

GUILHERME MENEZES LAGE

ASSOCIAÇÃO ENTRE IMPULSIVIDADE E CONTROLE MOTOR

BELO HORIZONTE

INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS DA UFMG

2010

GUILHERME MENEZES LAGE

ASSOCIAÇÃO ENTRE IMPULSIVIDADE E CONTROLE MOTOR

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Neurociência do Instituto de Ciências Biológicas, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Neurociência.

Área de Concentração: Neurociência Básica

Orientador: Prof. Dr. Humberto Corrêa da Silva
Filho

Co-Orientador: Prof. Dr. Leandro Fernandes
Malloy-Diniz

BELO HORIZONTE

INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS DA UFMG

2010

Lage, Guilherme Menezes

Associação entre impulsividade e controle motor.
[manuscrito] / Guilherme Menezes Lage. – 2010
149 f. : il. ; 29,5 cm

Orientador: Humberto Corrêa da Silva Filho. Co-orientador:
Leandro Fernandes Malloy-Diniz.

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

1. Impulso – Teses. 2. Coordenação motora – Teses. 3.
Capacidade motora – Teses. 4. Psicologia do movimento –
Teses. 5. Processos percepto-motores - Testes – Teses. 6 .
Neurociências - Teses. 7. Comportamento impulsivo. I. Silva
Filho, Humberto Corrêa da. II. Malloy-Diniz, Leandro
Fernandes. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto
de Ciências Biológicas. IV. Título.

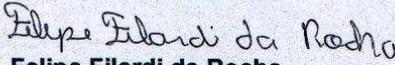
CDU: 612.821

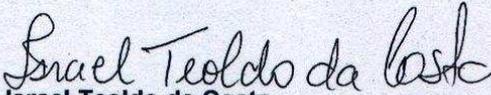
"Associação entre impulsidade e controle motor"

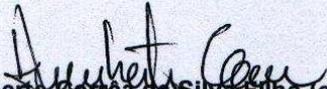
Dissertação defendida em 14/12/2010.

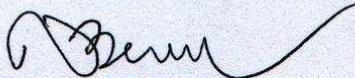
Resultado:

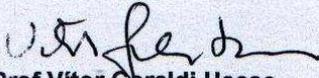
Banca Examinadora:


Prof. Felipe Filardi da Rocha
Unileste - MG


Prof. Israel Teoldo da Costa
UFV- MG


Prof. Humberto Corrêa da Silva Filho (orientador)
UFMG


Prof. Rodolfo Novellino Benda
UFMG


Prof. Vitor Geraldi Haase
UFMG

AGRADECIMENTOS

Ao **Prof. Humberto Corrêa**, por ter acreditado e apoiado a minha proposta de doutorado. Obrigado, essa foi uma oportunidade única de aprendizagem! Isso só ocorre quando o orientador está aberto a interação entre diferentes áreas do conhecimento.

Ao **Prof. Leandro Malloy-Diniz**, meu maior motivador ao longo dessa trajetória. Obrigado pelo apoio e amizade, seria impossível sem a sua participação. De uma parceria acadêmica conseguimos gerar o melhor produto: uma grande amizade.

A **Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG)** e a **Fundação Nacional de Desenvolvimento do Ensino Superior Particular (FUNADESP)** pelo apoio financeiro.

A **Profa. Marisa Antonini Bastos**, obrigado pela amizade e o apoio institucional.

Aos **neuropsicólogos Suzana Abrantes, Paulo Moraes e Alina Vasconcelos**, obrigado pela amizade e apoio ao longo do estudo.

A **educadora física Gabriela Junqueira** e ao **aluno do curso de Educação Física, Alexandre Valentini**, obrigado pela amizade e pelo apoio nas coletas motoras.

Ao **Prof. Rodolfo Benda**, responsável pela minha inserção no meio acadêmico. Obrigado, você me inspirou e continua me inspirando como amigo e pesquisador.

Aos membros da banca examinadora, **Prof. Vítor Haase, Prof. Fernando Neves, Prof. Israel Costa e Prof. Felipe Filardi**, pela análise crítica do trabalho e contribuições para a versão final.

Ao **Prof. Herbert Ugrinowistch e aos integrantes do GEDAM**, vocês são minha referência no comportamento motor ao longo desses anos.

Ao **Maicon**, pela amizade e apoio na confecção da versão final do trabalho.

Aos **biomédicos Lorena Oliveira, Gabriel Aguiar, Fernanda Nicole, Rejane Lopes** pelo apoio nas coletas.

À toda minha família, especialmente ao meus pais, **Dilton e Lúcia**. Obrigado, sem vocês todo esse processo que durou 10 anos seria impossível!

Às **peças mais importantes da minha vida: PATRÍCIA e GABRIEL**. Amo vocês! Obrigado pelo apoio incondicional e me desculpem pelas horas de afastamento, cansaço e impaciência. DEDICO ESSE TRABALHO A VOCÊS!

RESUMO

ASSOCIAÇÃO ENTRE IMPULSIVIDADE E CONTROLE MOTOR

Autor: Guilherme Menezes Lage

Orientador: Prof. Dr. Humberto Corrêa da Silva Filho

Co-Orientador: Prof. Dr. Leandro Fernandes Malloy-Diniz

Diferentes expressões do comportamento são relacionadas à impulsividade. Três características usualmente encontradas no comportamento impulsivo são os déficits na inibição de respostas, a intolerância ao atraso de gratificação e a falta de foco na tarefa que está sendo executada. O primeiro comportamento é denominado de impulsividade motora, o segundo é definido como impulsividade por falta de planejamento e o último é denominado de impulsividade atencional. Esse estudo teve como objetivo investigar a associação dessas dimensões da impulsividade com o controle de apontamento manual. Foram administrados dois testes neuropsicológicos a 125 participantes saudáveis para mensurar seus níveis de impulsividade motora, por falta de planejamento e atencional. Uma tarefa motora manual de apontamento com diferentes demandas percepto-motoras foi aplicada. Foram conduzidas análises fatoriais e regressões lineares múltiplas para testar as hipóteses de que as dimensões motora e atencional da impulsividade são variáveis de interferência no controle motor. Os resultados indicaram que impulsividade motora está associada ao controle motor. As outras dimensões da impulsividade não se correlacionaram com o controle de movimentos manuais. Esses achados são discutidos em termos de substratos neurobiológicos associados com o controle motor e o comportamento impulsivo.

Palavras-chave: Impulsividade; Comportamento impulsivo; Controle motor; Movimentos de apontamento.

ABSTRACT
ASSOCIATION BETWEEN IMPULSIVITY AND MOTOR CONTROL

Author: Guilherme Menezes Lage

Advisor: Prof. Dr. Humberto Corrêa da Silva Filho

Co-Advisor: Prof. Dr. Leandro Fernandes Malloy-Diniz

Different expressions of behaviors are related to the impulsivity. Three usually characteristics found in impulsive behavior are the deficits on response inhibition, the intolerance to delay gratification and the lack of focus on the task at hand. The former behavior is denominated motor impulsivity, the second non-planning impulsivity and the last attentional impulsivity. This study aimed to investigate the association of these dimensions of impulsivity with the manual aiming control. We administered two neuropsychological tests to 125 healthy participants to measure their levels of motor, non-planning and attentional impulsivity. A manual aiming motor task with different perceptual-motor demands was also applied. Factor analyses and multiple linear regressions were conducted to test the hypotheses that motor and attentional impulsivity are variable of interference on motor control. The results indicated that motor impulsivity is related to the motor control. The other dimensions were not correlated with the control of manual movements. These findings are discussed in terms of neurobiological substrates associated with both motor control and impulsive behavior.

Keywords: Impulsivity; Impulsive behavior; Motor control; Aiming movements.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1: Funções de compromisso (<i>trade-off</i>) em contextos de maior exigência de acurácia ou de latência da resposta.....	20
FIGURA 2: Complexidade motora na visão de Serrien, Ivry e Swinnen (2007).	25
FIGURA 3: A decomposição do tempo de movimento através de análise cinemática mostra dois momentos distintos do controle motor.	29
FIGURA 4: Maior duração do 1º submovimento por parte dos menos impulsivos comparados aos mais impulsivos (LEMKE, 2005; LEMKE <i>et al.</i> , 2005).. ..	31
FIGURA 5: Representação das quatro condições (A= condição controle; B= condição distrator; C= condição inibição de resposta; D= condição difícil).	42
FIGURA 6: Representação do alinhamento corporal em relação aos aparatos.....	43

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Média e desvio-padrão dos escores obtidos nos testes neuropsicológicos e do tempo de reação dos participantes no CPT-II.	48
TABELA 2: Média e desvio-padrão das medidas de desempenho motor na condição controle.	49
TABELA 3: Média e desvio-padrão das medidas de desempenho motor na condição distrator.	49
TABELA 4: Média e desvio-padrão das medidas de desempenho motor na condição difícil.	50
TABELA 5: Comunalidades encontradas na análise.....	51
TABELA 6: Matriz de cargas fatoriais rotacionadas entre as variáveis e os fatores extraídos.....	52
TABELA 7: Correlação entre variáveis motoras na condição controle e os fatores latentes das medidas neuropsicológicas.....	54
TABELA 8: Correlação entre variáveis motoras na condição distrator e os fatores latentes das medidas neuropsicológicas.....	54
TABELA 9: Correlação entre fatores neuropsicológicos e variáveis motoras na condição difícil.....	55
TABELA 10: Resumo do modelo de regressão linear ajustado para a variável tempo de reação do modelo.....	57
TABELA 11: Resumo do modelo de regressão linear ajustado para a variável tempo de reação do modelo.....	57
TABELA 12: Resumo do modelo de regressão linear ajustado para a variável tempo de reação do modelo.....	58
TABELA 13: Resumo do modelo de regressão linear ajustado para a variável número de correções no 2º submovimento do modelo.	59
TABELA 14: Resumo do modelo de regressão linear ajustado para a variável número de correções no 2º submovimento do modelo.	60

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE 01: Escores obtidos pelos sujeitos nos testes neuropsicológicos	130
APÊNDICE 02: Médias do desempenho motor na condição controle.....	134
APÊNDICE 03: Médias do desempenho motor na condição distrator.....	138
APÊNDICE 04: Médias do desempenho motor na condição difícil	142
APÊNDICE 05: Frequência absoluta de erros: precisão espacial e inibição de resposta	146

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1. Impulsividade	14
2.2. Associação entre impulsividade e o controle motor	20
2.3. Associação entre impulsividade e o controle motor de movimentos manuais de apontamento	27
3. OBJETIVO E HIPÓTESES.....	35
3.1. Objetivo geral	35
3.2. Objetivos específicos	35
3.3. Hipóteses de estudo.....	35
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	37
4.1. Amostra.....	37
4.2. Instrumento e procedimentos de coleta de dados.....	38
4.2.1. Coleta de dados dos testes neuropsicológicos	39
4.2.2. Coleta de dados da tarefa motora	40
4.3. Procedimentos de análise dos dados.....	43
4.3.1. Variáveis motoras.....	43
4.4. Procedimentos estatísticos.....	45
4.5. Cuidados éticos.....	47
5. RESULTADOS	48
5.1. Análise descritiva das medidas neuropsicológicas.....	48
5.2. Análise descritiva das medidas motoras	49
5.2.1. Condição controle	49
5.2.2. Condição distrator	49
5.2.3. Condição difícil	50
5.2.4. Condição inibição da resposta	50
5.2.5. Análise da normalidade dos dados e transformação logarítmica	50
5.3. Análise fatorial para redução das variáveis neuropsicológicas	51
5.4. Análise de correlação para seleção de variáveis	53
5.5. Análise de múltipla regressão	56
5.5.1. Tempo de reação condição controle	56
5.5.2. Tempo de reação condição distrator	57

5.5.3. Tempo de reação condição difícil.....	58
5.5.4. Número de correções no 2º submovimento condição distrator	59
5.5.5. Número de correções no 2º submovimento condição índice de dificuldade....	59
5.5.6. Número de erros de precisão condição difícil.....	59
6. DISCUSSÃO	61
7. CONCLUSÃO.....	71
REFERÊNCIAS.....	73
ANEXO 01: Aprovação do projeto 42/2007 “Associação entre controle motor e polimorfismos genéticos ligados a função serotoninérgica em adultos saudáveis”.....	80
ANEXO 02: Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG	82
ANEXO 03: Artigo submetido ao periódico Human Movement Science.....	83
ANEXO 04: Artigo aceito para publicação (05/01/2011) no periódico PloS ONE....	117
APÊNDICE 01: Escores obtidos pelos sujeitos nos testes neuropsicológicos	130
APÊNDICE 02: Médias do desempenho motor na condição controle.....	134
APÊNDICE 03: Médias do desempenho motor na condição Distrator	138
APÊNDICE 04: Médias do desempenho motor na condição difícil	142
APÊNDICE 05: Frequência absoluta de erros: precisão espacial e inibição de resposta.....	146

1. INTRODUÇÃO

O estudo do comportamento motor em suas diferentes dimensões deve levar em consideração a influência de fatores psicológicos tais como os estados emocionais (COOMBES; JANELLE; DULEY, 2005; COELHO; TOLOCKA, 2010), representações mentais (MUNZERT; LOREY; ZENTGRAF, 2009) e processos cognitivos (WENDEROTH; WEIGELT, 2009). O desempenho motor, longe de envolver só a ativação de respostas motoras, envolve, entre outras variáveis, a relação do indivíduo com o contexto em que a atividade ocorre e a ação conjunta de processos mentais como a atenção, memória, tomada de decisões, controle sobre respostas prepotentes.

Recentemente, os avanços nas diferentes ciências cognitivas e comportamentais (ex. neurociências e psicologia) têm impulsionado o interesse pelo estudo das relações complexas entre variáveis como controle motor e cognição (DIAMOND, 2000). De acordo com Diamond (2007), evidências da existência de uma relativa sobreposição entre os circuitos neurais que subsidiam funções cognitivas e motoras têm destacado a interdependência no desenvolvimento da motricidade e da cognição.

De particular interesse, tem sido o estudo da relação entre funções cognitivas, denominadas funções executivas e o comportamento motor, tendo em vista que ambas estão relacionadas à atividade dopaminérgica de circuitos fronto-estriatais (BRADSHAW, 2001). As funções executivas consistem em um conjunto de habilidades cognitivas que de forma integrada permitem ao indivíduo direcionarem comportamentos a metas, avaliar a eficácia e adequação destes comportamentos, abandonarem estratégias menos eficazes em prol de outras mais eficientes e desse

modo, resolver problemas em curto, médio e longo prazo (MALLOY-DINIZ *et al.*, 2008b).

Embora as funções executivas envolvam diferentes domínios cognitivos, um dos mais importantes para adaptação humana consiste no controle sobre o comportamento evitando respostas impulsivas. Os circuitos fronto-estriatais parecem estar diretamente relacionados com o aumento na frequência de comportamentos impulsivos (BECHARA; VAN DER LINDEN, 2005). Conforme salientado por Moeller *et al.* (2001), existem diferentes padrões de impulsividade os quais podem incluir mudanças de ação sem um julgamento prévio, comportamentos emitidos sem que sejam precedidos de reflexão ou tendência em agir com menos cautela do que outros indivíduos com mesmo nível intelectual. De acordo com o modelo de tríplice impulsividade proposto por Barratt (PATTON; STANFORD; BARRATT, 1995), o construto da impulsividade é complexo e pode ser dividido em dimensões relativamente independentes, quais sejam a dimensão motora (déficit na inibição de respostas prepotentes), atencional (incapacidade de resistir a estímulos distratores irrelevantes) e por falta de planejamento (incapacidade de considerar as consequências de uma ação em escala temporal, priorizando de forma irrefletida os ganhos de curto prazo).

Os diferentes padrões de impulsividade podem aparecer em diversas situações do dia a dia onde o indivíduo deve sustentar longos intervalos antes de emitir uma resposta ou atingir um objetivo (aversão à demora), inibir comportamentos inapropriados para os quais existe uma forte tendência (descontrole inibitório) ou postergar gratificação (dependência de reforço imediato) (MOBINI *et al.*, 2006).

Entretanto, pouco se sabe sobre a relação entre o controle motor de movimentos de apontamento manual e as diferentes dimensões da impulsividade. Os movimentos de apontamento caracterizam-se por movimentos rápidos e precisos de direcionamento a um alvo, os quais podem apresentar diferentes demandas percepto-motoras (ELLIOTT; CHUA, 1996). Por exemplo, existem situações nas quais a inibição de respostas prepotentes é exigida devido às mudanças no contexto de execução. Em outros momentos, mesmo sob forte influência de estímulos distratores, o executante deve se manter focado na execução para que a meta seja alcançada com sucesso. Diante das evidências de (1) sobreposição entre os circuitos neurais que subsidiam funções cognitivas e motoras e da (2) existência de situações de controle motor manual nas quais padrões de comportamento podem influenciar na qualidade do desempenho, é plausível assumir que as diferentes dimensões da impulsividade estejam associadas a diferentes aspectos do controle motor.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Impulsividade

A impulsividade é um padrão comportamental caracterizado por várias manifestações como a produção de respostas rápidas sem uma reflexão adequada e erros devido ao baixo foco atencional e perceptivo na tarefa em questão (MOELLER *et al.*, 2001; MOBINI *et al.*, 2006). O impacto desse tipo de comportamento na vida pessoal é observado em diferentes domínios sendo associado, por exemplo, a baixo rendimento acadêmico, abuso no uso de substâncias tóxicas e agressividade (SPINELLA, 2004). A impulsividade é observada em um amplo espectro de transtornos psiquiátricos, dos quais podemos destacar o transtorno de atenção e hiperatividade (MALLOY-DINIZ *et al.*, 2007), o transtorno bipolar (MALLOY-DINIZ *et al.*, 2008a), o transtorno obsessivo compulsivo (Da ROCHA *et al.*, 2008) e o jogo patológico (FUENTES *et al.*, 2006). O fenótipo impulsivo é também observado em populações não-clínicas (ENTICOTT; OGLOFF; BRADSHAW, 2006), sendo a magnitude e a frequência dos possíveis danos causados por esse tipo de comportamento que difere o estado patológico do normal.

Pesquisadores como Barkley (1997; 2001), Enticott, Ogloff e Bradshaw (2006) e Logan, Schachar e Tannock (1997) consideram que o déficit na inibição de respostas prepotentes é o principal mecanismo subjacente ao fenótipo impulsivo. No entanto, existem visões teóricas divergentes que entendem a impulsividade como um fenótipo composto por domínios independentes (MALLOY-DINIZ, 2008). Por exemplo, Barrat e colegas (PATTON; STANFORD; BARRAT, 1995) propõem a existência de três diferentes dimensões da impulsividade: a impulsividade por falta de atenção, ou impulsividade atencional (emissão de comportamentos inadequados, descontextualizados devido a déficits na capacidade de atenção sustentada), a

impulsividade motora (emissão de comportamentos de rompante, sem um julgamento prévio ou motivados pelo “calor” do momento) e a impulsividade por falta de planejamento (dificuldades observadas na tomada de decisões, caracterizadas pelo foco nas recompensas momentâneas em detrimento das consequências de longo prazo).

Bechara e colegas (BECHARA; DAMASIO; DAMASIO, 2000; BECHARA; VAN der LINDEN, 2005) propuseram um modelo multidimensional de impulsividade semelhante ao de Barrat (PATTON; STANFORD; BARRAT, 1995), no qual são descritos três padrões de impulsividade distintos funcionalmente: (1) impulsividade motora, associada a déficits na inibição de respostas; (2) impulsividade cognitiva por dificuldades de atenção/memória de trabalho, associada a dificuldades em excluir informações irrelevantes da memória de trabalho, o que resulta em déficit atencional; (3) impulsividade cognitiva por dificuldades de tomada de decisões, dificuldades em postergar gratificações e orientação para o presente, em detrimento das consequências de longo prazo de um determinado comportamento (MALLOY-DINIZ, 2008). A impulsividade cognitiva por dificuldades de atenção/memória de trabalho é análoga à impulsividade atencional proposta por Barrat (PATTON; STANFORD; BARRAT, 1995), assim como a impulsividade cognitiva por dificuldades de tomada de decisões é equivalente à impulsividade por falta de planejamento.

Um ponto forte do modelo de Bechara (BECHARA; DAMASIO; DAMASIO, 2000; BECHARA; VAN DER LINDEN, 2005) é que os diferentes padrões de impulsividade são analisados não somente no aspecto funcional, mas também em termos de correlatos com substratos neurobiológicos. Circuitos envolvendo o córtex pré-frontal têm um papel decisivo na etiologia do comportamento impulsivo (MALLOY-DINIZ, 2008). Cinco circuitos frontais subcorticais paralelos estão

relacionados a funções distintas, sendo eles o motor, óculo-motor, dorsolateral, orbitofrontal e cíngulo anterior (BRADSHAW, 2001). Desses, três circuitos pré-frontais (dorsolateral, orbitofrontal e cíngulo anterior) estão particularmente envolvidos em diferentes tipos de impulsividade (MALLOY-DINIZ, 2008). Por exemplo, dissociação neuroanatômica da impulsividade motora e por falta de planejamento é encontrada em pacientes que sofreram lesões no córtex pré-frontal ventromedial. Esses pacientes apresentam baixa capacidade para atraso de gratificação, comportamento relacionado à impulsividade por falta de planejamento, mas não apresentam alterações na capacidade de inibição de respostas prepotentes, comportamento relacionado à impulsividade motora.

O circuito dorsolateral subcortical é de particular importância na qualidade das funções executivas sendo que disfunções em seus componentes podem ocasionar aumento da impulsividade motora e por falta de atenção (BECHARA; VAN DER LINDEN, 2005). Já o circuito orbitofrontal é densamente interconectado com áreas de processamento cognitivo e emocional. O comprometimento de componentes do circuito orbitofrontal lateral estão geralmente associados a comportamentos de risco e alteração da personalidade, assinalada por (1) redução da sensibilidade às normas sociais, (2) infantilização, (3) dependência de reforço evidente e (4) baixa tolerância à frustração. O paciente passa a apresentar dificuldades nos processos de tomada de decisões pela não antecipação de futuras consequências de suas atitudes. E por fim, o circuito do cíngulo está associado à motivação, monitoração de comportamentos, controle executivo da atenção, seleção e controle de respostas. Na medida em que a impulsividade por falta de atenção é particularmente dependente do controle sobre os processos atencionais, este padrão de impulsividade pode estar relacionado ao funcionamento desse circuito (MALLOY-DINIZ, 2008).

Além do estudo sobre as estruturas neurais relacionadas à impulsividade (ex. BECHARA; DAMASIO; DAMASIO, 2000; BECHARA; VAN DER LINDEN, 2005), observa-se a linha de investigação baseada no papel da neurotransmissão sobre esse fenótipo. São encontradas na literatura científica evidências da associação da impulsividade com as funções do sistema serotoninérgico (REIF *et al.*, 2007; ROGERS *et al.*, 2003) e dopaminérgico (CONGDON; LESCH; CANLI, 2008; LIMOSIN *et al.*, 2003) em humanos.

Associação entre impulsividade e funções do sistema serotoninérgico em humanos tem sido encontrada na análise de comportamentos relacionados à hetero-agressividade (REIF *et al.*, 2007), à auto-agressividade (TURECKI, 2005) e à falta de planejamento e dificuldades no processo de tomada de decisões (ROGERS *et al.*, 2003), dentre outros. O mesmo padrão de achados tem sido observado em relação ao sistema dopaminérgico. A hipofunção do sistema dopaminérgico tem sido relacionada tanto à impulsividade motora (CONGDON; LESCH; CANLI, 2008), quanto à impulsividade relacionada à dependência de gratificação (LIMOSIN *et al.*, 2003). De forma geral, os resultados de estudos que utilizaram análises bioquímicas mostram que baixos níveis de atividade serotoninérgica e dopaminérgica no cérebro estão relacionados à impulsividade (ALUJA *et al.*, 2009; KIELING *et al.*, 2006).

Dentre as variações alélicas encontradas nesses sistemas que estão associadas à impulsividade destaca-se (1) o 5HTTLPR, um polimorfismo localizado no cromossomo 17, na região promotora do gene do transportador de serotonina; (2) o alelo de 10 repetições de um VNTR na região 3' não traduzida do gene do transportador da dopamina (DAT1); (3) o alelo de 7 repetições de VNTR no terceiro exon do gene do receptor D4 da dopamina (KIELING *et al.*, 2006). No caso do 5HTTLPR, duas variantes alélicas conhecidas como variantes longa (L) e curta (S)

são observadas (CORREA *et al.*, 2004). O alelo S leva a uma menor transcrição da proteína transportadora de serotonina comparado ao alelo L (LESCH *et al.*, 1996) e está associada à impulsividade atencional e impulsividade geral em sujeitos saudáveis (SAKADO *et al.*, 2003). O alelo de 10 repetições de um VNTR na região 3' não traduzida do gene do transportador da dopamina (DAT1) tem sido associado à impulsividade, refletindo este comportamento no controle motor através de déficits na inibição de respostas motoras (CONGDON; LESCH; CANLI, 2007). Expressões semelhantes têm sido encontradas no alelo de 7 repetições de VNTR no terceiro exon do gene do receptor D4 da dopamina (KIELING *et al.*, 2006).

De forma geral, a maioria dos estudos sobre impulsividade aborda essa característica do comportamento como algo negativo, disfuncional, independente do contexto ou do domínio humano em que está sendo analisada. O universo comportamental que reflete impulsividade incorpora ações que parecem ser pobremente planejadas e controladas, prematuramente expressas, realizadas com alto risco ou inapropriadas para o contexto resultando frequentemente em consequências indesejáveis (DARUNA; BARNES, 1993). Quando essas ações apresentam resultados positivos, caracterizados pelo bom desempenho, as pessoas tendem a classificá-las não como sinal de impulsividade, mas como um indicativo de espontaneidade, rapidez, coragem ou criatividade (DICKMAN, 1993). Por exemplo, Eysenck (1993) sugere que o termo impulsividade deveria ter seu uso restrito à noção de comportamento disfuncional. Os comportamentos rápidos, automáticos que resultam em aspectos funcionais deveriam ser denominados como “espontaneidade”.

Uma exceção observada na literatura é o modelo de Dickman (1990), o qual propõe a existência de dois tipos de impulsividade. A impulsividade disfuncional está

associada ao conceito clássico de impulsividade no qual a produção de reações rápidas, não-planejadas e com baixa acurácia é a característica central desse tipo de comportamento. Por outro lado, Dickman (1990) propõe o conceito de impulsividade funcional, o qual relaciona-se à tendência que o sujeito tem para pensar, agir e falar rapidamente sem perdas consistentes na acurácia. Nesse modelo, assume-se que diferenças individuais no traço de personalidade impulsivo estão associadas a diferentes níveis de comprometimento entre acurácia e velocidade (DICKMAN; MEYER, 1988). Dickman (1990) descreve que a impulsividade funcional está mais associada ao entusiasmo (ex. ratimia), gosto pela aventura e a atividade. Por outro lado, a impulsividade disfuncional está mais relacionada à desordem e à falta de percepção para os fatos mais importantes envolvidos nas decisões.

As duas formas de impulsividade são encontradas em um mesmo indivíduo, sendo que a interação entre os níveis de impulsividade funcional e disfuncional e o contexto em que o comportamento está sendo exigido é que rege a qualidade do desempenho (FIG.1). Como exemplo, em uma situação em que é exigido um alto nível de acurácia de resposta, um sujeito que apresenta alto nível de impulsividade funcional e baixa impulsividade disfuncional, pode apresentar um melhor desempenho em termos de precisão sem ter uma perda significativa na latência da resposta comparado ao sujeito menos impulsivo no aspecto funcional. Apesar de pouca investigação ter sido conduzida no sentido de se estudar essas diferentes dimensões da impulsividade, é possível que a impulsividade funcional tenha um papel importante no comportamento motor. Uma das frases da escala de impulsividade funcional de Dickman (1990) exemplifica essa colocação: “Eu gosto de esportes e jogos nos quais eu tenho que escolher o próximo movimento muito rapidamente”.

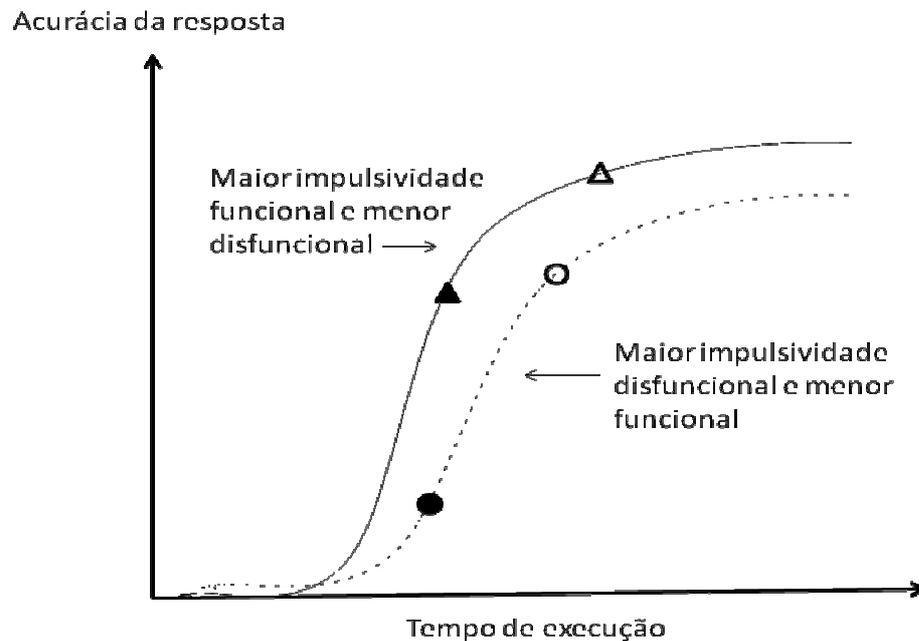


FIGURA 1: Funções de compromisso (*trade-off*) em contextos de maior exigência de acurácia ou de latência da resposta. O triângulo representa o sujeito com maior impulsividade funcional e menor impulsividade disfuncional. O círculo representa o sujeito com maior impulsividade disfuncional e menor impulsividade funcional. Os símbolos cheios representam uma situação de maior exigência de velocidade e os símbolos vazios representam uma situação de maior exigência de acurácia. Adaptado de Reeve (2007).

