários tratamentos do TDAH (POLLAK et al., 2010). A maioria dos estudos com CPTs utilizam a modalidade visual. Existe um número muito menor de trabalhos com a modalidade auditiva (LASEE; CHOI, 2013). Nosso trabalho procurou de forma exploratória verificar a aplicabilidade clínica do CPT auditivo por duas razões: validade ecológica e efeito de teto.

Lasee e Choi (2013) demonstram que a correlação entre queixas de professores e desempenho em CPT(s) foi maior na modalidade auditiva do que na visual. Isto reflete o fato de que os testes auditivos refletem melhor as alterações do comportamento de crianças e adolescentes em sala de aula, conferindo validade ecológica a esta modalidade de avaliação. Nossos dados corroboram esta hipótese

na medida em que o teste auditivo se revelou melhor preditor do TDHA do que o visual.

Outra dificuldade frequentemente encontrada em CPT(s) é o efeito de teto. Neste contexto tem sido sugerido que os testes auditivos oferecem maior dificuldade do que os visuais, portanto, têm uma probabilidade menor de produzir efeito de teto. Nossos dados corroboram esta hipótese na medida em que o efeito de teto ocorreu para os erros de omissão na modalidade visual, o que não se deu na modalidade auditiva. Em canhotos consistentes a impulsividade, avaliada neste trabalho como erros de comissão, parece ser independente da modalidade. Nos demais grupos a modalidade sensorial influenciou de forma significativa.

Halperin, Wolf e Young (1991) demonstraram que os erros de comissão são constituídos de vários subtipos. Dougherty, Mathias e Marsh (2005) descreveram os múltiplos aspectos da impulsividade e diferentes paradigmas para a mensuração deste constructo multifacetado. Nossos dados indicaram o fato curioso, de que no grupo dos canhotos consistentes o alto índice de erros de comissão, em ambos os testes (visual e auditivo), ocorreu independente do input sensorial do teste refletindo a existência de um domínio único. Nossa hipótese é que este domínio seria a hiperatividade/impulsividade.

Por fim, o achado de correlações modestas e fracas em todos os outros grupos pode ser explicado com base em modelos teóricos relacionados ao processamento atencional. Nossos dados reforçam a hipótese de que atenção não é um constructo unitário, mas sim modalidade dependente. Embora haja um fator comum que explicaria as correlações moderadas, o processamento atencional parece ser dependente do input sensorial percebido. Com exceção do grupo de canhotos consistentes, que se revelou homogêneo quanto aos seus resultados, nos demais grupos os resultados sustentam a hipótese de que o constructo tem fatores unitários e fatores dependentes da modalidade.

6.6 LIMITAÇÕES

Existem algumas limitações em nosso estudo que devem ser mencionadas.

Não podemos deixar de considerar que problemas relacionados à coordenação motora podem ter influenciado nossos resultados.

De acordo com Goez e Zelnik (2008) 30,6% das crianças com dispraxia são canhotas, e 13,3% são ambidestras. O TDAH é apontado como uma disfunção relacionada ao hemisfério direito (SANDSON; BACHNA; MORIN, 2000) e sendo uma patologia cerebral lateralizada à direita poderia afetar o controle do lado esquerdo (ROMMELSE et al., 2007). Alterações na coordenação motora já foram relatadas em crianças com sintomas de TDAH (POETA; ROSA-NETO, 2007).

Considerando que a taxa de indivíduos canhotos com problemas de coordenação motora é maior do que na população em geral, esta variável pode explicar nossos resultados, uma vez que não podemos descartar a possibilidade de que nossa amostra de crianças canhotas com TDAH apresentava problemas de coordenação motora.

Cumprido destacar que os resultados encontrados, recentemente, por Ghanizadeh (2013), sugeriram que o TDAH independe da preferência manual, quando a análise dos dados foi covariada com a coordenação motora.

Do exposto, devemos considerar a realização de outros estudos a fim de que neles sejam incluídos: a avaliação da coordenação motora e dentro do possível, uma amostra de canhotos mais ampla.

Outra limitação deste estudo está relacionada à modalidade utilizada em nosso trabalho.

Muito embora os CPT(s) têm sido utilizados, majoritariamente, nos paradigmas visuais (CONNERS et al., 2003), sabemos que tem havido um crescente interesse em modelos de testes de desempenho contínuo com estímulos auditivos (AYLWARD; BRAGER; HARPER, 2002; LEHMAN et al., 2006; MAHONE et al., 2005; TINIUS, 2003).

Os resultados encontrados nos CPT(s) modelos auditivos se correlacionaram muito bem, com os comportamentos em sala de aula relatados pelos professores (MAHONE et al., 2005).

Por fim, deve-se considerar que a impulsividade é um constructo de difícil mensuração dado seu caráter multifacetado. Dougherty, Mathias e Marsh (2005) sugeriram diferentes medidas comportamentais para avaliar este constructo e seus diversos aspectos. Portanto, seria muito importante aplicar diferentes medidas comportamentais de impulsividade, e não apenas no escore de um parâmetro (EC) do teste de atenção auditivo.

6.7 PERSPECTIVAS PARA O FUTURO

Considerando a validade preditiva do teste auditivo e sua importância ecológica, entendemos ser importante ampliar as pesquisas com o Teste Computadorizado de Atenção auditivo (TCA-aud). Particularmente, seria de grande relevância estudar as propriedades psicométricas deste teste, sua fidedignidade, validade e normatização.

A ampliação da amostra com um número maior de canhotos consistentes permitirá que este trabalho ganhe maior amplitude e visibilidade a partir de comparações mais robustas com os outros subgrupos aqui estudados.

Outras medidas de impulsividade poderiam ser também estudadas, visando corroborar a hipótese de que canhotos consistentes apresentam comportamentos mais impulsivos do que os destros.

7 CONCLUSÕES

- Existe uma maior proporção de canhotos consistentes entre portadores do TDAH quando comparados com a população de canhotos normais.
- A lateralidade motora interfere no percentual de erros de comissão (EC) no teste computadorizado de atenção modalidade visual (TCA-vis) sugerindo maior impulsividade motora neste subgrupo.
- No teste computadorizado de atenção modalidade auditiva (TCA-aud) a lateralidade motora interfere no percentual de erros de comissão (EC) confirmando maior impulsividade motora em canhotos consistentes.
- A regressão linear múltipla com todos os parâmetros do TCA-vis e TCA-aud, gênero e idade indicaram que o gênero e erro de omissão (EO) na modalidade auditiva, predizem a presença do TDAH. Embora ambos os testes (visual e auditivo) apresentem parâmetros capazes de prever o TDAH, o teste que apresenta melhor valor preditivo para a doença é o auditivo. O tempo de reação e a idade não se revelaram capazes de prever a doença.
- Existe uma correlação moderada entre os testes computadorizados de atenção visual e auditivo. Esta correlação aumenta de forma significativa, quando o grupo de canhotos é analisado separadamente. Portanto existe independência relativa entre os dois testes, exceto no canhoto consistente.
- Cautela deve ser exercida nas interpretações de resultados de testes de desempenho contínuo em canhotos consistentes. A modalidade auditiva deve ser empregada, pois sua capacidade preditora é maior que a visual. Amostras de normatização e estudos psicométricos são especialmente desejados para o teste na modalidade auditiva visando sua utilidade clínica.

REFERÊNCIAS

ACKERMAN, J.P.; LLORENTA M.M.; BLACK M.M.; ACKERMAN, C.S.; MAYES, L.A.; NAIR, P. The effect of prenatal drug exposure a care giving context on children's performance on a task of sustained visual attention. *Journal of Developmental & Behavioral Pediatrics*, [S.l.], v. 29, n. 6, p. 467-74, 2008.

AMUNTS, K.; JÄNCKE, L.; MOHLBERG, H.; STEINMETZ, H.; ZILLES, K. (2000). Interhemispheric asymmetry of the human motor cortex related to handedness and gender. *Neuropsychologia*, [S.l.], v. 38, n. 3, p. 304-12, 2000.

ANASTASI, A.; URBINA, S. (2000). *Testagem Psicológica*. 7ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2000.

ANDRADE, R.C.; ASSUMPÇÃO, F.; TEIXEIRA, I.A.; FONSECA, V.A. Prevalence of psychiatric disorders in juvenile offenders in the city of Rio de Janeiro (RJ, Brazil): Comparison between genders and relation to these verity of the offense. *Ciência & Saúde Coletiva*, [S.l.], v. 16, p. 2179-88, 2011.

ANNETT, M. The binomial distribution of right mixed and left-handedness. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, [S.l.], v. 19, n. 4, p. 327-33, 1967.

ARANGO-LASPRILLA, J.C.; ROGERS, H.; LENGENFELDER, J.; et al. Cortical and subcortical diseases: do true neuropsychological diferences exist. *Arch Clin Neuropsychol*, [S.l.], v. 21, p. 29-40, 2006.

AYLWARD, G.P.; BRAGER, P.; HARPER, D.C. Relations between visual and auditory continuous performance tests in a clinical population: a descriptive study. *Developmental Neuropsychology*, [S.l.], v. 21, n. 3, p. 285-303, 2002.

AZEVÊDO, P.V.; CAIXETA, L.; ANDRADE, L.H.S; BORDIN, I.A. Attention deficit/hyperactivity disorder symptoms in indigenous children from the Brazilian Amazon. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*, São Paulo, v. 68, p. 541-4, 2010.

BADDELEY, A.D.; WILSON, B. Frontal amnesia and the dyexecutive syndrome. *Brain & Cogn*, [S.l.], v. 7, p. 212-30, 1988.

BARNETT, K.J.; CORBALLIS, M.C. Ambidexterity and magical ideation. *Laterality*, [S.l.], v. 7, p. 75-84, 2002.

BAYDALA, L.; SHERMAN, J.; RASMUSSEN, C.; WIKMAN, E.; JANZEN, H. ADHD characteristics in Canadian Aboriginal children. *Journal of Attention Disorders*, [S.I.], v. 9, p. 642-7, 2006.

BEARDEN, C.E.; HOFFMAN, K.M.; CANNON, T.D. The neuropsychology and neuroanatomy of bipolar affective disorder: a critical review. *Bipolar Disord*, [S.I.], v. 3, p. 106-50, 2001.

BEDWELL, J.S.; KAMATH, V.; COMPTON, M. T. The relationship between interviews based schizotypal personality dimension scores and the continuous performance test. *Schizophrenia Research*, [S.I.], v. 108, n. 1-3, p. 158-62, 2009.

BEIS, J.M.; KELLER, C.; MORIN, N.; et al. Right spatial neglect after left hemisphere stroke: qualitative and quantitative study. *Neurology*, [S.I.], v. 63, p. 1600-5, 2004.

BERGER, A.; POSNER, M.I. Pathologies of brain attentional networks. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, [S.I.], v. 24, p. 3-5, 2000.

BISHOP, D.V.M. Handedness and developmental disorder. Oxford: Mac Keith Press, 1990.

BRANCH, W. B., COHEN, M. J., HYND, G. Academic achievement and attention-deficit/hyperactivity disorder in children with left or right-hemisphere dysfunction. *J Learn Disabil*, [S.I.], v. 28, p. 35-43, 1995.

BRANDLER, W. M.; PARACCHINI, S. The genetic relationship between handedness and neurodevelopmental disorders. *Trends Molecular Medicine*, [S.I.], v. 20, p. 83-90, 2014.

BUKOWSKI, H.; DRICOT, L.; HANSEEUW, B.; ROSSION, B. Cerebral lateralization of face-sensitive areas in left-handers: only the FFA does not get it right. *Cortex*, [S.I.], v. 49, p. 2583-9, 2013.

CAI, Q.; VAN DER HAEGEN, L.; BRYSSBAERT, M. (2013). Complementary hemispheric specialization for language production and visuospatial attention. *PNAS Plus. Psychological and Cognitive Sciences*, [S.I.], v. 110, n. 4, p. E322-30, 2013.

CARMONA, S.; HOEKZEMA, E.; CASTELLANOS, D.G.G.; CASTELLANOS, A.L.; VAN DIJK, K.R.A.; NAVAS-SANCHÉZ, F.J.; MARTINEZ, K.; DESCO, M.; SEPULCRE, J. Sensation-to-Cognition Cortical Streams in Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *Hum Brain Mapp*, [S.I.], v. 36, n. 7, p. 2544-57, 2015.

CARVALHO, A. L. N., MANHÃES, A. C., SCHMIDT, S. L. Validity and reliability of a teacher's scale developed in Brazil for assessment of hyperactive: impulsive behavior and inattention in children and adolescents. *Estudos de Psicologia*, Campinas, v. 29, n. 4, p. 481-8, 2012.

CASEY, B.J.; CASTELLANOS, X.F.; GIEDD, J.N.; MARSH, W.L.; HAMBURGER, S.D.; SCHUBERT, A.B.; VAUSS, Y.C.; VAITUZIS, C.A.; et al. Implication of right Fronto-striatal circuitry in Response inhibition and Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *Journal of the American Academy of Child Adolescent Psychiatry*, [S.I.], v. 36, n. 3, p. 374-83, 1997.

CASTELLANOS, F.X.; GIEDD, J.N.; MARSH, W.L.; et al. Quantitative brain magnetic resonance imaging in attention-deficit hyperactivity disorder. *Arch Gen Psychiatry*, v. 53, n. 7, p. 607-16, 1996.

CHAIT, M.; POEPEL, D.; CHEVEIGNÉ, A.; SIMON, JZ. Processing Asymmetry of Transitions between Order and Disorder in Human Auditory Cortex. *J Neurosci*, [S.I.], v. 27, p. 5207-14, 2007.

CHIANG, H.L.; CHEN, Y.J.; LO, Y.C.; TSENG, W.Y.I.; GAU, S.S.F. Altered white matter tract property related to impaired focused attention, sustained attention, cognitive impulsivity and vigilance in attention-deficit/ hyperactivity disorder. *Journal Psychiatry Neuroscience*, [S.I.], v. 40, n. 5, p. 325-35, 2015.

CHRISTMAN, S.D.; BUTLER, M. Mixed-handedness advantages in episodic memory obtained under conditions of intentional learning extend to incidental learning. *Brain Cognition*, [S.I.], v. 77, n. 1, p. 17-22, 2011.

CONNERS, C.K.; EPSTEIN, J.N.; ANGOLD, A.; KLARIC, J. Continuous performance test performance in a normative epidemiological sample. *Journal of Abnormal Child Psychology*, [S.I.], v. 31, n. 5, p. 555-8, 2003.

CORBETTA, M.; SHULMAN, G.L. Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. *Nature Reviews Neuroscience*, [S.I.], v. 3, p. 201-215, 2002.

COREN, S.; SEARLEMAN, A.; PORAC, C. Rate of physical maturation and handedness. *Dev Neuropsychol*, [S.l.], v. 2, p. 17-23, 1986.

CORTESE, S.; KELLY, C.; CHABERNAUD, C.; PROAL, E.; DI MARTINO, A.; MILHAM, M.P.; CASTELLANOS, F.X. Toward systems neuroscience of ADHD: A meta-analysis of 55 fMRI studies. *American Journal of Psychiatry*, [S.l.], v. 169, p. 1038-55, 2012.

COULL, J.T. Neural correlates of attention and arousal: insights from electrophysiology, functional neuroimaging and psychopharmacology. *Prog Neurobiol*, [S.l.], v. 55, p. 3436, 1998.

CRONBACH, L.J. Fundamentos da testagem psicológica. 5ª edição. Porto Alegre: Artemed, 1996.

CROW, T. Cerebral asymmetry and the lateralization of language: core deficits in schizophrenia as pointers to the genetic predisposition. *Rev. Psiquiat. Rio Grande do Sul*, [S.l.], v. 26, n. 9, 2004.

DAFFNER, K.R.; MESULAM, M.M.; SCINTO, L.F.M.; COHEN, L.G.; KENNEDY, B.P.; WEST, W.C.; HOLCOMB, P.J. Regulation of attention to novel stimuli by frontal lobes: an event-related potential study. *NeuroReport*, [S.l.], v. 9, p. 787-91, 1998.

DAMÁSIO, A.R. O Erro e Descartes: *Emoção, razão e o cérebro humano*. São Paulo: Companhia das Letras, 1996.

DERRYBERRY, D.; REED, M.A. Anxiety-related attentional biases and regulation by attentional control. *Journal of Abnormal Psychology*, [S.l.], v. 111, n. 2, p. 225-36, 2002.

DOUGHERTY, D. M.; MATHIAS, C.W.; MARSH, D. M. Laboratory behavioral measures of impulsivity. *Behavior Research Methods*, [S.l.], v. 37, n. 1, p. 82-90, 2005.

DSM-IV-TR. American Psychiatric Association. *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*, Forth Edition, Text Revision, 2000.

DSM-V. American Psychiatric Association, (2013) Diagnostic and statistical manual of mental disorders. 5th Edition (DSM- 5). American Psychiatric Association, Washington DC, 2013.

DUECKER, F.; FORMISANO, E.; SACK, A.T. Hemispheric differences in the voluntary control of spatial attention: direct evidence for a right-hemispheric dominance within frontal cortex. *Journal of Cognition Neuroscience*, [S.l.], v. 25, p. 1332-42, 2013.

DUPAUL, G.J.; ANASTOPOULOS, A.D.; SHELTON, T.L.; GUEVREMONT, D.C.; METEVIA, L. Multimethod assessment of attention deficit hyperactivity disorder: the diagnostic utility of clinic-based tests. *Journal of Clinical Child Psychology*, [S.l.], v. 21, p. 394-402, 1992.

ELLIS, S.J.; ELLIS, P.J.; MARSHALL, E. Hand preference in a normal population. *Cortex*, v. 24, p. 157-63, 1998.

ENRIGHT, S.J.; BEECH, A.R. Obsessional state: anxiety disorders or schizotypes? An information processing and personality assessment. *Psychol Med*, [S.l.], v. 20, p. 621-7, 1990.

EPSTEIN, J.N.; ERKANLI, A.; CONNERS, C.K.; KLARIC, J.; COSTELLO, J.E.; ANGOLD, A. Relations between continuous performance test performance measures and ADHD behaviors. *Journal of Abnormal Child Psychology*, [S.l.], v. 31, n. 5, p. 543-54, 2003.

EVANS, J.D. *Straightforward Statistics for the Behaviours Sciences*. Pacific Grove. 1996.

FAIR, D.A.; POSNER, J.; NAGEL, B.J.; BATHULA, D.; COSTA DIAS, T.G.; MILLS, K.L.; BLYTHE, M.S.; GIWA, A.; SCHMITT, C.F.; NIGG, J.T. Atypical Default Network Connectivity in Youth with ADHD. *Biol Psychiatry*, [S.l.], v. 68, n. 12, p. 1084-91, 2010.

FALLGATTER, A.J.; STRIK, W.K. Right frontal activation during the continuous performance test assessed with near-infrared spectroscopy in health subjects. *Neuroscience Letters*, [S.l.], v. 223, p. 89-92, 1997.

FAN, J.; MCCANDLISS, B.D.; FOSSELLA, J.; FLOMBAUM, J.I.; POSNER, M.I. The activation of attentional networks. *Neuroimage*, [S.l.], v. 26, p. 471, 2005.

FAN, J.; MCCANDLISS, B.D.; SOMMER, T.; RAZ, A.; POSNER, M.I. Testing the efficiency and independence of attentional networks. *J Cogn Neurosci.*, [S.l.], v. 14, n. 3, p. 340-7, 2002.

FLEITLICH-BILYK, B.; GOODMAN, R. Prevalence of child and adolescent psychiatric disorders in southeast Brazil. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, [S.l.], v. 43, p. 727-34, 2004.

FONTANA, R.S.; VASCONCELOS, V.M.; WERNER, Jr. ADHD prevalence in four Brazilian public schools. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*, São Paulo, v. 65, p. 134-7, 2007.

FRANCKS, C.; MAEGAWA, S.; LAURÉN, J.; ABRAHAMS, B.S.; VELAYOS-BAEZA, A.; MEDLAND, S.E.; COLELLA, S.; GROSZER, M.; MCAULEY, E.Z.; CAFFREY, T.M.; et al. LRRTM1 on chromosome 2p12 is a maternally suppressed gene that is associated paternally with handedness and schizophrenia. *Molecular Psychiatry*, [S.l.], v. 12, p. 1129-39, 2007.

FUENTES, D.; MALLOY-DINIZ, L.F.; PIRES CAMARGO, H.C.; COSENZA, R.M. Neuropsicologia: teoria e prática. São Paulo: Artemed, 2008.
GESCHWIND, N.; LEVITSKY, W. Human Brain: Left-Right Asymmetries in Temporal Speech Region. *Science*, [S.l.], v. 161, n. 3837, p. 186-7, 1968.

GHANIZADEH, A. Lack of association of handedness with inattention and hyperactivity symptoms in ADHD. *Journal of Attention Disorder*, [S.l.], v. 17, n. 4, p. 302-7, 2013.

GIEL, R.; ARANGO, M.V.; CLIMENT, C.E.; HARDING, T.W.; IBRAHIM, H.H.A.; LDRICO-IGNACIO, L. Childhood mental disorders in primary health care: Results of observations in four developing countries. *Pediatr*, [S.l.], v. 68, p. 677-83, 1981.

GILLIG P.M.; SANDERS R.D. Higher cortical functions: attention and vigilance. *Innovations in Clinical Neuroscience*, [S.l.], v. 8, n. 1, p. 43-6, 2011.

GODEFROY, O.; ROUSSEAU, M. Divided and focused attention in patients with lesion of the prefrontal cortex. *Brain and Cognition*, [S.l.], v. 30, p. 155-74, 1996.

GOEZ, H.; ZELNIK, N. Handedness in patients with developmental coordination disorder. *Journal of Child Neurology*, [S.l.], v. 23, n. 2, p. 151-4, 2008.

GOTLIB, I.H.; KRASNOPEROVA, E.; YUE, D.N. Attentional biases for negative interpersonal stimuli in clinical depression. *J Abnorm Psychol*, [S.l.], v. 113, p. 121-35, 2004.

GROEN, M.A.; WHITEHOUSE, A.J.O.; BADCOCK, N.A.; BISHOP, D.V.M. Associations between Handedness and Cerebral Lateralization for Language: A Comparison of Three Measures in Children. *PLoS One*, [S.I.], v. 8, n. 5, p. e64876, 2013.

GUTWINSKI, S.; LÖSCHER, A.; BERMPOHL, F. Understanding Left-Handedness. *Deutsches Ärzteblatt International*, [S.I.], v. 108, n. 50, p. 849-53, 2011.

HALE, T.S.; SMALLEY, S.L.; WALSHAW, P.D.; HANADA, G.; MACION, J.; MCCRACKEN, J.T.; MCGOUGH, J.J.; LOO, S.K. Atypical EEG Beta Asymmetry in Adults with ADHD. *Neuropsychologia*, [S.I.], v. 8, n. 12, p. 3532-9, 2010.

HALPERIN, J.M.; WOLF, L.E.; YOUNG, J.G. Subtype analysis of commission errors on the continuous performance test in children. *Developmental Neuropsychology*, [S.I.], v. 7, p. 207-17, 1991.

HARDIER, S.M.; WRIGHT, L. Differences between left- and right-handers in approach/avoidance motivation: influence of consistency of handedness measures. *Frontiers in Psychology*, [S.I.], v. 5, p. 134, 2014.

HEPPER, P.G.; MCCARTNEY, G.R.; SHANNON, E.A. Lateralised behaviour in first trimester human foot uses. *Neuropsychologia*, [S.I.], v. 36, p. 531-4, 1998.

HEPPER, P.G.; SHAHIDULLAH, S.; WHITE, R. Handedness in the human fetus. *Neuropsychologia*, [S.I.], v. 29, p. 1107-11, 1991.

HILL, E.L.; BISHOP, D.V.M. A reaching test reveals weak hand preference in specific language impairment and developmental co-ordination disorder. *Laterality*, [S.I.], v. 3, n. 4, p. 295-310, 1998.