2.2. Associação entre impulsividade e o controle motor

Apesar de vários estudos sobre impulsividade terem sido conduzidos em diferentes populações e em diferentes domínios do comportamento humano, tais como o cognitivo e social, pouco tem sido investigado sobre os efeitos da impulsividade no domínio motor (LAGE *et al.*, 2007). O movimento pode ser entendido como a variação da posição espacial de um ou mais segmentos corporais produzida por forças musculares. Esses movimentos podem ser voluntários ou involuntários (LAGE *et al.*, 2007). Os movimentos voluntários referem-se aos movimentos organizados e controlados no encéfalo e que em oposição aos movimentos involuntários, ou movimento reflexos, são muito adaptativos. Nesse contexto, o conceito de controle motor como fenômeno observável é extremamente importante, podendo ser definido como a capacidade de regular ou orientar os

mecanismos essenciais para a execução do movimento (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2003).

Os estudos que compararam o desempenho motor de grupos de sujeitos mais e menos impulsivos podem ser distinguidos pelas características das tarefas aplicadas. Um grupo de estudos utilizou tarefas discretas com baixa demanda efetora, tais como o acionamento de uma ou mais teclas ao surgimento de um ou mais estímulos, nos quais a variável primária avaliada foi o tempo de reação (COHEN; HORN, 1974; DICKMAN; MEYER, 1988; EXPÓSITO; ANDRÉS-PUEYO, 1997; LOGAN; SCHACHAR; TANNOCK, 1997; RODRIGUEZ-FORNELLS; LORENZO-SEVA; ANDRÉS-PUEYO, 2002). Um segundo grupo de estudos utilizou tarefas cíclicas, repetitivas também com baixa demanda efetora como toques repetidos (*tapping*) com exigência de maior velocidade de toques (AMELANG; BREIT, 1983; MATTHEWS; JONES; CHAMBERLAIN, 1989) ou *timing* (BARRAT, 1981). Outro tipo de tarefa cíclica investigada, porém com maior demanda efetora, foi desenho de traços circulares (BACHOROWSKI; NEWMAN, 1985, 1990). Nesses estudos a variável primária foi a velocidade de movimento. E por fim, um terceiro tipo de estudo com tarefas cíclicas foram aqueles que utilizaram tarefas de perseguição (*pursuit rotor*) cuja precisão foi a variável primária (BARRAT, 1967; SMITH *et al.*, 1991).

A maioria dos resultados de estudos que utilizaram tarefas discretas não mostra diferenças entre os grupos de impulsividade (COHEN; HORN, 1974; DICKMAN; MEYER, 1988; LOGAN; SCHACHAR; TANNOCK, 1997; RODRIGUEZ-FORNELLS; LORENZO-SEVA; ANDRÉS-PUEYO, 2002). A única exceção foi o estudo de Expósito e Andrés-Pueyo (1997), os resultados indicaram maior tempo de reação dos sujeitos mais impulsivos comparados aos menos impulsivos na condição

de baixa compatibilidade estímulo-resposta. É importante ressaltar que esse estudo foi o único a investigar a relação entre nível de compatibilidade estímulo-resposta e impulsividade para análise de qual ou quais estágios do processamento poderiam apresentar diferenças entre sujeitos mais e menos impulsivos.

Em situações de alta ou baixa compatibilidade estímulo-resposta, códigos espaciais sensoriais devem ser mapeados sobre os códigos espaciais motores no estágio da seleção da resposta. Quando estímulo e resposta compartilham características espaciais (maior compatibilidade) respostas mais automáticas são observadas, quando existe conflito entre estas características, processos de inibição de resposta são acionados o que demanda maior tempo de processamento e, conseqüentemente, maior tempo de seleção da resposta (READ; PROCTOR, 2004). Nesse sentido, é possível que as diferenças entre sujeitos mais e menos impulsivos em tarefas discretas de baixa demanda efetora sejam mais bem observadas somente quando esse tipo de exigência cognitiva se faz presente.

Em contraste a falta de diferença no desempenho motor entre sujeitos mais e menos impulsivos em tarefas discretas, a diferença no desempenho entre esses grupos de impulsividade é mais facilmente observada em tarefas cíclicas. Em tarefas de toques repetidos de longa duração (ex. 2 minutos), com meta de toques mais rápidos possível, os sujeitos mais impulsivos tendem a ser mais lentos (AMELANG; BREIT, 1983). Em intervalos curtos (ex. 10 segundos), diferenças não são encontradas entre grupos (MATTHEWS; JONES; CHAMBERLAIN, 1989, 1989). Em tarefas nas quais os toques exigem *timing*, sujeitos mais impulsivos são menos precisos e mais rápidos do que os menos impulsivos (BARRAT, 1981). Uma possível explicação para esses achados mais consistentes é que em tarefas de *timing* motor a percepção de tempo pode ser influenciada pela impulsividade uma vez que o

relógio interno de indivíduos impulsivos parece correr mais rapidamente do que o de indivíduos não impulsivos (BERLIN; ROLLS; KISCHKA, 2004). Em relação às tarefas de desenho de traços circulares, os mais impulsivos são mais rápidos do que os menos impulsivos (BACHOROWSKI; NEWMAN, 1985, 1990). Resultados inconsistentes são encontrados em relação à tarefa de perseguição, enquanto Barrat (1967) observou menor precisão dos mais impulsivos, Smith *et al.* (1990) não encontraram diferença entre os grupos.

Alguns mecanismos relacionados ao processamento de informação podem influenciar no comportamento motor de sujeitos mais e menos impulsivos. Kagan (1966) observou que em situações nas quais é exigida a produção de respostas sob alto grau de incerteza, devido ao grande número de possíveis escolhas, o comportamento impulsivo fica bem evidente na tomada de decisão. Nesse caso, sujeitos mais impulsivos tendem a decidir por respostas nem sempre bem planejadas ou adequadas. Posteriormente, Expósito e Andrés-Pueyo (1997) confirmaram que dentre os três estágios do processamento: (1) identificação do estímulo, (2) estágio decisional e (3) estágio motor, o segundo estágio do processamento de informações, o estágio decisional, é o mais afetado em sujeitos mais impulsivos. Achado que esse que corrobora os resultados de Kagan (1966) e que aponta a tomada de decisão como um fator de impacto na relação impulsividade e controle motor.

Dickman e Meyer (1988) observaram que sujeitos mais impulsivos tendem a ser consistentemente mais rápidos em suas respostas do que os menos impulsivos em termos de processamento de informação. Por outro lado, os mais impulsivos foram menos precisos em suas respostas. Esse tipo de comportamento no domínio motor pode gerar um fenômeno explicado pela lei de Fitts (FITTS, 1954). Como

existe uma forte relação inversa entre a precisão e a velocidade do movimento é esperado que em situações de maior exigência de precisão um maior tempo de movimento (menor velocidade) seja observado. Por outro lado, quanto maior o requerimento de velocidade do movimento menor a precisão. Nesse sentido, é possível que sujeitos mais e menos impulsivos enfatizem de forma diferenciada essas dimensões da habilidade motora.

Richetin e Richardson (2008) apontam dois perfis de processamento de informação distintos entre sujeitos mais e menos impulsivos. Os sujeitos menos impulsivos apresentam processamento explícito, caracterizado por processos controlados, reflexivos e conscientes. Nesse perfil de processamento, assume-se que o comportamento está associado a um processo de decisão. Por outro lado, os sujeitos mais impulsivos apresentam processamento implícito, caracterizado por processos automáticos, inconscientes e intuitivos. O processamento implícito está associado a uma ampla ativação automática de redes associativas. A análise desses diferentes perfis de processamento de informação reforça o posicionamento de Expósito e Andrés-Pueyo (1997) e Kagan (1996) que o estágio decisional é o mais afetado em sujeitos mais impulsivos.

A partir da década de 2000, observa-se na literatura proposições teóricas que integram áreas corticais relacionadas à cognição e ao controle motor. Áreas que anteriormente eram entendidas como desconexas tanto no sentido funcional como anatômico passam a ser entendidas como interconectadas. A participação de áreas específicas do lobo frontal no comportamento motor (SERRIEN; IVRY; SWINNEN, 2007) indicam que aspectos psicofisiológicos envolvidos na impulsividade podem complementar as explicações sobre as associações entre impulsividade e controle motor. O córtex pré-frontal dorsolateral, uma área crítica para funções cognitivas

complexas, parece contribuir para o desempenho motor (DIAMOND, 2000). Isto porque o córtex pré-frontal dorsolateral, uma área associada à impulsividade, apresenta extensivas interconexões com regiões envolvidas em funções motoras, tais como o córtex pré-motor e a área motora suplementar (DUM; STRICK, 1991; TANJI, 1994).

Para Serrien, Ivry e Swinnen (2007), a complexidade que envolve a execução de habilidades motoras é caracterizada por dois componentes complementares. Enquanto a complexidade objetiva refere-se à estrutura da habilidade motora e seus requerimentos, a complexidade subjetiva envolve o delineamento do plano de ação por processos cognitivos e emocionais, dirigindo a ação em direção ao alcance de um objetivo particular. Fatores internos e externos influenciam a dimensão subjetiva da complexidade sendo dessa forma variável e dinâmica, em contraste à complexidade motora que é relativamente fixa (FIG.2).

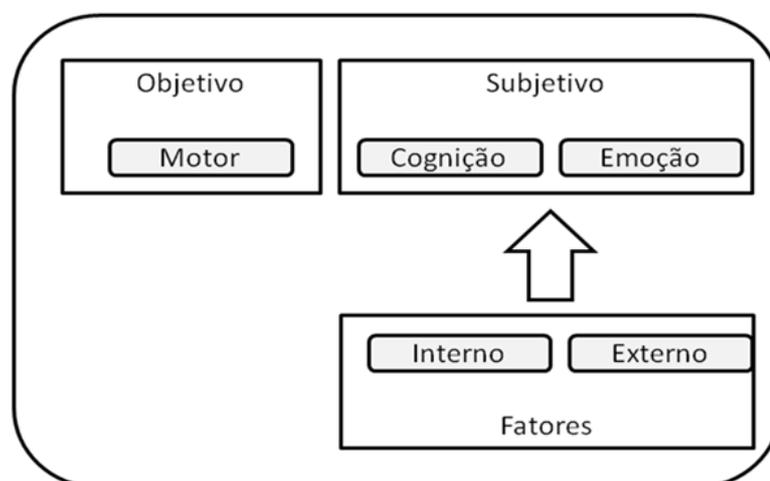


FIGURA 2: Complexidade motora na visão de Serrien, Ivry e Swinnen (2007). Enquanto a dimensão motora representa a complexidade objetiva, as dimensões cognitiva e emocional referem-se a como a complexidade é experimentada subjetivamente. A complexidade subjetiva é influenciada por fatores internos e externos, sendo essa dimensão variável e dinâmica em contraste com a complexidade motora que é relativamente fixa. Adaptado de Serrien, Ivry e Swinnen (2007).

Fatores internos referem-se às condições relacionadas ao executante envolvendo tanto características funcionais quanto estruturais na arquitetura neural.

Esses fatores podem ser fruto de elementos transientes (ex. conceitualização, nível de atenção ou estratégias de desempenho) ou mais fixos (ex. prática, idade, ou neuropatologias). Já os fatores externos (ex. disponibilidade ou não de *feedback* visual) emergem da informação provida pelo ambiente ou contexto no qual o movimento é produzido. Esses fatores afetam os ajustes da tarefa e direcionam as demandas cognitivas ou as estratégias adotadas em direção ao alcance da meta motora (SERRIEN; IVRY; SWINNEN, 2007). Nesse modelo não é explicitado a impulsividade como um fator interno, mas é possível sugerir que dentre os fatores mais fixos esse construto esteja relacionado a características anátomo-funcionais.

Recursos cognitivos são recrutados para garantir a realização satisfatória da meta da ação, e uma região chave nesse processo é o córtex pré-frontal dorsolateral. Essa região tem participação (1) na retenção de informações que nos mantém conscientes a respeito das metas pretendidas, (2) na resistência às distrações mantendo-nos focados na tarefa, (3) na resistência às respostas precipitadas e muito antecipadas e (4) na inibição de respostas prepotentes (DIAMOND, 2000). Serrien, Ivry e Swinnen (2007) destacam não somente o papel do córtex pré-frontal dorsolateral, mas também do córtex cingulado anterior. A especialização funcional do córtex pré-frontal dorsolateral junto à heterogeneidade funcional da área pré-motora suplementar e do córtex cingulado anterior permite processamento cognitivo de alta ordem na especificação de objetivos, seleção da resposta e monitoramento das ações motoras voluntárias (DIAMOND, 2000).

Das três dimensões da impulsividade, a impulsividade motora e a impulsividade atencional parecem estar mais diretamente associadas ao córtex pré-frontal e o córtex cingulado anterior. Dessa forma é possível hipotetizar que a impulsividade motora e atencional estão mais associadas ao controle motor do que a

impulsividade por não-planejamento mais associada a áreas não diretamente relacionadas ao controle motor.

Associações neurobiológicas entre impulsividade e controle motor vão além das questões anátomo-funcionais do cérebro. A neurotransmissão apresenta sobreposições entre esses fenótipos. Além das associações anteriormente descritas sobre impulsividade e sistemas serotoninérgico e dopaminérgico, são também encontradas na literatura científica evidências da associação do controle motor com esses sistemas. A atividade da serotonina no sistema nervoso central também está correlacionada com o nível de atividade motora (GEYER, 1996), sendo observada no tempo de movimento (LOUBINOUX *et al.*, 2002), precisão espacial do movimento (WINGEN; KUYPERS; RAMAEKERS, 2007) e em maiores picos de velocidade e aceleração (TUCHA *et al.*, 2002). A dopamina também participa na mediação de eventos motores (MOZLEY *et al.*, 2001). Menor disponibilidade desse neurotransmissor leva a tempo de movimento aumentado (VOLKOW *et al.*, 1998) e a alterações dos perfis cinemáticos de aceleração e velocidade dos membros (LANGE *et al.*, 2006).

2.3. Associação entre impulsividade e o controle motor de movimentos manuais de apontamento

Os movimentos voluntários podem ser definidos como habilidades motoras, ou seja, como movimentos intencionais necessários para atingir uma determinada meta. Dentre os estudos sobre as habilidades manuais, as de apontamento (*aiming*) estão certamente entre as mais investigadas. As habilidades de apontamento são movimentos discretos, cujo início e fim são facilmente identificáveis, geralmente apresenta curta duração de movimento e consistem em deslocar o membro ou um

implemento a um determinado alvo (LAGE *et al.*, 2008). Esse tipo de habilidade envolve meta de precisão impondo ao executante a necessidade de produzir valores ótimos de força, distância e direção (SCHMIDT; LEE, 1999) e são observadas em inúmeras situações diárias que vão desde tarefas simples como as de acionar equipamentos, discar números em um telefone, escrever e desenhar até tarefas extremamente complexas como realizar movimentos cirúrgicos. Através da análise do desempenho de habilidades de apontamento pode-se inferir sobre vários aspectos relacionados ao planejamento, organização e controle dos movimentos. Funções executivas como inibição de respostas, atenção sustentada, tomada de decisão são variáveis importantes no controle motor, principalmente na prática de habilidades de apontamento.

Um dos modelos mais frequentemente adotado no estudo de habilidades manuais como as de apontamento é o modelo híbrido de duas fases de Woodworth (1899), no qual o primeiro momento da ação, fase de impulso inicial, é controlada centralmente e tem como função deslocar o membro de uma forma balística (rápida e sem tempo suficiente para processamento de *feedback*) até as proximidades do alvo. Já próximo ao ponto final do movimento, inicia-se a fase de controle corrente do movimento, caracterizada pelo uso de *feedback*, e a informação visual e proprioceptiva sobre as posições relativas do membro e do alvo são utilizadas para possíveis ajustes na trajetória do movimento para que o alvo seja alcançado com precisão (FIG. 3).

Assume-se que o período de tempo antes do pico de velocidade ser atingido durante a trajetória do membro refere-se à fase de impulso inicial e, após o pico de velocidade, inicia-se a fase de controle corrente do movimento. O número de correções após o pico de velocidade é obtido por meio da análise do número de

descontinuidades no perfil de aceleração (LAGE *et al.*, 2007; 2008). Uma estratégia do sistema motor é minimizar a duração total do movimento otimizando a distribuição de tempo entre o 1º e o 2º submovimentos. Uma maior duração e tamanho do 1º submovimento indicam um controle do sistema motor mais eficiente, indicando um maior período de deslocamento balístico e uma menor necessidade de correções on-line (TEULINGS, 2001).

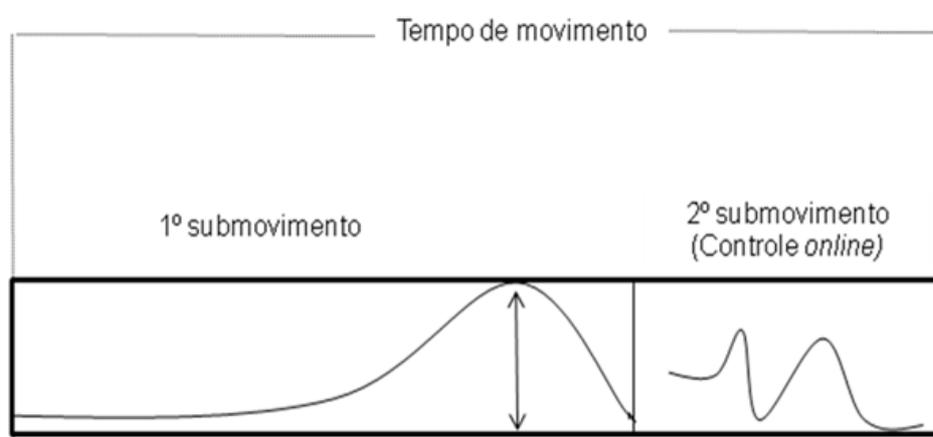


FIGURA 3: A decomposição do tempo de movimento através de análise cinemática mostra dois momentos distintos do controle motor. No modelo híbrido de duas fases, o primeiro momento da ação, fase de impulso inicial, é controlada centralmente e tem como função deslocar o membro de uma forma balística até as proximidades do alvo. Já próximo ao ponto final do movimento, inicia-se a fase de controle corrente do movimento, na qual *feedback* é utilizado para possíveis ajustes na trajetória do movimento.

Somente dois estudos investigaram a relação impulsividade e controle motor através da utilização de uma tarefa de apontamento. Esses foram os únicos estudos também a utilizarem técnicas mais avançadas de análise de movimento para comparar o controle de sujeitos mais e menos impulsivos. Lemke (2005) e Lemke *et al.* (2005) observaram que sujeitos saudáveis mais impulsivos produzem menores tempos para alcançar o pico de velocidade durante a trajetória de movimentos manuais de apontamento, comparados a sujeitos saudáveis menos impulsivos. As outras medidas utilizadas foram tempo de movimento, pico de velocidade durante a trajetória e trajetória do deslocamento. Esses dois estudos se destacam por

utilizarem tarefas manuais com maior exigência percepto-motora comparados aos outros estudos que utilizaram predominantemente tarefas de tempo de reação onde há um movimento curto e discreto do dedo ao acionar uma tecla e que se infere muito mais sobre o processamento de informação do que realmente sobre aspectos motores (ex. RODRÍGUEZ-FORNELLS; LORENZO-SEVA; ANDRES-PUEYO, 2002). Além disso, Lemke (2005) e Lemke *et al.* (2005) parecem ser os únicos a utilizarem medidas cinemáticas, permitindo assim uma análise mais detalhada sobre aspectos específicos do controle motor do que estudos que aplicaram teste de “lápiz-e-papel” avaliando somente o tempo de movimento em tarefas de desenho de círculos (ex. BACHOROWSKI; NEWMAN, 1985, 1990).

Análises cinemáticas mostram que movimentos rápidos e precisos a um alvo, como os de apontamento, consistem de uma primeira fase balística (rápida e sem tempo suficiente para processamento de *feedback*), pré-programada, denominada de 1º submovimento, seguida de um 2º submovimento caracterizado por descontinuidades no perfil de aceleração indicando ajustes controlados primariamente por processamento de *feedback* visual (LAGE *et al.*, 2007; 2008). Os resultados de Lemke (2005) e Lemke *et al.* (2005) mostram que na primeira fase do movimento é que as diferenças no comportamento impulsivo foram observadas (FIG. 4).

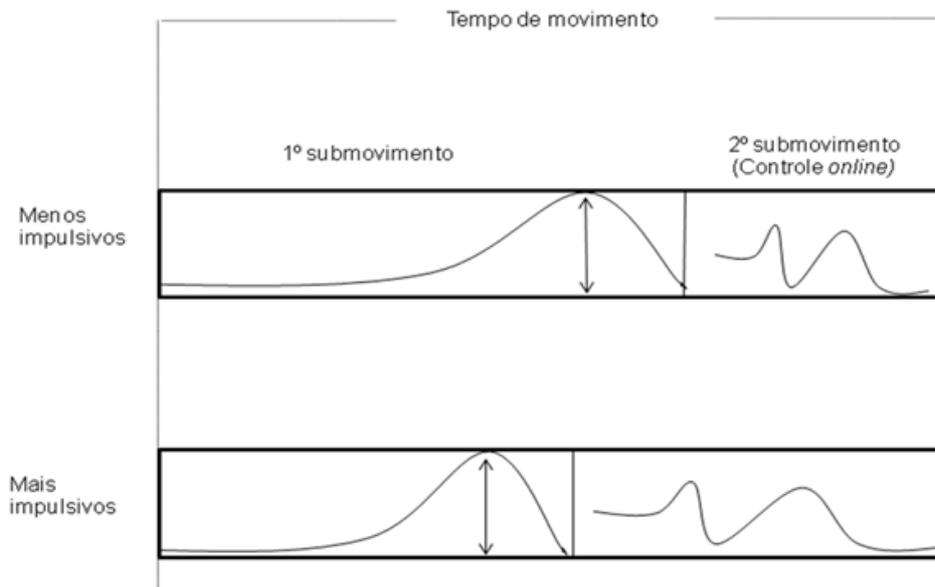


FIGURA 4: Maior duração do 1º submovimento por parte dos menos impulsivos comparados aos mais impulsivos (LEMKE, 2005; LEMKE *et al.*, 2005). Esses resultados indicam diferenças no planejamento do movimento entre sujeitos mais e menos impulsivos.

Embora os resultados de Lemke (2005) e Lemke *et al.* (2005) mostrem diferenças no controle motor de sujeitos mais e menos impulsivos, esses estudos investigaram a impulsividade como um único construto. Em outras palavras, não se conhece o impacto dos diferentes padrões de impulsividade no controle motor de movimentos manuais de apontamento tendo como base os modelos de Bechara (BECHARA; VAN DER LINDEN, 2005) e Barrat (PATTON; STANFORD; BARRAT, 1995). Esse parece ser um tema relevante de investigação, tendo em vista que evidências da existência de uma relativa sobreposição entre os circuitos neurais que subsidiam funções cognitivas e motoras têm sido encontradas (DIAMOND, 2007; SERRIEN; IVRY; SWINNEN, 2007). Nesse sentido, funções executivas de alto nível associadas à preparação e execução dos movimentos podem ser afetadas de forma diferente por cada um desses padrões de impulsividade (LAGE; FIALHO; MALLOY-DINIZ, 2007). Essa sobreposição entre circuitos que subsidiam cognição e controle motor são mais evidentes naqueles associados à impulsividade motora e atencional.

Assim, é possível hipotetizar que a impulsividade motora e atencional estão mais associadas ao controle motor do que a impulsividade por não-planejamento.

Os resultados de Lemke (2005) e Lemke *et al.* (2005) mostram que no planejamento do movimento é que as diferenças no comportamento motor impulsivo são observadas. Entretanto, nesses estudos não foram analisadas as descontinuidades no perfil de aceleração, medidas essa que permite inferências acerca dos ajustes realizados via feedback. É possível que exista diferença na forma como sujeitos mais e menos impulsivos promovam correções *on-line*. De acordo com Serrien, Ivry e Swinnen (2007), a inter-relação entre córtex pré-frontal dorsolateral e córtex cingulado anterior permite processamento cognitivo de alta ordem no que diz respeito à monitoração de respostas. Em suma, é possível que a impulsividade motora, mais associada ao córtex pré-frontal dorsolateral, e a impulsividade atencional, associada ao córtex pré-frontal dorsolateral e ao córtex cingulado anterior, reflitam diferenças na correção do movimento de sujeitos mais e menos impulsivos.

Lemke (2005) e Lemke *et al.* (2005) investigaram as relações entre impulsividade e controle motor de sujeitos saudáveis em uma abordagem categorial, na qual os grupos de sujeitos foram separados pelo escore total da BIS-11, uma escala de auto-preenchimento. Nesse caso, os sujeitos são inseridos em grupos com características pré-definidas que se situam nos extremos de um *continuum*. Outra possibilidade de análise dessa relação seria a abordagem dimensional na qual a quantificação dos atributos indica os graus de intensidade das características dos sujeitos (SALA; GRANERO; EZPELETA, 2005).

Em suma, dentre as questões que ainda necessitam de investigação se destacam:

1_ Qual a relação entre a impulsividade atencional e o controle motor de movimentos de apontamento em condições de execução com diferentes demandas percepto-motoras?

2_ Qual a relação entre a impulsividade motora e o controle motor de movimentos de apontamento em condições de execução com diferentes demandas percepto-motoras?

3_ Qual a relação entre a impulsividade por falta de planejamento e o controle motor de movimentos de apontamento em condições de execução com diferentes demandas percepto-motoras?

Baseado no comportamento específico gerado por cada um dos padrões de impulsividade é possível hipotetizar que:

Impulsividade atencional estará associada a uma menor qualidade do controle motor em condições de execução nas quais há uma maior demanda perceptiva. Essa hipótese se baseia na noção de que a impulsividade atencional está relacionada à baixa capacidade de resistir a estímulos distratores irrelevantes devido a déficits nos processos de atenção/memória de trabalho (BECHARA; DAMASIO; DAMASIO, 2000; MALLOY-DINIZ *et al.*, 2007).

Impulsividade motora estará associada a uma menor qualidade do controle motor na inibição de respostas. Essa hipótese se baseia na análise de que a impulsividade motora está relacionada a déficits na inibição de respostas e a predisposição para a produção de reações rápidas e não-planejadas (PATTON; STANFORD; BARRAT, 1995).

Impulsividade motora estará associada a uma menor qualidade do controle motor em condições de execução nas quais há uma maior demanda motora. Essa hipótese se apóia na noção de que sujeitos mais impulsivos na faceta motora

tendem a priorizar a velocidade em detrimento da acurácia e velocidade (DICKMAN; MEYER, 1988).

Impulsividade por falta de planejamento estará menos associada ao controle motor quando comparada as impulsividade atencional e motora. Essa hipótese se baseia na análise das associações neurobiológicas entre impulsividade e controle motor. Somente as dimensões atencional e motora da impulsividade apresentam associações com áreas cerebrais envolvidas tanto em processos cognitivos, quanto em processos motores.

3. OBJETIVO E HIPÓTESES

3.1. Objetivo geral

Investigar a relação entre a impulsividade e o controle motor de movimentos manuais.

3.2. Objetivos específicos

Investigar a relação entre a impulsividade atencional, motora e por falta de planejamento e o controle motor em uma condição de inibição de resposta motora.

Investigar a relação entre a impulsividade atencional, motora e por falta de planejamento e o controle motor em uma condição de maior demanda atencional.

Investigar a relação entre a impulsividade atencional, motora e por falta de planejamento e o controle motor em uma condição de maior índice de dificuldade.

3.3. Hipóteses de estudo

A partir do padrão de comportamento gerado por cada uma das dimensões da impulsividade é possível hipotetizar que:

1. Impulsividade atencional estará associada a uma menor qualidade do controle motor em condições de execução nas quais há uma maior demanda perceptiva.
2. Impulsividade motora estará associada a uma menor qualidade do controle motor na inibição de respostas.
3. Impulsividade motora estará associada a uma menor qualidade do controle motor em condições de execução nas quais há uma maior demanda motora.
4. Impulsividade por falta de planejamento estará menos associada ao controle motor quando comparada as impulsividade atencional e motora.

A estratégia adotada para a testagem das hipóteses envolveu inicialmente a avaliação dos participantes. Foram avaliados os níveis de cada uma das dimensões da impulsividade, através da administração de testes neuropsicológicos computadorizados, assim como o desempenho motor, através da aplicação de uma tarefa motora de apontamento que apresenta diferentes condições de execução. Essas condições apresentam diferentes demandas percepto-motoras. Cada uma das condições exige em maior ou menor grau tipos de comportamento que podem estar mais ou menos associados a determinadas dimensões da impulsividade. Como exemplo, uma das condições de execução requer que o executor iniba sua tendência de produção de resposta a um determinado estímulo. Espera-se que esse tipo de demanda percepto-motora esteja mais associada à dificuldade de inibição de respostas prepotentes, ou seja, à impulsividade motora.

Com todos os dados coletados, foi conduzida a técnica estatística multivariada de análise fatorial para avaliação da eficiência dos testes neuropsicológicos utilizados para definição dos níveis de impulsividade de cada participante. Essa técnica é particularmente adequada para analisar padrões de relações complexas multidimensionais (HAIR *et al.*, 2005). Posteriormente, foi conduzida uma análise através do Modelo Linear Geral para avaliação de qual(is) variável(is) relacionadas às diferentes dimensões da impulsividade melhor prediz(em) o desempenho motor.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Nesse capítulo, os materiais e métodos aplicados no estudo serão abordados em cinco seções. Primeiramente, será feita uma descrição da amostra da pesquisa. Em seguida serão apresentados os instrumentos e procedimentos de coleta de dados. Em um terceiro momento, serão discutidos os procedimentos de análise dos dados e em um quarto momento os procedimentos estatísticos. Por fim, serão apresentados os cuidados éticos.

4.1. Amostra

A pesquisa contou com uma amostra total de 193 voluntários universitários de ambos os gêneros. Todos os voluntários assinaram termo de consentimento livre e esclarecido. Não foram incluídos na amostra final os voluntários com história de transtorno psiquiátrico do Eixo I, que apresentassem história pregressa de doença neurológica ou fizessem uso de algum tipo de medicamento que possa interferir no controle motor. Da amostra total, 56 sujeitos não foram inclusos. Dados de 7 sujeitos não foram recuperados devido a algum problema técnico no momento da coleta de dados e 5 sujeitos não completaram todos os procedimentos. Dessa forma, a amostra final, foi composta por 125 participantes saudáveis¹, sendo 49 voluntários (idade média= $24,8 \pm 4,5$ anos) e 76 voluntárias ($23,7$ anos $\pm 3,7$ anos de idade).

¹ O conceito de voluntários saudáveis se refere aqui a sujeitos que não apresentam sintomas de doenças psiquiátricas do eixo I e não tiveram ou tenham doenças neurológicas.

4.2. Instrumento e procedimentos de coleta de dados

A coleta de dados foi realizada pelo próprio discente do Programa em Neurociências da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), com a colaboração de dois psicólogos e dois graduandos do curso de Educação Física. As coletas de dados foram realizadas na Faculdade de Ciências da Saúde (FCS) da Universidade FUMEC.

Inicialmente os participantes, com idade entre 18 e 40 anos, foram recrutados por meio de convite pessoal e anúncio local dentro da unidade da FCS. Para aqueles que se dispuseram a participar da pesquisa, foi apresentado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice A). Após a assinatura o participante foi encaminhado para uma entrevista com um dos psicólogos. O sujeito foi avaliado através do Mini-Plus (AMORIM, 2000), com objetivo de identificar e excluir da amostra o participante que apresentar psicose, transtornos do humor ou qualquer doença mental de eixo I. O Mini-Plus consiste em um roteiro de entrevista neuropsiquiátrica baseada nos critérios de classificação das doenças pelo Manual de Diagnóstico e Estatística da Associação Psiquiátrica Americana, DSM-IV, onde cada um dos critérios diagnósticos dos diferentes eixos desse sistema de classificação é avaliado a partir das respostas dos probandos (SHEEHAN *et al.*, 1998). Também foram excluídos da amostra sujeitos que apresentavam história pregressa de doença neurológica ou que fizesse uso de medicamentos que interferisse em aspectos cognitivos ou motores.

Posteriormente, foram realizados os seguintes procedimentos: (1) aplicação dos testes neuropsicológicos e (2) aplicação da tarefa motora. A ordem de realização desses procedimentos foi decidida entre o participante e o pesquisador

responsável de acordo com a disponibilidade de tempo do participante e organização da agenda de coleta de dados do pesquisador.

4.2.1. Coleta de dados dos testes neuropsicológicos

Os testes neuropsicológicos computadorizados utilizados foram:

1. Continuous Performance Test - CPT-II (CONNERS *et al.*, 2003): o CPT-II foi desenvolvido para avaliação da atenção sustentada. No entanto, na atualidade, vários de seus componentes têm sido utilizados para avaliação de outros aspectos cognitivos como controle inibitório. Inicialmente as informações padronizadas sobre o teste são fornecidas. Durante a execução do teste, o sujeito é exposto a uma série de letras apresentadas rapidamente na tela de um monitor de computador, uma de cada vez, em intervalos aleatórios e nos quais o sujeito deve pressionar a barra de espaço do teclado do computador cada vez que aparece uma letra. No entanto, essa regra só valerá se a letra não for X. Caso apareça a letra X o sujeito deverá inibir a resposta de apertar a barra de espaço do computador. Esta tarefa fornece medidas sobre erros de ação (o sujeito pressiona a barra mediante a letra x), omissão (o sujeito não pressiona a barra quando vê uma determinada letra) e tempo de reação. A medida de número de erros por ação tem sido utilizada como avaliadora da impulsividade motora e a medida de número de erros por omissão como avaliadora da impulsividade atencional.
2. Iowa Gambling Task versão brasileira (IGT-Br) (MALLOY-DINIZ *et al.*, 2008): o IGT (BECHARA *et al.*, 1994) é uma versão computadorizada de uma tarefa que avalia o processo de tomadas de decisões simulando situações da vida real. Inicialmente informações padronizadas sobre o teste são fornecidas. Durante a execução do teste, o sujeito se depara com quatro baralhos de cartas apresentadas

em um monitor de computador. Ele recebe inicialmente um “empréstimo” de 2 mil dólares para que comece a jogar. O sujeito deverá escolher cartas tirando-as uma a uma, de forma a ganhar o máximo de dinheiro. Tirar uma carta dá direito a um ganho imediato. No entanto, de maneira imprevisível, algumas cartas implicarão em perdas que irão variar em magnitude. Os baralhos A e B trazem ganhos grandes e imediatos, mas as cartas com “multas” são mais frequentes ou mais vultuosas. Escolher mais vezes os baralhos A e B conduz a uma perda global. Já as cartas dos montes C e D levam a ganhos pequenos em curto prazo, mas perdas menos frequentes e de menor quantidade. Escolher mais vezes os baralhos C e D conduz a um ganho global. Os sujeitos não são informados dessa regra, devendo descobrir na medida em que jogam. O jogo termina quando o sujeito escolhe a 100^a carta. As medidas de cada um dos cinco blocos do teste mais o escore total (Netscore) têm sido utilizadas como avaliadoras da impulsividade por falta de planejamento.

4.2.2. Coleta de dados da tarefa motora

A tarefa motora foi realizada em uma mesa digitalizadora (WACOM Intuos3, velocidade de captura de 200 Hz, com dimensões de 30 X 30 cm) e controladas pelo software MovAlyzer da Neuroscript (ROMERO; TEULINGS, 2003). Foi aplicado o Inventário de Dominância Lateral de Edimburgo (OLDFIELD, 1971) para a determinação do índice de lateralidade do participante. Todos os participantes que realizaram a tarefa motora se auto-declararam destros e apresentaram índice de preferência acima de 80 pontos para a mão direita.

Foi aplicada uma tarefa discreta de apontamento que consistiu em deslocar uma caneta-sensor sobre a mesa digitalizadora partindo de um ponto inicial demarcado (*home position*) para um alvo. Esta tarefa foi desempenhada em quatro

condições: (1) controle, (2) distrator, (3) inibição de resposta e (4) difícil (FIG. 5). Com a exceção da condição inibição de resposta, o participante teve como meta executar o movimento de forma mais rápida e precisa possível.

Ao todo os participantes executaram 100 ensaios da tarefa de apontamento. Antes de cada ensaio foi fornecido um sinal de estímulo de aviso (*warning stimuli*) para avisar ao participante que ele deveria repousar a caneta sobre a mesa no ponto em que o cursor sobrepõe o ponto inicial (*home position*) na tela do microcomputador. Além do ponto inicial apareceu também o alvo com a mesma característica da condição controle. O estímulo de aviso ficou disposto na tela por 2,5 segundos, após este período o estímulo era suprimido e após um intervalo que variou aleatoriamente entre 2 e 3 segundos surgia o estímulo alvo (*imperative stimuli*) que representava uma das quatro condições de execução.

Na condição controle foi apresentado o alvo da cor verde, sendo que esta condição apareceu em 70% dos ensaios. Na condição distrator foi apresentado o alvo na cor amarela, sendo que esta condição apareceu em 10% dos ensaios. Nesta condição o sujeito também deveria executar o movimento de apontamento de forma mais rápida e precisa, não havendo nenhuma alteração da distância, posição ou tamanho do alvo. A única diferença era a cor diferente da condição controle, o que demanda maior exigência atencional. Na condição inibição de resposta foi apresentado um alvo na cor vermelha, sendo que esta condição apareceu também em 10% dos ensaios. O participante foi informado que nesta condição ele não poderia executar o movimento suprimindo assim as respostas prepotentes representadas pelo estímulo controle. Nas três condições, controle, distrator e inibição de resposta, o alvo (1 cm de diâmetro) foi apresentado na mesma distância

(19 cm) e ângulo (45°) da posição inicial, gerando assim um índice de dificuldade (ID) de 5.2 bits (FITTS, 1954).

Na condição difícil foi apresentado um alvo na cor verde, porém o alvo apresentava um diâmetro menor (0,5 cm), uma distância maior (20 cm) e um ângulo menor em aproximadamente 5° comparado às demais condições. Isto gerou um maior ID (6.3 bits), exigindo do participante uma maior precisão e capacidade de adaptação. Essa condição apareceu em 10% dos ensaios.

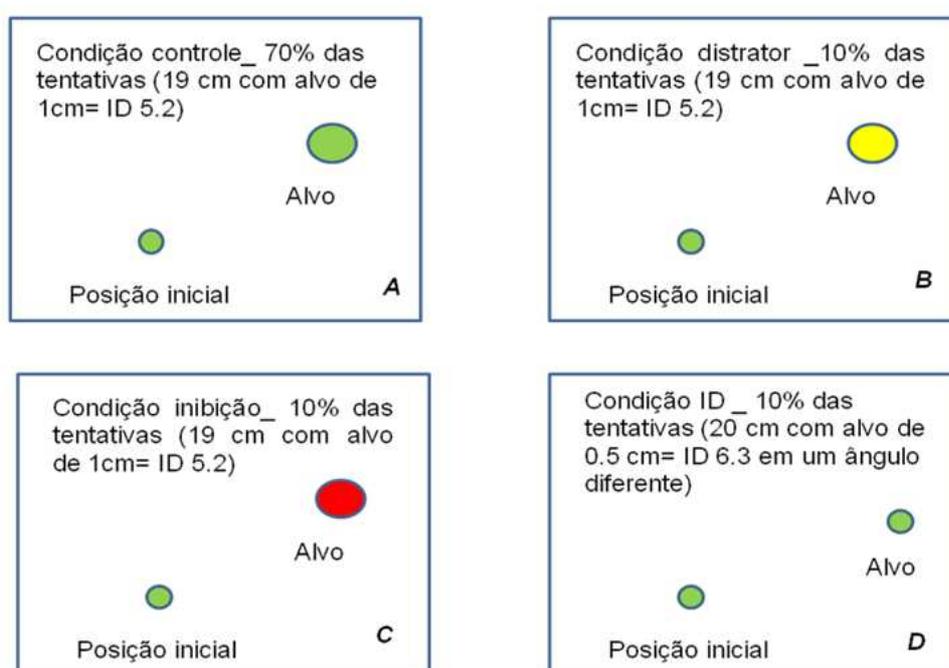


FIGURA 5: Representação das quatro condições (A= condição controle; B= condição distrator; C= condição inibição de resposta; D= condição difícil).

A ordem de apresentação das condições foi aleatorizada em cada bloco de 10 ensaios. Dessa forma, a cada 10 ensaios, sete foram da condição controle e um ensaio das demais condições. Este procedimento buscou evitar a probabilidade que determinado tipo de estímulo se concentrasse mais em um determinado momento da prática. Os alvos nas condições controle, distrator e difícil foram apresentados em um período máximo de 2 segundos, após esse intervalo a tarefa era finalizada pelo software.

O software MovAlyzer armazenou os dados providos da mesa digitalizadora. As execuções foram realizadas com o membro preferencial e a região medial do corpo ficou alinhada ao ponto inicial de movimento (FIG. 6), isto devido ao fato de que movimentos contralaterais apresentam características diferentes daqueles realizados no espaço ipsilateral (veja, por exemplo, em LAGE *et al.*, 2008).

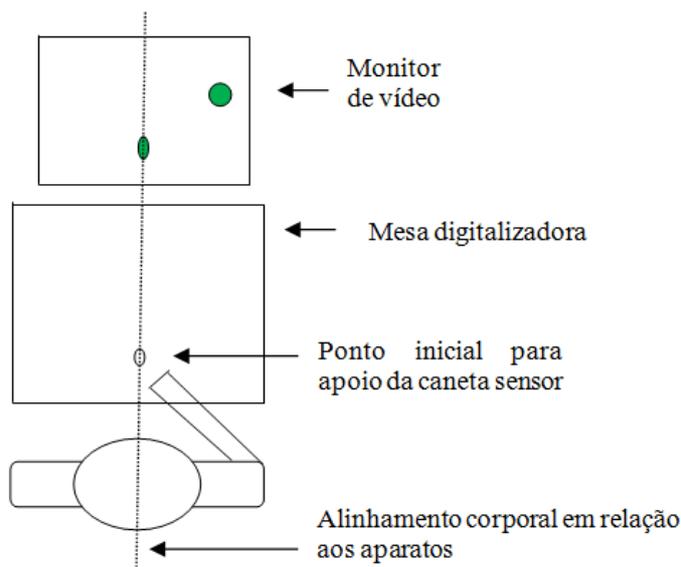


FIGURA 6: Representação do alinhamento corporal em relação aos aparatos. Essa tarefa motora foi elaborada no ano de 2007 no projeto de pesquisa intitulado “Associação entre controle motor e polimorfismos genéticos ligados a função serotoninérgica em adultos saudáveis”, financiado pela Universidade FUMEC, Fundação Nacional de Desenvolvimento do Ensino Superior Particular (FUNADESP) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas gerais (FAPEMIG) (ANEXO 01).

4.3. Procedimentos de análise dos dados

4.3.1. Variáveis Motoras

As variáveis de desempenho motor analisadas foram: (1) tempo de reação; (2) número de erros de precisão; (3) número de erros de inibição de resposta; (4) tempo de movimento. O tempo de reação correspondeu ao intervalo de tempo entre o surgimento do estímulo e o início do movimento. O tempo de movimento compreendeu o intervalo de tempo entre o início e o fim do movimento.

O tempo de reação é uma medida amplamente utilizada em pesquisas de comportamento motor que possibilita a interpretação do tempo para: 1) a estimulação de um ou mais órgãos sensoriais, 2) a transmissão de informação aferente para os níveis superiores do sistema nervoso, 3) a tomada de decisão, 4) a geração de comandos motores responsáveis pela produção do movimento, 5) a transmissão eferente para o sistema muscular e 6) o início da atividade elétrica nos músculos envolvidos no movimento (TEIXEIRA, 2006). Valores de tempo de reação abaixo de 120 ms foram entendidos como antecipação, obrigando o participante a refazer o ensaio.

A medida de número de erros de precisão refere-se ao número de erros de execução. O erro ocorreu quando o cursor não atingiu ou atingiu, mas ultrapassou a área demarcada para o alvo na tela do microcomputador. A pontuação dada para cada erro foi de 1 ponto.

A medida de número de erros de inibição de resposta refere-se ao número de erros de ação. O erro ocorreu quando surgiu o estímulo vermelho na tela do microcomputador e o sujeito movimentou a caneta sensor. A pontuação dada para cada erro foi de 1 ponto.

As variáveis dependentes cinemáticas analisadas foram: (1) pico de velocidade; (2) número de correções no 2º submovimento. O pico de velocidade refere-se ao maior valor de velocidade atingido durante a trajetória em direção ao alvo dada em cm/seg. Essa medida permite inferências sobre diferenças na modulação de força gerada pelo membro durante a fase de impulso inicial (LAGE *et al.*, 2007).

O número de correções após o pico de velocidade para o 1º alvo é calculado através do número de discontinuidades no perfil de aceleração representadas por

picos de aceleração positivos e negativos que ocorrem durante o 2º submovimento, ou fase de controle corrente. É considerado o 1º submovimento o intervalo que vai do início do movimento até a primeira transição da curva de aceleração do negativo para o positivo, ou também definido como o segundo cruzamento no ponto zero (*zero crossing*). A partir desse instante inicia-se o 2º submovimento.

Todas as medidas de desempenho e cinemáticas utilizadas, assim como o método de filtragem dos dados são fornecidos pelo software MovAlyzer (ex. ROMERO; TEULINGS, 2003; SALTUKLAROGLU; TEULINGS, ROBBINS, 2009; TEULINGS *et al.*, 1997). Foi utilizado um filtro passa-baixa a 12 Hz utilizando o método de Transformada Rápida de Fourier (FFT).

4.4. Procedimentos Estatísticos

Os dados de cada participante em cada uma das variáveis dependentes da tarefa motora foram organizados em 1 bloco de 70 ensaios para a condição controle e em um bloco de 10 ensaios para as demais condições de execução. O teste de Kolmogorov-Smirnov foi conduzido para avaliação da normalidade dos dados relacionados às variáveis motoras ($p > 0,05$). Nos casos de dados que não apresentaram normalidade, foi realizada uma transformação logarítmica (Log10) na tentativa de normalizar os dados.

Duas técnicas multivariadas foram utilizadas: análise fatorial exploratória e regressão linear múltipla. Inicialmente, uma análise fatorial exploratória foi conduzida para agrupamento das medidas neuropsicológicas em um número menor de fatores latentes. Foram utilizadas as seguintes medidas: (1) erros de omissão do CPT-II, (2) erros de ação do CPT-II, (3) tempo de reação do CPT-II e os escores dos blocos B1, B2, B3, B4, B5 do IGT-Br. O método de extração dos fatores utilizado foi o de Análise de Componentes Principais e o método de rotação utilizado foi o de *Varimax*

com normalização de Kaiser. Seguindo as orientações para identificação de cargas fatoriais significantes de Hair e Black (2007), para o tamanho da amostra do presente estudo, uma carga fatorial adequada seria de no mínimo 0,50, assim como sua comunalidade (quantia total de variância que uma variável original compartilha com as outras variáveis incluídas na análise).

Após as análises fatoriais, foi conduzida uma análise correlacional bivariada utilizando o coeficiente de Pearson para a seleção de variáveis que seriam introduzidas no modelo de regressão. A seleção de variáveis ocorreu a partir da análise de correlação entre cada uma das variáveis dependentes (variáveis motoras) e variáveis independentes (fatores neuropsicológicos), considerando o nível de significância de 25%. Após a seleção das variáveis, foram conduzidas regressões lineares múltiplas para testar as hipóteses de que as dimensões motora e atencional da impulsividade são variáveis de interferência no controle motor. Os dados utilizados nas regressões foram os escores fatoriais resultantes dos fatores obtidos através da análise fatorial e as medidas de desempenho motor. Os pressupostos da regressão linear referentes à normalidade e homocedasticidade foram atendidos.

A regressão múltipla foi conduzida através do método de “entrada” do pacote estatístico SPSS (versão 19) e utilizado a redução manual “passo a passo”. A relação entre o fator relacionado ao controle motor (variável dependente) e os diferentes fatores da impulsividade (variáveis independentes) foi investigada no primeiro modelo ajustado, considerando-se o nível de significância de 5% em cada uma das análises realizadas. Quando esse valor de significância era atingido, o próximo passo foi remover a variável que apresentava maior valor de alfa (tendo $p < 0,05$ como referência). Assim um novo modelo era ajustado, esse procedimento

foi repetido até encontrar a(s) variável(is) que preencha(m) o valor de significância critério.

Equação do modelo ajustado 1:

$$\text{Controle motor} = B_0 + B_1(\text{Im}) + B_2(\text{Ia}) + B_3(\text{Ifp}).$$

Em que “Controle motor” = variável dependente ajustada; B_0 = constante; $B_1(\text{Im})$ = coeficiente da variável explicativa “impulsividade motora”; $B_2(\text{Ia})$ = coeficiente da variável explicativa “impulsividade atencional”; $B_3(\text{Ia})$ = coeficiente da variável explicativa “impulsividade por falta de planejamento”).

4.5. Cuidados Éticos

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais, respeitando todas as normas estabelecidas pelo Conselho Nacional de Saúde para pesquisas com seres humanos, parecer número **ETIC 064/09** (ANEXO 02).

5. RESULTADOS

Os escores individuais de cada um dos participantes nos testes neuropsicológicos estão apresentados no APÊNDICE 1. As médias do desempenho motor (1) na condição controle estão apresentadas no APÊNDICE 2, (2) na condição distrator no APÊNDICE 3 e (3) na condição difícil no APÊNDICE 4. As frequências absolutas de erros de precisão e inibição de resposta estão apresentadas no APÊNDICE 5.

5.1. Análise descritiva das medidas neuropsicológicas

As médias e os desvios-padrão da média dos escores dos participantes nos testes neuropsicológicos são apresentados na TABELA 1.

TABELA 1: Média e desvio-padrão dos escores obtidos nos testes neuropsicológicos e do tempo de reação dos participantes no CPT-II.

Medida neuropsicológica	Média e desvio-padrão dos escores
CPT-II: Omissão	2,8 ± 4,1
CPT-II: Ação	14,3 ± 7,4
CPT-II: Tempo de reação (s)	361,92 ± 54,3
IGT: escore B1	-2,68 ± 5,6
IGT: escore B2	1,008 ± 5,6
IGT: escore B3	2,8 ± 7,4
IGT: escore B4	3,45 ± 7,7
IGT: escore B5	3,8 ± 7,4
IGT:Netscore	8,52 ± 20,4

Nota: A medida de número erros de omissão tem sido utilizada como medida de impulsividade atencional, a medida de número de erros de ação tem sido utilizada como medida de impulsividade motora, a medida de tempo de reação, medida em segundos, tem sido utilizada como medida de impulsividade quando relaciona-se mais aos erros de ação e medida de desatenção quando mais relacionada à erros de omissão (MIRANDA *et al.*, 2009). Os escores dos blocos B1 à B5 do IGT-Br obtidos nesse instrumento têm sido utilizados como medidas de impulsividade por falta de planejamento (MALLOY-DINIZ *et al.*, 2008a).

5.2. Análise descritiva das medidas motoras

5.2.1. Condição controle

As médias e os desvios-padrão da média do desempenho dos participantes nas medidas motoras são apresentados na TABELA 2.

TABELA 2: Média e desvio-padrão das medidas de desempenho motor na condição controle.

Medidas motoras	Média e desvio-padrão
Tempo de reação (s)	0,417 ± 0,08
Tempo de movimento (s)	1,07 ± 0,23
Frequência relativa de erros de precisão (%)	22,51 ± 16,6
Pico de velocidade (cm/s)	29,36 ± 11,3
Número de correções no 2º submovimento	2,69 ± 0,9

5.2.2. Condição distrator

As médias e os desvios-padrão da média do desempenho dos participantes nas medidas motoras são apresentados na TABELA 3.

TABELA 3: Média e desvio-padrão das medidas de desempenho motor na condição distrator.

Medidas motoras	Média e desvio-padrão
Tempo de reação (s)	0,409 ± 0,08
Tempo de movimento (s)	1,06 ± 0,2
Frequência relativa de erros de precisão (%)	19,76 ± 19,4
Pico de velocidade (cm/s)	29,50 ± 11,6
Número de correções no 2º submovimento	2,66 ± 1

5.2.3. Condição difícil

As médias e os desvios-padrão da média do desempenho dos participantes nas medidas motoras são apresentados na TABELA 4.

TABELA 4: Média e desvio-padrão das medidas de desempenho motor na condição difícil.

Medidas motoras	Média e desvio-padrão
Tempo de reação (s)	0,412 ± 0,08
Tempo de movimento (s)	1,06 ± 0,24
Frequência relativa de erros de precisão (%)	40,08 ± 27,2
Pico de velocidade (cm/s)	30,48 ± 11,9
Número de correções no 2º submovimento	2,67 ± 1,1

5.2.4. Condição inibição da resposta

A frequência média de erros de inibição de resposta encontrada foi de 23,84 ± 21,3%.

5.2.5. Análise da normalidade dos dados e transformação logarítmica

O teste de Kolmogorov-Smirnov indicou que os dados da medida de pico de velocidade não apresentavam normalidade em nenhuma das condições de execução ($p < 0,05$ em todas as condições). Após a transformação logarítmica (Log10) os dados de todas as três condições foram normalizados ($p > 0,05$) (APÊNDICE 6). Dessa forma, os dados transformados foram utilizados nas análises posteriores. Os dados das medidas de número de erros de precisão na condição controle e distrator e número de erro de inibição também não apresentaram normalidade ($p < 0,05$ em todas as medidas). Só foi possível conduzir uma transformação logarítmica para a variável número de erros de precisão na condição controle, isto porque as demais variáveis apresentavam valor zero (0) para alguns sujeitos o que inviabiliza a transformação logarítmica. Para essas variáveis, número de erros de precisão e número de erros de inibição, os dados foram transformados através do cálculo da raiz quadrada e do escore Z, mas esses procedimentos

falharam em normalizar os dados. Dessa forma, essas variáveis não foram incluídas na seleção de variáveis para a análise de regressão linear múltipla. Teste de Spearman foi conduzido para análise das correlações entre essas variáveis e os fatores latentes neuropsicológicos.

5.3. Análise Fatorial para redução das variáveis neuropsicológicas

Os pressupostos da amostra para realização da análise fatorial, com valor do teste de Kaiser-Meyer-Olkin de 0,56 e teste de esfericidade de Bartlett significativa ($p < 0,001$) foram preenchidos. Foi estabelecido valor mínimo de carga fatorial de 0,50 para aceitação de uma variável dentro de um dos fatores gerados e uma comunalidade de no mínimo 0,50 (TABELA 5).

TABELA 5: Comunalidades encontradas na análise.

Variáveis	Comunalidades
CPT-II: Omissão	0,502*
CPT-II: Ação	0,825*
CPT-II: Tempo de reação	0,842*
IGT-Br: B1	0,357
IGT-Br: B2	0,542*
IGT-Br: B3	0,766*
IGT-Br: B4	0,697*
IGT-Br: B5	0,654*

Nota: * = Comunalidade acima de 0,50; IGT-Br: B1...B5 = escores dos blocos do IGT.

A análise da matriz de cargas fatoriais indicou que três fatores independentes foram obtidos (TABELA 6).

TABELA 6: Matriz de cargas fatoriais rotacionadas entre as variáveis e os fatores extraídos.

Teste / variável	Componentes		
	Fator 1	Fator 2	Fator 3
CPT-II: Omissão	0,032	0,327	0,627*
CPT-II: Ação	0,002	0,905*	0,076
CPT-II: Tempo de reação	-0,011	-0,917*	-0,026
IGT-Br: B1	0,147	0,001	0,579*
IGT-Br: B2	0,726*	0,046	0,115
IGT-Br: B3	0,870*	0,039	0,091
IGT-Br: B4	0,798*	-0,078	-0,232
IGT-Br: B5	0,218	0,091	-0,774*

Nota: * = Cargas fatoriais acima de 0,50; IGT: B1...B5 = escores dos blocos do IGT-Br.

O fator 1 agrupou somente medidas relacionadas ao IGT-Br, indicando assim que os blocos 2, 3, e 4 do instrumento estão associados à impulsividade por falta de planejamento. Como esperado, o bloco 1 do IGT-Br não foi incluído no fator 1, tendo em vista que as primeiras 20 escolhas são normalmente realizadas aleatoriamente quando o comportamento do probando é principalmente exploratório. Um resultado inesperado, ao menos à primeira vista, foi a não inclusão do bloco B5 nesse fator. Esse resultado será discutido no capítulo Discussão.

O fator 2 agrega duas medidas do CPT-II, a medida de erro de ação e tempo de reação. De acordo com Miranda *et al.* (2009), um tempo de reação longo combinado com um grande número de erros de omissão e ação indica desatenção, enquanto que um tempo de reação rápido combinado com muitos erros de ação reflete impulsividade. A análise das cargas fatoriais indica a associação positiva dos erros de ação com o fator e relação negativa entre o tempo de reação e o fator. Em outras palavras, esses resultados apontam para o tipo de comportamento impulsivo

previsto por Miranda *et al.* (2009), baixo tempo de reação e alto nível de erros de ação, que no presente trabalho definimos como impulsividade motora.

O fator 3 agrupou a medida de erro de omissão do CPT-II, os blocos inicial (B1) e final (B5) do IGT-Br. Apesar de essa ser uma análise exploratória, poderia se esperar um fator exclusivo de impulsividade atencional no qual se teria somente uma carga fatorial elevada para os erros de omissão ou duas cargas fatoriais elevadas para erros de omissão e tempo de reação. Entretanto, os achados indicam uma relação entre processos atencionais e o processo de aprendizagem de tomada de decisão. Participantes que apresentam altos escores de erro de omissão mantêm baixos escores no último bloco do IGT-Br. Esse padrão revela uma dimensão latente na qual um baixo nível de atenção sustentada está relacionado a um baixo desempenho na tomada de decisão na fase final de uma tarefa prolongada e complexa, fator esse que apresenta características encontradas nas proposições sobre impulsividade atencional.

5.4. Análise de correlação para seleção de variáveis

Análises de correlação entre os fatores neuropsicológicos e as variáveis motoras nas condições controle (TABELA 7), distrator (TABELA 8) e difícil (TABELA 8) foram conduzidas para seleção das variáveis a serem introduzidas no modelo de regressão, considerando o nível de significância de 25%.

TABELA 7: Correlação entre variáveis motoras na condição controle e os fatores latentes das medidas neuropsicológicas.