HIRATA, A.; CASTROALAMANCOS, M.A. Neocortex network activation and deactivation states controlled by the thalamus. *J Neurophysiol.*, [S.I.], v. 103, p. 1147-5, 2010.

HIRNSTEIN, M.; HUGDAHL, K. Excess of non-right-handedness in schizophrenia: meta-analysis of gender effects and potential biases in handedness assessment. *British Journal of Psychiatry*, [S.I.], v. 205, p. 260-7, 2014.

HONEY, G.D.; POMAROL-CLOTET, E.; CORLETT, P.R.; HONEY, R.A.E.; MCKENNA, P.J.; BULLMORE, E.T.; FLETCHER, P.C. Functional dysconnectivity in schizophrenia associated with attentional modulation of motor function. *Brain*, [S.l.], v. 128, p. 1597-2611.

HORA, A.F.T.; MARTIN, W. L.B. A Review of handedness in Twins. *Rev Neurocienc*, [S.l.], v. 20, n. 3, p. 455-61, 2012.

JAMES, W. The Principles of Psychology (Great books of the western world). *Enciclopédia Britânica*, [S.l.], v. 53, p. 375, 1890.

JUDGE, J.; STIRLING, J. Fine motor skill performance in left- and right-handers: Evidence of an advantage for left-handers. *Laterality*, [S.l.], v. 8, p. 297-306, 2003.

KANDEL, E.R.; SCHWARTZ, J.H.; JESSEL, T.M.; SIEGELBAUM, S.A.; HUDSPETH, A.J. *Princípios de Neurociências*. São Paulo: Artmed Editora, 2014.

KLINE, P. *The Handbook of Psychological Testing*. Routledge, 1993.

KOLB, B.; WISHAW, I.Q. *Fundamentals of human neuropsychology*. New York: Freeman, 1990.

KOSSLYN, S. M. Seeing and imagining in the cerebral hemispheres: A computational approach. *Psychology Review*, [S.l.], v. 94, n. 2, p. 148-175, 1987.

KUSHNER, H.I. Retraining left-handers and the etiology of stuttering: the rise and fall of an intriguing theory. *Laterality*, [S.l.], v. 17, p. 673-93, 2012.

LASEE, M. J., CHOI, H. Evidence of Reliability and Validity for a children's Auditory Continuous Performance Test. *SAGE Open*, [S.l.], v. 1-10, 2013.

LEHMAN, E.B.; OLSON, V.A.; AQUILINO, S.A.; HALL, L.C. Auditory and visual continuous performance tests - relationships with age, gender, cognitive functioning, and classroom behaviour. *Journal of Psycho educational Assessment*, [S.l.], v. 24, p. 36-51, 2006.

LENT, R. *Neurociência da mente e do comportamento*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

- LEPSIEN, J.; THORNTON, I.; NOBRE, A.C. Modulation of working memory maintenance by directed attention. *Neuropsychologia*, [S.l.], v. 49, p. 1569-77, 2011.
- LEVINOFF, E.J.; SAUMIER, D.; CHERTKOW, H. Focused attention deficits in patients with Alzheimer's disease and mild cognitive impairment. *Brain Cogn*, [S.l.], v. 57, p. 127-30, 2005.
- LEZAK, M.D.; HOWIESON, D.E.; LORING, D. *Neuropsychological Assessment*. Oxford university, 1995.
- LIU, X.; KURITA, H.; GUO, C.; TACHIMORI, H.; ZE, J.; OKAWA, M. Behavioral and emotional problems in Chinese children: Teacher reports for ages 6 to 11. *The Journal of Child Psychology and Psychiatry*, [S.l.], v. 41, p. 253-260, 2000.
- LUDERS, E.; CHERBUIN, N.; THOMPSON, P.M.; GUTMAN, B.; ANSTEY, K.J.; SACHDEV, P.; TOGA, A.W. When more is less: associations between corpus callosum size and handedness lateralization. *Neuroimage*, [S.l.], v. 52, n. 1, p. 43-9, 2010.
- LURIA, A.R. Fundamentos de neuropsicologia. *Livros Técnicos e Científicos*. São Paulo: EDUSP, 1981. p. 16.
- MAHONE, E.; PILLION, J.P.; HOFFMAN, J.; HIEMENZ, J.R.; DENCKLA, M.B. Construct validity of the auditory continuous performance test for pre-schoolers. *Developmental Neuropsychology*, [S.l.], v. 27, n. 1, p. 11-33, 2005.
- MALTA, M.; CARDOSO, L.O.; BASTOS, F.I.; MAGNANINI, M.F.; SILVA, C.M. Iniciativa STROBE: subsídios para a comunicação de estudos observacionais. *Rev. Saúde Pública*, [S.l.], v. 44, n. 3, p. 559-65, 2010.
- McMANUS, I.C. Genetics of handedness in relation to language disorder. *Advances in Neurology*, [S.l.], v. 42, p. 125-38, 1984.
- McMANUS, I.C. The inheritance of left-handedness. *Ciba Found Sym*, [S.l.], v. 162, p. 251-67, 1991.
- MELLET, E. Relationship between hand laterality and verbal and spatial skills in 436 healthy adults balanced for handedness. *Laterality*, [S.l.], v. 19, n. 4, p. 383-404, 2014.

MESULAM, M.M. From sensation to cognition. *Brain*, [S.I.], v. 121, p. 1013-52, 1998.

MESULAM, M.M. Large-scale neurocognitive networks and distributed processing for attention, language, and memory. *Ann Neurol*, [S.I.], v. 28, p. 597-613, 1990.

MIRANDA, M.C.; SINNES, E.G., POMPÉIA, S.; BUENO, O.F.A. A comparative study of performance in the Conners' continuous performances test between Brazilian and North American children. *Journal of Attention Disorders*, v. 11, n. 5, p. 588-98, 2008.

MITSIS, E.M.; MCKAY, E.; SCHULZ, K.P.; NEWCORN, J.H.; HALPERIN, J. Parent teacher concordance for DSM-IV attention-deficit/hyperactivity disorder in a clinic referred sample. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, [S.I.], v. 39, n. 3, p. 308-13, 2000.

MORAY, N. Attention in dichotic listening: Affective cues and the influence of instructions. *Q. J. Exp. Psychol*, [S.I.], v. 11, p. 56-60, 1959.

OGG, R.J.; ZOU, P.; ALLEN, D.N.; HUTCHINS, S.B.; DUTKIEWICZ, R.M.; MULHERN, R.K. Neural correlates of a clinical continuous performance test. *Magnetic Resonance Imaging*, [S.I.], v. 26, p. 504-12, 2008.

OLDFIELD, R.C. The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh Handedness Inventory. *Neuropsychologia*, [S.I.], v. 9, p. 97-113, 1971.

PETERSEN, S.E.; POSNER, M.I. The Attention System of the Human Brain: 20 Years After. *Annu. Rev. Neurosci*, [S.I.], v. 35, p. 73-89, 2012.

PINEDA, D.A.; AGUIRRE, D.C.; GARCIA, M.A.; LOPERA, F.J.; PALACIO, L.G.; KAMPHAUS, R.W. Validation of two rating scales for attention-deficit hyperactivity disorder diagnosis in Colombian children. *Pediatric Neurology*, [S.I.], v. 33, p. 15-25, 2005.

POETA, L.S.; ROSA-NETO, F. Motor assessment in school aged children with indicators of the attention deficit/hyperactivity disorder. *Revista de Neurologia*, [S.I.], v. 44, p. 146-9, 2007.

POLANCZYK, G.; JENSEN, P. Epidemiologic considerations in attention deficit hyperactivity disorder: A review and update. *Child & Adolescent Psychiatric Clinics of North America*, [S.I.], v. 17, p. 245-60, 2008.

POLANCZYK, G.; LIMA, M.S.; HORTA, B.L.; ROHDE, L.A. The worldwide prevalence of ADHD: A systematic review and meta - regression analysis. *The American Journal of Psychiatry*, [S.I.], v. 164, p. 942-8, 2007.

POLLAK, Y.; SHOMALY, H.B.; WEISS, P.L.; RIZZO, A.A.; GROSS-TSUR, V. Methylphenidate effect in children with ADHD can be measure by an ecologically valid continuous performance test embedded in visual reality. *CNC Spectrums*, [S.I.], v. 15, p. 125-130, 2010.

PORAC, C., SEARLEMAN, A. The effects of hand preference side and hand preference switch history on measures of psychological and physical well-being and cognitive performance in a sample of older adult right-and left-handers. *Neuropsychologia*, [S.I.], v. 40, n. 12, p. 2074-83, 2002.

POSNER, M.I. Orienting of attention. *Quart. J. Exp. Psychol.*, [S.I.], v. 32, p. 3-25, 1980.

POSNER, M.I.; DEHAENE, S. Attentional networks. *Trends in Neuroscience*, [S.I.], v. 17, p. 75-79, 1994.

POSNER, M.I.; PETERSEN, S.E. The attention system of the human brain. *Annu. Rev. Neurosci*, [S.I.], v. 13, p. 25-42, 1990.

POSNER, M.I., ROTHBART, M.K. Research on attention networks as a model of the integration of psychological science. *Annual Rev Psychol*, [S.I.], v. 58, p. 1-23, 2007.

POSNER, M.I.; ROTHBART, M.K.; SHEESE, B.E.; VOELKER, P. Developing Attention: Behavioral and Brain Mechanisms. *Advances in Neuroscience*. 2014.

POWELL, K.B.; VOELLER, K.K.S. Prefrontal executive function syndromes in children. *J Child Neurol*, 19:785-97, 2004.

PRICHARD, E.; PROPPER, R.E.; CHRISTMAN, S.D. Degree of handedness, but not direction, is a systematic predictor of cognitive performance. *Frontiers Psychology*, [S.I.], v. 31, p. 4-9, 2013.

PROPPER, R.E.; CHRISTMAN, S.D.; PHANEUF, K.A. A mixed-handed advantage in episodic memory: a possible role of interhemispheric interaction. *Memory & Cognition*, [S.I.], v. 33, n. 4, p. 751-7, 2005.

PROPPER, R.E.; PIERCE, J.; GEISLER, M.W.; CHRISTMAN, S.D.; BELLORADO, N. Hemispheric asymmetry in frontal EEG: Inconsistent-right-handers are more right hemisphere active. *Open Journal of Medical Psychology*, [S.l.], v. 1, n. 4, p. 86-90, 2012.

PURVES, D.; AUGUSTINE, G.J.; FITZPATRICK, D.; KATZ, L.C.; LAMANTIA, A.S.; MCNAMARA, J.O.; WILLIAMS, S.M. *Neurociências*. São Paulo: Artmed Editora, 2005.

REID, H.M.; NORVILITIS, J.M. Evidence for anomalous lateralization across domain in ADHD children as well as adults identified with the Wender Utah rating scale. *Journal of Psychiatric Research*, [S.l.], v. 34, p. 311-6, 2000.

RICCIO, C.A.; COHEN, M.J.; HYND, G.W.; KEITH, R.W. Validity of the auditory continuous performance test in differentiating central processing auditory disorders with and without ADHD. *Journal of Learning Disabilities*, [S.l.], v. 29, p. 561-6, 1996.

RICCIO, C.A.; REYNOLDS, C.R.; LOWE, P.; MOORE, J.J. The continuous performance test: a window on the neural substrates for attention? *Archives of Clinical Neuropsychology*, [S.l.], v. 17, n. 3, p. 235-72, 2002.

RIPOLL, D.R. *Neurociencia Cognitiva*. Madrid: Editora Medica Panamericana, 2013.

RISCH, N., PRINGLE, G. Segregation analysis of human hand preference. *Behav Genet*, [S.l.], v. 15, p. 385-400, 1985.

RIZZOLATTI, G., RIGGIO, L., DASCOLA, I., UMILTA, C. Reorienting Attention across the horizontal and vertical meridians: evidence in favour of a premotor theory of attention. *Neuropsychologia*, [S.l.], v. 25, p. 31-40, 1987.