Variáveis motoras	Fatores latentes das medidas neuropsicológicas			
		F lfp	F lm	F la
Tempo de reação	r	0,089	-0,240*	0,117*
	ρ	0,331	0,008	0,200
Tempo de movimento	r	-0,039	-0,138*	0,007
	ρ	0,671	0,131	0,938
Pico de velocidade	r	0,002	0,250*	0,021
	ρ	0,983	0,006	0,816
Número de correções no 2º submovimento	r	-0,063	-0,185*	0,067
	ρ	0,489	0,041	0,467
Número de erros de precisão	r	-0,017	0,048	0,059
	ρ	0,857	0,600	0,524

Nota: * Correlação que atingiu o valor de significância mínimo de 25%. F lfp = fator impulsividade por falta de planejamento; F lm = fator impulsividade motora; F la = fator impulsividade atencional.

TABELA 8: Correlação entre variáveis motoras na condição distrator e os fatores latentes das medidas neuropsicológicas.

Variáveis motoras	Fatores neuropsicológicos			
		F lfp	F lm	F la
Tempo de reação	r	0,105*	-0,267*	0,094
	ρ	0,251	0,003	0,301
Tempo de movimento	r	-0,066	-0,146*	0,028
	ρ	0,470	0,109	0,758
Pico de velocidade	r	-0,020	0,249*	0,059
	ρ	0,827	0,006	0,518
Número de correções no 2º submovimento	r	-0,092	-0,105*	0,105*
	ρ	0,314	0,251	0,251
Número de erros de precisão	r	-0,014	0,103*	0,071
	ρ	0,880	0,261	0,436

Nota: * Correlação que atingiu o valor de significância mínimo de 25%. F lfp = fator impulsividade por falta de planejamento; F lm = fator impulsividade motora; F la = fator impulsividade atencional.

TABELA 9: Correlação entre variáveis motoras na condição difícil e os fatores latentes das medidas neuropsicológicas.

Variáveis motoras	Fatores neuropsicológicos			
		F lfp	F lm	F la
Tempo de reação	r	0,094	-0,257*	0,139*
	p	0,305	0,004	0,126
Tempo de movimento	r	-0,010	-0,171*	0,038
	p	0,912	0,060	0,675
Pico de velocidade	r	-0,022	0,226*	0,023
	p	0,808	0,012	0,803
Número de correções no 2º submovimento	r	0,027	-0,215*	0,113*
	p	0,770	0,017	0,216
Número de erros de precisão	r	0,118*	-0,191*	0,069
	p	0,198	0,036	0,454

Nota: * Correlação que atingiu o valor de significância mínimo de 25%. F lfp = fator impulsividade por falta de planejamento; F lm = fator impulsividade motora; F la = fator impulsividade atencional.

A análise correlacional conduzida através do teste de Spearman não indicou correlações significativas entre a medida de número de erros de precisão e os fatores latentes neuropsicológicos: impulsividade motora ($r = 0,10$, $p=0,881$); impulsividade atencional ($r = 0,047$, $p = 0,478$); impulsividade por não planejamento ($r = 0,014$, $p = 0,834$). Também não foram encontradas correlações significativas para a variável inibição de resposta: impulsividade motora ($r= 0,86$, $p=0,187$); impulsividade atencional ($r = 0,017$, $p = 0,791$); impulsividade por não planejamento ($r = 0,037$, $p = 0,577$).

Os resultados das análises realizadas demonstram que o fator impulsividade motora é o que mais se correlaciona com as variáveis motoras. Noventa e três por cento das correlações entre o fator impulsividade motora e as variáveis motoras atingiram o valor de significância definido de 25%. A impulsividade atencional esteve correlacionada com as variáveis em 28% das análises e a impulsividade por não planejamento somente em 14% das análises. Não houve nem uma situação em que

a variável motora estivesse correlacionada ($p < 0,25$) com todos os três fatores relacionados à impulsividade. Dessa forma, optou-se por selecionar as variáveis motoras que estivessem correlacionadas com pelo menos dois fatores de impulsividade. As variáveis selecionadas foram: (1) tempo de reação condição controle; (2) tempo de reação condição distrator; (3) tempo de reação condição diferente índice de dificuldade; (4) número de correções no 2º submovimento condição distrator; (5) número de correções no 2º submovimento condição diferente índice de dificuldade; (6) número de erros de precisão condição diferente índice de dificuldade.

5.5. Análise de múltipla regressão

5.5.1. Tempo de reação condição controle

O modelo de regressão inicial obtido foi significativo ($F= 4,559$, $p= 0,012$). Para esse modelo as variáveis independentes selecionadas foram o fator impulsividade motora e impulsividade atencional. Após a exclusão passo a passo da variável independente não-significativa, o modelo final ajustado foi composto pela variável denominada fator impulsividade motora que explicou 0,057 (R^2) da variabilidade observada no tempo de reação da condição controle ($F = 7,320$, $p=0,008$). O resumo dos resultados da análise de regressão é apresentado na TABELA 10.

TABELA 10: Resumo do modelo de regressão linear ajustado para a variável tempo de reação do modelo.

Variáveis	Coeficiente padronizado	Erro padrão	t
Constante	0,418	0,008	54,569 **
Fator impulsividade motora	-0,021	0,008	-2,706**

Nota: **p<0,001

Esse resultado indica que o aumento de uma unidade no escore referente ao fator impulsividade motora diminui em 0,21 segundos o tempo de reação na condição controle.

5.5.2. Tempo de reação condição distrator

O modelo de regressão inicial obtido foi significativo ($F = 5,195$, $p = 0,007$). Para esse modelo as variáveis independentes selecionadas foram o fator impulsividade motora e impulsividade por falta de planejamento. Após a exclusão passo a passo da variável independente não-significativa, o modelo final ajustado foi composto pela variável denominada fator impulsividade motora que explicou 0,071 (R^2) da variabilidade observada no tempo de reação da condição distrator ($F = 9,222$, $p = 0,003$). O resumo dos resultados da análise de regressão é apresentado na TABELA 11.

TABELA 11: Resumo do modelo de regressão linear ajustado para a variável tempo de reação do modelo.

Variáveis	Coeficiente padronizado	Erro padrão	t
Constante	0,410	0,008	53,350**
Fator impulsividade motora	-0,023	0,008	-3,037**

Nota: **p<0,001

Esse resultado indica que o aumento de uma unidade no escore referente ao fator impulsividade motora diminui em 0,23 segundos o tempo de reação na condição distrator.

5.5.3. Tempo de reação condição difícil

O modelo de regressão inicial obtido foi significativo ($F = 5,546$, $p = 0,005$). Para esse modelo as variáveis independentes selecionadas foram o fator impulsividade motora e impulsividade atencional. Após a exclusão passo a passo de variáveis independentes não-significativas, o modelo final ajustado foi composto pela variável denominada fator impulsividade motora que explicou 0,066 (R^2) da variabilidade observada no tempo de reação da condição difícil ($F = 8,468$, $p = 0,004$). O resumo dos resultados da análise de regressão é apresentado na TABELA 12.

TABELA 12: Resumo do modelo de regressão linear ajustado para a variável tempo de reação do modelo.

Variáveis	Coeficiente padronizado	Erro padrão	t
Constante	0,413	0,008	53,826**
Fator impulsividade motora	-0,022	0,008	-2,910**

Nota: ** $p < 0,001$

Esse resultado indica que o aumento de uma unidade no escore referente ao fator impulsividade motora diminui em 0,22 segundos o tempo de reação na condição difícil.

5.5.4. Número de correções no 2º submovimento condição distrator

O modelo de regressão obtido não foi significativo ($F = 1,336$, $p = 0,267$).

5.5.5. Número de correções no 2º submovimento condição índice de dificuldade

O modelo de regressão inicial obtido foi significativo ($F = 3,736$, $p = 0,027$). Após a exclusão passo a passo de variáveis independentes não-significativas, o modelo final ajustado foi composto pela variável denominada fator impulsividade motora que explicou 0,46 (R^2) da variabilidade observada no número de correções no 2º submovimento condição índice de dificuldade ($F = 5,833$, $p = 0,017$). O resumo dos resultados da análise de regressão é apresentado na TABELA 13.

TABELA 13: Resumo do modelo de regressão linear ajustado para a variável número de correções no 2º submovimento do modelo.

Variáveis	Coefficiente padronizado	Erro padrão	t
Constante	2,682	0,106	25,268**
Fator impulsividade motora	-0,257	0,107	-2,415**

Nota: ** $p < 0,001$

Esse resultado indica que o aumento de uma unidade no escore referente ao fator impulsividade motora diminui em 2,57 o número de correções no 2º submovimento na condição índice de dificuldade.

5.5.6. Número de erros de precisão condição difícil

O modelo de regressão inicial obtido foi significativo ($F = 3,132$, $p = 0,047$). Após a exclusão passo a passo de variáveis independentes não-significativas, o

modelo final ajustado foi composto pela variável denominada fator impulsividade motora que explicou 0,36 (R^2) da variabilidade observada no número de erros de precisão condição difícil. O resumo dos resultados da análise de regressão é apresentado na TABELA 14.

TABELA 14: Resumo do modelo de regressão linear ajustado para a variável número de erros de precisão do modelo.

Variáveis	Coefficiente padronizado	Erro padrão	t
Constante	3,984	0,245	16,270**
Fator impulsividade motora	-0,524	0,246	-2,132**

Nota: ** $p < 0,001$

Esse resultado indica que o aumento de uma unidade no escore referente ao fator impulsividade motora diminui em 5,24 o número de erros de precisão na condição difícil.

6. DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo geral investigar a relação entre a impulsividade e o controle motor de movimentos manuais. As questões investigadas foram:

1_ Qual a relação entre a impulsividade atencional e o controle motor de movimentos de apontamento em condições de execução com diferentes demandas percepto-motoras?

2_ Qual a relação entre a impulsividade motora e o controle motor de movimentos de apontamento em condições de execução com diferentes demandas percepto-motoras?

3_ Qual a relação entre a impulsividade por falta de planejamento e o controle motor de movimentos de apontamento em condições de execução com diferentes demandas percepto-motoras?

As hipóteses levantadas foram:

1. Impulsividade atencional estará associada a uma menor qualidade do controle motor em condições de execução nas quais há uma maior demanda perceptiva.

2. Impulsividade motora estará associada a uma menor qualidade do controle motor na inibição de respostas.

3. Impulsividade motora estará associada a uma menor qualidade do controle motor em condições de execução nas quais há uma maior demanda motora.

4. Impulsividade por falta de planejamento estará menos associada ao controle motor quando comparada as impulsividade atencional e motora.

Analisando as questões investigadas e as hipóteses levantadas, pode-se observar que os resultados, de forma geral, apontam para uma associação entre impulsividade e o controle motor de movimentos manuais. A análise específica de cada uma das dimensões mostra uma associação entre a impulsividade motora e desempenho motor. Por outro lado, a impulsividade atencional e por falta de planejamento não estão associadas com o desempenho motor.

Das quatro hipóteses levantadas, nenhuma foi integralmente confirmada. A única hipótese que foi parcialmente confirmada é a de que a impulsividade por falta de planejamento estaria menos associada ao controle motor quando comparada às impulsividades atencional e motora. A hipótese de que a impulsividade atencional estaria associada a uma menor qualidade do controle motor em condições de execução nas quais há uma maior demanda perceptiva não foi confirmada. Assim como a hipótese de que a impulsividade motora estaria associada a uma menor qualidade do controle motor na inibição de respostas.

6.1. Impulsividade motora

As análises desse estudo indicaram que de todas as dimensões da impulsividade, somente a motora prediz o controle motor. Mas especificamente, os modelos de regressão multivariada indicaram associação entre impulsividade motora e as medidas de tempo de reação, número de correções no 2º submovimento e número de erros de precisão. Em relação à magnitude e direção das correlações, também foi a dimensão motora a única a apresentar correlações significativas ($p < 0,05$) entre os fatores latentes neuropsicológicos e as variáveis motoras. Mais especificamente, foram encontradas correlações significantes com as medidas de (1) tempo de reação, (2) pico de velocidade e (3) número de correções no 2º

submovimento na condição controle, (1) tempo de reação e (2) pico de velocidade na condição distrator e (1) tempo de reação, (2) pico de velocidade, (3) número de correções no 2º submovimento e (4) número de erros de precisão na condição difícil.

Apesar de contrário à hipótese de estudo, o achado sobre a não associação entre impulsividade motora e menor qualidade do controle motor pode ser considerado o resultado mais interessante desse estudo. Na condição de maior demanda percepto-motora, a condição difícil, o fator impulsividade motora associou-se negativamente à medida de erros de precisão espacial. Esse resultado indica que em situações nas quais o controle motor é restringido por maior demanda temporal e espacial o comportamento impulsivo na dimensão motora apresenta um aspecto funcional, tendo em vista que níveis mais altos de impulsividade motora correlacionam-se com menor número de erros de precisão ao alvo.

De forma geral, impulsividade é entendida como algo negativo, disfuncional, independente do contexto ou do domínio humano em que está sendo analisada (DICKMAN, 1993; STANFORD *et al.*, 2009). Entretanto, os resultados desse estudo indicam que no domínio motor, especificamente em contextos que requerem alta demanda percepto-motora, o comportamento impulsivo pode ser favorecer o bom desempenho. Entendendo controle motor como a capacidade de regular ou orientar os mecanismos essenciais para a execução do movimento (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2003), sujeitos mais impulsivos parecem apresentar uma adequada capacidade adaptativa em contextos nos quais eles são “atraídos”, “chamados” para esse tipo de comportamento.

As características que diferenciam a condição difícil das demais condições de execução são (1) o tamanho do alvo e (2) a diferente localização do alvo. Norman e Shallice (1986) apontam que um bom desempenho depende da interação entre o

tipo de processamento de informação que o sujeito se engaja e a dificuldade ou complexidade da tarefa. De acordo com Richetin e Richardson (2008), o processamento de informação pode ser explícito/deliberado, caracterizado por processos controlados e refletidos que envolvem consciência, ou implícito/impulsivo, distinguido por processos automáticos e intuitivos que não envolvem consciência. Enquanto no processamento deliberado o comportamento é entendido como uma consequência de um processo de decisão, no processamento impulsivo o comportamento é uma consequência da ativação automática de uma difusa rede associativa. Em condições onde a demanda espacial e temporal é alta, é provável que o processamento implícito/automático observado nos sujeitos mais impulsivos seja mais efetivo.

Uma outra possível explanação para a relação encontrada entre impulsividade e precisão na condição de maior demanda percepto-motora pode ser apoiada na teoria da fixidade atencional de Dickman (1993, 1996). Em todas as condições de execução o estímulo de aviso era apresentado na mesma localização do surgimento dos estímulos para as condições controle, distrator e inibição de resposta. Nessas situações a atenção visual era fixada antecipadamente no mesmo local de surgimento do estímulo alvo. Em outras palavras, não havia a necessidade de movimentos sacádicos dos olhos para extração de informação em outra localização. Por outro lado, o mesmo não acontecia na condição de difícil. De acordo com a teoria de fixidade atencional (DICKMAN, 1993), sujeitos mais e menos impulsivos diferem no grau ao qual a atenção tende a permanecer fixada sobre uma determinada fonte de entrada sensorial ou estímulo. A atenção de sujeitos mais impulsivos é mais facilmente deslocada do ponto de fixação do que em sujeitos

menos impulsivos. É possível que as características da condição difícil tenham favorecido o desempenho de sujeitos mais impulsivos.

É possível entender as explicações sobre o tipo de processamento de informação e fixidade atencional como proposições complementares e não excludentes. Os achados desse estudo indicam que o desempenho de sujeitos mais e menos impulsivos pode ser favorecida ou não de acordo com o contexto. Como exemplo, o processamento refletido dos sujeitos menos impulsivos envolve consciência e lentidão (BECHARA; VAN DER LINDEN, 2005) o que pode ser um fator de restrição ao bom desempenho em situações de maior demanda temporal e espacial.

O modelo de regressão indicou uma associação negativa entre número de correções no 2º submovimento e o fator impulsividade motora também na condição de maior demanda percepto-motora. De acordo com Teulings (2001), uma estratégia eficaz do sistema motor é minimizar a duração total do movimento otimizando a distribuição de tempo entre o 1º e o 2º submovimentos. Uma maior duração e tamanho do 1º submovimento indicam um controle do sistema motor mais eficiente, possibilitando um maior período de deslocamento balístico e uma menor necessidade de correções on-line. Isto porque correções no 2º submovimento não só consomem mais tempo, mas também mais energia para que alterações de forças musculares sejam implementadas para acelerar ou desacelerar o membro (ELLIOTT *et al.*, 2004). Somado aos achados sobre precisão espacial na condição difícil, esse resultado reforça a noção de funcionalidade da impulsividade em determinados contextos.

Em suma, os achados de forma geral sugerem que a relação entre impulsividade motora e desempenho motor é dependente das características da

tarefa. A tarefa de apontamento manual utilizada no presente estudo requer baixa latência de resposta e alta acurácia, principalmente na condição difícil. É possível que a maior impulsividade motora seja uma característica positiva em tarefas motoras dessa natureza. Dessa forma, sujeitos mais impulsivos na dimensão motora se engajariam em um tipo de processamento mais rápido e com maior tendência a erros, mas que devido às características da tarefa seria o mais eficaz. Um tipo de processamento mais controlado nesse caso levaria a uma perda na qualidade da precisão. Como o participante tinha apenas 2 segundos para executar a tarefa, o controle mais consciente da execução por muitas vezes pode ter gerado um erro de precisão, já que o alvo poderia não ser atingido em tempo hábil. Esses resultados encontrados em relação a uma possível característica adaptativa em relação à impulsividade trazem novas e interessantes questões para futuras investigações. É importante ressaltar que o instrumento específico para análise da impulsividade funcional é a escala de Dickman (1990). Esse instrumento não foi ainda validado para a língua portuguesa, sendo essa ação um possível primeiro passo para que um instrumento específico possa ser futuramente aplicado. Uma outra questão a se investigar é se existe correlação positiva entre os escores da escala de impulsividade de Dickman (1990) e os escores de erros de ação do CPT-II, ou o fator latente que envolve a medida de erros de ação e tempo de reação no CPT-II.

6.2. Impulsividade motora, atencional e por falta de planejamento

O avanço no conhecimento sobre a participação de áreas específicas do lobo frontal no controle motor possibilita a proposição de que aspectos psicofisiológicos envolvidos no comportamento impulsivo podem interferir na forma como os movimentos são organizados e controlados. Recursos cognitivos são recrutados

para o alcance da meta de ação, e uma região importante nesse processo é o córtex pré-frontal dorsolateral (DIAMOND, 2000). Além do córtex frontal dorsolateral, Serrien, Ivry e Swinnen (2007) também destacam o córtex cingulado anterior. A especialização funcional do córtex pré-frontal dorsolateral junto à heterogeneidade funcional da área pré-motora suplementar e do córtex cingulado anterior permite processamento cognitivo de alta ordem na especificação de objetivos, seleção da resposta e monitoramento das ações motoras voluntárias (DIAMOND, 2000). É importante salientar que essas associações entre impulsividade e controle motor são observadas também em níveis de análises mais microscópicos, como exemplo, o sistema serotoninérgico (REIF *et al.*, 2007; ROGERS *et al.*, 2003) e dopaminérgico (CONGDON; LESCH; CANLI, 2008; LIMOSIN, *et al.*, 2003) em humanos.

Das dimensões da impulsividade, somente a impulsividade motora e a impulsividade atencional parecem estar mais diretamente associadas ao córtex pré-frontal e o córtex cingulado anterior. Apoiado nessa lógica foi levantada a hipótese de que a impulsividade motora e atencional estariam mais associadas ao controle motor do que a impulsividade por não-planejamento. A hipótese foi parcialmente confirmada, tendo em vista que somente a impulsividade motora esteve mais associada ao controle motor. Os achados desse estudo indicam que impulsividade atencional não está associada ao controle motor.

Dos resultados desse estudo, esse achado parece ser o mais difícil de ser explicado. Além das evidências bem descritas na literatura sobre o papel do córtex cingulado anterior na impulsividade (HOERST *et al.*, 2010), têm sido encontradas evidências da participação heterogênea do córtex cingulado anterior no processamento cognitivo, no sentido de especificar metas, selecionar e monitorar respostas motoras (NACHEV *et al.*, 2005). A tarefa de apontamento manual utilizada

nesse estudo requer a seleção de diferentes respostas e monitoramento *online* das ações para possíveis correções ao longo do movimento.

Uma possível explicação para esse achado é de que o fator latente neuropsicológico analisado não caracterizava exclusivamente impulsividade atencional. Apesar dos fatores serem independentes, é importante analisar dois aspectos importantes observados nos resultados. O padrão de processo de tomada de decisão relacionado à avaliação de recompensa e punição sob incerteza e risco foi bem identificado nos blocos intermediários do IGT (B2, B3 e B4). Bechara *et al.* (1997) encontraram diferentes estágios de aprendizagem durante a execução do IGT. Entre os blocos 2, 3 e 4 os probandos atingem um estágio denominado de intuitivo (*hunch*) no qual eles já reportam quais são os montes de cartas de maior risco. O fator que combina esses blocos parece representar adequadamente o construto, fator impulsividade por falta de planejamento. Por outro lado, o construto denominado de impulsividade atencional agregou negativamente os erros de omissão do CPT-II e o escore do último bloco do IGT, indicando que níveis baixos de erros por desatenção estão associados a altos níveis de escore no último bloco do processo de aprendizagem da tarefa de tomada de decisão. O quinto bloco do IGT representa o estágio final da aprendizagem no qual 80% dos probandos atingem o estágio denominado de conceitual. Processos decisoriais dependem de atenção e memória de trabalho (BECHARA; DAMASIO; DAMASIO, 2000), o que dá sentido ao agrupamento observado na análise fatorial. Por outro lado, esse fator gerado talvez não represente exclusivamente a impulsividade atencional. Sugere-se para futuros estudos a utilização de outros instrumentos para a análise dessa dimensão da impulsividade.

6.3. Discussão Final

A maioria dos resultados de estudos que utilizaram tarefas discretas não mostra diferenças entre os grupos de impulsividade (COHEN; HORN, 1974; DICKMAN; MEYER, 1988; LOGAN; SCHACHAR; TANNOCK, 1997; RODRIGUEZ-FORNELLS; LORENZO-SEVA; ANDRÉS-PUEYO, 2002). Apesar desse estudo não utilizar de análise categorial na qual se separa grupos de sujeitos por nível de impulsividade, os achados indicam associação entre impulsividade e desempenho motor na tarefa discreta de apontamento manual aplicada. A única exceção encontrada na literatura é o estudo de Expósito e Andrés-Pueyo (1997), no qual os resultados indicaram maior tempo de reação dos sujeitos mais impulsivos comparados aos menos impulsivos na condição de baixa compatibilidade estímulo-resposta. Expósito e Andrés-Pueyo (1997) foram os únicos a investigar a relação entre nível de compatibilidade estímulo-resposta e impulsividade. Em conjunto, o achado desse estudo associado aos de prévios estudos indica que associação entre impulsividade e controle motor parece emergir em situações nas quais maior exigência perceptiva ou motora estão presentes. Uma característica comum aos estudos que não encontraram relação entre impulsividade e controle motor em tarefas discretas é a baixa demanda cognitiva e efetora.

Os resultados de Lemke (2005) e Lemke *et al.* (2005) mostram que as diferenças no comportamento impulsivo são observadas na primeira fase do movimento. Entretanto, não foram analisadas as descontinuidades no perfil de aceleração, medida essa que permite inferências acerca dos ajustes realizados via feedback. Nesse estudo foi também encontrada associação entre impulsividade motora e medidas relacionadas à primeira fase do movimento. Os modelos de regressão indicaram que a impulsividade motora prediz o tempo reação em todas as

condições de execução. Além disso, foram encontradas correlações significantes para as medidas de pico de velocidade em todas as condições de execução. Porém, um achado vai além aos de Lemke (2005) e Lemke *et al.* (2005), é o de associação entre impulsividade e número de correções *on-line*. A especialização funcional do córtex pré-frontal dorsolateral junto à heterogeneidade funcional da área pré-motora suplementar e do córtex cingulado anterior permite processamento cognitivo de alta ordem no monitoramento de movimentos voluntários (SERRIEN; IVRY; SWINNEN, 2007).

Um resultado inesperado foi a não associação entre o fator impulsividade motora e a condição de inibição de resposta da tarefa motora. O déficit na inibição de respostas prepotentes é para muitos pesquisadores o principal mecanismo subjacente ao fenótipo impulsivo (BARKLEY, 1997; 2001; ENTICOTT; OGLOFF; BRADSHAW, 2006). Alguma discussão tem sido levantada a respeito de que pessoas mais impulsivas teriam mais dificuldades de inibir respostas prepotentes devido à capacidade de responder excepcionalmente rápido. Resultados do estudo de Logan, Schachar e Tannock (1997) indicam que a resposta não está na velocidade em que os sujeitos impulsivos respondem a estímulos prepotentes, mas sim, na lentidão no controle inibitório desses sujeitos. No presente estudo as análises relacionadas à inibição de respostas ficaram em parte enfraquecidas devido às características dos dados. Sugere-se que para próximos estudos a análise dos erros de inibição de resposta seja realizada com dados contínuos, através da análise da distância percorrida pela caneta óptica quando os probandos cometerem erros de inibição de resposta.

7. CONCLUSÕES

Dentre as inúmeras possibilidades de investigação sobre as relações entre a impulsividade e o controle motor, o presente estudo investigou as relações entre as diferentes dimensões da impulsividade e o controle motor de movimentos manuais de apontamento. Os resultados permitem a conclusão de que a impulsividade está associada ao controle motor. Dentre as diferentes dimensões do comportamento impulsivo, a dimensão motora é a que prediz as variáveis tempo de reação, independente das características percepto-motoras exigidas durante a execução. Já as variáveis relacionadas às correções *online* e precisão espacial do movimento são preditas pela impulsividade somente em situações de maior demanda percepto-motora. Além disso, somente a impulsividade motora esteve correlacionada significativamente com outras medidas motoras. Essas medidas motoras dizem respeito tanto sobre a preparação quanto à execução do movimento.

Esses achados podem ser discutidos em termos de substratos neurobiológicos associados com o controle motor e o comportamento impulsivo. Áreas críticas para funções cognitivas estão interconectadas tanto no sentido funcional como anatômico com áreas associadas ao controle motor. As interconexões do córtex pré-frontal dorsolateral a regiões envolvidas em funções motoras, tais como o córtex pré-motor e a área motora suplementar, parecem ser um substrato neurobiológico envolvido nos achados desse estudo.

Pouco tem sido estudado sobre a relação entre impulsividade e o controle motor. Alguns resultados desse estudo contribuem para o conhecimento acerca dessa relação. Por outro lado, algumas questões ainda ficaram pendentes, sendo necessária a condução de novos estudos para que possam ser mais bem

esclarecidas. Dentre elas destacam a relação entre a impulsividade motora e a inibição de respostas e a relação entre impulsividade atencional e o controle motor de movimentos manuais.

E por fim, o presente estudo investigou a relação entre comportamento motor e impulsividade sob a ótica do controle motor. Muito se discute na literatura sobre aprendizagem motora em relação a alteração do modo de controle ao longo da prática. O processo de aprendizagem tem como característica marcante a alteração do modo de controle, que vai sendo gradativamente alterado do processamento controlado para o automático. Se inerentemente, sujeitos mais e menos impulsivos apresentam características diferenciadas no tipo de processamento de informações, é possível que o processo de aprendizagem seja também diferenciado para esses sujeitos. Essa é uma questão a ser respondida por futuros estudos.

REFERÊNCIAS

ALUJA, A. *et al.* Impulsive-disinhibited personality and serotonin transporter gene polymorphisms: Association study in an inmate's sample. **Journal of Psychiatric Research**, v.43, p.906–914, 2009.

AMELANG, M.; BREIT, C. Extraversion and rapid tapping: reactive inhibition or general cortical activation as determinants of performance differences. **Personality and Individual Differences**. v.4, p.103-105, 1983.

AMORIM, P. Mini International Neuropsychiatric Interview (MINI): Validation of a short structured diagnostic psychiatric interview. **Revista Brasileira de Psiquiatria**, v.2, p.106–115, 2000.

BACHOROWSKI, J. A.; NEWMAN, J. E. Impulsivity in adults: Motor inhibition and time estimation. **Personality and Individual Differences**, v.6, p.133-136, 1985.

BACHOROWSKI, J.; NEWMAN, J. E. Impulsive Motor Behavior: Effects of Personality and Goal Salience. **Journal of Personality and Social Psychology**, v.58, p.512-518, 1990.

BARKLEY, R. A. Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: Constructing a unifying theory of ADHD. **Psychological Bulletin**, v.121, p.65–94, 1997.

BARKLEY, R. The executive functions and self-regulation: an evolutionary neuropsychological perspective. **Neuropsychological Review**. v.11, p.1-29, 2001.

BARRAT, E. S. Perceptual-motor performance relative to impulsivity and anxiety. **Perceptual and Motor Skills**, v.25, p.485-492, 1967.

BARRAT, E. S. Time perception, cortical evoked potentials and impulsiveness among three groups of adolescents. In HAYS, J. K.; ROBERTS, T. K.; SOLWAY (Eds.), **Violence and the violent individual**. New York: Spectrum Publications, 1981. Cap.6, p.87-95.

BECHARA, A. *et al.* Insensitivity to future consequences following damage to human prefrontal cortex. **Cognition**. v.50, p.7–15, 1994.

BECHARA, A.; DAMASIO H.; DAMASIO A. R. Emotion, decision making and the orbitofrontal cortex. **Cerebral Cortex**, v.10, p.295–307, 2000.

BECHARA, A.; VAN DER LINDEN, M. Decision-making and impulse control after frontal lobe injuries. **Current Opinion in Neurology**, v.18, p.734-739, 2005.

BERLIN, H. A.; ROLLS, E. T.; KISCHKA, U. Impulsivity, time perception, emotion and reinforcement sensitivity in patients with orbitofrontal cortex lesions. **Brain**, v.127, p.1108-1126, 2004.

BRADSHAW, J. **Developmental disorders of the frontostriatal system: Neuropsychological, neuropsychiatry and evolutionary perspectives.** Hove: Psychology, 2001.

CONNERS, K. *et al.* Continuous performance test performance in a normative epidemiological sample. **Journal of Abnormal Child Psychology.** v.31, p.555-62, 2003.

COELHO, V. A. C.; TOLOCKA, R. E. Manifestações emocionais vivenciadas em jogos de arremesso. **Motriz**, Rio Claro, v.16, p.69-77, 2010.

COHEN, D. B.; HORN, J. M. Extraversion and performance: a test of the theory of cortical inhibition. **Journal of Abnormal Psychology**, v.83, p.304-307, 1974.

CONGDON, E.; LESCH, K. P.; CANLI, T. Analysis of DRD4 and DTA polymorphisms and behavioral inhibition in health adults: implications for impulsivity. **American Journal of Medical Genetics Part B: Neuropsychiatry genetics**, v.147b, p.27-32, 2008.

COOMBES, S. A.; JANELLE, C. M.; DULEY, A. R. Emotion and motor control: Movement attributes following affective picture processing. **Journal of Motor Behavior**, v.37, p.425-436, 2005.

CORRÊA, H. *et al.* Familial suicide behavior: association with probands suicide attempt characteristics and 5-HTTLPR polymorphism. **Acta Psychiatrica Scandinavica**, v.110, p.459-464, 2004.

Da ROCHA, F. *et al.* Borderline personality features possibly related to cingulate and orbitofrontal cortices dysfunction due to schizencephaly. **Clinical Neurological Neurosurgery**, v.4, p.396-399, 2008.

DARUNA, J. H. A neurodevelopmental view of impulsivity. In MCCOWN, W.; SHURE, M.; JOHNSON, J. (Eds.), **The impulsive client: theory, research and treatment.** Washington, DC: American Psychological Association. 1993. Cap.2, p.23-37.

DICKMAN, S. J. Functional and dysfunctional impulsivity: personality and cognitive correlates. **Journal of Personality and Social Psychology**, v.58, p.95-102, 1990.

DICKMAN, S. J. Impulsivity and information processing. In MCCOWN, W.; SHURE, M.; JOHNSON, J. (Eds.), **The impulsive client: theory, research and treatment.** Washington, DC: American Psychological Association. 1993. Cap. 9, p.151-184.

DICKMAN, S. J.; MEYER, D. E. Impulsivity and speed-accuracy tradeoffs in information processing. **Journal of Personality and Social Psychology**, v.54, p.274-290, 1988.

DIAMOND, A. Close Interrelation of Motor Development and Cognitive Development and of the Cerebellum and Prefrontal Cortex. **Child Development**, v.71 p.44-56, 2000.

DIAMOND, A. Interrelated and interdependent. **Developmental Science**, v.10, p.152-158, 2007.

DUM, R. P.; STRICK, P. L. The origin of corticospinal projections from the premotor areas in the frontal lobe. **Journal of Neuroscience**, v.11, p.667-689, 1991.

ELLIOTT, D. *et al.* Learning to optimize speed, accuracy, and energy expenditure: a framework for understanding speed-accuracy relations in goal-directed aiming. **Journal of Motor Behavior**, v.36, p.339-351, 2004.

ELLIOTT, D.; CHUA, R. Manual asymmetries in goal-directed movement. In: Elliott D, Roy EA (Eds.), **Manual asymmetries in motor performance**. Boca Raton: CRC, 1996. Cap.7, p.143-158.

ENTICOTT, P. G.; OGLOFF, R. P.; BRADSHAW, J. Associations between laboratory measures of executive inhibitory control and self-reported impulsivity. **Personality and Individual Differences**, v.41, p.285-294, 2006.

EXPÓSITO, J.; ANDRÉS-PUEYO, A. The effects of impulsivity on the perceptual and decision stages in a choice reaction time task. **Personality and Individual Differences**, v.22, p.693-697, 1997.

EYSENCK, H. J. The nature of impulsivity. In MCCOWN, W.; SHURE, M.; JOHNSON, J. (Eds.), **The impulsive client: theory, research and treatment**. Washington, DC: American Psychological Association. 1993. Cap. 4, p.57-69.

FITTS, P. M. The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. **Journal of Experimental Psychology**, v.47, p.381-391, 1954.

FUENTES, D. *et al.* Self-reported and neuropsychological measures of impulsivity in pathological gambling. **Journal of the International Neuropsychological Society**, v.12, p.907-912, 2006.

GEYER, M. A. Serotonergic functions in arousal and motor activity. **Behavioral Brain Research**, v.73, p.31-35, 1996.

HAIR, J. F. *et al.* **Análise multivariada de dados**. 5ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HOERST, M. *et al.* Correlation of Glutamate Levels in the Anterior Cingulate Cortex With Self-reported Impulsivity in Patients With Borderline Personality Disorder and Healthy Controls. **Archives of General Psychiatry**, v.67, p.946-954, 2010.

KAGAN, J. Reflection-impulsivity: the generality and dynamics of conceptual tempo. **Journal of Abnormal Psychology**, v.71, p.17-24, 1966.

KIELING, C. *et al.* Association between DRD4 gene and performance of children with ADHD in a test of sustained attention. **Biological Psychiatry**, v.60, p1163-1165, 2006.

LAGE, G. M. *et al.* Assimetrias manuais e complexidade da tarefa em habilidades de apontamento. **Revista Portuguesa de Ciência e Desporto**, Portugal, v.8, n.1, p.47-57, 2008.

LAGE, G. M. *et al.* Articulações entre o Comportamento Motor e a Neuropsicologia. In: FUENTES, D.; MALLOY-DINIZ, L. F.; CAMARGOS, C. **Neuropsicologia: teoria e prática**. 1ª. Porto Alegre: ARTMED, 2007. Cap. 12, 207-229.

LAGE, G. M.; FIALHO, J. V. A.; MALLOY-DINIZ, L. F. O papel das impulsividades atencional, cognitiva e motora no controle de tarefas motoras de timing. **Dementia & Neuropsychologia**, v.1, p. 4, 2007.

LANGE, K. W. *et al.* Brain dopamine and kinematics of graphomotor functions. **Human Movement Science**, v. 25, p.492-509, 2006.

LEMKE, M. R. Impulsivität und motoric. **Psychoneuro**, v.31, p.385-387, 2005.

LEMKE, M. R. *et al.* Modulation of involuntary and voluntary behavior following emotional stimuli in healthy subjects. **Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry**, v.29, p.69-76, 2005.

LESCH, K. P. *et al.* Association of anxiety related traits with a polymorphism in the serotonin transporter gene regulatory region. **Science**, v.274, p.1527–1530, 1996.

LIMOSIN, F.; LOZE, J. Y.; DUBERTRET, C.; GOUYA, L.; ADES, J.; ROUILLON, F.; GORWOOD, P. Impulsiveness as the intermediate link between the dopamine receptor D2 gene and alcohol dependence. **Psychiatry Genetics**, v.13, p.127-129, 2003.

LOGAN, G. D.; SCHACHAR, R. J.; TANNOCK, R. Impulsivity and inhibitory control. **Psychological Science**, v.8, p.60-64, 1997.

LOUBINOX, I. *et al.* Selective serotonin reuptake inhibitor paroxetine modulates motor behavior through practice. A double-blind, placebo-controlled, multi-dose study in healthy subjects. **Neuropsychologia**, v.40, p.1815–1821, 2002.

MALLOY-DINIZ, L. F. **Associação entre o polimorfismo do 5-HTTLPR e o comportamento impulsivo em adultos com transtorno do déficit de atenção/hiperatividade**. 2008. 166 f. Tese (Doutorado em Farmacologia Bioquímica e Celular) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

MALLOY-DINIZ, L. F. *et al.* Impulsive Behavior in Adults with ADHD: characterization of motor, attentional and cognitive impulsiveness. **Journal of the International Neuropsychological Society**, v.13, p.693-698, 2007.

MALLOY-DINIZ, L. F. *et al.* Brazilian Portuguese version of the Iowa Gambling Task: transcultural adaptation and discriminant validity. **Revista Brasileira de Psiquiatria**, v.30, p.144-148, 2008a.

MALLOY-DINIZ, L. F. *et al.* Neuropsicologia das funções executivas. In: FUENTES, D. *et al.* (Eds.). **Neuropsicologia: Teoria e prática**. Porto Alegre: Artmed, 2008b. Cap. 11, p.187-206.

MATTHEWS, G.; JONES, D. M.; CHAMBERLAIN, A. G. Interactive effects of extraversion and arousal on attentional task performance: multiple resources or encoding processes? **Journal of Personality and Social Psychology**, v.56, p.629-639.

MIRANDA, M. C. *et al.* O K-CPT em uma amostra brasileira: descrição do desempenho e comparação com as normas norte-americanas. **Revista Psiquiatria**, v.31, p-60-66, 2009.

MOELLER, F. G. *et al.* Psychiatric aspects of impulsivity. **The American Journal of Psychiatry**, v.158, p.1783-93, 2001.

MOBINI, S. *et al.* The relationship between cognitive distortions, impulsivity, and sensation seeking in a non-clinical population sample. **Personality and Individual Differences**, v.40, p.1153-1163, 2006.

MOZLEY, L. H.; GUR, R. C.; MOZLEY, P. D.; GUR, R. E. Striatal dopamine transporters and cognitive functioning in healthy men and women. **American Journal of Psychiatry**, v.158, p.1492-1499, 2001.

MUNZERT, J.; LOREY, B.; ZENTGRAF, K. Cognitive motor processes: The role of motor imagery in the study of motor representations. **Brain Research Reviews**, v.60, p.306-26, 2009.

NACHEV, P. *et al.* Volition and conflict in human medial frontal cortex. **Current Biology**. v.15, p.122–128, 2005.

NORMAN, W.; SHALLICE, T. Attention to action. In: DAVIDSON, R. J.; SCHWARTZ, G.E.; SHAPIRO, D. (Eds), **Consciousness and self regulation: advances in research and theory**, v.4, New York: Plenum, 1986. pp 1–18.

OLDFIELD, R. C. The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. **Neuropsychologia**, v.9, p.97-113, 1971.

PATTON, J. H.; STANFORD, M. S.; BARRAT, E. S. Factor structure of the Barratt impulsiveness scale. **Journal of Clinical Psychology**, v.51, p.768-774, 1995.

READ, L. E.; PROCTOR, R. W. Spatial stimulus-response compatibility and negative priming. **Psychological Bulletin & Review**, v.11, p.41-48.

REEVE, C. L. Functional Impulsivity and Speeded Ability Test Performance. **International Journal of Selection and Assessment**, v.15, p.56-62, 2007.

REIF, A. *et al.* Nature and Nurture Predispose to Violent Behavior: Serotonergic Genes and Adverse Childhood Environment. **Neuropsychopharmacology**, v.32, p.2375–2383, 2007.

RICHETIN, J.; RICHARDSON, D. S. Automatic processes and individual differences in aggressive behavior. **Aggression and Violent Behavior**, v.13, p.423–430, 2008.

RODRIGUEZ–FORNELLS, A.; LORENZO-SEVA, U.; ANDRÉS-PUEYO, A. Are high – impulsive and high risk – taking people more motor disinhibited in the presence of incentive? **Personality and Individual Differences**, v.32, p.661 – 683, 2002.

ROGERS, R. D. *et al.* Tryptophan depletion alters the decision-making of healthy volunteers through altered processing of reward cues. **Neuropsychopharmacology**, v.28, p.153–162, 2003.

ROMERO, D. H.; TEULINGS, H. L. Submovement analysis in goal-directed pen movements. In: TEULINGS, H. L.; VAN GEMMERT, A. W. A. (Eds.), **Proceedings of the 11th Conference of the International Graphonomics Society**, Scottsdale, Arizona: IGS, p.103-106, 2003.

SAKADO, K. *et al.* psychometrically derived impulsive trait related to a polymorphism in the serotonin transporter gene-linked polymorphic region (5-HTTLPR) in a Japanese nonclinical population: Assessment by the Barratt Impulsiveness Scale (BIS). **American journal of medical genetics**, v.121, p. 71-75, 2003.

SALA, R.; GRANERO, R.; EZPELETA, L. Dimensional analysis of a categorical diagnostic interview: the DICA-IV. **Psichotema**, v.18, p.123-129, 2005.

SALTUKLAROGLU, T.; TEULINGS, H. L.; ROBBINS, M. Differential levels of speech and manual dysfluency in adults who stutter during simultaneous drawing and speaking tasks. **Human Movement Science**, v. 28, p. 643–654, 2009.

SERRIEN, D. J.; IVRY, R. B.; SWINNEN, S. P. The missing link between action and cognition. **Progress in Neurobiology**, v.82, p.95–107, 2007.

SCHMIDT, R. A.; LEE, T. D. **Motor control and learning**: a behavioral emphasis. 3.ed. Champaign: Human Kinetics, 1999.

SHEEHAN, D. V. *et al.* The Mini-International Neuropsychiatric Interview (M.I.N.I.): the development and validation of a structured diagnostic psychiatric interview for DSM-IV and ICD-10. **Journal of Clinical Psychiatry**, v.58, v.22-33, 1998.

SHUMWAY-COOK, A.; WOOLLACOTT, M. **Controle Motor**: teoria e aplicações práticas. São Paulo: Ed. Manole, 2003.

SMITH, A. P. *et al.* The effects of caffeine, impulsivity and time of day on performance, mood and cardiovascular function. **Journal of Psychopharmacology**, v.5, p.120-128, 1991.

SPINELLA M. Neurobehavioral correlates of impulsivity: evidence of prefrontal involvement. **International Journal of Neuroscience**. v.114, p.95-104, 2004.

STANFORD, M. S. *et al.* Fifty years of the Barratt Impulsiveness Scale: An update and review. **Personality and Individual Differences**, v.47, p.385–395, 2009.

TANJI, J. The supplementary motor area in the cerebral cortex. **Neuroscience Research**, v.19, p.251-268, 1994.

TEIXEIRA, L. A. **Controle Motor**. Barueri: Manole, 2006.

TEULINGS, H. L. Optimization of Movement Duration in Accurate Handwriting Strokes in Different Directions in Young, Elderly, and Parkinsonian Subjects. In: MEULENBROEK, R. G. J.; STEENBERGEN, B. (Eds.), **Proceedings of the 10th Biennial Conference of the International Graphonomics Society**. Nijmegen: University of Nijmegen, 2001, pp. 40-45.

TEULINGS, H. L. *et al.* Parkinsonism reduces coordination of fingers, wrist, and arm in fine motor control. **Experimental Neurology**, v.146, p.159–170, 1997.

TUCHA, O. *et al.* The impact of tricyclic antidepressants and selective serotonin re-uptake inhibitors on handwriting movements of patients with depression. **Psychopharmacology**, v.159, p.211–215, 2002.

TURECKI G. Dissecting the suicide phenotype: the role of impulsive-aggressive behaviours. **Journal of Psychiatry Neuroscience**. v.30, p.398-408, 2005.

VOLKOW, N. D. *et al.* Association between decline in brain dopamine activity with age and cognitive and motor impairment in healthy individuals. **American Journal of Psychiatry**, v.155, p.344–349, 1998.

WENDEROTH, N.; WEIGELT, M. Visual cues influence motor coordination: behavioral results and potential neural mechanisms mediating perception-action coupling and response selection. **Progress in Brain Research**, v.174, p.179-188, 2009.

WINGEN, M.; KUYPERS, K. P. C.; RAMAEKERS, J. G. The role of 5-HT1a and 5-HT2a receptors in attention and motor control: a mechanistic study in healthy volunteers. **Psychopharmacology**, v.190, p.391–400, 2007.

WOODWORTH, R. S. (1899). The accuracy of voluntary movement. **Psychological Review**, v.3 (supplement 2), 1989. 106p.

ANEXO 01: Aprovação do projeto 42/2007 “Associação entre controle motor e polimorfismos genéticos ligados a função serotoninérgica em adultos saudáveis”.

(Continua)



**UNIVERSIDADE
FUMEC**

COMUNICAÇÃO INTERNA **DATA:** 28 / 12 / 2007
Nº. 798/2007

DE: PROF.^a DIVINA S. LARA VIVAS
PROF. EDUARDO MARTINS DE LIMA

PARA: PROF. GUILHERME MENEZES LAGE

REF.: RESULTADO DO EDITAL 02/2007 DO PROGRAMA DE PESQUISA E INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE FUMEC (ProPIC-FUMEC 2008/2009)

Caro Professor,

É com satisfação que comunicamos à V.Sa. a aprovação, com recursos financeiros e apoio institucional, do Projeto Interdisciplinar de Pesquisa (PIP) apresentado, sob sua coordenação, ao ProPIC-FUMEC. A avaliação favorável e a nota conferida por parecerista *ad hoc* externo à nossa Universidade (em anexo) e o parecer do Comitê Assessor do Programa de Bolsas da FUNADESP (a seguir) permitiram que seu projeto fosse aprovado de acordo com os critérios estabelecidos pela Comissão de Pesquisa e Iniciação Científica da Universidade FUMEC (CoPIC-FUMEC).

O parecer final do Comitê da FUNADESP é o seguinte:
Parecer: Favorável sem restrições. Trata-se de projeto bem formulado, com objetivos e metodologia bem definidos.

Ademais, alguns ajustes orçamentários, em relação a valores solicitados, foram necessários para que, juntamente com o apoio e o empenho das Diretorias de nossas Faculdades, pudéssemos viabilizar um maior número de projetos. Também levamos em conta determinações do Edital 02/2007 que, por exemplo, especificava que não seria destinada bolsa para professor em cuja carga horária já estivesse incluído o desenvolvimento de pesquisas. Informamo-lhe, então, que o valor efetivamente concedido para seu projeto será o seguinte:

VALOR CONCEDIDO	
1 bolsa pesquisador doutor	15.660,00
1 bolsa pesquisador mestre	12.180,00
3 bolsas iniciação científica 10 h	7.812,00
Diferença Bolsa FAPEMIG-FUMEC	732,00
Material	-
TOTAL FUMEC	36.384,00
1 bolsa FAPEMIG 20h	3.600,00
TOTAL FUMEC/FAPEMIG	39.984,00

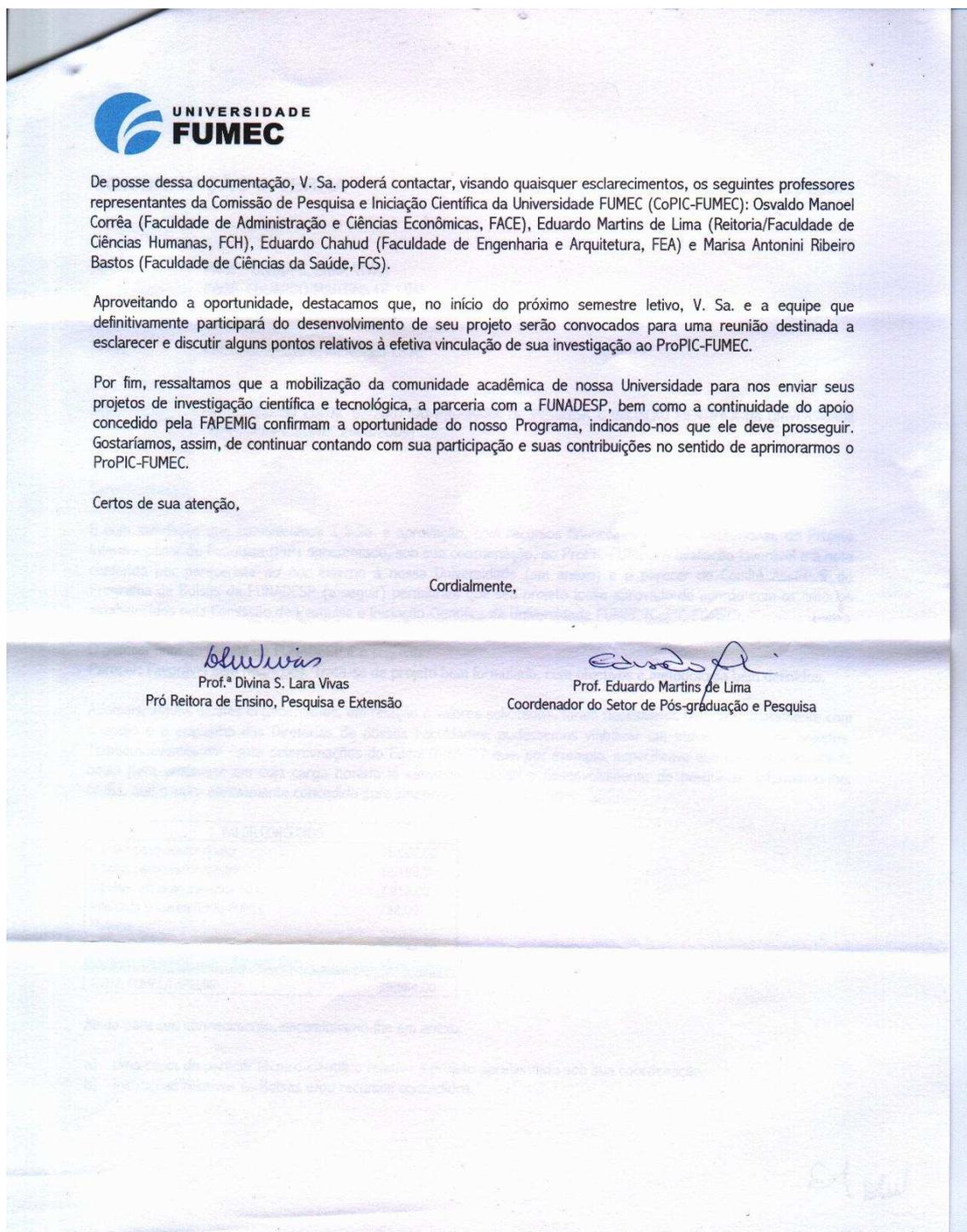
Ainda para seu conhecimento, encaminhamo-lhe em anexo:

- Uma cópia do parecer técnico-científico relativo a projeto apresentado sob sua coordenação.
- Instruções relativas às Bolsas e/ou recursos concedidos.

El seu

ANEXO 01
Aprovação do projeto 42/2007 “Associação entre controle motor e polimorfismos genéticos ligados a função serotoninérgica em adultos saudáveis”

(Conclusão)



ANEXO 02: Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG

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

Parecer nº. ETIC 064/09

Interessado(a): Prof. Fernando Silva Neves
Departamento de Saúde Mental
Faculdade de Medicina - UFMG

DECISÃO

O Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG – COEP aprovou, no dia 29 de maio de 2009, após atendidas as solicitações de diligência, o projeto de pesquisa intitulado "**Avaliação dos polimorfismo do VAT2, BMAL-1, Per3 CRHR1, SLC6A4, TPH2, DRD4, SLC6A3, DAOA, DTNBP1, NRG1, DISC1, CLOCK e BDNF em pacientes com diagnóstico de transtorno bipolar e familiares de primeiro grau**" bem como o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

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


Profa. Maria Teresa Marques Amaral
Coordenadora do COEP-UFMG

ANEXO 03: Artigo submetido ao periódico *Human Movement Science*

(continua)

Elsevier Editorial System (tm) for Human Movement Science
Manuscript Draft

Manuscript Number:

Title: A kinematical analysis of the association between impulsivity and manual aiming control

Article Type: Full Length Article

Keywords: Impulsivity; Impulsive behavior; Response inhibition; Decision-Making; Motor control

PsycINFO Classification codes: 2520; 2330; 2340

Corresponding Author: Mr. Guilherme Lage,

Corresponding Author's Institution: FUMEC University

First Author: Guilherme Lage

Order of Authors: Guilherme Lage; Leandro Malloy-Diniz; Fernando Neves; Paulo Moraes; Humberto Corrêa

Abstract: Impulsivity is related to different expressions of behaviors. Two characteristics usually found in impulsive behavior are deficits in response inhibition and the inability to delay gratification. The former behavior is called motor impulsivity, and the second is called cognitive impulsivity. This study aimed to investigate the association of motor and cognitive impulsivity with manual aiming control. We administered two neuropsychological tests to 81 healthy participants to measure their levels of motor and cognitive impulsivity. A manual aiming motor task was also applied. Subsequently, from the initial group of 81 participants, two subgroups of 27 individuals were separated by their scores on (1) motor impulsivity and (2) cognitive impulsivity, and their motor performances were compared. The high impulsivity group represented the bottom 33.3%, and the low cognitive impulsivity group represented the top 33.3% of the distribution of scores. The results indicate that motor impulsivity is more related to motor control than cognitive impulsivity. These findings are discussed in terms of the neurobiological substrates associated with both motor control and impulsive behavior.

Running Head: Impulsivity and motor control

A kinematical analysis of the association between impulsivity and manual aiming
control

Guilherme Menezes Lage^{a,b}

Leandro Fernandes Malloy-Diniz^c

Fernando Silva Neves^d

Paulo Henrique Paiva de Moraes^b

Humberto Corrêa^{d,e}

^aFaculty of Human Sciences and Healthy, Universidade FUMEC, Brazil

^bInstitute of Biological Sciences, Neuroscience Graduate Program, Universidade Federal de Minas Gerais, Brazil

^cDepartment of Psychology, Universidade Federal de Minas Gerais, Brazil

^dDepartment of Mental Health, Universidade Federal de Minas Gerais, Brazil

^e Sainte Anne Hospital-University Paris Descartes, France.

Corresponding author: GuilhermeMenezesLage

Rua Gonçalves Dias, 2536, ap.301. Bairro de Lourdes. Belo Horizonte – MG. CEP
30140-092. Brazil. Phone: 55-31-30478071. E-mail: menezeslage@gmail.com

Abstract

Impulsivity is related to different expressions of behaviors. Two characteristics usually found in impulsive behavior are deficits in response inhibition and the inability to delay gratification. The former behavior is called motor impulsivity, and the second is called cognitive impulsivity. This study aimed to investigate the association of motor and cognitive impulsivity with manual aiming control. We administered two neuropsychological tests to 81 healthy participants to measure their levels of motor and cognitive impulsivity. A manual aiming motor task was also applied. Subsequently, from the initial group of 81 participants, two subgroups of 27 individuals were separated by their scores on (1) motor impulsivity and (2) cognitive impulsivity, and their motor performances were compared. The high impulsivity group represented the bottom 33.3%, and the low cognitive impulsivity group represented the top 33.3% of the distribution of scores. The results indicate that motor impulsivity is more related to motor control than cognitive impulsivity. These findings are discussed in terms of the neurobiological substrates associated with both motor control and impulsive behavior.

Keywords: Impulsivity; Impulsive behavior; Response inhibition; Decision-making; Motor control

1. Introduction

Some characteristics usually observed in impulsive behavior are the inability to inhibit an activated or precued response (Dannon, Shoenfeld, Rosenberg, Kertzman, & Kotler, 2010) and the rapidity of response (Moeller, Barrat, Dougherty, Schmitz, & Swann, 2001). Impulsive behavior in normal adults may be partially attributable to inhibitory dyscontrol, often referred to as motor impulsivity. High-impulsive subjects demonstrate a difficulty in ignoring irrelevant information and suppressing inappropriate responses compared to their low-impulsive counterparts (Enticott, Ogloff, & Bradshaw, 2006). However, other behavioral expressions are observed, indicating that impulsivity is multifaceted.

Another common impulsive behavior discussed in the literature is the inability to delay gratification, observed as an increased preference for an immediate reward over a more advantageous but delayed reward (Pattij & Vandershuren, 2008). In gambling tasks, for example, impulsives tend to maintain high risk strategies to obtain immediate rewards regardless of the possible negative consequences of this behavior. Bechara, Damasio and Damasio (2000) argue that the inability to delay gratification is a more complex form of disinhibited behavior. This facet of impulsivity is called impulsive decision making (Pattij & Vandershuren, 2008) or cognitive impulsivity (Bechara et al., 2000).

Motor and cognitive impulsivities are distinct entities under the general concept of impulsivity. This assumption is supported by neuroanatomical dissociation between motor and cognitive impulsivity, which reveals distinct mechanisms that underlie these facets of impulsivity. Patients with ventromedial prefrontal cortex damage do not demonstrate high levels of motor impulsivity. Conversely, these patients are markedly unable to delay gratification of reward (Bechara et al., 1998).

Motor impulsivity is associated with the more posterior regions of the orbitofrontal/ventromedial prefrontal cortex, including the basal forebrain and dorsolateral prefrontal cortex, whereas cognitive impulsivity is associated with the more anterior orbitofrontal/ventromedial prefrontal cortex, including the frontal pole (Bechara & Van Der Linden, 2005).

Increasing evidence suggests the participation of specific frontal lobe areas in motor behavior (Serrien, Ivry & Swinnen, 2007), indicating that the psychophysiological aspects involved in impulsivity may interfere with motor control. The dorsolateral prefrontal cortex, a critical area for complex cognitive functions, seems to contribute to motor performance (Diamond, 2000). The dorsolateral prefrontal cortex, an area associated with impulsivity, has extensive interconnections with regions directly involved in motor functions, such as the premotor cortex and the supplementary motor area (Dum & Strick, 1991; Tanji, 1994). Behaviorally speaking, these interrelations between neural regions may be involved in the differences observed in motor performance between low- and high-impulsive subjects. Differences between low- and high-impulsive subjects have been found in reaction times (Expósito & Andrés-Pueyo, 1997), including tapping at a specified rate (Barrat, 1981), pursuit rotor (Barrat, 1967), and drawing (Bachorowski & Newman, 1985, 1990). In spite of some controversial findings (cf. Dickman, 1993), the general pattern over the course of these studies has indicated that high-impulsive subjects are faster but less accurate than their less impulsive counterparts.