RODRIGUEZ, A.; WALDENSTRÖM, U. Fetal origins of child non-right-handedness and mental health. *The Journal of Child Psychology and Psychiatry*, [S.l.], v. 49, p. 967-76, 2008.

ROHDE, L.A.; BIEDERMAN, J.; BUSNELLO, E.A.; ZIMMERMANN, H.; SCHMITZ, M.; MARTINS, S. ADHD in a school sample of Brazilian adolescents: A study of prevalence, comorbid conditions, and impairments. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, [S.l.], v. 38, p. 716-22, 1999.

ROMMELSE, N.N.; ALTINK, M.E.; OOSTERLAAN, J.; BUSCHGENS, C.J.; BUITELAAR, J.; DE SONNEVILLE, L.M.; SERGEANT, J.A. Motor control in children with ADHD non-affected siblings: deficits most pronounced using the left hand. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, [S.l.], v. 48, p. 1071-9, 2007.

ROSVOLD, H.E.; MIRSKY, A.F.; SARASON, I.; BRANSOME, J.R.E.D.; BECK, L.H. A continuous performance test of brain damage. *Journal of Consulting Psychology*, [S.l.], v. 20, n. 5, p. 343-50, 1956.

SAINBURG, R. Convergent models of handedness and brain lateralization. *Front.Psychol.*, [S.l.], 2014.

SANDSON, T.A.; BACHNA, K.J.; MORIN, M.D. Right hemisphere dysfunction in ADHD: visual hemispatial inattention and clinical subtype. *Journal of Learning Disabilities*, [S.l.], v. 33, p. 83-90, 2000.

SANTOS, R.N. *Avaliação da atenção por um teste computadorizado em pacientes com esclerose múltipla com baixa incapacidade*. 2013. Dissertação (Mestrado em Neurologia) - Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

SATZ, P.; NELSON, L.; GREEN, M. Ambiguous-handedness: incidence in a non-clinical sample. *Neuropsychologia*, [S.l.], v. 27, p. 1309-10, 1989.

SCERRI, T.S.; BRANDLER, W.M.; PARACCHINI, S.; MORRIS, A.P.; RING, S.M.; et al. PCSK6 is associated with handedness in individuals with dyslexia. *Human Molecular Genetics*, [S.l.], v. 20, p. 608-14, 2011.

SCHMIDT, S.L.; HÖFKE, A.A. Laterality of brazilian adults and its relationship with performance in learning a second language. *Society for Neuroscience Abstracts*, [S.l.], v. 15, p. 1061, 1989.

SCHMIDT, S.L. MANHÃES, A.C. *Teste Computadorizado de Atenção Visual*. Rio de Janeiro: Ed. Cognição, 2001.

SCHMIDT, S. L., CORREA, P. L., TOLENTINO, J. C., MANHÃES, A. C., FELIX, R. M., AZEVEDO, J. C., BARBIRATO, G. B., MENDES, M. H. F., BOECHAT, Y.; et al. Value of combining activated brain FDG-PET and cardiac MIBG for the differential diagnosis of dementia with Lewy Bodies and Alzheimer Disease when the diagnoses based on clinical and neuroimaging criteria are difficult. *Clinical Nuclear Medicine*, [S.I.], v. 33, p. 398-401, 2008.

SCHMIDT, S.L.; OLIVEIRA, R.M.; ROCHA, F.R.; ABREU-VILLAÇA, Y. Influences of Handedness and Gender on the Grooved Pegboard Test. *Brain and Cognition*, [S.I.], v. 44, p. 445-54, 2000a.

SCHMIDT, S.L.; SIMÕES, E.N.; SCHMIDT, G.J.; SCHMIDT, M.J.; CARVALHO, A.L.N. Epidemiology of attention deficit disorder in Brazil: Implications for the Brazilian legal system. *Open Journal of Epidemiology*, [S.I.], v. 3, p. 232-6, 2013.

SCHMIDT, S.L.; SNYDER, T.J.; ROGET, A.C.; GRAY, E. Empirical analysis of the selective attention and associated behaviour checklists of the Aggregate neurobehavioral student health and educational review. *Journal of Developmental Behavioral Pediatrics*, [S.I.], v. 21, p. 165-171, 2000b.

SPECHT, K.; BAUMGARTNER, F.; STADLER, J.; HUGDAHL, K.; POLLMANN, S. Functional asymmetry and effective connectivity of the auditory system during speech perception is modulated by the place of articulation of the consonant - A 7T fMRI study. *Front Psychol*, [S.I.], v. 5, p. 549, 2014.

SRIPADA, C.S.; KESSLER, D.; ANGSTADT, M. Lag in maturation of the brain's intrinsic functional architecture in ADHD. *PNAS*, [S.I.], v. 111, n. 39, p. 14259-64, 2014.

STRAKOWSKI, S.M.; ADLER, C.M.; HOLLAND, S.K.; MILLS, N.; DELBELLO, P.M. A preliminary fMRI study of sustained attention in euthymic, unmedicated bipolar disorder. *Neuropsychopharmacology*, [S.I.], v. 29, p. 1734-40, 2004.

SULLIVAN, K.; HALTON, D.D.; HAMMER, J.; SIDERIS, J.; HOOPER, S.; ORNSTEIN, P.A.; BAILLEY, D.B.Jr. Sustained attention and response inhibition in boys with fragile X syndrome: measures of continuous performance. *American Journal of Medical Genetics B. Neuropsychiatric*, [S.I.], v. 144B, n. 4, p. 517-32, 2007.

SMALL, D.M.; GITELMAN, D.R.; GREGORY, M.D.; NOBRE, A.C.; PARRISH, T.B.; MESULAM, M.M. The posterior cingulate and medial prefrontal cortex mediate the anticipatory allocation of spatial attention. *NeuroImage*, [S.I.], v. 18, n. 3, p. 633-41, 2003.

SWAN, L. Unilateral spatial neglect. *Psys Ther.*, [S.I.], v. 81, n. 9, p. 1572-80, 2001.

SWANSON, J.M.; KINSBOURNE, M.; NIGG, J.; LANPHEAR, B.; STEFANATOS, G. A.; VOLKOW, N.; TAYLOR, E.; CASEY, B.J.; CASTELLANOS, F.X.; WADHWA, P.D. Etiologic subtypes of attention-deficit/hyperactivity disorder: brain imaging, molecular genetic and environmental factors and the dopamine hypothesis. *Neuropsychological Review*, [S.I.], v. 17, p. 39-59, 2007.

SZAFLARSKI, J.P.; RAJAGOPAL, A.; ALTAYE, M.; BYARS, A.W.; JACOLA, L.; SCHMITHORST, V.J.; SCHAPIRO, M.B.; PLANTE, E.; HOLLAND, S.K. Left-handedness and language lateralization in children. *Brain Research*, [S.I.], v. 1433, p. 85-97, 2012.

TANI, I.; OKADA, R.; OHNISHI, M.; NAKAJIMA, S.; TSUJII, M. Japanese version of the ADHD-RS: An evaluation of its reliability and validity. *Research in Developmental Disabilities*, [S.I.], v. 31, p. 1426-33, 2010.

TINIUS, T.P. The integrated visual and auditory continuous performance test as a neuropsychological measure. *Archives of Clinical Neuropsychology*, [S.I.], v. 18, p. 439-54, 2003.

UNO, M.; ABE, J.; SAWAI, C.; SAKAUE, U.; NISHITANI, A.; YASUDA, Y.; TSUZUKI, K.; TAKANO, T.; OHNO, M.; MARUYAMA, T.; TAKEUCHI, Y. Effect of additional auditory and visual stimuli on continuous performance test (noise-generated CPT) in AD/HD children - usefulness of noise-generated CPT. *Brain & Development*, [S.I.], v. 28, p. 162-9, 2006.

USTÁRROZ, J.T.; LAGO, M.R.; UNTURBE, M.F. Manual de Neuropsicología. 2º edición. Barcelona, Espanha: Viguera Editores, 2011.

YAO, K.N.; SOLANTO, M.V.; WENDER, E.H. Prevalence of hyperactivity among newly immigrated Chinese-American children. *Journal of Developmental & Behavioral Pediatrics*, [S.I.], v. 9, 367-73, 1988.

WANG, Q.; CHAN, R.; SUN, J.; YAO, J.; DENG, W.; SUN, X.; LIU, X.; SHAM, P.C.; MA, X.; MENG, H.; MURRAY, R.M.; COLLIER, D.A.; LI, T. Reaction time of the Continuous Performance Test is an endophenotypic marker for schizophrenia: a study of first-episode neuroleptic-naive schizophrenia, their non-psychotic first-degree relatives and healthy population controls. *Schizophr Res*, [S.I.], v. 89, n. 1-3, p. 293-8, 2007.

WILLIAMS, C.S.; BUSS, K.A.; ESKENAZI, B. Infant resuscitation is associated with an increased risk of left-handedness. *Am J Epidemiol*, [S.I.], v. 136, p. 277-86, 1992.

WILLEMS, R.M.; PEELLEN, M.V.; HAGOORT, P. Cerebral lateralization of face-selective and body-selective visual areas depends on handedness. *Cerebral Cortex*, [S.I.], v. 20, p. 1719-25, 2010.

WRIGHT, I.C.; RABE-HESKETH, S.; WOODRUFF, P.W.; DAVID, A.S.; MURRAY, R.M., BULLMORE, E.T. Meta-analysis of regional brain volumes in schizophrenia. *Am J Psychiatry*, [S.I.], v. 157, n. 1, p. 16-25, 2000.

APÊNDICE A - Artigo Submetido à Revista Archives of Clinical Neuropsychology

Rio de Janeiro, October 14th 2015.

Professor Dr. Robert J. McCaffrey, Ph.D.
Editor- in- Chief
Archives of Clinical Neuropsychology

Dear Professor McCaffrey,

Please find attached the manuscript entitled “Visual continuous performance test – relationship with handedness and ADHD”. My research group has reported many studies in the field of neuropsychology (see, for instance, Schmidt et al. Neuropsychologia, 38, 529-534 and Clinical Nuclear Medicine, 33, 398-401). I believe this manuscript will be of interest to the readers of your prestigious journal. For this reason, I would like to request a rapid review track.

I would like to stress that this manuscript, or parts of it, have not been, and will not be submitted elsewhere for publication.

Thank you in advance for your attention,

Sergio Luís Schmidt, M.D. Ph.D.
Full Professor of Behavioral Neurology
State University of Rio de Janeiro
Rua Jardim Botânico, 674, 1 andar, salas 117/118, Jardim Botânico, Rio de Janeiro
RJ, Brasil, CEP 2246100
Phone: (55 21) 32044691
Mobile Phone (55 21) 991772747
E-mail: slschmidt@terra.com.br

Abstract

This study investigated the association between handedness and performance on a Continuous Visual Attention Test (CVAT). The initial sample consisted of 337 children, and 239 fulfilled the inclusion criteria (61% normal and 29% ADHD). Each subject was classified as right-consistent, left-consistent, or non-consistent. A clinical interview and a scale filled by teachers were used to identify children with ADHD. There was a higher percentage of consistent left-handed children in the ADHD group (12%) as compared to the normal group (4%). Anova(s) showed a significant effect of attention problems on performance in all parameters of the CVAT, except reaction time. A significant handedness effect was found because consistent left-handers made more commission errors than right-handers. Therefore, consistent left-handers exhibit greater problems in the impulsive/hyperactivity domain as compared to right-handers. The results are discussed considering that consistent left-handers present difficulties in interhemispheric interactions and are less lateralized than right-handers.

Keywords: Continuous Performance Test; Visual Attention Test; Handedness; ADHD; Cerebral asymmetry; Impulsivity.