Recently, two studies used advanced techniques of motion analysis to assess possible differences between low- and high-impulsive subjects in terms of a general measure of impulse control (Lemke, 2005; Lemke, Fischer, Wendorff, Fritzer, Rupp,

& Tetzlaff, 2005). In both studies, kinematical analysis was used to investigate the role of impulsivity in a goal-directed aiming task. Healthy individuals with higher impulsivity scores on BIS-11, a self-report questionnaire, demonstrated shorter relative times required to achieve peak velocity than those who were less impulsive. There were no differences between low- and high-impulsive subjects in movement time, peak velocity or movement trajectory.

Goal-directed manual aiming movements performed with visual feedback include an initial impulse part that roughly approaches the target by open-loop control and a final homing part under closed-loop control, with adjustments visually guided in the last portion of the movement (Abrams & Pratt, 1993). A common kinematic marker used to distinguish the two components of the movement is the peak velocity. The time interval preceding peak velocity, the initial impulse, reflects the preprogrammed characteristics of the movement. After peak velocity is initiated, an error correction phase or final homing part occurs (Khan, Franks, Elliott, Lawrence, Chua, Bernier, Hansen, & Weeks, 2006). Results from Lemke (2005) and Lemke et al. (2005) indicate that differences between low- and high-impulsive subjects in aiming tasks occur in the preprogrammed part of the movement. However, because the discontinuities in acceleration after the peak velocity, indicating adjustments, were not analyzed, it is possible that low- and high-impulsive subjects also demonstrate differences in visually guided online corrections.

Little has been investigated about the relationship between impulsivity and the motor control of aiming tasks. We designed this study to investigate if there is dissociation between impulsivities (motor and cognitive) and motor performance in an aiming task with different sensory-motor requirements. Cognitive resources are recruited to ensure the successful realization of the action goal, and a key region in

this process is the dorsolateral prefrontal cortex. Diamond (2000) argues that the dorsolateral prefrontal cortex enables us to hold information in mind to remember the supposed goal, to resist distraction and stay on task, to resist responding too early, and to inhibit a prepotent response. All these functions are related to response selection and monitoring. From the two types of impulsivity, only motor impulsivity is associated with this neural region. Hence, we hypothesized that motor impulsivity is more associated with motor control than cognitive impulsivity. This assumption is also based on the view that cognitive (decision-making) impulsivity is a more complex form of disinhibited behavior (Bechara et al., 2000) that may not directly influence manual motor control. The inability to delay gratification is not a typical variable of influence in a fast aiming task.

A secondary aim of this study was to investigate if differences in motor performance between high- and low-impulsive subjects were found only in a preprogrammed phase of the movement. Serrien et al. (2007) argue that the interrelation of the dorsolateral prefrontal cortex and the anterior cingulate cortex permits higher-order cognitive processing in view of the monitoring of the motor response. Thus, it would make sense that motor impulsivity is somewhat related to differences in online corrections during the last portion of aiming movements.

2. Method

2.1. Participants

We studied 81 participants ranging from 18 to 40 years old (47 women, 34 men; mean age = 23.6 ± 3.8 years) who were free of an Axis I diagnosis, as assessed by a psychiatrist using a structured interview (MINI-PLUS) and following DSM IV criteria (Amorim, 2000).

All participants were right-handed university students (mean laterality quotient = 76.3; Edinburgh Handedness Inventory; Oldfield, 1971) who had normal or corrected-to-normal visual acuity in both eyes. A local ethics committee approved all procedures, and subjects signed an informed consent sheet after receiving a full explanation of the study.

Data from a pilot study were used to determine the number of subjects required. Further details are described below in the “Analysis” and “Results” sections.

2.2. Apparatus

Manual aiming movements were quantified using a commercial digitizing tablet and MovAlyzeR software (NeuroScript, LLC; Tempe, AZ, USA). We used a non-inking pen with a Wacom Intuos 3 digitizing tablet (30.4 cm × 30.4 cm, RMS accuracy 0.01 cm). The sampling rate was 200 Hz. The tablet was attached to an MS Windows laptop computer running MovAlyzeR software. To apply the neuropsychological tasks, another MS Windows laptop computer was used.

2.3. Assessment

We used two neuropsychological tasks to assess the different mechanisms of impulse control. The continuous performance test (CPT-II, Epstein, Erkanli, Conners, Klaric, Costello, & Angold, 2003) is a common test used to measure impulsivity that requires the individual to make a rapid evaluation/discrimination of presented stimuli to decide whether to respond. The index used to assess impulsivity related to inhibition dyscontrol was based on the response to non-target stimuli, called “commission errors” (Malloy-Diniz, Fuentes, Leite, Correa, & Bechara, 2007; Swann, Bjork, Moeller, & Dougherty, 2002; Walderhaug, Magnusson, Neumeister,

Lappalainen, Lunde, Refsum, & Landrø, 2007; Walderhaug, Landrø, & Magnusson, 2008). The second task was the Iowa Gambling Task (IGT). Maintenance of a high-risk strategy in the IGT reflects sustained engagement of a particular behavior despite ongoing evidence that it is dysfunctional. The IGT models real-life decision making, especially the types of decisions that are consistent with the construct of cognitive impulsivity (Bechara & Van Der Linden, 2005; Malloy-Diniz et al., 2007, Malloy-Diniz, Leite, De Moraes, Correa, Bechara, & Fuentes, 2008).

CPT-II requires the subject to press the spacebar when any letter (except for the letter "X") appears on screen. An omission error occurs when the subject fails to press the spacebar when a letter (except for X) appears, thus reflecting an instance of failure of the subject to react to the target stimulus. A commission error occurs when the subject presses the spacebar when an X appears on the screen, thus reflecting a failure to inhibit a pre-potent motor response. Therefore, we used commission errors as a dependent measure to evaluate motor impulsivity. In this measure, higher scores indicate high levels of impulsivity.

In the IGT, subjects have to choose one card at a time from four available decks (A, B, C and D). The task requires subjects to make 100 choices (100 trials), and in each trial, the subjects will either win or lose a certain amount of money. Two of the decks yield relatively high immediate gains but incur greater long-term losses and thus are disadvantageous. In contrast, the other decks yield relatively lower immediate gains but incur smaller long-term losses and thus are advantageous. Over the trials, normal subjects learn to avoid the disadvantageous decks in favor of the advantageous decks. To measure performance, choices are divided into five blocks, with 20 choices in each. For each block, a net score [number of cards selected from the advantageous (good) decks minus the number selected from the

disadvantageous (bad) decks] is obtained. A total net score from all blocks is also obtained. In the present study, the net score was used as a dependent measure of cognitive (decision-making) impulsivity. Unlike CPT-II scores, high scores on the IGT indicate a low level of impulsivity.

The motor task consisted of the execution of a goal-directed manual movement with a non-inking pen on a digitizing tablet. Participants were seated comfortably in a chair in front of the digitizing tablet, on which they were required to make fast and accurate strokes with the pen from the home position to the target; these strokes were displayed on a computer monitor. A trial began with the presentation of both the home position and a filled-in green circle target to be pointed to (the precue). The participants were instructed to place the pen on the home position during this precue period. Then the green target disappeared on the screen, and in a random interval ranging from 2 to 3 s, the target turned into an imperative stimulus that indicated “go”; at this point, recording of the trial began. Participants were instructed to execute the movement to the target as quickly and accurately as possible. This was the control condition that appeared in 70% of the trials.

The other three conditions each appeared in only 10% of the trials. In the inhibition of response condition, the green target was pointed out during the precue period, then turned off, and later turned red as the imperative stimulus that indicated “stop”. Under this condition, the participant was instructed to not move and simply lift the pen. In the distractor condition, a filled-in yellow circle appeared instead of the green target (control condition). The goal of the distractor condition was identical to the control condition; the unique difference was the stimulus color. The last condition was the higher index of difficulty condition. In contrast to both the inhibition of

response condition and the distractor condition, in the higher index of difficulty condition, the size and the position of the green target were changed compared to the control condition. However, the goal of executing the movement to the target as quickly and accurately as possible was still the same.

In the control, distractor and inhibition of response conditions, the target (1 cm diameter) was presented at the same distance (19 cm center-to-center) and angle (45° upper right) from the home position, resulting in an index of difficulty of 5.2 bits (Fitts, 1954). In the higher index of difficulty condition, the target presented had a smaller diameter (0.5 cm) and a longer distance (20 cm center-to-center) from the home position, as well as an angle of 35° upper right. The index of difficulty for this condition was 6.3 bits.

2.4. Procedures

The assessments took place on two days. During the first day, the neuropsychological tasks, CPT-II and IGT, were administered in a random order among participants. On the second day, the motor task was performed. Participants filled out the Edinburgh Handedness Inventory (Oldfield, 1971) to assess the magnitude of their manual preference. Prior to testing, the participants received standardized instructions concerning the general nature of the experiment. Participants held the digitizer pen in a normal pen grip with their right hand. To get acquainted with the task and to adjust the body comfortably, participants carried out six trials of the control condition. The body midline was aligned with the home position (Fig. 1).

[INSERT FIGURE 1 ABOUT HERE]

Immediately following familiarization, the motor test was performed. Participants performed 100 trials of the manual aiming task. The order in which conditions appeared was randomized in each block of 10 trials. Hence, in each block of 10 trials, there were seven trials of the control condition and one trial of each one of the other conditions. This procedure was used to avoid the probability that a specific condition would be concentrated more in a specific moment of the test.

After the presentation of the imperative stimulus, participants had 2 seconds to move from the home position to the target. After this interval, the target disappeared and the recording of the trial was finished. A red trace was displayed on the screen concomitantly with the movement to indicate the trajectory from the home position to the target. The entire test took approximately 16 minutes per participant to complete.

2.5. Data reduction and dependent variables

Pen movements were low-pass filtered at 12 Hz using a Fast Fourier Transform (FFT) and differentiated to yield estimates of the velocity and acceleration curves. A stroke was segmented into primary and secondary submovements by the first negative-to-positive zero crossing after absolute peak velocity in the acceleration profile. The primary submovement refers to the initial part of the movement, the preprogrammed phase, and the secondary submovement refers to the online controlled phase.

The performance measures examined were: (1) reaction time, (2) movement time, (3) response time (reaction time plus movement time), (4) score of incorrect hits to the target (0 if hit and 1 if missed) and (5) score of response inhibition errors (0 if “stop” and 1 if “go”). The reaction time was the time in seconds from the beginning of

the recording (= Sample 0) until the beginning of the stroke (= Beginning segmentation point). The movement time was determined as the time interval (seconds) between the first and last samples in a stroke. The number of incorrect hits was used to evaluate the spatial accuracy. The error of response inhibition occurred when a red target appeared and movement was registered.

The kinematic measures analyzed were: (1) duration of the primary submovement, (2) peak velocity, (3) normalized jerk and (4) number of discontinuities in acceleration in the secondary submovement. The duration of the primary submovement and peak velocity were measures related to the preprogramming part of the movement. The primary submovement was considered from movement onset to the first negative-to-positive point (or second zero-crossing) of the acceleration profile after peak velocity. The secondary submovement(s) are subsequent zero-crossings in the acceleration profile. Thus, the number of discontinuities in the acceleration of the secondary submovement reflects online modification to the movement trajectory based on sensory or feed-forward information about movement error (Mieschke, Elliott, Helsen, Carson, & Coull, 2001). Handwriting smoothness was quantified by calculating the normalized jerk average per stroke (Saltuklaroglu, Teulings & Robbins, 2009; Teulings, Contreras-Vidal, Stelmach, & Adler, 1997). Normalized jerk is unitless, as it is normalized to stroke duration and length, and it was calculated using the following formula:

$$\sqrt{0.5 \times \sum \frac{jerk(t)^2 \times duration^5}{length^2}}.$$

High normalized jerk scores and an increased number of acceleration peaks per segment are indicative of dysfluent movements (Caligiuri, Teulings, Dean,

Niculescu, & Lohr, 2010). The estimation of handwriting kinematic variables was conducted automatically by MovAlyzeR software.

2.6. Analysis

A pilot study was conducted to determine the number of subjects required for this research. We had a previous register with the motor impulsivity scores of 22 subjects. We invited 12 of these subjects to participate in the pilot study. The 12 subjects chosen consisted of the 6 with the highest motor impulsivity scores and the 6 with the lowest. The motor task was applied, and the primary outcome used to calculate sample size was the response time. The means and standard deviation of these two groups (high- and low-impulsives) are presented below in “Results”.

From the initial group of 81 participants, two subgroups consisting of 27 individuals each were separated by the scores on CPT-II and compared by means of motor performance. The high motor impulsivity group represented the top 33.3% of the distribution of commission error scores. The low motor impulsivity group represented the bottom 33.3% of the distribution of scores.

Means based on 10 trials for the distractor, inhibition of response and higher index of difficulty conditions were calculated for all dependent measures. For the control condition, means based on 70 trials were calculated for all measures. The Kolmogorov-Smirnov Test revealed that in the control condition, the peak velocity and number of discontinuities in acceleration in the secondary submovement violated the assumption of normal distribution. In the distractor condition, all variables had a normal distribution. In the higher index of difficulty condition, the peak velocity, duration of the primary submovement and normalized jerk violated the assumption of

a normal distribution. Student's *t*-tests were used to analyze normally distributed data, and Mann-Whitney U tests were used for the non-normally distributed data. Chi-squared tests were conducted to analyze nominal data: scores of incorrect hits to the target and scores of response inhibition errors. A significant difference at the level of .05 was adopted for all statistical analyses.

The analyses of cognitive impulsivity were conducted following the same procedures as the analyses of motor impulsivity described above. The high cognitive impulsivity group represented the bottom 33.3% of the distribution of the IGT net score, and the low cognitive impulsivity group represented the top 33.3% of the distribution of scores. The Kolmogorov-Smirnov Test revealed that in the control condition, the peak velocity and normalized jerk violated the assumption of normal distribution. In the distractor condition, the peak velocity and normalized jerk violated the assumption of a normal distribution. In the higher index of difficulty condition, the peak velocity, normalized jerk and number of discontinuities in acceleration in the secondary submovement violated the assumption of a normal distribution.

The effect size was calculated using Cohen's formula (Cohen, 1988) in parametric analyses and Cliff's *d* formula (Cliff, 1993) in non-parametric analyses.

3. Results

3.1. Pilot study

The mean response time in the high motor impulsivity group was $1.42 \pm .31$ sec, compared to $1.62 \pm .20$ sec in the low motor impulsivity group. To calculate the sample size of a two-tailed design, we adopted an alpha of .05 and a power of .9. A minimum of 22 subjects for each group was identified. A target of 27 subjects for

each group was identified to accommodate a 20% dropout rate (Hudson & Darthuy, 2009).

3.2. Motor impulsivity and motor control

The low motor impulsivity group had 27 participants (18 women, 9 men; mean age = 24.8 ± 4.1 years). The mean score of the participants on commission error on the CPT-II was 6.2 ± 2.6 . The high motor impulsivity group also had 27 participants (14 women, 13 men; mean age = 23.3 ± 4.3 years). The mean score of commission errors on the CPT-II for this group was 21.8 ± 3.5 . Student's *t*-test indicated a significant difference between the scores of the high and low impulsivity groups [$t(52) = -6.88, p < .001$].

3.2.1. Control condition

There were no significant differences between groups in the analysis of performance measures (Table 1). The analysis of the kinematic data indicated differences between the high and low impulsivity groups in the measures of duration of the primary submovement ($p = .05$) and peak velocity ($p = .03$). The low impulsivity group demonstrated a longer duration of the primary submovement compared to the high impulsivity group. The high impulsivity group achieved higher peak velocity than the low impulsivity group. All other comparisons were not significant (Table 1).

[INSERT TABLE 1 ABOUT HERE]

3.2.2. Distractor condition

There were no significant differences between groups in the analysis of performance measures (Table 2). Analysis of the kinematic data indicated a

significant difference between the high and low impulsivity groups in the duration of the primary submovement ($p = .02$). The low impulsivity group demonstrated a longer duration of the primary than the high impulsivity group. The high impulsivity group demonstrated a greater peak velocity compared to the low impulsivity group ($p = .04$). All other comparisons were not significant (Table 2).

[INSERT TABLE 2 ABOUT HERE]

3.2.3. Higher index of difficulty condition

There was a significant difference between groups in the score of incorrect hits ($p < .001$). The high impulsivity group demonstrated a decreased frequency of spatial errors compared to the low impulsivity group. There were no significant differences in the other performance measures (Table 3). The high impulsivity group demonstrated a higher peak velocity compared to the low impulsivity group ($p = .04$). All other comparisons were not significant (Table 3).

[INSERT TABLE 3 ABOUT HERE]

3.2.4. Inhibition of response condition

There was a significant difference between groups in the score of response inhibition errors [$\chi^2(df=1) = 5.27, p = .02$]. The low impulsivity group demonstrated a decreased frequency of errors (20.4%) compared to the high impulsivity group (28.9%). The effect size was -.08.

3.3. Cognitive impulsivity and motor control

The low cognitive impulsivity group had 27 participants (17 women, 10 men; mean age = 24.4 ± 4.2 years). The mean net score of this group on the IGT was 30.03 ± 11.2 . The high cognitive impulsivity group also had 27 participants (16 women, 11 men; mean age = 23.08 ± 3.7 years). The mean net score of this group on the IGT was -13.8 ± 8.2 . Student's *t*-tests indicated a significant difference between the scores of the high and low impulsivity groups [$t(52) = 6.19, p < .001$].

3.3.1. Control condition

There was a significant difference between groups in the score of incorrect hits ($p = .002$). The low impulsivity group demonstrated a lower frequency of spatial errors compared to the high impulsivity group. There were no significant differences in the other performance and kinematic measures (Table 4).

[INSERT TABLE 4 ABOUT HERE]

3.3.2. Distractor condition

There were no significant differences in any performance or kinematic measures (Table 5).

[INSERT TABLE 5 ABOUT HERE]

3.3.3. Higher index of difficulty condition

There was a tendency for a lower frequency of spatial errors in the high impulsivity group (27.8% of incorrect hits) compared to the low impulsivity group (35.6% of incorrect hits) [$\chi^2(df=1) = 3.77, p = .05$]. There were no significant differences in any other performance or kinematic measures (Table 6).

[INSERT TABLE 6 ABOUT HERE]

3.3.4. *Inhibition of response condition*

There was no significant difference between groups in the score of response inhibition errors [$\chi^2(df=1) = .47, p = .49$]. The low impulsivity group demonstrated a frequency of errors equal to 27.4% and the high impulsivity group had a frequency of 24.8%. The effect size was .02.

4. Discussion

The primary goal of this study was to determine whether motor impulsivity is more associated with motor control than is cognitive impulsivity. A secondary goal was to investigate if the differences between high- and low-impulsive subjects in motor performance are also found in online corrections during the last portion of aiming movements. The first prediction was confirmed. Comparisons between groups separated by levels of motor impulsivity showed differences in several kinematic and performance measures. On the other hand, the analysis related to cognitive impulsivity showed a poorer association. The second prediction was not confirmed because the low and impulsivity groups demonstrated the same type of behavior in the online corrections.

The results related to motor impulsivity show that low-impulsive subjects demonstrated a longer duration of the primary submovement compared to the high-impulsive subjects in both control and distractor conditions. These results corroborate the previous findings of Lemke (2005) and Lemke et al. (2005), in which the difference between high- and low-impulsive healthy adult subjects was observed in measures related to the preprogrammed phase of the movement. Interestingly, we

did not find a difference between groups in terms of the duration of the primary submovement in the higher index of difficulty condition, suggesting that the relationship between motor impulsivity and motor control depends on the sensory-motor aspects of the task.

In contrast to the findings of Lemke et al. (2005), we observed that high-impulsive subjects achieved higher levels of peak velocity during limb trajectory. However, in our study, participants were instructed to execute the movement to the target as quickly and accurately as possible. Hence, in fast goal-directed movements, it is possible that the differences involving high- and low-impulsive subjects occur not only in the time interval of the primary submovement (duration) but also in the magnitude of the peak velocity, or the peak force, if it is assumed that frictional forces are negligible. This finding strengthens the proposal that the difference between levels of impulsivity in healthy subjects is found in movement planning.

As expected, the motor impulsivity analysis showed that high-impulsive subjects were less able to inhibit a prepotent response when compared to low-impulsive subjects. Diamond (2000) argues that the dorsolateral prefrontal cortex enables us to resist early responses and to inhibit a prepotent response. From the two types of impulsivity analyzed, only motor impulsivity is associated with this neural region. It is important to emphasize that this might be the first study to observe the impulsivity effects on response inhibition, traditionally found in traditional key-press tasks, in a rapid goal-directed aiming task.

An interesting result of this study was the lower frequency of incorrect hits to the target by the high-impulsive subjects in the higher index of difficulty condition. One would expect low-impulsive subjects to exhibit a greater spatial accuracy than

their more impulsive counterparts. This finding corroborates the proposition that the relationship between motor impulsivity and motor control depends on the sensory-motor aspects of the task. There were no differences between impulsivity groups in either the control or distractor condition. A possible explanation for these findings is that in situations in which the temporal and spatial demand to the motor system is high, the impulsivity has a functional, adaptive effect on the behavior.

It is possible that the differences between the types of processing information observed in low- and high-impulsive subjects interfered with performance in the higher index of difficulty condition. Information processing can be explicit, characterized by conscious, controlled and reflective processes, or implicit, ruled by unconscious, automatic and intuitive processes. In reflective processing, behavior is assumed to be a consequence of a decision process; in impulsive/automatic processing, behavior is a consequence of automatically spreading activation in an associative network (Richetin & Richardson, 2008). In execution conditions where the temporal and spatial demand is high, it is likely that the impulsive/automatic processing is more effective.

The results related to cognitive impulsivity show that low-impulsive subjects were more accurate than high-impulsive subjects in the control condition. On the other hand, high-impulsive subjects were more accurate in the higher index of difficulty condition. Although generally viewed as counterproductive behavior (Stanford, Mathias, Dougherty, Lake, Anderson, & Patton, 2009), it is possible that impulsivity has a positive effect on motor control in some specific circumstances. These results reinforce the idea that the performance of high- and low- impulsive subjects can be favored or not favored according to the context. For instance, in

situations that involve the necessity of rapid processing, the reflective planning of low-impulsive subjects, which involves consciousness and slowness (Bechara & Van der Linden, 2005), may be unhelpful.

Although the groups have presented differences in spatial accuracy in some specific conditions, we found no differences between high- and low-impulsive subjects in online corrections. This finding does not support our hypothesis that motor impulsivity would be related to differences in online corrections during the last portion of aiming movements. A possible explanation is that the number of discontinuities in acceleration during the secondary submovement is identical in both groups, but the quality of online modifications of the movement trajectory differed under specific conditions. It is also possible that this study was not powerful enough to find differences in online corrections, as the effect size found in our main analysis, motor impulsivity, control condition, can be considered low. Further research needs to be carried out to analyze these propositions.

Overall, these findings indicate that the psychophysiological aspects involved in impulsivity are associated with manual aiming movement control. The impact of motor impulsivity on motor control is greater than the impact of cognitive impulsivity on motor control. The interconnections of the dorsolateral prefrontal cortex with regions directly involved in motor functions, such as the premotor cortex and the supplementary motor area, seem to be a neurobiological substrate associated with our behavioral findings.

References

- Abrams, R. A., & Pratt, J. (1993). Rapid aimed limb movements: differential effects of practice on component submovements. *Journal of Motor Behavior, 25*, 288-298.
- Amorim, P. (2000). Mini International Neuropsychiatric Interview (MINI): Validation of a short structured diagnostic psychiatric interview. *Revista Brasileira de Psiquiatria, 2*, 106–115.
- Bachorowski, J., & Newman, J. E. (1990). Impulsive Motor Behavior: Effects of Personality and Goal Salience. *Journal of Personality and Social Psychology, 58*, 512-518.
- Bachorowski, J.A., & Newman, J. E. (1985). Impulsivity in adults: Motor inhibition and time estimation. *Personality and Individual Differences, 6*, 133-136.
- Barrat, E. S. (1967). Perceptual-motor performance relative to impulsivity and anxiety. *Perceptual and Motor Skills, 25*, 485-492.
- Barrat, E. S. (1981). Time perception, cortical evoked potentials and impulsiveness among three groups of adolescents. In J. K. Hays, T. K. Roberts, & K. S. Solway (Eds.), *Violence and the violent individual* (pp.87-95). New York: Spectrum Publications.
- Bechara, A., & Van Der Linden, M. (2005). Decision-making and impulse control after frontal lobe injuries. *Current Opinion in Neurology, 18*, 734-739

- Bechara, A., Damasio, H., & Damasio, A. R. (2000). Emotion, decision making and the orbitofrontal cortex. *Cerebral Cortex*, 10, 295-307.
- Bechara, A., Damasio, H., Tranel, D., Anderson, S. W. (1998). Dissociation of working memory from decision making within the human prefrontal cortex. *Journal of Neuroscience*, 18, 428-437.
- Caligiuri, M. P., Teulings, A. L., Dean, C. E., Niculescu, A. B., & Lohr, J. B. (2010). Handwriting movement kinematics for quantifying extrapyramidal side effects in patients treated with atypical antipsychotics. *Psychiatry Research*, 177, 77-83.
- Cliff, N. (1993). Dominance statistics: Ordinal analyses to answer ordinal questions. *Psychological Bulletin*, 114, 494-509.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1988.
- Dannon P. N., Shoenfeld N., Rosenberg O., Kertzman S., & Kotler M. (2010). Pathological gambling: An impulse control disorder? Measurement of impulsivity using neurocognitive tests. *Israel Medical Association Journal*, 12, 243-248.
- Diamond, A. (2000). Close Interrelation of Motor Development and Cognitive Development and of the Cerebellum and Prefrontal Cortex. *Child Development*, 71, 44-56, 2000.

- Dickman, S. (1993). Impulsivity and information processing. In W. Mccown, M. Shure, & J. Johnson (Eds.), *The impulsive client: theory, research and treatment* (pp. 151-184). Washington, DC: American Psychological Association.
- Dum, R. P., & Strick, P. L. (1991). The origin of corticospinal projections from the premotor areas in the frontal lobe. *Journal of Neuroscience*, *11*, 667-689.
- Enticott, P. G., Ogloff, R. P., & Bradshaw, J. (2006). Associations between laboratory measures of executive inhibitory control and self-reported impulsivity. *Personality and Individual Differences*, *41*, 285-294.
- 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*, 543-554.
- Expósito, J., & Andrés-Pueyo, A. (1997). The effects of impulsivity on the perceptual and decision stages in a choice reaction time task. *Personality and Individual Differences*, *22*, 693-697.
- Fitts, P. M. (1954). The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *Journal of Experimental Psychology*, *47*, 381-391.
- Hudson, Z., & Darthuy, E. (2009). Iliotibial band tightness and patellofemoral pain syndrome: a case-control study. *Manual Therapy*, p.14, v.147-151.

- Khan, M. A., Franks, I. M., Elliott, D., Lawrence, G. P., Chua, R., Bernier, P. M., Hansen, S., & Weeks, D. J. (2006). Inferring online and offline processing of visual feedback in target-directed movements from kinematic data *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *30*, 1106-1121.
- Lemke, M. R. (2005). Impulsivität und motoric. *Psychoneuro*, *31*, 385-387.
- Lemke, M. R., Fischer, C. J., Wendorff, T., Fritzer, G., Rupp, Z., & Tetzlaff, S. (2005). Modulation of involuntary and voluntary behavior following emotional stimuli in healthy subjects. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, *29*, 69-76.
- Malloy-Diniz, L. F., Fuentes, D., Leite, W. B. Correa, H., & Bechara, A. (2007). Impulsive Behavior in Adults with ADHD: characterization of motor, attentional and cognitive impulsiveness. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *13*, 693-698.
- Malloy-Diniz, L. F., Leite, W. B., DeMoraes, P. H. P., Correa, H., Bechara, A., & Fuentes, D. (2008). Brazilian Portuguese version of the Iowa Gambling Task: transcultural adaptation and discriminant validity. *Revista Brasileira de Psiquiatria*, *30*, 144-148.
- Mieschke, P. E., Elliott, D., Helsen, W. E., Carson, R. G., & Coull, J. A. (2001). Manual asymmetries in the preparation of goal-directed movements. *Brain and Cognition*, *45*, 129-140.

- Moeller, F. G., Barrat, E. S., Dougherty, D. M., Schmitz, J. M., & Swann, A. C. (2001). Psychiatry aspects of impulsivity. *American Journal of Psychiatry*, *158*, 1783-1793.
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, *9*, 97-113.
- Pattij T., & Vandershuren, L. J. M. J. (2008). The neuropharmacology of impulsive behavior. *Trends in Pharmacological Sciences*, *29*, 192-199.
- Richetin, J., & Richardson, D. S. (2008). Automatic processes and individual differences in aggressive behavior. *Aggression and Violent Behavior*, *13*, 423-430
- Saltuklaroglu, T., Teulings, H. L., & Robbins, M. (2009). Differential levels of speech and manual dysfluency in adults who stutter during simultaneous drawing and speaking tasks. *Human Movement Science*, *28*, 643-654.
- Serrien, D. J., Ivry, R. B., Swinnen, S. P. (2007). The missing link between action and cognition. *Progress in Neurobiology*, *82*, 95-107.
- Stanford, M. S., Mathias, C. W., Dougherty, D. M., Lake, S. L., Anderson, N. E., & Patton, J. H. (2009). Fifty years of the Barratt Impulsiveness Scale: An update and review. *Personality and Individual Differences*, *47*, 385-395.
- Swann, A. C., Bjork, J. M., Moeller, F. G., & Dougherty, D. M. (2002). Two models of impulsivity: Relationship to personality traits and psychopathology. *Biological Psychiatry*, *51*, 988-994.