1. Introduction

Humans show a strong bias toward using one hand rather than the other for manual activities. In fact, roughly 90% of humans are right-handed (Annett, 1967; Ellis, Ellis, & Marshall, 1998). The preference most people show in using one hand over the other to perform motor tasks must originate in the cerebral cortex (McManus, 1984). The two hemispheres of the human brain are functionally asymmetrical. There are several examples of cerebral lateralization of cognitive functions such as language and visuospatial skills (see, for instance, Lent & Schmidt, 1992 for a review). Therefore, neuroscientists have long been interested in the relationship between handedness and cerebral asymmetry (Mellet et al. 2014; Snyder & Harris, 1993). It is well known that over 90% of right-handers have language skills lateralized to the left hemisphere (Tzourio, et al., 1998; Knecht, et al., 2000). Handedness has also been investigated in relationship to other lateralized cognitive functions, such as visuospatial processing and face recognition (Willems et al., 2010; Bukowski et al., 2013). Thus, handedness is considered as an indirect measure of cerebral asymmetry and is commonly used as a proxy for cerebral lateralization because it is a cheap and easy measure (Groen et al., 2013).

Departures from right-handedness have sometimes been linked to disabilities (Snyder & Harris, 1993; Porac & Searleman, 2002). Schizophrenia has long been associated with increased left-handedness or ambidexterity (Hirnstein & Hugdahl, 2014; Barnett & Corballis, 2002). The finding of an association of the gene LRRTM1 with schizophrenia has pointed out to a possible genetic explanation for a relationship between this disease and handedness (Francks et al., 2007). Recent evidences from specific genetic loci involved with handedness have yielded associations with genes such as PCSK6 and LRRTM1 (Francks et al., 2007; Scerri et

al., 2011; Brandler et al., 2013). In this regard, the association of PCSK6 with dyslexia may suggest a polygenic pathway linking brain asymmetries, handedness, and dyslexia (Brandler & Paracchini, 2014; Scerri et al., 2011). Furthermore, anomalous cerebral lateralization involving weak dominance of hand, language, and visuospatial abilities has been associated with the cognitive deficits in Klinefelter's syndrome (Geschwind et al., 1998). Genetic considerations aside, other studies have suggested that handedness is associated with stuttering (Kushner, 2012).

Concerning Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD), the data are highly controversial. ADHD is considered to be a right hemisphere dysfunction (Sandson et al., 2000). Moreover, abnormalities in brain asymmetries have been reported in ADHD (Casey et al., 1997). However, the association of handedness to the clinical symptoms of ADHD has not yet been cleared. The controversy may be related to the definition of handedness.

Concerning handedness, it is important to define exactly the trait. In this regard, different approaches have been taken to measure hand preference, ranging from motor performance measurements to self-report inventories assessing hand choice across various manual activities (Annett, 1967; Oldfield, 1971). Some researchers categorized people as left-handed or right-handed based on the hand used to hold a pen when writing (McManus, 1984, Schmidt et al., 2000a; Schmidt et al., 2000b). More recently, Prichard et al. (2013) have suggested that the most appropriate way to view handedness is using comparisons between consistent handers who use their chosen hand for virtually all manual activities and inconsistent handers, who use their other hand for at least one activity. In this regard, consistency of handedness is associated with decreased right-hemisphere access (Propper et al., 2012). Moreover, differences in consistency are not identical in right and left-handers

(Hardier & Wright, 2014). Indeed, as a group, left-handers are less strongly lateralized than right-handers (Oldfield, 1971). Putting these findings together, Hardier and Wright (2014), have reported differences between consistent left-handers and other groups in the performance of some cognitive tasks.

The present study aimed to investigate if there was an association between the direction of handedness and performance on a visual attention test by consistent handers. It should be mentioned that attention performance was quantitatively assessed rather than simply categorizing children as ADHD or normal based on the DSM criteria. Attention performance was measured using a vigilance task.

Vigilance tasks rely on mechanisms of the right cerebral cortex (Posner & Petersen, 1990; Petersen & Posner, 2012). Both lesion and imaging data confirm that tonic alertness is heavily lateralized to the right hemisphere (Duecker, 2013; Schmidt et al., 2008). Since the finding of Rosvold et al. (1956) that demonstrated that Continuous Performance Tests (CPTs) are highly sensitive to brain dysfunction, the CPTs have been usually used to differentiate ADHD from normal subjects (Dupaul et al., 1992; Epstein et al., 2003; Miranda et al., 2008). These findings have been replicated with various populations and with various versions of CPTs (Miranda et al., 2008). The variables derived from the CPTs, include: mean hit reaction time (RT), mean hit RT standard error, signal detection measures, errors of omission and commission (Epstein et al., 2003). Neural network activated during the task includes the basal ganglia, the cerebellum, as well as many neocortical regions (Honey et al., 2005). Hemispheric differences have been reported since ventral frontal region and parietal lobe activation are greater in the right hemisphere (Riccio et al., 2002, Honey et al., 2005; Schmidt et al., 2008). Therefore, these results support the view that execution of the CPT is associated with cerebral asymmetric activation.

The present investigation attempts to examine a possible relationship between the direction of handedness and CPT variables in normal and ADHD children that are consistent handers. It should be mentioned that consistency of handedness was measured by direct observation of three manual tasks and attention performance was assessed by a validated CPT. To the best of the authors' knowledge, this is the first study to examine the association of direction of handedness with the severity of inattention and hyperactivity in consistent-handed children. Integration of the asymmetrical attention brain circuits required for the task might explain possible differences between left and right consistent-handers. It is hypothesized that consistent left-handers should exhibit inferior performance on the CPT task as compared to right-handers for at least two reasons. First, because the consistency of handedness is associated with decreased inter-hemispheric interaction and secondly because left-handers are less strongly lateralized than right-handers.

2. Method

2. 1. Participants

Participation in the research was voluntary. Parents and school principals signed informed consents. This study was carried out under institutional approval, by the law (Declaration of Helsinki).

The initial sample consisted of 337 children from elementary schools. Exclusion criteria included other behavioral problems rather than ADHD and visual acuity deficits (not corrected by glasses). From the initial sample, 239 children fulfilled the inclusion criteria (Table 1) From this sample, 15 children were classified as consistent left-handers. One of them did not complete all procedures and was excluded from the sample.

TABLE 1 ABOUT HERE

For the study of the effects of direction of handedness and disease on the parameters of the Continuous Visual Attention Test (CVAT), a sample was selected in order to match handedness by age, gender, and attention disorder. Thus, a total of 28 students (14 consistent right-handed and 14 consistent left-handed) were drawn to participate in this study (mean age = 9.8 years, SD = 3.96 years). Among these 28 children, 14 were classified as suffering from ADHD and 14 without attention problems.

2. 2. Evaluation of hand preference

Handedness was observed during the execution of three tasks: 1) writing; 2) taking a sheet of paper on the table; 3) opening a lid of a bottle. These three tasks derived from a previous empirical study of handedness in 1600 subjects using the Edinburgh Inventory (Oldfield, 1971). The observers were blind with respect to the classification of the children into the ADHD or normal groups. Then, each child was classified as right consistent, left consistent, or non-consistent. To be consistent, the child had to perform the three tasks with the same hand.

2. 3. Evaluation of attention performance: Continuous Visual Attention Test (CVAT).

All subjects had visual acuity equal to or better than 20/30 in both eyes (glasses were used when needed).

Testing sessions were non-invasive and were carried out in a quiet room: only the subject and the examiner were allowed to stay in the room during the testing session. The testing equipment consisted of a laptop computer linked to a 13 inches liquid-

crystal display. Subjects were seated in front of the computer in such a way as to allow the hands to be comfortably placed over the keyboard. The distance between the center of the monitor and the eyes was of approximately 50 cm. Before each task, the examiner instructed the subject to press the computer's spacebar as fast as possible each time a specific visual target stimulus was displayed on the monitor. The test starts with instructions and a practice session.

There are six blocks, with three sub-blocks each of 20 trials (two figures presented, whether targets or not). For each block, the sub-blocks have three different inter stimulus time intervals (ISI): 1, 2 or 4 seconds. The sequence of the ISIs varies between blocks. Each stimulus is displayed for 250 milliseconds. The test takes 15 minutes to complete. Four parameters derived from the test: omission errors (OE), commission errors (CE), reaction time of correct responses (RT), and variability of reaction time (VRT).

2. 4. Classification of the children into two groups: normal/control and ADHD group.

All children were interviewed by one of the authors. The clinical interview considered the DSM-IV-TR criteria to identify children with ADHD. These criteria remain in the DSM-V.

The teachers selected to rate a particular child were those that spent most of the school time with the child. The teachers filled a standardized checklist composed of 58 questions that are rated on a scale reflecting behavioral problems. A child was classified into the ADHD group if he (she) got maximum scores in at least six questions related to the domain of impulsivity or hyperactivity, or in the domain of inattention (Table 2). The classification of children also took into account their

behavior in the classroom. The teacher filled a qualitative questionnaire about each child. Forty-five teachers rated the children.

In the ADHD group, there were not any discrepancies among the rating scale, the qualitative observations by the teachers, and the clinical interview. The normal/control group was composed of children that did not present any behavioral problem.

TABLE 1 ABOUT HERE

2. 5. Statistical Analysis

The Qui-Squared test was used to study the relationship between prevalence of ADHD and handedness.

The scores based on the teaching scale (questions that loaded in inattention and impulsivity) were correlated with performance on each parameter of the Continuous Visual Attention Test (CVAT). Spearman rank correlation coefficients were applied because it is a non-parametric measure of statistical dependence appropriate for both continuous and discrete variables.

The effect of handedness (right consistent X left consistent) and disease (normal/control X ADHD) on each one of the four parameters of the CVAT was studied by using univariate ANOVA (s) on raw scores of the CVAT for each parameter using age and gender as covariates. Bonferroni correction was applied for multiple comparisons. Significance was set at ≤ 0.05 .

3. Results

3. 1. Demography: the relationship between ADHD and direction of handedness in the total sample.

In the original sample ($n = 239$), 29% were included in the ADHD group. This high prevalence reflected a sample bias and will be explained in the discussion section. Sixty-one (61%) was found to be consistent right-handed, 6% consistent left-handed, and 33% no consistent.

Among ADHD children, 12% were consistent left-handed, 57% consistent right-handed and 31% non-consistent (Figure 1A). In contrast, among normal children only 4% were consistent left-handed (Figure 1B). The relationship between prevalence of ADHD and direction of handedness in consistent-handers reached significant levels ($\chi^2 = 4.664$; $df = 1$; $p = 0.03$). This association is explained by the higher percentage of consistent left-handed children in the ADHD group (12%) as compared to the normal group (4%).

TABLE 2 ABOUT HERE

FIGURE 1 ABOUT HERE

3. 2. Correlations

The scores based on the teaching scale (questions that loaded in inattention and impulsivity) were correlated with performance on each parameter of the CVAT (Table 3). Spearman rank correlation coefficients (ρ - p) showed significant correlations between omission errors and inattention ($\rho = 0.41$; $p < 0.05$), commission errors and inattention ($\rho = 0.42$; $p < 0.05$) as well as between commission errors and impulsivity ($\rho = 0.45$; $p < 0.05$). The correlations between reaction time and the scores did not reach significance. The correlation between variability of reaction time and inattention reached significance ($\rho = 0.44$; $p < 0.05$).

TABLE 3 ABOUT HERE

3. 3. Performance on Continuous Visual Attention Test (CVAT): Effect of handedness and ADHD in the selected sample.

The selected sample designed to match the gender, age, disease and handedness included 28 children (Table 4).

TABLE 4 ABOUT HERE

Anova (s) on the raw scores using gender and age as covariates indicated a significant effect of attentional problems on performance in the following parameters of the CAVT (% CE: $F = 6.09$; $df = 1/22$, $p = 0.022$; % OE: $F = 5.32$, $df = 1/22$, $p = 0.03$; VRT: $F = 4.80$; $df = 1/22$, $p = 0.04$). No significant difference between the control and the ADHD children was found for the reaction time ($F = 2.61$, $df = 1/22$, $p = 0.12$). Analysis of the mean raw scores of the four parameters of the CVAT (Table 5) indicated that the children with ADHD made more errors (commission and omission errors) than the ones in the controls group. The children with ADHD showed a non-significant tendency for an increase of the reaction time and a significantly higher variability of reaction time as compared to the children in the control group. In summary, the effect of the disease (ADHD) reached significance for all three parameters of the CVAT with the exception of reaction time. In contrast, a significant handedness effect was found only for the variable % CE ($F = 4.55$; $df = 1/22$; $p = 0.04$). The handedness effect may reflect the finding that left-handers made more commission errors than right-handers (Figure 2). Consistent left-handers showed a non-significant tendency to make more omission errors than consistent right-handers. Concerning the variables related to processing time, no significant differences were found. In summary, the effect of direction of handedness reached significance for the variable % CE and a tendency for the variable % OE. Consistent left-handers performed worse than consistent right-handed children. The interaction

between handedness and disease did not reach significance. The absence of interaction may reflect power due to the small sample size. It should be mentioned that consistent ADHD left-handers showed the greatest number of errors and normal right-handers the lowest number of errors (Figure 3). However, normal children exhibited an important handedness effect since normal consistent left-handers made much more commission errors than normal right-handers (Figure 3).