- Tanji, J. (1994). The supplementary motor area in the cerebral cortex. *Neuroscience Research*, 19, 251-268.
- Teulings, H. L., Contreras-Vidal, J. L., Stelmach, G. E., & Adler, C. H. (1997). Parkinsonism reduces coordination of fingers, wrist, and arm in fine motor control. *Experimental Neurology*, 146, 159–170.
- Walderhaug, E., Landrø, N. I., & Magnusson, A. (2008). A synergic effect between lowered serotonin and novel situations on impulsivity measured by CPT. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 30, 204–211.
- Walderhaug, E., Magnusson, A., Neumeister, A., Lappalainen, J., Lunde, H., Refsum, H., & Landrø, N. I. (2007). Interactive effects of sex and 5-HTTLPR on mood and impulsivity during tryptophan depletion in healthy people. *Biological Psychiatry*, 62, 593–599.

Table 1

Means and standard deviations of the low and high impulsivity groups on dependent measures obtained in the control condition; results of Student's *t*-tests and Mann-Whitney U tests; effect size results.

Measure	Groups of impulsivity		Value	α	Effect size
	Low	High			
RT (sec)	.423 ± .04	.386 ± .03	$t= 1.84$	$p= .07$	1.04
MT (sec)	1.05 ± .09	1.001 ± .11	$t= .91$	$p= .36$	.48
RespT (sec)	1.49 ± .09	1.38 ± .12	$t= 1.41$	$p= .16$	1.03
IH (%)	16.6	15.7	$\chi^2= .63$	$p= .42$	.009
DPS (sec)	.605 ± .07	.549 ± .07	$t= 1.99$	$p= .05^*$	.79
PV (cm/sec)	27.93 ± 3.06	32.99 ± 3.99	$z= -2.11$	$p= .03^*$	.33
NDASS	2.92 ± .64	2.87 ± .64	$z= .04$	$p= .96$	.12

Note: * indicates significant difference. RT= reaction time; MT= movement time; RespT= response time; IH= incorrect hits; DPS= duration of the primary submovement; PV= peak velocity; NJ= normalized jerk; NDASS= number of discontinuities in acceleration in the secondary submovement.

Table 2

Means and standard deviations of the low and high impulsivity groups on dependent measures obtained in the distractor condition; results of Student's *t*-tests and Mann-Whitney U tests; effect size results.

Measure	Groups of impulsivity		Value	α	Effect size
	Low	High			
RT (sec)	.413 ± .08	.382 ± .06	$t= 1.51$	$p= .13$	.43
MT (sec)	1.06 ± .21	.998 ± .23	$t= 1.10$	$p= .27$	.28
RespT (sec)	1.48 ± .23	1.38 ± .25	$t= 1.50$	$p= .13$	.41
IH (%)	13	16.3	$\chi^2= 1.20$	$p= .27$	-.03
DPS (sec)	.607 ± .12	.538 ± .09	$t= 2.28$	$p= .02^*$	.65
PV (cm/sec)	27.65 ± 8.9	33.48 ± 11.4	$t= -2.08$	$p= .04^*$	-.57
NDASS	2.75 ± 1.10	2.85 ± 1.07	$z= -.32$	$p= .24$	.01

Note: * indicates significant difference. RT= reaction time; MT= movement time; RespT= response time; IH= incorrect hits; DPS= duration of the primary submovement; PV= peak velocity; NJ= normalized jerk; NDASS= number of discontinuities in acceleration in the secondary submovement.

Table 3

Means and standard deviations of the low and high impulsivity groups on dependent measures obtained in the higher index of difficulty condition; results of Student's *t*-tests and Mann-Whitney U tests; effect size results.

Measure	Groups of impulsivity		Value	α	Effect size
	Low	High			
RT (sec)	.420 ± .07	.386 ± .07	<i>t</i> = 1.76	<i>p</i> = .08	.48
MT (sec)	1.05 ± .21	.97 ± .23	<i>t</i> = 1.27	<i>p</i> = .20	.36
RespT (sec)	1.47 ± .22	1.35 ± .25	<i>t</i> = 1.68	<i>p</i> = .09	.50
IH (%)	39.3	25.2	χ^2 = 12.24	<i>p</i> < .001*	.14
DPS (sec)	.599 ± .11	.557 ± .10	<i>z</i> = 1.46	<i>p</i> = .14	.14
PV (cm/sec)	29.18 ± 9.51	34.30 ± 12.53	<i>z</i> = -2.03	<i>p</i> = .04*	.07
NDASS	3.01 ± 1.37	2.66 ± .93	<i>t</i> = 1.07	<i>p</i> = .28	.29

Note: * indicates significant difference. RT= reaction time; MT= movement time; RespT= response time; IH= incorrect hits; DPS= duration of the primary submovement; PV= peak velocity; NJ= normalized jerk; NDASS= number of discontinuities in acceleration in the secondary submovement.

Table 4

Means and standard deviations of the low and high impulsivity groups on dependent measures obtained in the control condition; results of Student's *t*-tests and Mann-Whitney U tests; effect size results.

Measure	Groups of impulsivity		Value	α	Effect size
	Low	High			
RT (sec)	.401 ± .04	.410 ± .03	$t = -.39$	$p = .69$	-.25
MT (sec)	1.01 ± .10	.97 ± .09	$t = .61$	$p = .54$	.42
RespT (sec)	1.41 ± .1	1.38 ± .1	$t = 0.41$	$p = .68$	.30
IH (%)	15.4	19.2	$\chi^2 = 9.30$	$p = .002^*$	-.03
DPS (sec)	.59 ± .07	.58 ± .06	$t = .34$	$p = .72$	.15
PV (cm/sec)	31.02 ± 3.34	32.85 ± 3.68	$z = -.80$	$p = .42$	-.12
NDASS	2.83 ± .64	2.58 ± .61	$t = 1.00$	$p = .31$	.39

Note: * indicates significant difference. RT= reaction time; MT= movement time; RespT= response time; IH= incorrect hits; DPS= duration of the primary submovement; PV= peak velocity; NJ= normalized jerk; NDASS= number of discontinuities in acceleration in the secondary submovement.

Table 5

Means and standard deviations of the low and high impulsivity groups on dependent measures obtained in the control condition; results of Student's *t*-tests and Mann-Whitney U tests; effect size results.

Measure	Groups of impulsivity		Value	α	Effect size
	Low	High			
RT (sec)	.393 ± .08	.403 ± .06	<i>t</i> = -.52	<i>p</i> = .60	-.14
MT (sec)	1.02 ± .23	.983 ± .23	<i>t</i> = .60	<i>p</i> = .54	.16
RespT (sec)	1.41 ± .27	1.38 ± .25	<i>t</i> = .38	<i>p</i> = .69	.11
IH (%)	13	16.7	$\chi^2 = 1.46$	<i>p</i> = .22	-.03
DPS (sec)	.587 ± .11	.583 ± .10	<i>t</i> = .12	<i>p</i> = .89	.03
PV (cm/sec)	31.27 ± 12.3	32.71 ± 11.8	<i>z</i> = -.51	<i>p</i> = .60	-.09
NDASS	2.78 ± 1.17	2.60 ± .92	<i>t</i> = .62	<i>p</i> = .53	.17

Note: RT= reaction time; MT= movement time; RespT= response time; IH= incorrect hits; DPS= duration of the primary submovement; NJ= normalized jerk; NDASS= number of discontinuities in acceleration in the secondary submovement.

Table 6

Means and standard deviations of the low and high impulsivity groups on dependent measures obtained in the higher index of difficulty condition; results of Student's *t*-tests and Mann-Whitney U tests; effect size results.

Measure	Groups of impulsivity		Value	α	Effect size
	Low	High			
RT (s)	.398 ± .07	.404 ± .06	<i>t</i> = .30	<i>p</i> = .76	-.09
MT (sec)	1.00 ± .24	.970 ± .22	<i>t</i> = .56	<i>p</i> = .57	.13
RespT (sec)	1.40 ± .27	1.37 ± .25	<i>t</i> = .42	<i>p</i> = .66	.11
IH (%)	35.6	27.8	$\chi^2= 3.77$	<i>p</i> = .05*	.07
DPS (sec)	.586 ± .11	.583 ± .10	<i>t</i> = .07	<i>p</i> = .94	.02
PV (cm/sec)	32.62 ± 12.39	33.86 ± 12.79	<i>z</i> = -.61	<i>p</i> = .53	-.07
NDASS	2.90 ± 1.50	2.64 ± .94	<i>z</i> = .20	<i>p</i> = .83	.06

Note: * indicates significant difference. RT= reaction time; MT= movement time; RespT= response time; IH= incorrect hits; DPS= duration of the primary submovement; PV= peak velocity; NJ= normalized jerk; NDASS= number of discontinuities in acceleration in the secondary submovement.

ANEXO 04: Artigo aprovado para publicação (05/01/2011) no periódico *PLoS ONE*

(continua)

Editorial Manager(tm) for PLoS ONE
Manuscript Draft

Manuscript Number:

Title: Impulsivity and the 5-HTTLPR polymorphism in a non-clinical sample

Short Title: Impulsivity and 5-HTTLPR polymorphism

Article Type: Research Article

Section/Category: Clinical

Keywords: personality; impulsive behavior; neuropsychological tests; genetics; genetic polymorphism

Corresponding Author: Guilherme Menezes Lage

Corresponding Author's Institution: FUMEC University

First Author: Guilherme Menezes Lage

Order of Authors: Guilherme Menezes Lage; Leandro Malloy-Diniz; Lorena Matos; Marisa Bastos; Suzana Abrantes; Humberto Corrêa

Abstract: Background: Impulsivity has been associated with serotonergic system functions. However, few researchers have investigated the relationship between a polymorphism in the promoter of the serotonin transporter gene (5-HTTLPR) and the different components of impulsivity in a non-clinical population. The aim of this study was to investigate the relationship between a polymorphism in the promoter region of the serotonin transporter gene (5-HTTLPR) and the different components of impulsivity in a non-clinical population.

Methodology/Principal Findings: We administered two neuropsychological tests, the Continuous Performance Task and the Iowa Gambling Task, to 127 healthy participants to measure their levels of motor, attentional and non-planning impulsivity. Then, these participants were grouped by genotype, and their scores on impulsivity measures were compared. There were no significant differences between group scores on attentional, motor and non-planning impulsivity.

Conclusions/Significance: These findings are discussed in terms of the sensitivity of neuropsychological tests to detect impulsivity in a non-clinical population and the role of gender and race in the relationship between the 5-HTTLPR and impulsivity.

Suggested Reviewers: James Kennedy

University of Toronto

james_kennedy@camh.net

Dr. Kennedy's research has been dedicated to finding genes involved in mental illness. He has published pioneering findings relating gene variants in the dopamine, serotonin, and neurodevelopment systems to psychiatric disorders and to treatment response.

Frank Bellivier

Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale

frank.bellivier@inserm.fr

Dr. Frank has investigated the role of Serotonin transporter gene polymorphism in psychiatric disorders. He has published several articles in this topic.

Impulsivity and the 5-HTTLPR polymorphism in a non-clinical sample

Short Title: Impulsivity and 5-HTTLPR polymorphism

Authors:

Guilherme Menezes Lage^{a,b*}, Leandro Fernandes Malloy-Diniz^c, Lorena Oliveira de Matos^a, Marisa Antonini Ribeiro Bastos^a, Suzana Silva Costa Abrantes^a, Humberto Corrêa^{d,e}

^aCollege of Human, Social and health Sciences, FUMEC University, Brazil

^bInstitute of Biological Sciences, Neuroscience Graduate Program, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Brazil

^cDepartment of Psychology, College of Philosophy and Human Sciences, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Brazil

^dDepartment of Mental Health, College of Medicine, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Brasil

^e Sainte Anne Hospital-University Paris Descartes, France.

*Corresponding author:

Guilherme Menezes Lage, Rua Gonçalves Dias, 2536_ Bairro de Lourdes. Belo Horizonte, Minas Gerais. CEP 30140-092

Tel: 55–31– 3228-3090 / Fax: 55–31-3281-3528. e-mail: menezeslage@gmail.com

Abstract

Background: Impulsivity has been associated with serotonergic system functions. However, few researchers have investigated the relationship between a polymorphism in the promoter of the serotonin transporter gene (5-HTTLPR) and the different components of impulsivity in a non-clinical population. The aim of this study was to investigate the relationship between a polymorphism in the promoter region of the serotonin transporter gene (5-HTTLPR) and the different components of impulsivity in a non-clinical population.

Methodology/Principal Findings: We administered two neuropsychological tests, the Continuous Performance Task and the Iowa Gambling Task, to 127 healthy participants to measure their levels of motor, attentional and non-planning impulsivity. Then, these participants were grouped by genotype, and their scores on impulsivity measures were compared. There were no significant differences between group scores on attentional, motor and non-planning impulsivity.

Conclusions/Significance: These findings are discussed in terms of the sensitivity of neuropsychological tests to detect impulsivity in a non-clinical population and the role of gender and race in the relationship between the 5-HTTLPR and impulsivity.

Introduction

Acting without forethought is considered one of the main behavioral expressions of impulsivity, as well as one of the most common definitions found in the literature [1,2]. Nevertheless, some authors argue that impulsivity manifests in different facets. For instance, Barrat separated impulsive behavior into three components: motor (action without thinking), attentional (lack of focus on the task at hand), and non-planning (orientation towards the present, rather than towards the future) [3,4]. Bechara's model [5,6] has many similarities to Barrat's model [3] but associates the three facets of impulsivity with neural correlates.

Bechara [6] argues that motor impulsivity is associated with posterior regions of the orbitofrontal/ventromedial prefrontal cortex, including the basal forebrain. The cognitive impulsivity (analogue to the non-planning impulsivity) is associated with the anterior part of the orbitofrontal/ventromedial prefrontal cortex, including the frontal pole. Bechara [6] also discusses another cognitive type of impulsivity, concerning working memory and the ability to inhibit irrelevant information held in working memory, and to focus on the task at hand. This type of impulsivity is linked to the dorsolateral prefrontal cortex, and it may be analogous to the attentional impulsivity.

Association between impulsivity and biological substrates has been found not only in anatomo-functional features, but also at the molecular level. Impulsivity is in part genetically determined and is somewhat under serotonergic modulation [7, 8]. The serotonin transporter gene is of particular interest because the serotonin transporter protein (5-HTT) is the main responsible for magnitude and duration of serotonergic activity. Furthermore, this gene has a biallelic functional polymorphism in its regulatory region (5-HTTLPR), with either a 44-bp insertion [long (L)-allele] or

deletion [short (S)-allele], which regulates the transcription of the 5-HTT. For example, uptake of serotonin (5-HT) is approximately two-fold higher in cells containing the homozygous LL form of this 5-HTT polymorphism than in homozygous SS cells [9].

Some previous studies have examined the relationship between impulsivity and the 5-HTTLPR in non-clinical populations [10,11,12]. However, to our knowledge, only two studies investigated the association between the different facets of impulsivity (motor, attentional and non-planning) and the 5-HTTLPR. Sakado et al. [13] administered the BIS-11 scale, a self-report questionnaire, to 123 subjects to investigate the association among the different components of impulsivity and the 5-HTTLPR. Their results showed that the SS group, compared to the LL and LS groups, scored higher on the overall BIS-11 scale as well as on the attentional subscale. On the other hand, Roiser et al. [7], also using the BIS-11 to study a small sample of 30 subjects, did not find an association between genotypes and impulsivity. However, laboratory behavioral tests are more reliable than self-report questionnaire like BIS-11 because behavioral tests are independent of recall and interpretation of past behavior [1,11]. Furthermore, laboratory tests can be chosen to assess specific neuropsychological functions.

The continuous performance test (CPT) is a usual laboratory test measuring impulsivity, and it requires the individual to make rapid evaluation/discrimination of presented stimuli to decide whether or not to respond. Traditionally, the index used to assess impulsivity related to inhibition dyscontrol has been the responses to non-target stimuli (called "commission errors") [14,15]. On the other hand, attentional

impulsivity is assessed by the fails to attend the target stimulus, called “omission errors” [16].

Maintenance of a high risk strategy on the Iowa Gambling Task (IGT) reflects sustained engagement of a particular behavior despite ongoing evidence that it is dysfunctional. IGT models real-life decision-making, specially the type of decisions that are consistent with the construct of cognitive/non-planning impulsivity [16,4,17].

The aim of this study was to investigate the association between the different components of impulsivity, assessed by neuropsychological tasks thought to tax different mechanisms of impulse control, and the 5-HTTLPR in a non-clinical sample.

Methods

Participants

We studied 127 self-assigned Caucasian-Brazilians undergraduate students who were free of an Axis I diagnosis, as assessed by a psychiatrist using a structured interview (MINI-PLUS) and following DSM IV criteria. The study was carried out in accordance with the Declaration of Helsinki. The Research Ethics Committee of the Universidade Federal de Minas Gerais approved all procedures, and subjects signed an informed consent after receiving a full explanation of the study.

Genotyping

Genotyping was performed as previously described (see in Corrêa et al. [9]); researchers involved in genotyping were blind to neuropsychological results.

Neuropsychological Assessment

The neuropsychological assessment has been described elsewhere (see in Malloy-Diniz et al. [16]). Briefly, we used *Conner's Continuous Performance Task* (CPT-II; omission and commission errors as measures of attentional and motor impulsivity) and the *Iowa Gambling Task* (IGT; the net score was used as a measure of non-planning, decision-making, -related impulsivity). Unlike CPT-II scores, high scores on the IGT indicate a low level of impulsivity.

Analysis

Given that the S-allele is nearly dominant [18], we grouped S-carriers (LS + SS genotypes) and conducted comparisons of impulsivity scores of two-genotype (LL and LS + SS). A Kolmogorov-Smirnov test indicated that only non-planning scores were normally distributed. Thus, parametric tests were only performed for this measure. Non-parametric tests were performed for the scores of motor and attentional impulsivity. Comparisons of the distribution of genotypic frequencies were calculated using the chi-squared test. The significance level was 5% ($p \leq .05$).

Results

Age and gender distribution are comparable across genotypes. The LL group characteristics: 26 females and 16 males (mean age 29.9 ± 12.1 years) with a genotypic frequency of 33.07%. The LS group characteristics: 36 females and 21 males (mean age 30.6 ± 11.7 years) with a genotypic frequency of 44.88%. The SS group characteristics: 13 females and 15 males (mean age 30 ± 12.4 years) with a

genotypic frequency of 22.04%. The genotype distribution was in Hardy-Weinberg equilibrium ($\chi^2 = 0.83$; $df = 1$; $p = 0.36$).

We compared individuals with LL genotypes to individuals carrying an S-allele (LS + SS genotypes) using a Student's *t*-test and a Mann-Whitney U test. No differences were found in attentional ($Z = 1.41$, $p = 0.15$), motor ($Z = -0.43$, $p = 0.66$) or non-planning [$t(125) = -0.02$, $p = 0.98$] impulsivity in these two groups. The means of all groups are presented in Table 1.

Discussion

The present study is the first to use neuropsychological measures to investigate the association between the different facets of impulsivity and the 5-HTTLPR in a non-clinical sample. Corroborating the findings of Roiser et al. [7], our results did not show significant associations among impulsivities and genotypes (LL and LS plus SS).

Discrepant results have been found in studies of association between 5-HTTLPR and impulsivity in healthy samples. The number of studies that did not find significant relationship between 5-HTTLPR and motor impulsivity [19,7,13,12] are greater than studies that find association [11]. Discrepancy is also found in the analysis of attentional impulsivity. In that respect, our results are in agreement with Roiser et al. [7], but contrast with the findings of Sakado et al. [13]. The only common concordance with Roiser et al. [7] and Sakado et al. [13] is the lack of association between non-planning impulsivity and genotypes. An association between non-planning impulsivity and the 5-HTTLPR was found in patients with obsessive-compulsive disorder [20], suggesting that in psychiatric populations, the

relationship between 5-HTTLPR and impulsivities is different from non-clinical populations (see also Salgado et al. [17]).

Some methodological issues are relevant when discussing why some studies report significant relationship whereas others do not. Firstly, we can emphasize the question of how impulsivity is measured. A possible explanation for this discrepancy between results is that the self-report measures did not assess impulsivity in the same way as behavioral measures. Impulsivity is a complex paradigm; its definition and measurement are controversial. Therefore, the method of assessment of impulsivity greatly affects the experimental results. Laboratory tests present an advantage over questionnaires because questionnaires introduce recall and interpretation biases. The use of neuropsychological computer measures has been recommended to determine impulsivity [11].

Other methodological issues are gender and race effects. The effect of 5-HTTLPR genotype on 5-HT levels depends on gender and race [13]. Studies have investigated Caucasian [7,11] and Asian individuals [13], as well as specific gender [13] and mixed samples [19,7,12]. Research with similar methods need to be replicated to clarify specific relationships among 5-HTTLPR and impulsivities. It could provide a solid base of information to a future meta-analysis. As suggested by Umekage et al. [21], it might provide fruitful results by aiming at compensating a weakness of the studies, namely the reduced statistical power.

In conclusion, we did not find an association between impulsivity and the 5-HTTLPR. Recently, a new allele (L_G) that has a transcriptional efficacy comparable to the S allele was found [22]. Therefore, our next step is to investigate a possible association between impulsivity and this novel polymorphism in a larger sample.

References

1. Enticott PG, Ogloff, RP, Bradshaw J (2006) Associations between laboratory measures of executive inhibitory control and self-reported impulsivity. *Pers Individ Differ* 41: 285-294.
2. Pattij T, Vanderschuren LJM (2008) The neuropharmacology of impulsive behavior. *Trends Pharmacol Sci* 29: 192-199.
3. Patton JH, Stanford MS, Barrat ES (1995) Factor structure of the Barratt impulsiveness scale. *J Clin Psychol* 51: 768-774.
4. Malloy-Diniz LF, Leite WB, de Moraes PH, Correa H, Bechara A, Fuentes D (2008) Brazilian Portuguese version of the Iowa Gambling Task: transcultural adaptation and discriminant validity. *Rev Bras Psiquiatr* 30: 144-148
5. Bechara A, Damasio H, Damasio AR (2000) Emotion, decision making and the orbitofrontal cortex. *Cer Cortex* 10: 295-307.
6. Bechara A, Van Der Linden M (2005) Decision-making and impulse control after frontal lobe injuries. *Curr Opin Neurol* 18: 734-739.
7. Roiser JP, Müller U, Clark L, Sahakian J (2007) The effects of acute tryptophan depletion and serotonin transporter polymorphism on emotional processing in memory and attention. *Int J Neuropsychopharm* 10: 449–461.
8. Booij L, Tremblay RE, Leyton M, Séguin JR, Vitaro F, et al. (2010) Brain Serotonin Synthesis in Adult Males Characterized by Physical Aggression during Childhood: A 21-Year Longitudinal Study. *PLoS ONE* 5: e11255.
9. Corrêa H, Campi Azevedo AC, Marco LA, Machado M, Boson WL, et al. (2004) Familial suicide behavior: association with probands suicide attempt characteristics and 5-HTTLPR polymorphism. *Acta Psychiat Scand* 110: 459–464.

10. Paaver M, Nordquist N, Parik J, Harro M, Oreland L, et al. (2007) Platelet MAO activity and the 5-HTT gene promoter polymorphism are associated with impulsivity and cognitive style in visual information processing. *Psychopharmacology* 194: 545-554.
11. Walderhaug E, Herman AL, Magnusson A, Morgan MJ, Landrø NI (2010) The short (S) allele of the serotonin transporter polymorphism and acute tryptophan depletion both increase impulsivity in men. *Neurosci Lett* 12: 208-211.
12. Walderhaug, E Magnusson A, Neumeister A, Lappalainen J, Lunde H, et al. (2007) Interactive effects of sex and 5-HTTLPR on mood and impulsivity during tryptophan depletion in healthy people. *Biol Psychiatry* 62: 593-599.
13. Sakado K, Sakado M, Mundt C, Someya T (2003) A psychometrically derived impulsive trait related to a polymorphism in the serotonin transporter gene-linked polymorphic region (5-HTTLPR) in a Japanese nonclinical population: Assessment by the Barratt Impulsiveness Scale (BIS). *Am J Med Genet* 121B: 71-75.
14. Swann AC, Bjork JM, Moeller FG, Dougherty DM (2002) Two models of impulsivity: Relationship to personality traits and psychopathology. *Biol Psychiat* 51: 988–994.
15. Walderhaug E, Landrø NI, Magnusson A (2008) A synergic effect between lowered serotonin and novel situations on impulsivity measured by CPT. *J Clin Exp Neuropsychol* 30: 204-211.
16. Malloy-Diniz LF, Fuentes D, Leite WB, Correa H, Bechara A (2007) Impulsive Behavior in Adults with ADHD: characterization of motor, attentional and cognitive impulsiveness. *J Int Neuropsychol Soc* 13: 693-698.

17. Salgado JV, Malloy-Diniz LF, Campos VR, Abrantes SS, Fuentes D, et al. (2009) Neuropsychological assessment of impulsive behavior in abstinent alcohol-dependent subjects. *Rev. Bras. Psiquiatr* 31: 4-9.
18. Lesch KP, Bengel D, Heils A, Sabol SZ, Greenberg BD, et al. (1996) Association of anxiety related traits with a polymorphism in the serotonin transporter gene regulatory region. *Science* 274:1527–1531
19. Clark L, Roiser JP, Cools R, Rubinsztein DC, Sahakian BJ, et al. (2005) Stop signal response inhibition is not modulated by tryptophan depletion or the serotonin transporter polymorphism in healthy volunteers: implications for the 5-HT theory of impulsivity. *Psychopharmacology* 182: 570–578.
20. Da Rocha F, Malloy-Diniz LF, DeSouza K, Correa H, Teixeira A (2008) Borderline personality features possibly related to cingulate and orbitofrontal cortices dysfunction due to schizencephaly. *Clin Neur Neurosurg* 110: 396-399.
21. Umekage T, Tochigi M, Marui T, Kato C, Hibino H, et al. (2003) Serotonin transporter-linked promoter region polymorphism and personality traits in a Japanese population. *Neurosci Lett* 337: 13-16.
22. Hu X., Lipsky RH, Zhu G, Akhtar LA, Taubman J, et al. (2006) Serotonin transporter promoter gain-of-function genotypes are linked to obsessive-compulsive disorder. *Am J Hum Genet* 78: 815–826.

Table 1. Impulsivity scores and standard deviation of scores of the genotypic groups.

Measures of impulsivity	Groups			
	LL	LS	SS	LS + SS
Attentional ^a	3.5 ± 4	2.54 ± 3.8	3.89 ± 6.2	2.98 ± 4.7
Motor ^b	11.40 ± 7.5	11.63 ± 7.2	12.17 ± 6.9	11.81 ± 7
Non-planning ^c	17.19 ± 23.4	15.45 ± 24.6	21 ± 21.9	17.28 ± 23.8

Notes. ^aOmission errors of CPT-II. ^bCommission errors of CPT-II. ^cNet score of IGT. Unlike CPT-II scores, high scores on the IGT indicate a low level of impulsivity.