FIGURE 2 ABOUT HERE

FIGURE 3 ABOUT HERE

TABLE 5 ABOUT HERE

4. Discussion

The present study shows that the percentage of consistent left-handed ADHD children (12%) is different from that found in the normal group (4%). There is a significant correlation between commission errors (% CE) in the CVAT and teachers' scores on questions that loaded in impulsivity. Anova (s) show a significant effect of attention problems on performance in three parameters of the CVAT (% OE; % CE and VRT). A handedness effect is observable only for the variable % CE. The handedness effect is explained by the finding that consistent left-handers make more commission errors than right-handers.

4. 1. Prevalence of ADHD in the total sample

In the present study, the prevalence of students with ADHD (28% of the total sample) is much higher than the figures reported in other studies. In fact, a meta-regression analysis reported that the ADHD worldwide-pooled prevalence was 5.29% (Polanczyk et al. 2007). The finding of a high prevalence of ADHD is explained by the

fact that teachers biased the sample to incorporate as many as possible students with behavioral problems.

4. 2. Associations between handedness and ADHD

The finding that left-handedness is more common in ADHD children than in the general population indicates that left-handedness is associated with the prevalence of ADHD in consistent-handers. This finding is in agreement with previous studies (Rodrigues & Waldenstrom, 2008) but is not supported by Ghanizadeh (2013). However, this author did not consider the consistency of handedness.

Rodriguez and Waldenström (2008) studied the possible relationship between handedness and mental health in a sample of 1714 children. They found a higher than expected proportion of left-handedness in children with attention disorders but only for the subtype with impulsive or hyperactivity behavior. Although Rodriguez and Waldenström (2008) reported handedness in a large sample, its assessment was done using a questionnaire answered by the mothers. Several studies (Mitsis et al., 2000; Schmidt et al., 2000b) have shown that data derived from parents' reports must be interpreted with caution. Reid and Norvilitis (2000) observed the hand used by the children and concluded that ADHD was not exclusively related to the prevalence of non-right-handedness. However, in spite of the fact that this procedure is known to be much more reliable than parents' report, the sample size was too small, especially regarding the expected number of left-handers. Rodriguez et al. (2010) demonstrated that mixed-handedness is associated to increased risk for ADHD in late adolescence. More recently, Ghanizadeh (2013) reported that left-handedness is not associated with higher parent-reported inattentiveness or hyperactivity, but the study relied on parental reports and the observation of the

children's writing. Furthermore, as mentioned, Ghanizadeh (2013) did not take into account consistency of handedness.

The present study considered the consistency of handedness instead of simply comparing left versus right-handedness. Prichard et al., (2013) have reported that inconsistent handedness is associated with increased interhemispheric interaction. They have argued that the most appropriate way to measure handedness is to examine the consistency of hand preference. The question is how to distinguish between consistent and inconsistent handedness. According to Prichard et al., (2013) this distinction is based on a simple median split on scores on the Edinburgh Handedness Inventory (Oldfield, 1971). Scores range from -100 (pure left-handed) to +100 (pure right-handed). The population median, based on a large sample of 1595 subjects, is 80. Thus, inconsistent handedness was defined as handedness scores below 8. However, as mentioned, questionnaires answered by parents are not reliable. Therefore, in the present study consistency was defined by direct observation of three tasks. These tasks derived from a previous study in 1600 subjects that filled the Edinburgh Inventory.

Hardier and Wright (2014) have reported that consistency may not be identical in right and left-handers. Therefore, the present study considered the direction and consistency. The finding that ADHD prevalence is higher in consistent-left-handed children is in agreement with the fact that this group is different from the others. Indeed, left-handers show reductions of lateralized functions as compared to right-handers and consistent handers exhibit less interhemispheric interaction than inconsistent handers.

4. 3. Correlations among CVAT variables and scores based on the teacher's questionnaire.

The variables derived from the Continuous Performance Tests (CPTs) include errors of omission and commission, mean hit reaction time (RT), mean hit reaction time variability (VRT), and signal detection measures (Epstein, et al., 2003). The interpretation of each CPT parameter has largely been based upon clinical assumptions and the face validity of each measure e.g. omission error measures inattention and commission error measures impulsivity (Conners et al., 2003; Riccio et al., 1996; Tinius, 2003).

In the present study, all variables of the CVAT except RT are correlated with questions that loaded in the inattention factor. Concerning impulsivity/ hyperactivity, the correlation reaches significance only for commission errors. Although Epstein et al. (2003) failed to demonstrate a relationship between various CPT variables and phenotypic behaviors in children diagnosed with ADHD, it is largely accepted that commission errors measure impulsivity and, thus, have some specificity in their link with symptoms of hyperactivity (Riccio et al., 2002; Tinius, 2003). Accordingly, in the present investigation there is a significant correlation between commission errors of the CVAT and impulsivity scores of the teacher scale.

4. 4. Effects of ADHD and handedness on the performance of the CVAT.

All parameters of the CVAT are affected by the presence of attention problems, except reaction time. The effect of attention problems on performance of the CVAT is in agreement with many other studies that have shown that Continuous Performance Tests (CPTs) demonstrate sensitivity to dysfunction of the attentional system (DuPaul et al., 1992). Bedwell et al. (2009) reported that interpersonal schizotypal

personality disorder symptoms were primarily related to omission errors while disorganized symptoms were primarily related to false alarm errors. Ackerman et al. (2008) examined the performance on CPT in groups of children subjected to prenatal drug exposure. They found that CPT errors of omission and commission were significantly correlated with parent-reported attention problems and academic achievement scores. Sullivan et al. (2007) examined performance in boys with full mutation fragile X syndrome using visual and auditory CPTs. They found that boys with fragile X syndrome demonstrated greater declines in response inhibition over task time than their matched peers. They also showed that there were no differences between groups for response time. More specifically, Uno et al. (2006) found a significant difference observed in all measurements, except mean reaction time, between the control and ADHD groups. Therefore, the present finding of an effect of attention problems on three parameters of the CPT (s), namely omission and commission errors and mean hit reaction time variability, as well as the absence of effect on reaction time, are largely supported by other studies.

Concerning handedness, a significant effect was found to be restricted to one parameter, i.e. commission errors. Left-handers with attention problems showed greater impairment in commission error as compared to normal right-handers. When the normal group was analyzed separately, the handedness effect remained for commission errors. There was an increase in commission errors in the ADHD group for both right and left-handers but normal left-handed children already presented a higher number of commission errors as compared to normal right-handers.

The processing of attention is known to be asymmetrical (see, for instance, Rolfe, Hausmann, & Waldie, 2006). In agreement with the finding of asymmetric processing of attention, the performance on the CPT(s) engaged the two cerebral hemispheres

in an asymmetrical way. Fallgatter and Strik (1997) reported metabolic changes in the brains of healthy subjects carrying out a continuous performance test (CPT). Their results support the view that execution of the CPT is associated with prevalently right frontal activation. Ogg et al. (2008) applied functional magnetic resonance imaging in healthy adults to identify the extent of activation in brain regions that are engaged during the performance of a visual (CPT) and showed that ventral frontal region and parietal lobe activation were greater in the right hemisphere. Schmidt et al. (2008) also demonstrate asymmetrical bias activation during performance of the CVAT. Recently, Chiang et al. (2015) have described the neural substrates for neuropsychological performance in youths with ADHD. They found that alterations of the right superior longitudinal fasciculus are significantly associated with the clinical symptoms of ADHD. Therefore, brain activation during CPT performance is asymmetrical.

Left-handers are thought to have less marked hemispheric asymmetries than right-handers (Bishop, 1990; Schmidt et al., 2000b; Schmidt et al., 2000a). Moreover, the pattern of brain asymmetries is found to be altered in subjects suffering from ADHD (see, for instance, Swanson et al., 2007). The present data suggest that left-handed subjects show greater problems on CPT performance as compared to right-handed subjects because they do not present the patterns of brain asymmetries that are needed for the neural processing of attention. As pointed out by Sainburg (2014) lateralization appears to reflect an optimization process. Thus, the lack of such lateralization should result in poor integration of the lateralized attention processes. This should lead to a less effective performance on the CVAT by left-handers. This finding is related to the fact that children with developmental coordination disorder tend to show lower laterality indices (Hill & Bishop, 1998). Kosslyn (1987) has

proposed that activities involving the coordination of sequences of precise, operations require unilateral control. This author postulated two unilateral control systems, namely speech control, which usually is lateralized to the left hemisphere, and spatial-attention controlled by the right hemisphere. According to Kosslyn (1987) both systems perform best if they are controlled by different hemispheres, in line with the crowding hypothesis, which states that attention performance can be crowded out if language involves regions in the same hemisphere (Cai et al, 2013, Sainburg, 1014).

With regard to the effect of consistency of handedness, it may be related to the fact that more consistent hand preference is associated with smaller corpus callosum size (Luders et al., 2010) and with decreased right hemisphere activation (Propper et al., 2012). Therefore, consistent handers may present difficulties in the interhemispheric interaction. In this regard, Porac and Searlenan (2002) showed that left-handers who were unable to change their preferred writing hand had a lower quality of psychological and physical well being on various measures. It is possible to speculate that the left-handers who attempt to change their preferred writing hand but are unsuccessful would be among the consistent left-handed group as defined in the present study.

Therefore, the finding that strong left-handers show difficulties on the performance of the CVAT may be explained by the fact that they show less hemispheric asymmetries and less interhemispheric interactions than right-handers. The present finding supports that strong left-handers differ from the other handedness groups (Christman & Butler, 2011), and thus may constitute their own group (Propper et al., 2005, Hardier and Wright, 2014).

The handedness effect was found only for commission errors. This parameter of the CVAT is related to both inattention and impulsivity. The relationship between behavioral inhibition and consistency of handedness was found to depend on the direction of hand preference (right or left) (Hardier and Wright 2014). In agreement with this finding, the present data support the hypothesis that consistent left-handers show greater problems in the impulsive–hyperactivity domain as compared to right-handers.

4. 5. Limitations

There are some limitations for the present investigation. We cannot exclude the possibility that developmental coordination problems influenced our data. In fact, ADHD is supposed to be a right hemisphere dysfunction (Sandson, Bachna, & Morin, 2000) and right brain pathology may affect the control of the left hand (Rommelse et al., 2007). About 30.6% of children with developmental coordination disorder are left-handed, and 13.3% are ambidextrous (Goez & Zelnik, 2008). Alterations in motor coordination are also reported in children with symptoms of ADHD (Poeta & Rosa-Neto, 2007). As the rate of left-handed subjects with developmental coordination is higher than the general population, this variable may explain our findings because we cannot exclude the possibility that our left-handed ADHD children exhibit motor coordination problems. A further study should be conducted using the assessment of motor coordination with the aid of a larger sample size. This is particularly relevant after the results described recently by Ghanizadeh (2013). This author suggested that ADHD is independent of hand–use preference when the analysis of the results is adjusted for covariant factors such as motor coordination.

Another limitation of the present study is related to the fact that we have used only a visual CPT. Although most CPTs use visual stimuli (see for instance, Conners et al., 2003;) there is an increased interest in auditory continuous performance tests (Aylward, Brager, & Harper, 2002; Lehman et al., 2006; Mahone et al., 2005; Tinius, 2003). In particular, auditory CPT scores were found to be related to classroom behaviors as reported by teachers (Mahone et al., 2005).

It is clear from previous studies that any changes in behavior associated with left-handedness are subtle. Therefore, the small sample size is another limitation of the present study.

Finally, it should be mentioned that impulsivity is considered a multifaceted construct. Dougharty et al., (2005) have suggested different laboratory behavioral measures of impulsivity to assess the various components of the construct. Therefore, it would be of interest to apply different laboratory behavioral measures of impulsivity rather than relying only on commission errors in the CVAT.

4.6. Conclusions

The present investigation supports the hypothesis that consistent left-handers show greater problems in the impulsive/hyperactivity domain as compared to right-handers. The handedness effect is exhibited even by the normal children. Thus, caution is necessary in the interpretation of the normative data on visual CPT (s), especially for left-handed subjects.

Declaration of Conflicting Interests

The author(s) declared no potential conflicts of interest with respect to the research, authorship, and publication of this article.

References

1. Ackerman, J. P., Llorenta M. M., Black M. M., Ackerman, C. S., Mayes, L. A., Nair, P. (2008). The effect of prenatal drug exposure a care giving context on children's performance on a task of sustained visual attention. *Journal of Developmental & Behavioral Pediatrics*, 29(6), 467- 474.
2. American Psychiatric Association. (2013) Diagnostic and statistical manual of mental disorders. 5th Edition (DSM- 5). American Psychiatric Association, Washington DC.
3. Annett, M. (1967). The binomial distribution of right mixed and left-handedness. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 19(4), 327-333.
4. Aylward, G. P., Brager, P., Harper, D. C. (2002). Relations between visual and auditory continuous performance tests in a clinical population: a descriptive study. *Developmental Neuropsychology*, 21(3), 285-303.
5. Barnett, K. J., Corballis, M., C. (2002). Ambidexterity and magical ideation. *Laterality*, 7, 75-84.
6. Bedwell, J. S., Kamath, V., Compton, M. T. (2009). The relationship between interviews based schizotypal personality dimension scores and the continuous performance test. *Schizophrenia Research*, 108(1-3) 158-162.
7. Bishop, D. V. M. (1990). Handedness and developmental disorder. Oxford: Mac Keith Press.
8. Brandler, W. M., Morris, A. P., Evans, D. M., Scerri, T. S., Kemp, J. P. (2013). Common variants in left/right asymmetry genes and pathways are associated with relative hand skill. *PloS Genetics*, 9(9), 1003751.
9. Brandler, W. M., Paracchini, S. (2014). The genetic relationship between handedness and neurodevelopmental disorders. *Trends Molecular Medicine*, 20, 83-90.
10. Bukowski, H., Dricot, L., Hanseeuw, B., Rossion, B. (2013). Cerebral lateralization of face-sensitive areas in left-handers: only the FFA does not get it right. *Cortex*, 49, 2583-2589.
11. Cai, Q., Van der Haegen, L., Brysbaert, M. (2013). Complementary hemispheric specialization for language production and visuospatial attention. *PNAS Plus. Psychological and Cognitive Sciences*, 110(4), E322–E330. doi: 10.1073/pnas.1212956110
12. Casey, B. J., Castellanos, X. F., Giedd, J. N., Marsh, W. L., Hamburger, S. D., Schubert, A. B., Vauss, Y. C., Vaituzis, C. A., Dickstein, D. P., Sarfatti, S. E., Rapoport, J. L. (1997). Implication of right Fronto-striatal circuitry in Response inhibition and Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *Journal of the American Academy of Child Adolescent Psychiatry*, 36(3), 374-83.

13. Chiang, H. L., Chen, Y. J., Lo, Y. C., Tseng, W. Y. I., Gau, S. S. F. (2015). Altered white matter tract property related to impaired focused attention, sustained attention, cognitive impulsivity and vigilance in attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal Psychiatry Neuroscience*, 40(5): 325-335. DOI: 10.1503/jpn.140106
14. Christman, S. D., Butler, M. (2011). Mixed-handedness advantages in episodic memory obtained under conditions of intentional learning extend to incidental learning. *Brain Cognition*, 77(1), 17-22.
15. Conners, C. K., Epstein, J. N., Angold, A., Klaric, J. (2003). Continuous performance test performance in a normative epidemiological sample. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 31(5), 555-558.
16. Dougherty, D. M., Mathias, C.W., Marsh, D. M. (2005). Laboratory behavioral measures of impulsivity. *Behavior Research Methods*, 37(1), 82-90.
17. Duecker, F., Formisano, E., Sack, A. T. (2013). Hemispheric differences in the voluntary control of spatial attention: direct evidence for a right-hemispheric dominance within frontal cortex. *Journal of Cognition Neuroscience*, 25, 1332-1342.
18. DuPaul, G. J., Anastopoulos, A. D., Shelton, T. L., Guevremont, D. C., Metevia, L. (1992). Multimethod assessment of attention deficit hyperactivity disorder: the diagnostic utility of clinic-based tests. *Journal of Clinical Child Psychology*, 21, 394-402.
19. Ellis, S. J., Ellis, P. J., Marshall, E. (1988). Hand preference in a normal population. *Cortex*, 24 157-163.
20. Epstein, J. N., Erkanli, A., Conners, C. K., Klaric, J., Costello, J. E., Angold, A. (2003). Relations between continuous performance test performance measures and ADHD behaviors. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 31(5), 543-554.
21. Fallgatter, A. J., Strik, W. K. (1997). Right frontal activation during the continuous performance test assessed with near-infrared spectroscopy in health subjects. *Neuroscience Letters*, 223, 89-92.
22. Fleitlich-Bilyk, B., Goodman, R. (2004). Prevalence of child and adolescent psychiatric disorders in southeast Brazil. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 43, 727-734.
23. Fontana, R. S., Vasconcelos V. M., Werner, Jr J., et al. (2007). ADHD prevalence in four Brazilian public schools. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*, 65, 134-137.

24. Francks, C., Maegawa, S., Laurén, J., Abrahams, B. S., Velayos-Baeza, A., Medland, S. E., Colella, S., Groszer, M., McAuley, E. Z., Caffrey, T. M., Timmusk, T., Pruunsild, P., Koppel, I., Lind, P. A., Matsumoto-Itaba, N., Nicod, J., Xiong, L., Joober, R., Enard, W., Krinsky, B., Nanba, E., Richardson, A. J., Riley, B. P., Martin, N. G., Strittmatter, S. M., Möller, H.-J., Rujescu, D., St. Clair, D., Muglia, P., Roos, J. L., Fisher, S. E., Wade-Martins, R., Rouleau, G. A., Stein, J. F., Karayiorgou, M., Geschwind, D. H., Ragoussis, J., Kendler, K. S., Airaksinen, M. S., Oshimura, M., DeLisi, L. E., Monaco, A. P. (2007). LRRTM1 on chromosome 2p12 is a maternally suppressed gene that is associated paternally with handedness and schizophrenia. *Molecular Psychiatry*, 12, 1129-1139.
25. Geschwind, D. H., Gregg, J., Boone, K., Karrim, J., Pawlikowska-Haddad, A., Rao, E., Ellison, J., Ciccodicola, A., D'Urso, M., Woods, R., Rappold, G. A., Swerdloff, R., Nelson, S. F. (1998). Klinefelter's syndrome as a model of anomalous cerebral laterality: testing gene dosage in the X chromosome pseudo autosomal region using a DNA microarray. *Developmental Genetics*, 23(3), 215-229.
26. Ghanizadeh, A. (2013). Lack of association of handedness with inattention and hyperactivity symptoms in ADHD. *Journal of Attention Disorder*, 17(4), 302-307.
27. Goetz, H., Zelnik, N. (2008). Handedness in patients with developmental coordination disorder. *Journal of Child Neurology*, 23(2), 151-154.
28. Groen, M. A., Whitehouse, A. J. O., Badcock, N. A., Bishop, D. V. M. (2013). Associations between Handedness and Cerebral Lateralization for Language: A Comparison of Three Measures in Children. *PLoS One*, 8(5), e64876.
29. Hardier, S. M., Wright, L. (2014). Differences between left- and right-handers in approach/avoidance motivation: influence of consistency of handedness measures. *Frontiers in Psychology*, 5, 134. . doi: 10.3389/fpsyg.2014.00134
30. Hill, E. L., Bishop, D. V. M. (1998). A reaching test reveals weak hand preference in specific language impairment and developmental co-ordination disorder. *Laterality*, 3 (4), 295-310.
31. Hirnstein, M., Hugdahl, K. (2014). Excess of non-right-handedness in schizophrenia: meta-analysis of gender effects and potential biases in handedness assessment. *British Journal of Psychiatry*, 205, 260-267.
32. Honey, G. D., Pomarol-Clotet, E., Corlett, P. R., Honey, R. A. E., Mckenna, P. J., Bullmore, E. T., Fletcher, P. C. (2005). Functional dysconnectivity in schizophrenia associated with attentional modulation of motor function. *Brain*, 128, 1597-2611.
33. Knecht, S., Dräger, B., Deppe, M., Bobe, L., Lohmann, H., Floel, A., Ringelstein, E.-B., Henningsen, H. (2000). Handedness and hemispheric language dominance in healthy humans. *Brain*, 123, 2512-2518.

34. Kosslyn, S. M. (1987). Seeing and imagining in the cerebral hemispheres: A computational approach. *Psychology Review*, 94(2), 148–175.
35. Kushner, H. I. (2012). Retraining left-handers and the etiology of stuttering: the rise and fall of an intriguing theory. *Laterality*, 17, 673-693.
36. Lent, R., Schmidt, S. L. (1992). The ontogenesis of the forebrain commissures and the determination of brain asymmetries. *Progress in Neurobiology*, 40, 249-276.
37. Lindell, A. K., Hudry, K. (2013). Atypicalities in cortical structure, handedness, and functional lateralization for language in autism spectrum disorders. *Neuropsychology Review*, 23, 257–270.
38. Lehman, E. B., Olson, V. A., Aquilino, S. A., Hall, L. C. (2006). Auditory and visual continuous performance tests – relationships with age, gender, cognitive functioning, and classroom behaviour. *Journal of Psycho educational Assessment*, 24, 36-51.
39. Luders, E., Cherbuin, N., Thompson, P. M., Gutman, B., Anstey, K. J., Sachdev, P., Toga, A. W. (2010). When more is less: associations between corpus callosum size and handedness lateralization. *Neuroimage*, 1, 52(1), 43-49.
40. Mahone, E., Pillion, J. P., Hoffman, J., Hiemenz, J. R., Denckla, M. B. (2005). Construct validity of the auditory continuous performance test for pre-schoolers. *Developmental Neuropsychology*, 27(1), 11-33.
41. McManus, I. C. (1984). Genetics of handedness in relation to language disorder. *Advances in Neurology*, 42, 125-138.
42. Mellet, E. (2014). Relationship between hand laterality and verbal and spatial skills in 436 healthy adults balanced for handedness. *Laterality*, 19 (4), 383-404.
43. Miranda, M. C., Sinnes, E. G., Pompéia, S., Bueno, O. F. A. (2008). A comparative study of performance in the Conners' continuous performances test between Brazilian and North American children. *Journal of Attention Disorders*, 11(5), 588-598.
44. Mitsis, E. M., McKay, E., Schulz, K. P., Newcorn, J. H., Halperin, J. (2000). Parent teacher concordance for DSM-IV attention-deficit/hyperactivity disorder in a clinic referred sample. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 39(3), 308-313.
45. Ogg, R. J., Zou, P., Allen, D. N., Hutchins, S. B., Dutkiewicz, R. M., Mulhern, R. K. (2008). Neural correlates of a clinical continuous performance test. *Magnetic Resonance Imaging*, 26, 504-512.

46. Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh Handedness Inventory. *Neuropsychologia*, 9, 97-113.
47. Petersen, S. E., Posner, M. I. (2012). The Attention System of the Human Brain: 20 Years After. *Annual Review Neuroscience*, 35, 73-89.
48. Poeta, L. S., Rosa-Neto, F. (2007). Motor assessment in school aged children with indicators of the attention deficit/hyperactivity disorder. *Revista de Neurologia*, 44, 146-149.
49. Polanczyk, G., Lima, M. S., Horta, B. L. Rohde, L. A. (2007). The worldwide prevalence of ADHD: A systematic review and metaregression analysis. *The American Journal of Psychiatry*, 164, 942-948.
50. Porac, C., Searleman, A. (2002). The effects of hand preference side and hand preference switch history on measures of psychological and physical well-being and cognitive performance in a sample of older adult right-and left-handers. *Neuropsychologia*, 40 (12), 2074-2083.
51. Posner, M. I., Petersen, S. E. (1990). The attention system of the human brain. *Annual Review Neuroscience*, 13, 25- 42.
52. Powell, J. L., Kemp, G. J., García-Finaña, M. (2012). Association between language and spatial laterality and cognitive ability: An fMRI study. *NeuroImage*, 59, 1818-1829.
53. Prichard, E., Propper, R. E., Christman, S. D. (2013). Degree of handedness, but not direction, is a systematic predictor of cognitive performance. *Frontiers Psychology*, 31, 4-9.
54. Propper, R. E., Christman, S. D., Phaneuf, K. A. (2005). A mixed-handed advantage in episodic memory: a possible role of interhemispheric interaction. *Memory & Cognition*, 33(4), 751-757.
55. Propper, R. E., Pierce, J., Geisler, M. W., Christman, S. D., Bellorado, N. (2012). Hemispheric asymmetry in frontal EEG: Inconsistent-right-handers are more right hemisphere active. *Open Journal of Medical Psychology*, 1(4), 86-90.
56. Reid, H. M., Norvilitis, J. M. (2000). Evidence for anomalous lateralization across domain in ADHD children as well as adults identified with the Wender Utah rating scale. *Journal of Psychiatric Research*, 34, 311-316.
57. Riccio, C. A., Cohen, M. J., Hynd, G. W., Keith, R. W. (1996). Validity of the auditory continuous performance test in differentiating central processing auditory disorders with and without ADHD. *Journal of Learning Disabilities*, 29, 561-566.

58. Riccio, C. A., Reynolds, C. R., Lowe, P., Moore, J. J. (2002). The continuous performance test: a window on the neural substrates for attention. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 17, 235-272.
59. Rodriguez, A., Waldenström, U. (2008). Fetal origins of child non-right-handedness and mental health. *The Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 49, 967-976.
60. Rodriguez, A., Kaakinen, M., Moilanen, I., Taanila, A., McGough, J. L., et al. (2010). Mixed-handedness is linked to mental health problems in children and adolescents. *Pediatrics*, 125, 340-348.
61. Rohde, L. A., Biederman, J., Busnello, E. A., Zimmermann, H., Schmitz, M., Martins, S., et al. (1999). ADHD in a school sample of Brazilian adolescents: A study of prevalence, comorbid conditions, and impairments. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 38, 716-722.
62. Rolfe, M. H. S., Hausmann, M., Waldie, K. E. (2006). Hemispheric functioning in children with subtypes of attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal of Attention Disorders*, 10, 20-27.
63. Rommelse, N. N., Altink, M. E., Oosterlaan, J., Buschgens, C. J., Buitelaar, J., De Sonneville, L. M., Sergeant, J. A. (2007). Motor control in children with ADHD non-affected siblings: deficits most pronounced using the left hand. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 48, 1071-1079.
64. Rosvold, H. E., Mirsky, A. F., Sarason, I., Bransome, Jr E. D., Beck, L. H. (1956). A continuous performance test of brain damage. *Journal of Consulting Psychology*, 20 (5), 343-350.
65. Sainburg, R. (2014). Convergent models of handedness and brain lateralization. *Front. Psychol.* <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01092>
66. Sandson, T. A., Bachna, K. J., Morin, M. D. (2000). Right hemisphere dysfunction in ADHD: visual hemispatial inattention and clinical subtype. *Journal of Learning Disabilities*, 33, 83-90.
67. Scerri, T. S., Brandler, W. M., Paracchini, S., Morris, A. P., Ring, S. M., et al. (2011). PCSK6 is associated with handedness in individuals with dyslexia. *Human Molecular Genetics*, 20, 608-614.
68. Schmidt, S. L., Oliveira, R. M., Krahe, T. E., Filgueiras, C. C. (2000). The effects of hand preference and gender on finger tapping performance asymmetry by the use of an infra-red light measurement device. *Neuropsychologia*, 38, 529-534.
69. Schmidt, S. L., Oliveira, F. R., Rocha, Abreu-Villaça, Y. (2000a). Influences of Handedness and Gender on the Grooved Pegboard Test. *Brain and Cognition*, 44, 445-454.

70. Schmidt, S. L., Snyder, T. J., Roget, A. C., Gray, E. (2000b). Empirical analysis of the selective attention and associated behaviour checklists of the Aggregate neurobehavioral student health and educational review. *Journal of Developmental Behavioral Pediatrics*, 21, 165-171.
71. Schmidt, S. L., Correa, P. L., Tolentino, J. C., Manhães, A. C., Felix, R. M., Azevedo, J. C., Barbirato, G. B., Mendes, M. H. F., Boechat, Y., Cabral, H., Schmidt, G. J., Dohmann, H. F., Mesquita, C. (2008). Value of combining activated brain FDG-PET and cardiac MIBG for the differential diagnosis of dementia with Lewy Bodies and Alzheimer Disease when the diagnoses based on clinical and neuroimaging criteria are difficult. *Clinical Nuclear Medicine*, 33, 398-401.
72. Snyder, P. J., Harris, L. J. (1993). Handedness, sex, and familial sinistrality effects on spatial tasks. *Cortex*, 29 (1), 115-34.
73. Sullivan, K., Halton, D. D., Hammer, J. Sideris, J., Hooper, S., Ornstein, P. A., Bailley, D. B. Jr. (2007). Sustained attention and response inhibition in boys with fragile X syndrome: measures of continuous performance. *American Journal of Medical Genetics B. Neuropsychiatric*, 144B (4), 517-532.
74. Swanson, J. M., Kinsbourne, M., Nigg, J., Lanphear, B., Stefanatos, G. A., Volkow, N., Taylor, E., Casey, B. J., Castellanos, F. X., Wadhwa, P. D. (2007). Etiologic subtypes of attention-deficit/hyperactivity disorder: brain imaging, molecular genetic and environmental factors and the dopamine hypothesis. *Neuropsychological Review*, 17, 39-59.
75. Tinius, T. P. (2003). The integrated visual and auditory continuous performance test as a neuropsychological measure. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 18, 439-454.
76. Tzourio-Mazoyer, N., Crivello F., Mellet E., Nkanga-Ngila B., Mazoyer B. (1998). Functional dominance for speech comprehension in left-handers versus right-handers. *Neuroimage*, 8, 1-16.
77. Tzourio-Mazoyer, N., Petit, L., Zago, L., Crivello, F., Vinuesa, N., Joliot, M., Jobard, G., Mellet, E., Mazover, B. (2015). Between-hand difference in ipsilateral deactivation is associated with hand lateralization: fMRI mapping of 284 volunteers balanced for handedness. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9, 5. <http://dx.doi.org/10.3389/fnhum.2015.00005>
78. Uno M., Abe, J., Sawai, C., Sakaue, U., Nishitani, A., Yasuda, Y., Tsuzuki, K., Takano, T., Ohno, M., Maruyama, T., Takeuchi, Y. (2006). Effect of additional auditory and visual stimuli on continuous performance test (noise-generated CPT) in AD/HD children – usefulness of noise-generated CPT. *Brain & Development*, 28, 162-169.
79. Willems, R. M., Peelen, M. V., Hagoort, P. (2010). Cerebral lateralization of face-selective and body-selective visual areas depends on handedness. *Cerebral Cortex*, 20 1719-1725.

80. Willems R. M., Der Haegen, L. V., Fisher, S. E., Francks, C. (2014). On the other hand: including left-handers in cognitive neuroscience and neurogenetics. *Nature Reviews Neuroscience*, 15, 193-201.

APÊNDICE B - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, Eunice do Nascimento Simões, Psicóloga, com registro no Conselho Federal de Psicologia, identificado pelo número: 05/10070, pesquisador vinculado à Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro - UNIRIO, e ao Hospital Geral de Ipanema, sob orientação do Prof. Dr. Sergio Luís Schmidt, responsável pela pesquisa: *Desempenho em Testes Computadorizados de Atenção: Influência da preferência manual e da presença de distúrbios atencionais*, estou fazendo um convite para seu filho participar como voluntário desse estudo.

Esta pesquisa pretende identificar se a criança apresenta déficit de atenção. Acreditamos que este estudo seja importante porque irá contribuir para o diagnóstico mais preciso do Transtorno do déficit de Atenção e hiperatividade (TDAH). Para isso será feita uma testagem da capacidade de atenção da criança através do Teste Computadorizado de Atenção TCA. Este teste tem a duração de 15 minutos e sua execução é uma tarefa simples: será solicitado que a criança pressione a barra de espaço do microcomputador quando um estímulo visual (alvo específico), aparecer na tela. Não são esperados que aconteçam quaisquer desconfortos ou que a participação coloque em risco seu filho. Durante todo o período da pesquisa você terá o direito de tirar qualquer dúvida ou pedir qualquer outro esclarecimento, bastando para isso entrar em contato, com o pesquisador pelos telefones: (021) 999116651/ (021) 22642123, ou entrar em contato com a Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP). Você tem garantido o direito de não aceitar participar ou de retirar sua permissão, a qualquer momento, sem nenhum tipo de prejuízo ou retaliação, pela sua decisão. As informações desta pesquisa serão confidenciais, e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre sua participação. Os gastos necessários para a participação de seu filho na pesquisa serão assumidos pelo pesquisador responsável. Fica também garantida indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extrajudicial.

AUTORIZAÇÃO

Eu, (**), responsável pelo menor (**), após a leitura deste documento e após ter tido a oportunidade de conversar com o pesquisador responsável, para esclarecer todas as minhas dúvidas, acredito estar suficientemente informado, ficando claro para mim que a participação de meu filho é voluntária e que posso retirar este consentimento a qualquer momento sem penalidades ou perda de qualquer benefício. Estou ciente também dos objetivos da pesquisa, dos procedimentos aos quais serei submetido, dos possíveis danos ou riscos deles provenientes e da garantia de confidencialidade e esclarecimentos sempre que desejar. Diante do exposto expresso minha concordância de espontânea vontade em autorizar meu filho a participar deste estudo.

Assinatura do voluntário ou de seu representante legal.

Assinatura de uma testemunha.

ANEXO A - Formulário de Autorização



Rio de Janeiro, 30 de abril de 2014.

Requerimento de Autorização

A instituição de ensino, Escola Carolina de Andrade Patrício Ltda, nome fantasia Escola Carolina Patrício, com sede à Estrada da Gávea, 722, São Conrado, Rio de Janeiro, Cep: 22610-002, representada pela autoridade educacional e diretora geral de ensino, Profª Noemi Patrício do Nascimento Simões, após a leitura do projeto de pesquisa proposto pela pesquisadora vinculada à Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro — UNIRIO e psicóloga com registro no Conselho Federal de Psicologia identificado pelo número: 05/10070. Eunice Simões, vem por meio desta declaração autorizar a realização do estudo sobre o “Desempenho em testes computadorizados de atenção: influência da preferência manual e da presença de distúrbios atencionais”, junto às turmas do ensino fundamental desta instituição.

Ciente de todos os objetivos da pesquisa, garantia de confidencialidade dos dados levantados procedimentos e métodos empregados fica expressa a concordância de espontânea vontade em participar da pesquisa.

Noemi P. N. Simões

Noemi Patrício do Nascimento Simões

Noemi P. N. Simões
Diretora
7143-MEC

ESCOLA CAROLINA PATRÍCIO - UNIDADE SÃO CONRADO
Autorização Portaria E/SUBE/CED/GREnº 1990 (Educação Infantil)
Reconhecimento Port. 9710/ECDAT/19/07/89(Ensino Fundamental I e II)
CNPJ 30.298.376/0001-95
Estrada da Gávea., 722 - São Conrado - RJ - CEP 22610-000 - Tel: 3322.0021/1794/4160