APÊNDICE 01: Escores obtidos pelos sujeitos nos testes neuropsicológicos

(continua)

Sujeito	Escore dos testes neuropsicológicos								
	CPT-II		IGT						Netscore
	OM	Ação	TR	B1	B2	B3	B4	B5	
1	1	13	349,57	-4	-2	0	8	6	8
2	6	7	383,21	-4	-2	0	6	8	8
3	0	8	373	-4	-10	-10	4	12	-8
4	13	25	285	-2	2	-4	0	0	-4
5	3	6	386	14	-4	8	2	12	32
6	4	21	316	-2	18	6	2	10	34
7	8	21	381	-5	4	6	8	8	21
8	6	10	307	-6	10	12	4	-2	18
9	1	17	316	-10	0	14	20	8	32
10	0	19	333,58	0	0	-2	-10	4	-8
11	1	9	365,15	-4	2	-2	-6	-2	-8
12	5	29	279,24	0	2	2	2	4	10
13	0	12	403,02	-18	-2	-6	-2	4	-24
14	2	20	375,8	-6	0	14	-14	0	-6
15	1	11	319,7	-4	-2	0	8	6	8
16	0	27	295,5	2	-2	0	-6	-4	-10
17	3	23	317,59	4	2	6	4	4	20
18	0	19	346,6	-4	-8	-8	-14	14	-20
19	0	8	379,38	-8	12	14	20	20	58
20	6	21	314,61	0	-2	8	2	14	22
21	3	12	516,99	-8	6	-20	0	8	-14
22	0	5	382,43	-8	8	14	14	10	38
23	18	22	308,75	-4	-2	10	6	12	22
24	6	17	314,48	2	-2	-4	2	2	0
25	1	19	329,85	-6	8	6	6	16	30
26	1	17	354,41	-4	12	12	14	6	40
27	0	3	503,52	0	-4	-10	6	4	-4
28	0	2	527,42	4	8	4	12	-12	16
29	3	25	303,36	0	2	0	-2	2	2
30	16	21	301,55	-8	2	-2	-6	2	12
31	0	7	378,55	-2	-2	0	-8	-2	-14
32	4	29	321,63	0	4	0	2	2	8
33	1	21	333,4	-6	0	4	0	2	0
34	3	19	298,6	-4	0	12	6	0	14
35	0	19	372,98	-8	-2	-8	-4	0	-22
36	0	10	403,13	0	10	8	20	20	58

APÊNDICE 01: Escores obtidos pelos sujeitos nos testes neuropsicológicos

(continua)

Sujeito	Escore dos testes neuropsicológicos								
	CPT-II		IGT						Netscore
	OM	Ação	TR	B1	B2	B3	B4	B5	
37	3	11	380,28	-4	8	16	2	-2	20
38	4	3	428,7	-8	4	14	6	6	22
39	0	15	320,18	-4	12	10	2	-4	16
40	2	11	363,3	-4	6	2	8	6	18
41	6	20	294,08	8	0	4	2	10	24
42	2	10	365,33	-10	12	12	18	8	40
43	0	9	399,05	-2	0	8	18	20	44
44	2	20	340,36	-4	8	10	20	0	34
45	0	16	366,9	-8	2	0	4	0	-2
46	0	19	294,9	2	0	2	-4	2	2
47	4	12	415,79	-4	0	6	6	0	8
48	0	12	319,38	-8	0	-2	-2	-4	-16
49	2	33	323,9	-2	4	0	2	-2	2
50	10	17	328,63	2	2	0	2	0	6
51	0	8	456,83	-2	0	14	16	12	40
52	0	3	510,34	-10	4	2	0	8	4
53	0	9	331,46	2	0	-4	-4	-4	-10
54	0	9	366,57	-2	0	8	10	16	32
55	14	8	388,78	4	-14	0	0	-16	-26
56	0	16	344,09	-8	-4	-10	2	2	-18
57	3	12	376,4	0	0	4	2	2	8
58	0	3	413,75	0	-2	4	-2	6	6
59	2	15	366,34	2	0	6	4	8	20
60	2	19	351,65	-6	4	8	14	8	28
61	3	15	311,95	-6	-6	2	12	10	12
62	26	6	307,38	-4	-4	-2	-8	2	-16
63	15	13	348,44	8	-2	4	6	6	22
64	0	12	377,81	-12	-10	-8	0	-8	-38
65	1	7	312,16	-2	6	0	-6	2	0
66	2	22	292,75	-6	0	-6	-4	6	-10
67	1	3	392,44	-10	4	-4	-2	-8	-20
68	1	8	370,96	4	-2	0	10	4	16
69	0	15	353,72	2	0	6	0	-2	6

APÊNDICE 01: Escores obtidos pelos sujeitos nos testes neuropsicológicos

(continua)

Sujeito	Escore dos testes neuropsicológicos								Netscore
	CPT-II		IGT						
	OM	Ação	TR	B1	B2	B3	B4	B5	
70	0	22	349,7	0	0	18	20	2	40
71	2	17	348,3	-6	-2	-8	-6	6	-16
72	0	8	367,12	-6	0	20	20	20	54
73	11	6	458,38	2	0	0	-2	-6	-6
74	5	28	303,99	0	-2	8	8	10	24
75	0	9	409,5	-8	6	4	4	6	12
76	0	10	399,42	-12	-6	-14	0	8	-24
77	2	4	387,33	-2	-2	-4	-2	0	-10
78	1	3	493,1	-12	-4	-6	2	12	-8
79	5	21	344,42	0	6	6	0	4	16
80	0	6	377,79	-2	14	20	20	8	60
81	0	3	455,12	-8	4	8	10	-2	16
82	2	20	347,23	-4	-2	-4	-2	0	-12
83	1	16	356,1	-4	-4	-4	4	2	-6
84	0	4	416,3	-8	6	14	2	-14	0
85	2	15	417,4	0	6	6	-12	4	4
86	2	13	386,19	20	-6	8	4	0	26
87	5	22	324,06	-2	0	4	12	4	18
88	0	6	390,6	-2	0	0	0	0	-2
89	14	10	347,4	6	0	4	8	8	26
90	0	5	394,31	-4	10	12	16	12	46
91	0	13	307,58	0	-4	0	6	10	12
92	0	16	325,33	-8	-6	-6	8	20	8
93	1	11	415,7	0	0	0	0	-2	-2
94	0	22	336,84	0	-6	-8	-4	20	2
95	2	16	363,35	4	0	8	2	4	18
96	0	10	390,29	-4	-2	-2	-6	0	-14
97	6	10	496,95	6	-6	-6	8	-6	-4
98	11	27	318,6	-8	6	10	4	-8	4
99	0	3	503,2	0	0	4	0	-4	0
100	26	28	321,27	-6	8	10	8	-20	-20
101	0	6	404,43	-6	-8	-2	-2	0	-16
102	1	27	335,5	0	0	10	4	12	26

APÊNDICE 01: Escores obtidos pelos sujeitos nos testes neuropsicológicos

(conclusão)

Sujeito	Escore dos testes neuropsicológicos								
	CPT-II		IGT						Netscore
	OM	Ação	TR	B1	B2	B3	B4	B5	
103	4	23	279,1	-2	0	-6	-2	0	-10
104	0	13	339,6	2	-8	0	4	2	0
105	0	22	330,8	-2	0	-2	0	10	6
106	8	27	318,47	6	4	16	12	10	48
107	3	18	345,6	-4	-4	-6	0	-2	-16
108	6	26	284,8	-4	4	6	12	-6	12
109	2	28	323,2	-8	2	6	10	6	16
110	0	15	368,8	6	10	8	18	-2	40
111	0	4	356,6	-6	-2	4	12	6	14
112	0	22	311,5	-8	6	4	0	12	14
113	1	18	297,3	-2	0	2	0	4	4
114	2	6	376,8	-4	-10	-6	-12	-2	-34
115	0	13	363,3	-6	0	-14	-16	4	-32
116	8	13	373	20	20	6	0	-6	34
117	1	5	469,9	-4	2	0	-2	14	10
118	0	15	360,6	-2	4	-2	6	8	14
119	1	18	369,9	-14	-2	-4	0	10	-10
120	0	10	363,8	-10	-6	10	4	8	6
121	0	14	353,6	-8	-2	2	0	0	-8
122	2	10	390	-4	4	6	12	12	30
123	0	12	376,8	2	-8	6	0	-6	-6
124	1	15	366,1	-6	4	12	0	4	14
125	2	29	265,3	2	4	2	0	-4	4

Nota: CPT-II = Continuous Performance Test; IGT= Iowa GamblingTask; OM= omissão, representa a medida de impulsividade atencional; Ação representa a medida de impulsividade motora; TR = tempo de reação, representa a medida de impulsividade motora; B1...B5 = escores dos blocos 1 a 5 do IGT; B1...B5 mais Netscore representa a medida de impulsividade por falta de planejamento.

APÊNDICE 02: Médias do desempenho motor na condição controle

(continua)

Dados relacionados ao desempenho motor na Condição Controle				
Sujeito	TR (s)	TM (s)	PV (cm/s)	NC2'S (s)
1	0,33	0,72	42,65	1,90
2	0,43	1,08	23,88	3,84
3	0,33	0,71	35,47	1,78
4	0,44	0,40	67,27	1,24
5	0,45	0,70	45,25	1,67
6	0,48	1,24	20,08	3,12
7	0,43	0,90	36,87	2,01
8	0,29	0,73	44,45	1,71
9	0,37	0,62	50,26	1,58
10	0,36	1,02	28,14	2,69
11	0,39	0,92	30,72	1,57
12	0,30	1,06	25,35	2,11
13	0,30	1,29	24,32	4,50
14	0,45	1,26	20,51	3,06
15	0,34	0,98	26,89	2,88
16	0,32	0,98	40,08	3,28
17	0,42	0,44	70,65	1,09
18	0,33	0,94	38,94	3,08
19	0,37	1,11	28,60	2,89
20	0,40	1,33	17,03	2,96
21	0,51	1,21	24,46	3,43
22	0,47	1,34	20,41	3,37
23	0,47	0,95	36,31	2,97
24	0,32	1,59	17,38	5,28
25	0,46	1,46	18,84	5,43
26	0,40	0,83	40,11	1,84
27	0,67	1,03	26,36	2,70
28	0,49	1,10	26,55	2,78
29	0,34	0,98	31,29	4,35
30	0,56	1,01	31,33	2,81
31	0,52	1,08	25,61	3,39
32	0,29	0,64	46,98	2,05
33	0,34	0,94	30,69	3,87
34	0,37	1,18	30,65	2,69
35	0,47	1,15	23,69	2,67
36	0,51	0,99	23,92	2,07

APÊNDICE 02: Médias do desempenho motor na condição controle

(continua)

Sujeito	Dados relacionados ao desempenho motor na Condição Controle			
	TR (s)	TM (s)	PV (cm/s)	NC2'S (s)
37	0,40	0,89	30,81	2,32
38	0,47	0,92	31,03	2,76
39	0,33	0,92	30,17	2,82
40	0,29	1,43	18,60	5,03
41	0,38	0,75	48,80	2,07
42	0,52	1,03	32,60	2,62
43	0,41	0,94	32,06	2,09
44	0,43	1,15	26,63	3,84
45	0,24	0,67	43,74	2,59
46	0,33	0,88	40,16	2,25
47	0,57	1,17	28,83	2,91
48	0,33	0,60	46,55	1,78
49	0,57	0,98	29,07	2,01
50	0,38	0,89	34,83	2,55
51	0,45	0,99	26,21	2,83
52	0,42	1,11	25,94	2,57
53	0,35	0,97	29,61	1,96
54	0,48	1,10	23,49	2,95
55	0,52	1,24	22,88	2,82
56	0,39	0,98	31,84	1,89
57	0,45	1,13	26,74	3,72
58	0,35	1,31	22,41	4,19
59	0,26	1,15	24,10	2,47
60	0,25	0,97	36,12	3,32
61	0,27	1,11	29,32	2,83
62	0,36	1,14	23,23	3,61
63	0,38	1,12	28,93	2,54
64	0,35	0,87	40,23	2,28
65	0,40	1,35	18,85	4,50
66	0,29	1,08	29,44	2,80
67	0,46	0,63	48,06	1,58
68	0,35	1,14	26,47	3,40
69	0,38	1,01	24,40	2,36
70	0,40	0,92	29,38	2,40
71	0,34	0,56	74,15	1,91

APÊNDICE 02: Médias do desempenho motor na condição controle

(continua)

Sujeito	Dados relacionados ao desempenho motor na Condição Controle			
	TR (s)	TM (s)	PV (cm/s)	NC2'S (s)
72	0,43	0,86	24,81	1,92
73	0,53	1,26	21,68	5,09
74	0,38	0,91	33,03	2,08
75	0,43	1,13	22,18	2,24
76	0,35	1,21	21,29	4,21
77	0,36	0,97	28,44	2,82
78	0,37	0,78	37,41	1,52
79	0,40	1,14	18,94	2,73
80	0,44	1,29	18,68	4,04
81	0,35	0,58	61,34	1,71
82	0,45	1,05	28,00	2,95
83	0,43	1,02	27,75	3,68
84	0,37	1,17	23,39	3,72
85	0,41	1,18	24,39	3,43
86	0,52	1,24	20,71	3,29
87	0,38	0,94	30,59	3,13
88	0,49	0,88	30,63	1,63
89	0,39	0,46	73,38	1,34
90	0,34	1,08	23,17	2,54
91	0,37	1,31	25,56	2,14
92	0,47	1,15	23,02	3,59
93	0,34	1,18	14,13	4,50
94	0,44	1,03	26,83	2,46
95	0,43	1,05	26,71	2,50
96	0,38	1,22	20,23	4,38
97	0,48	1,32	15,18	3,35
98	0,38	1,30	25,79	2,20
99	0,44	1,42	15,20	3,17
100	0,38	0,78	44,06	1,96
101	0,37	1,41	16,07	3,95
102	0,35	0,99	29,41	2,34
103	0,45	1,06	28,66	1,96
104	0,46	1,21	26,74	1,11
105	0,43	1,37	23,04	1,70
106	0,41	1,41	21,02	2,13
107	0,47	1,17	22,39	1,78

APÊNDICE 02: Médias do desempenho motor na condição controle

(conclusão)

Sujeito	Dados relacionados ao desempenho motor na Condição Controle			
	TR (s)	TM (s)	PV (cm/s)	NC2°S (s)
108	0,32	1,29	20,16	1,56
109	0,46	1,23	25,25	1,44
110	0,71	1,24	22,97	2,30
111	0,38	1,11	26,47	1,18
112	0,57	1,23	27,62	1,34
113	0,43	1,40	17,97	3,29
114	0,43	1,45	20,11	3,04
115	0,49	1,21	29,57	1,39
116	0,60	1,42	23,73	3,27
117	0,57	1,28	22,72	2,02
118	0,45	1,39	21,21	2,98
119	0,56	1,22	26,06	1,85
120	0,50	1,40	20,76	3,20
121	0,53	1,13	26,08	1,74
122	0,53	1,31	19,27	1,81
123	0,55	1,36	18,12	2,33
124	0,56	1,32	20,37	2,65
125	0,40	1,35	20,88	2,40

Nota: TR = tempo de reação; TM = tempo de movimento; D1° S = duração do 1° submovimento; PV = pico de velocidade; TRPV = tempo relativo para o pico de velocidade; NC2°S = número de correções no 2° submovimento; Tresp = tempo de resposta.

APÊNDICE 03: Médias do desempenho motor na condição distrator

(continua)

Dados relacionados ao desempenho motor na Condição Controle				
Sujeito	TR (s)	TM (s)	PV (cm/s)	NC2'S (s)
1	0,34	0,70	45,60	2,11
2	0,39	1,04	24,21	3,22
3	0,35	0,75	35,46	1,44
4	0,33	0,42	72,02	1,00
5	0,42	0,75	43,20	2,00
6	0,43	1,32	18,71	2,50
7	0,41	0,93	39,49	2,22
8	0,29	0,66	46,92	1,56
9	0,33	0,63	49,67	1,67
10	0,36	1,05	29,66	2,11
11	0,34	0,95	31,53	1,56
12	0,29	1,12	25,64	1,67
13	0,30	1,39	23,86	5,33
14	0,41	1,35	20,57	2,75
15	0,34	1,00	26,06	4,22
16	0,29	0,84	41,94	2,17
17	0,44	0,45	70,79	1,11
18	0,32	0,92	39,74	4,20
19	0,34	1,15	27,21	3,11
20	0,39	1,35	17,89	3,38
21	0,51	1,33	22,20	4,44
22	0,39	1,37	20,14	3,22
23	0,41	1,10	33,77	2,78
24	0,29	1,54	17,93	5,00
25	0,45	1,47	17,92	4,78
26	0,42	0,89	39,63	2,38
27	0,68	1,06	23,95	2,25
28	0,51	1,12	25,42	2,22
29	0,34	0,95	34,19	4,67
30	0,50	0,97	35,35	2,75
31	0,61	1,07	25,13	3,00
32	0,29	0,68	47,19	2,00
33	0,34	0,95	34,24	4,22
34	0,41	1,22	31,17	3,33
35	0,45	1,17	22,89	2,44
36	0,52	0,99	23,81	2,00

APÊNDICE 03: Médias do desempenho motor na condição distrator

(continua)

Sujeito	Dados relacionados ao desempenho motor na Condição Controle			
	TR (s)	TM (s)	PV (cm/s)	NC2'S (s)
37	0,39	0,91	30,28	2,78
38	0,47	0,92	29,54	2,33
39	0,32	0,89	31,27	2,67
40	0,27	1,40	19,08	5,00
41	0,39	0,70	50,09	1,22
42	0,53	1,04	31,56	2,78
43	0,40	0,90	33,75	1,67
44	0,45	1,11	28,91	4,89
45	0,23	0,63	43,52	2,17
46	0,35	0,90	40,77	3,00
47	0,52	1,22	30,24	3,00
48	0,31	0,61	49,01	1,89
49	0,57	0,94	29,19	2,00
50	0,37	0,88	34,30	2,44
51	0,43	0,88	27,05	2,50
52	0,40	1,05	22,58	2,40
53	0,34	1,07	28,52	1,50
54	0,51	1,04	25,24	2,67
55	0,39	1,24	20,11	3,22
56	0,38	0,88	32,69	1,67
57	0,44	1,08	27,54	3,63
58	0,36	1,31	21,95	3,67
59	0,26	1,18	23,55	3,78
60	0,28	0,87	35,24	2,90
61	0,26	1,07	28,34	2,50
62	0,36	1,21	21,44	4,00
63	0,35	1,02	26,88	2,00
64	0,35	0,88	37,55	1,78
65	0,43	1,40	20,01	5,00
66	0,31	1,14	31,24	3,33
67	0,41	0,62	45,13	1,80
68	0,33	1,17	26,53	3,89
69	0,39	1,02	24,01	2,00
70	0,47	0,93	30,50	2,25
71	0,32	0,51	76,66	2,11

APÊNDICE 03: Médias do desempenho motor na condição distrator

(continua)

Sujeito	Dados relacionados ao desempenho motor na Condição Controle			
	TR (s)	TM (s)	PV (cm/s)	NC2'S (s)
72	0,40	0,88	22,70	1,57
73	0,53	1,22	22,75	5,25
74	0,37	0,87	34,09	2,00
75	0,44	1,12	20,30	3,00
76	0,35	1,24	21,31	3,75
77	0,37	0,95	30,53	2,56
78	0,36	0,78	38,13	1,56
79	0,37	1,25	20,72	3,25
80	0,42	1,16	18,28	3,67
81	0,33	0,56	59,94	1,56
82	0,43	1,05	27,44	3,22
83	0,40	0,94	29,70	3,00
84	0,35	1,18	22,75	3,22
85	0,40	1,19	24,64	3,22
86	0,48	1,35	20,90	3,63
87	0,36	0,94	27,89	3,44
88	0,49	0,93	30,73	1,22
89	0,37	0,49	72,72	1,22
90	0,35	0,96	20,96	1,44
91	0,37	1,23	26,81	2,50
92	0,42	1,06	24,39	2,11
93	0,32	1,30	13,61	5,00
94	0,48	0,88	27,62	2,30
95	0,41	1,07	26,61	2,89
96	0,40	1,14	21,38	4,22
97	0,46	1,23	16,22	2,83
98	0,34	1,29	25,86	3,25
99	0,46	1,40	17,01	2,00
100	0,40	0,83	43,01	2,33
101	0,39	1,52	16,07	3,78
102	0,37	1,04	31,29	2,00
103	0,46	1,03	29,64	1,44
104	0,44	1,22	27,56	1,33
105	0,39	1,35	22,77	2,00
106	0,43	1,35	21,88	1,33
107	0,46	1,09	20,77	2,00

APÊNDICE 03: Médias do desempenho motor na condição distrator

(conclusão)

Sujeito	Dados relacionados ao desempenho motor na Condição Controle			
	TR (s)	TM (s)	PV (cm/s)	NC2°S (s)
108	0,34	1,10	17,76	1,50
109	0,38	1,28	24,16	1,83
110	0,72	1,24	23,14	2,29
111	0,36	1,06	28,01	1,00
112	0,51	1,27	28,12	1,29
113	0,46	1,27	18,85	3,29
114	0,49	1,48	18,71	3,56
115	0,49	1,29	30,18	1,71
116	0,62	1,33	24,40	3,43
117	0,57	1,27	23,00	2,38
118	0,44	1,36	21,12	2,78
119	0,56	1,26	24,84	2,38
120	0,50	1,39	22,30	2,00
121	0,49	1,07	26,34	1,33
122	0,58	1,19	16,71	1,86
123	0,48	1,26	19,37	2,57
124	0,57	1,23	21,83	2,71
125	0,40	1,34	21,09	3,11

Nota: TR = tempo de reação; TM = tempo de movimento; D1° S = duração do 1° submovimento; PV = pico de velocidade; TRPV = tempo relativo para o pico de velocidade; NC2°S = número de correções no 2° submovimento; Tresp = tempo de resposta.

APÊNDICE 04: Médias do desempenho motor na condição difícil

(continua)

Dados relacionados ao desempenho motor na Condição Controle				
Sujeito	TR (s)	TM (s)	PV (cm/s)	NC2'S (s)
1	0,32	0,70	45,71	1,30
2	0,44	1,01	26,41	3,90
3	0,35	0,71	37,10	1,40
4	0,40	0,43	67,72	1,25
5	0,47	0,73	47,10	2,22
6	0,47	1,31	18,31	4,38
7	0,43	0,92	38,86	1,50
8	0,31	0,67	46,30	1,78
9	0,37	0,66	49,81	2,00
10	0,34	0,99	29,16	2,50
11	0,38	0,85	33,36	1,20
12	0,31	0,99	27,82	1,60
13	0,31	1,37	24,24	6,30
14	0,42	1,23	20,96	2,67
15	0,33	0,96	28,11	2,50
16	0,33	0,91	42,29	2,89
17	0,45	0,39	79,93	1,00
18	0,36	0,82	41,98	2,30
19	0,36	1,10	29,13	3,00
20	0,43	1,30	18,78	2,80
21	0,52	1,24	24,30	3,40
22	0,48	1,31	20,41	4,10
23	0,43	0,93	34,04	3,10
24	0,35	1,47	19,33	4,10
25	0,44	1,45	20,42	4,90
26	0,39	0,85	41,27	2,00
27	0,64	0,93	28,57	1,38
28	0,49	1,17	26,58	3,10
29	0,33	0,91	33,01	3,70
30	0,57	1,04	30,78	2,50
31	0,45	1,11	25,63	3,22
32	0,28	0,65	48,73	2,10
33	0,33	0,90	33,04	3,40
34	0,47	1,20	28,89	3,56
35	0,45	1,09	24,17	3,00
36	0,45	1,02	23,41	2,20

APÊNDICE 04: Médias do desempenho motor na condição difícil

(continua)

Sujeito	Dados relacionados ao desempenho motor na Condição Controle			
	TR (s)	TM (s)	PV (cm/s)	NC2'S (s)
37	0,35	0,89	32,49	2,11
38	0,46	0,88	31,50	2,20
39	0,33	0,90	30,92	2,90
40	0,30	1,44	20,02	6,20
41	0,35	0,78	48,61	2,10
42	0,51	1,04	33,34	3,80
43	0,43	0,95	32,33	2,00
44	0,43	1,15	28,09	3,30
45	0,24	0,58	50,53	1,67
46	0,32	0,78	41,05	2,00
47	0,52	1,19	29,69	2,78
48	0,34	0,59	52,28	1,70
49	0,56	1,01	29,00	2,50
50	0,41	0,87	34,55	2,20
51	0,46	0,97	26,25	2,67
52	0,48	1,10	27,35	2,80
53	0,36	0,94	31,12	1,50
54	0,44	1,07	25,07	3,56
55	0,47	1,28	24,54	3,80
56	0,36	0,86	32,43	2,30
57	0,39	1,21	27,05	2,40
58	0,35	1,19	24,54	3,80
59	0,27	1,09	24,76	2,20
60	0,26	0,90	37,16	2,80
61	0,24	1,09	29,37	2,10
62	0,33	1,10	23,53	3,70
63	0,38	1,12	29,48	2,60
64	0,36	0,81	42,29	1,67
65	0,38	1,38	20,39	5,00
66	0,28	1,10	31,26	3,70
67	0,36	0,61	45,59	1,17
68	0,31	1,15	26,55	2,50
69	0,37	1,05	25,56	2,56
70	0,39	0,93	30,23	1,40
71	0,33	0,56	76,00	1,50

APÊNDICE 04: Médias do desempenho motor na condição difícil

(continua)

Sujeito	Dados relacionados ao desempenho motor na Condição Controle			
	TR (s)	TM (s)	PV (cm/s)	NC2'S (s)
72	0,41	0,88	26,93	1,50
73	0,52	1,21	23,19	6,90
74	0,36	0,83	33,51	1,90
75	0,43	1,17	23,70	2,80
76	0,37	1,17	22,30	3,30
77	0,38	1,01	30,97	3,10
78	0,34	0,81	39,25	1,40
79	0,38	1,18	22,22	2,78
80	0,42	1,37	19,90	4,88
81	0,36	0,64	63,70	2,30
82	0,48	1,01	29,63	2,60
83	0,44	0,98	29,13	3,80
84	0,39	1,12	24,84	3,70
85	0,37	1,19	26,26	3,56
86	0,50	1,27	20,13	2,78
87	0,36	0,90	32,48	3,30
88	0,47	0,85	32,22	1,40
89	0,39	0,44	78,16	1,10
90	0,31	1,01	22,73	2,78
91	0,38	1,24	27,85	1,00
92	0,46	1,15	24,00	3,40
93	0,37	1,57	18,20	6,50
94	0,42	1,02	26,03	2,40
95	0,47	1,03	27,64	3,10
96	0,37	1,31	19,59	4,80
97	0,41	1,49	16,82	3,80
98	0,37	1,27	26,88	1,30
99	0,54	1,36	17,45	2,25
100	0,40	0,82	46,03	2,00
101	0,42	1,46	16,52	4,80
102	0,37	1,02	32,05	2,50
103	0,41	0,98	29,96	1,30
104	0,43	1,19	27,52	1,60
105	0,48	1,30	22,20	1,11
106	0,36	1,39	21,88	2,44
107	0,51	1,17	22,18	1,56

APÊNDICE 04: Médias do desempenho motor na condição difícil

(conclusão)

Sujeito	Dados relacionados ao desempenho motor na Condição Controle			
	TR (s)	TM (s)	PV (cm/s)	NC2°S (s)
108	0,32	1,32	20,84	1,44
109	0,43	1,27	27,28	1,50
110	0,82	1,23	23,17	2,14
111	0,38	1,03	28,40	1,00
112	0,50	1,24	27,02	1,25
113	0,47	1,41	18,00	3,22
114	0,39	1,38	20,67	2,57
115	0,50	1,19	31,67	1,50
116	0,64	1,43	24,12	4,33
117	0,57	1,27	23,05	2,00
118	0,44	1,41	21,95	3,60
119	0,53	1,30	25,38	1,78
120	0,44	1,37	22,31	2,89
121	0,52	1,18	26,89	1,30
122	0,56	1,26	15,71	1,86
123	0,52	1,47	18,52	2,75
124	0,53	1,19	19,46	3,13
125	0,39	1,32	21,18	2,40

Nota: TR = tempo de reação; TM = tempo de movimento; D1°S = duração do 1º submovimento; PV = pico de velocidade; TRPV = tempo relativo para o pico de velocidade; NC2°S = número de correções no 2º submovimento; Tresp = tempo de resposta.

APÊNDICE 05: Frequência absoluta de erros: precisão espacial e inibição de resposta

(continua)

Sujeito	Frequência absoluta de erros			
	cc	cd	cdi	cir
1	23	1	2	5
2	18	1	5	2
3	15	4	9	2
4	65	9	6	4
5	3	1	3	2
6	12	1	5	1
7	1	1	2	2
8	25	2	6	5
9	17	2	4	2
10	8	1	1	1
11	6	1	3	1
12	6	0	3	7
13	8	0	1	9
14	32	4	6	4
15	28	5	7	2
16	15	2	0	3
17	8	0	1	1
18	4	1	2	5
19	3	0	4	2
20	9	1	3	3
21	9	0	4	2
22	16	1	6	2
23	29	5	2	5
24	7	2	1	4
25	4	2	7	4
26	14	1	3	4
27	31	1	7	1
28	2	1	1	0
29	9	0	1	0
30	9	1	2	0
31	18	2	6	0
32	47	9	9	6
33	11	2	3	1
34	4	0	1	0
35	5	0	0	2
36	14	4	7	2

APÊNDICE 05: Frequência absoluta de erros: precisão espacial e inibição de resposta

(continua)

Sujeito	Frequência absoluta de erros			
	cc	cd	cdi	cir
37	16	2	5	3
38	19	1	10	1
39	22	2	6	6
40	16	0	4	7
41	8	0	0	2
42	5	1	1	0
43	10	2	0	3
44	4	1	5	3
45	31	5	3	9
46	8	1	1	5
47	9	1	8	1
48	28	3	7	2
49	39	6	10	0
50	24	3	5	3
51	14	3	6	0
52	8	1	3	1
53	6	0	1	0
54	12	1	2	2
55	31	5	6	1
56	7	0	1	1
57	11	1	2	4
58	5	0	2	6
59	28	3	5	8
60	6	0	0	6
61	6	0	4	6
62	13	1	8	2
63	6	1	3	2
64	6	2	1	1
65	5	0	5	1
66	4	1	1	3
67	36	6	6	2
68	4	0	1	2
69	11	1	1	0
70	15	4	5	2
71	37	4	3	2
72	32	4	9	1

APÊNDICE 05: Frequência absoluta de erros: precisão espacial e inibição de resposta

(continua)

Sujeito	Frequência absoluta de erros			
	cc	cd	cdi	cir
73	10	0	4	3
74	13	1	1	1
75	21	1	6	2
76	6	0	4	1
77	9	1	0	5
78	15	1	1	4
79	15	1	6	3
80	11	3	0	0
81	21	1	7	2
82	8	0	0	3
83	19	2	1	0
84	2	0	3	1
85	6	1	3	1
86	10	1	6	0
87	13	3	5	2
88	34	3	3	2
89	37	4	7	4
90	53	3	10	1
91	11	0	2	2
92	5	1	1	0
93	11	4	6	5
94	46	4	6	1
95	6	0	1	4
96	25	2	6	2
97	21	3	6	4
98	9	1	4	1
99	14	3	5	3
100	6	0	0	3
101	6	0	3	4
102	12	1	1	7
103	5	3	4	0
104	7	1	2	1
105	7	1	0	2
106	19	1	5	5
107	34	7	9	1
108	35	5	3	8

APÊNDICE 05: Frequência absoluta de erros: precisão espacial e inibição de resposta

(conclusão)

Sujeito	Frequência absoluta de erros			
	cc	cd	cdi	cir
109	8	1	2	4
110	20	6	7	0
111	8	0	4	0
112	10	0	2	1
113	5	1	4	0
114	19	2	6	4
115	23	4	5	1
116	23	3	10	1
117	29	3	10	0
118	18	5	6	1
119	24	6	8	0
120	26	5	7	0
121	27	2	7	1
122	23	2	5	2
123	23	6	5	1
124	9	3	3	3
125	16	1	6	0

Nota: cc = condição controle; cd = condição distrator; condição difícil; condição inibição de resposta.